



**TESIS DE GRADO  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“Necesidad de energías renovables.  
Un proyecto eólico”**

**Autor: Agustín Martínez Mosquera**

**Director de Tesis: Ing. Pedro del Campo**

**Año 2009**

## RESUMEN

Actualmente, existen serias dificultades a nivel mundial para compatibilizar las necesidades crecientes de energía, los recursos escasos y el impacto que las distintas fuentes tienen sobre el medio ambiente.

Las energías no renovables ocupan un alto porcentaje en una matriz energética global poco diversificada, y seguramente encuentren dificultades para abastecer una demanda creciente en el corto o mediano plazo. Por otro lado, los combustibles fósiles han ido incrementando las emisiones de CO<sub>2</sub> en los últimos tiempos y se esperan serias consecuencias ambientales de seguir con la tendencia actual. De esta manera, se evidencia la necesidad de reducir la participación de estas fuentes y dar lugar al desarrollo de energías renovables no contaminantes, entre ellas la eólica.

La energía eólica es una fuente renovable en la que se aprovecha la energía cinética del viento, convirtiéndola a energía eléctrica. Es una fuente limpia y uno de los modos más efectivos de disminuir la emisión de gases que afectan al sistema climático. No genera residuos peligrosos, no emite gases contaminantes y depende de un recurso de acceso libre.

Para la Argentina diversificar la matriz de abastecimiento es una tarea ineludible, y la energía eólica es ciertamente una opción viable, ya que el país cuenta con algunas de las condiciones más favorables del planeta para la producción de esta energía.

Observando esta necesidad, se procede a evaluar la posibilidad de un proyecto de instalación y puesta en marcha de un parque eólico, a través de un desarrollo acorde a la licitación pública presentada por ENARSA, en la cual se estiman contratar alrededor de 500 MW de potencia eólica a instalar.

Los indicadores de rentabilidad obtenidos son satisfactorios y seguramente alcancen las expectativas de los inversores, siempre y cuando se gane la licitación con el precio ofertado. En cuanto a los riesgos que se asumen al invertir en un proyecto de estas características, a través de ciertos análisis de sensibilidad y escenarios realizados para las variables más influyentes en el proyecto, se observa que no alteran las conclusiones generales que justifican su prosecución.

La energía eólica no solo tiene un gran potencial en la Argentina por las condiciones eólicas que presenta y la cantidad de regiones aptas para su desarrollo, sino también lo es por las oportunidades para invertir que se presentan, como es el caso de la licitación en cuestión, y por la rentabilidad que un proyecto de estas características otorga.



## **DESCRIPTOR BIBLIOGRAFICO**

A través de este trabajo se busca demostrar la necesidad de desarrollo e inversión en energías renovables no contaminantes, con el objetivo de reducir las emisiones actuales de dióxido de carbono y de aumentar su participación en una matriz energética mundial poco diversificada. Entre una de las alternativas, se analiza la energía eólica como fuente de generación eléctrica, destacando sus ventajas y alto potencial, en especial para la Argentina. Se evalúa la rentabilidad de un proyecto eólico, definiendo dimensión, ubicación, tecnología y precio de la energía a ofertar, entre otras variables que determinan una inversión para presentar ante una licitación pública.

**Palabras clave:** Matriz Energética, Cambio climático, Energías renovables, Energía eólica, Aerogenerador, Rentabilidad.

**TABLA DE CONTENIDOS**

1. MATRIZ ENERGETICA MUNDIAL.....3

1.1 Producción de energía eléctrica en el mundo.....3

1.2 Cambio climático.....5

1.3 Energías Renovables.....10

2. ENERGÍA EÓLICA.....12

2.1 Descripción.....12

2.2 Ventajas y desventajas.....13

2.3 Desarrollo a nivel mundial.....13

2.4 Argentina y la energía eólica.....15

3. LICITACION ENARSA. PROYECTO EOLICO.....18

3.1 Introducción al proyecto.....18

3.2 Licitación pública nacional ENARSA. Pliego de condiciones.....18

4. ANALISIS DE INGENIERIA DEL PROYECTO.....25

4.1 Dimensión del proyecto.....25

4.2 Localización del parque eólico.....26

4.3 Selección de tecnología.....35

4.4 Marco Regulatorio Argentino.....45

4.5 Impacto ambiental.....47

4.6 Cronograma de ejecución.....50

5. EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA.....51

5.1 Inversiones en activo fijo.....51

5.2 Costos operativos.....54

5.3 Capacidad productiva.....54

5.4 Comienzo de generación eléctrica.....55

5.5 Tratamiento del IVA, Amortizaciones y Compensaciones.....55

5.6 Finalización del contrato.....56

5.7 Financiación de la inversión.....57

5.8 Definición del precio de venta.....57

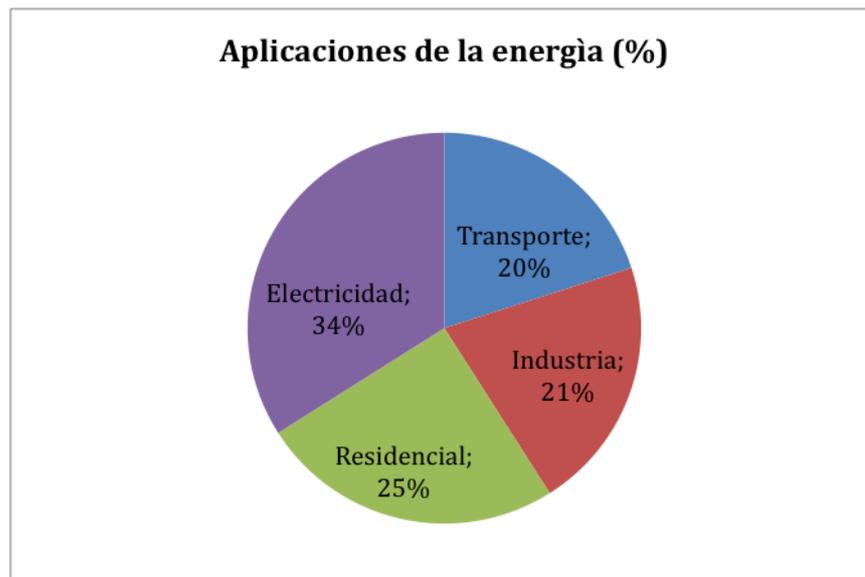
5.9 Flujo de fondos del inversor.....	59
6. ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	61
6.1 Sensibilidad de variables más relevantes.....	61
6.2 Escenarios.....	65
6.3 Resultados obtenidos.....	67
CONCLUSIONES GENERALES.....	68
FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION.....	69
ANEXO A: COMPRE TRABAJO ARGENTINO - Ley 25.551.....	70
ANEXO B: ENERGIA ELECTRICA - Ley 26.190.....	73
ANEXO C: CONTRATOS PARA EL TERRENO.....	77
BIBLIOGRAFIA.....	80

## 1. MATRIZ ENERGETICA MUNDIAL

### 1.1 Producción de energía eléctrica en el mundo

Para crecer el mundo necesita energía, y a medida que transcurren los años aumenta su consumo. Tal es así que constantemente se requiere del crecimiento de las fuentes actuales y el desarrollo de las energías emergentes para poder satisfacer la demanda.

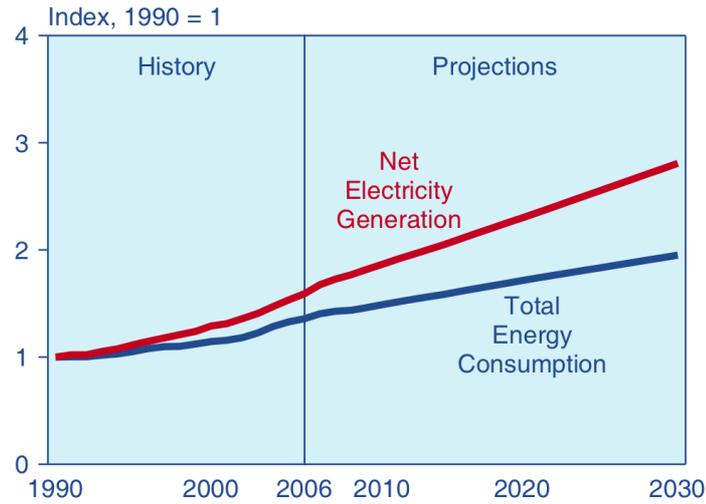
Los destinos de la energía producida son, en términos generales, el transporte, la industria, lo residencial y la generación de energía eléctrica. Este último aparece como un uso pues facilita el análisis y la discusión de lo que se quiere evaluar en el presente proyecto, sin embargo, el destino obligado de la electricidad termina siendo una de las otras categorías. La siguiente es la distribución actual del uso de la energía:



Fuente: International Energy Agency- World Energy Outlook 2008

La electricidad ha ido incrementando su participación en la demanda mundial total de energía. Desde 1990, el crecimiento en generación eléctrica ha sido superior al crecimiento en el consumo total de energía (2,9% y 1,9% promedio interanual, respectivamente). Se proyecta que esta tendencia continúe en los próximos años, con un crecimiento promedio de 2,4% por año.<sup>1</sup>

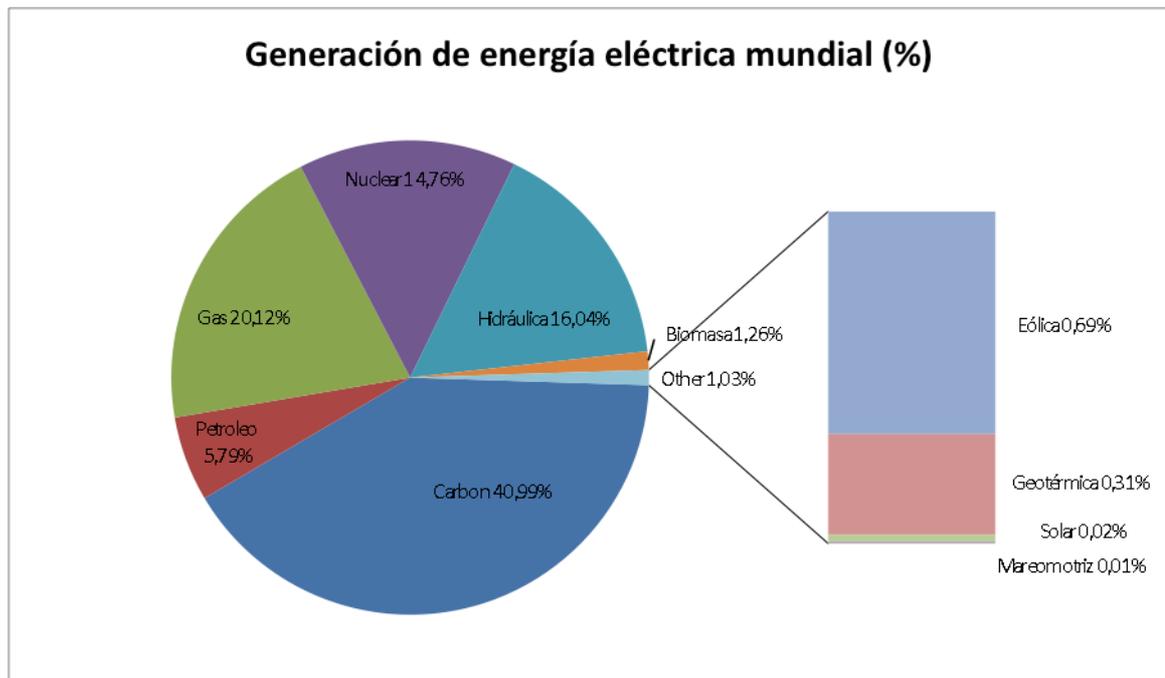
<sup>1</sup> International Energy Outlook 2009 – Energy Information Administration



Fuente: IEO2009 – Energy Information Administration

Si bien se espera que la actual recesión debido a la crisis mundial existente disminuya el crecimiento de la demanda en el corto plazo, no se anticipa una recesión prolongada y se espera que la demanda retome su tendencia en el 2010.

Para satisfacer esta demanda, se necesita mayor explotación de las actuales fuentes de generación eléctrica o el desarrollo de las nuevas energías emergentes, y consecuentemente mayores inversiones.



Fuente: World Energy outlook 2008 – International Energy Agency

Actualmente existen distintas fuentes para la producción de energía eléctrica. Las más desarrolladas y de mayor participación son los combustibles fósiles

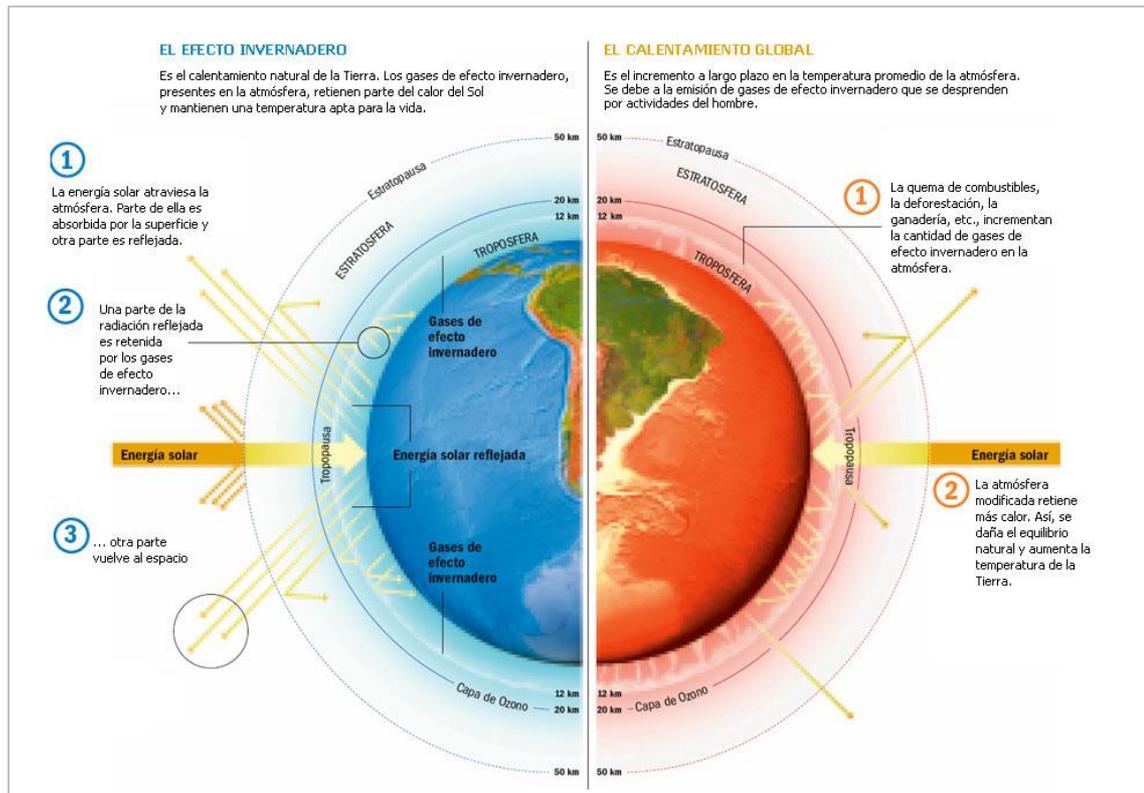
(carbón, petróleo y gas). En segundo lugar, con un marcado crecimiento en las últimas décadas aparece la nuclear, cuestionada en algunos aspectos ambientales durante los últimos años. Con una participación similar, la hidráulica viene creciendo acompañando a la demanda y manteniendo su participación, pero tiene algunas desventajas y un limitado crecimiento en miras al futuro. Por último, aparecen las nuevas energías renovables, entre ellas la eólica, que si bien su participación todavía es muy escasa en la matriz global, vienen creciendo fuertemente en los últimos años y prometen ser más rentables a futuro, teniendo en cuenta la baja que se pueda lograr en los costos, y los beneficios que obtengan en sus precios por no emitir gases de contaminación ambiental.

Los combustibles fósiles son los principales responsables de la emisión de CO<sub>2</sub>. Por mucho tiempo se creyó que el uso de petróleo, gas y carbón tendría un límite que estaría dado por las reservas disponibles. En la actualidad, en cambio, podemos comprobar que la crisis climática antecede al agotamiento de las reservas y que el inminente colapso climático pone un límite claro y urgente al uso de los combustibles fósiles.

## **1.2 Cambio climático**

El efecto invernadero es el proceso por el cual la atmósfera atrapa parte de la energía solar, calentando la Tierra y moderando nuestro clima. En la ausencia de cualquier atmósfera, la temperatura superficial sería aproximadamente de 18°C bajo cero. Lo que sucede es que la atmósfera es casi transparente a la radiación de onda corta proveniente del Sol, pero absorbe la mayor parte de onda larga emitida por la superficie terrestre. Varios componentes atmosféricos, entre ellos el vapor de agua y el dióxido de carbono, tienen frecuencias moleculares vibratorias en el rango espectral de la radiación de onda larga, devolviendo ésta a la superficie terrestre, causando de esta manera el aumento de temperatura, logrando que el promedio superficial sea aproximadamente de 15°C sobre cero.

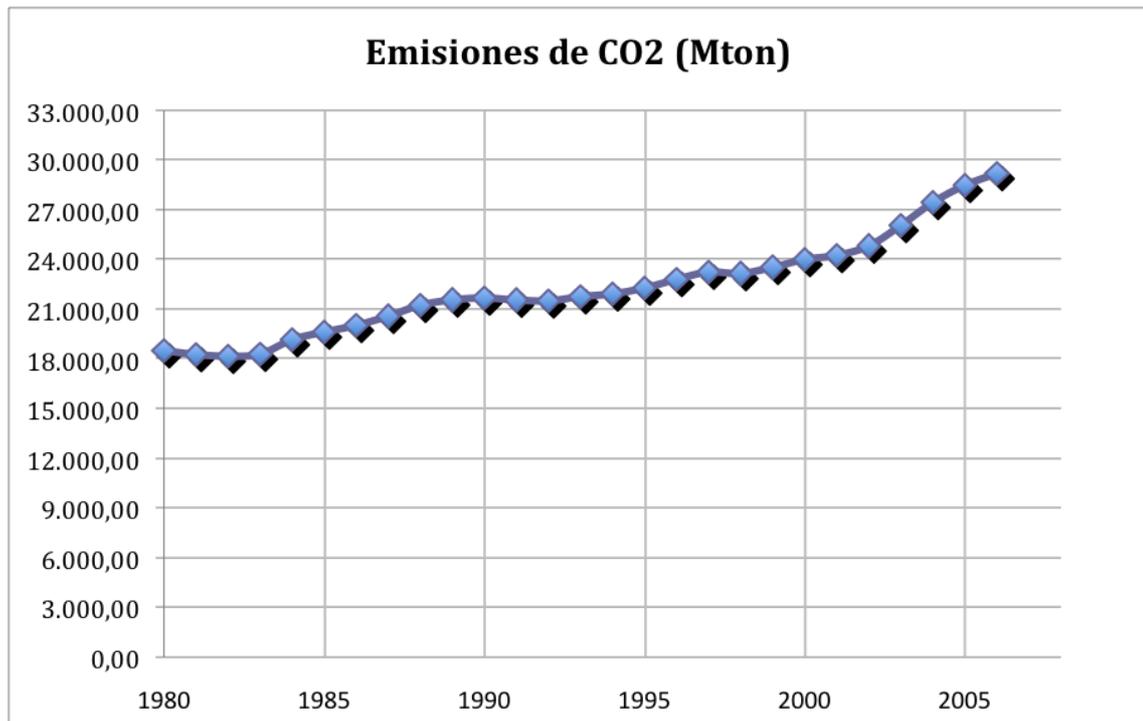
El aumento de la emisión de gases de efecto invernadero producido por el hombre principalmente a través de la quema de combustibles fósiles, está aumentando artificialmente este efecto produciendo un calentamiento global.



Fuente: Microsoft Enciclopedia Encarta 2006

Uno de los principales gases que contribuyen al efecto invernadero de la atmósfera es el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Lamentablemente también es el gas principal que se emite cuando se queman combustibles fósiles para cualquier uso, sea el transporte o la generación de electricidad.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> han aumentado considerablemente en los últimos años. En el período 1990 a 2000 se incrementaron en 2,5 Giga toneladas, y para el 2006 crecieron 4,6 Gt mas para alcanzar las 28 Gt.



Fuente: Energy Information Administration - DOE

El aumento del dióxido de carbono CO2 provocado por el hombre está elevando las temperaturas globales y afectando a nuestro clima. Si no se toman medidas urgentes e inmediatas para detener el calentamiento global, sus daños podrían llegar a ser irreversibles, y esto sólo puede lograrse con una rápida reducción de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

A continuación se enumeran sólo algunos de los posibles efectos que se esperan si continúan las tendencias de emisión actuales:

- Subida del nivel del mar debido al deshielo de los glaciares y a la expansión térmica de los océanos como consecuencia del aumento de las temperaturas.
- Liberaciones masivas de gases de efecto invernadero provocadas por el deshielo y la desaparición de los bosques.
- Un alto riesgo de aumento de eventos climáticos extremos como olas de calor, sequías e inundaciones. Durante los últimos 30 años se ha doblado ya la incidencia global de las sequías.
- Se verán amenazados sistemas naturales como glaciares, arrecifes de coral, manglares, ecosistemas alpinos, bosques boreales, bosques tropicales, humedales de llanuras y praderas nativas.
- Riesgos crecientes de extinción de especies y pérdida de biodiversidad.

En reconocimiento de estas amenazas, los países firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 1992, firmaron el

Protocolo de Kyoto en 1997. Entró en vigor a principios de 2005 y sus 165 países miembros celebran reuniones semestrales con el fin de negociar acuerdos más precisos en materia de medio ambiente. Sólo dos de los países industrializados más importantes, Estados Unidos y Australia, han quedado fuera al no ratificarlo.

Este Protocolo obliga a los países firmantes a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en el periodo 2008-2012 en un 5,2% de media anual, en relación con el nivel base de 1990. A su vez esto ha permitido la adopción de una serie de medidas de reducción a nivel regional y nacional. Por ejemplo, en el ámbito de la Unión Europea, Bruselas propone lograr una reducción total de un 8%, y a fin de lograr este objetivo, la UE ha aceptado también el compromiso de aumentar su proporción de energía renovable del 6% actual al 12% para el año 2010.

Actualmente los países firmantes de Kyoto están negociando la segunda fase del acuerdo, que cubrirá el periodo 2013-2017. Greenpeace pide a los países industrializados una reducción del 18% de las emisiones en relación con los niveles de 1990 para este segundo periodo de compromiso, y un 30% para el tercer periodo de 2018-2022.

Si bien el cambio climático ha sido tema de análisis desde hace más de 30 años, sólo durante la década del 90 tomó "estado público" a través del Protocolo de Kyoto. Recién ahora hay una completa aceptación de que las emisiones causadas por el hombre están aumentando progresivamente el contenido de CO<sub>2</sub> de la atmósfera y provocando un cambio climático de consecuencias inciertas.

El mundo ha decidido enfrentar de forma seria y comprometida el problema del cambio climático a través de premios y castigos y de la imposición de tarifas a la emisión. Tanto Estados Unidos como Europa e incluso Asia están comprometidos en la aplicación de estos conceptos y decididos a reducir la participación de los combustibles fósiles en la matriz mundial de energía en los próximos años.

Con pocas excepciones, la mayor parte del mundo científico manifiesta hoy su creciente preocupación por el futuro. En las películas "An inconvenient truth" de Al Gore, ex vicepresidente estadounidense, y la más reciente "The 11th hour", producida por Leonardo Di Caprio, se muestran el problema en toda su magnitud. No casualmente han tenido un grado de difusión importantísimo. El tema ha sido tomado muy seriamente en Europa, donde se está trabajando sobre un sistema complejo de "créditos de carbono", pensados para premiar a todo aquel que genere sin emitir y castigar al que desarrolle actividades con

emisión. El valor de esos créditos cotizaría en bolsa y dependería del “mercado”.

Por otro lado, el nuevo presidente electo de los Estados Unidos, Barack Obama, ha tomado muy seriamente el tema de energía y medioambiente desde su reciente toma de poder. En Abril de 2009 promovió su plan energético y una "nueva era de exploración de energías", entre ellas la eólica, con el fin de estimular la economía y proteger el medio ambiente. Dijo que ese tipo de energía podría suplir hasta un 20 por ciento de la demanda de luz eléctrica en Estados Unidos para 2030 y crearía hasta 250.000 empleos. También afirmó que “la nación que lidere al mundo en la creación de nuevas fuentes de energía, será la nación que lidere la economía global del siglo XXI”.<sup>2</sup>

Otro de las medidas ambientales llevadas a cabo por Obama es el Acta de recuperación y reinversión para los Estados Unidos, que tiene entre sus principales misiones revivir la industria de energías renovables, proveyendo de capital durante los próximos tres años para duplicar la capacidad de generación de estas energías. Este plan incluye una inversión de más de \$60.000 millones en energías limpias, entre otras cosas para el desarrollo de nuevas redes eléctricas de distribución para mover energías renovables desde zonas rurales a las ciudades, donde hay un mayor consumo.

Estos cambios hacen que las energías limpias se vuelvan más atractivas en términos económicos y como una solución a la quema de combustibles fósiles.

Ahora bien, para evaluar correctamente la contribución de cada fuente de energía a las emisiones, y de esta forma poder discernir en qué energías es necesario invertir y en cuales hay que disminuir participación, lo correcto es evaluar la emisión para una misma unidad de generación de energía. Para entenderlo con claridad, la tabla siguiente expresa el volumen de CO2 emitido por cada MWh de electricidad generado según las principales fuentes energéticas y algunas de las emergentes.

<b>Fuente</b>	<b>CO2 ton/MWh</b>
Carbón	0,894
Petróleo	0,659
Gas Natural	0,432
Nuclear	0
Hidro	0
Eólica	0

Fuente: EIA – DOE

<sup>2</sup> Barack Obama, Conferencia sobre Plan Energético, Washington, 22 de abril de 2009

Como era de esperar, los combustibles fósiles ocupan las primeras posiciones en emisión, siendo el carbón la peor de todas. Teniendo en cuenta todo lo mencionado hasta el momento, habrá que analizar las posibilidades de desarrollo de las energías limpias, es decir con 0 emisión.

Previo al análisis de las energías renovables y su potencial desarrollo, es importante destacar la situación particular de la energía nuclear, considerada en ciertos casos "renovable" debido a las importantes reservas de uranio existentes a nivel mundial. La energía nuclear tiene una participación considerable en la matriz eléctrica mundial (16%). Aunque la generación de electricidad en centrales nucleares no produce dióxido de carbono como los combustibles fósiles, los riesgos para la gente y para el medio ambiente generan ciertas dudas sobre la expansión y el desarrollo. Los principales peligros son el riesgo de accidentes nucleares (Three Mile Island en 1979 y Chernobyl en 1986), la generación de residuos altamente radiactivos y la proliferación de armamento nuclear. Por estas razones algunos países tienen prohibido su explotación y otros no entregan nuevos permisos para su desarrollo. Todo esto dificulta la estimación del crecimiento de esta energía, y más aun las posibilidades de inversión en la misma.

### **1.3 Energías renovables**

Las energías renovables son aquellas que se obtienen de fuentes naturales inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales. No utilizan, como las convencionales, combustibles fósiles, sino recursos capaces de renovarse ilimitadamente. Su impacto ambiental es de menor magnitud dado que además de no emplear recursos finitos, no generan contaminantes. De esta manera puede contribuir a mejorar la calidad de vida sin interferir en el sistema climático.

Entre las energías renovables más desarrolladas, podemos mencionar la energía hidráulica, la biomasa, la eólica, la solar, la geotérmica, y la mareomotriz, entre otras más en vías de desarrollo.

De las energías mencionadas, la única que tiene una participación considerable en la matriz eléctrica mundial es la hidráulica. Actualmente representa el 16%, y crece a razón de un 2,9% anual satisfaciendo por ahora su participación demandada. Sin embargo, la falta de lugares aptos, la importante inversión inicial, los tiempos de puesta en marcha y algunos dilemas ambientales en el llenado de los diques son indicadores de que la tendencia futura será de poco crecimiento o incluso declinación en términos relativos.

Cabe destacar el potencial de la energía solar que, hoy por hoy, tiene una participación menor de un decimal en la matriz energética. Todavía no entra en competencia por la significativa inversión inicial por kw de potencia, y por su bajo factor de utilización, que es de un 20% promedio. No obstante, el mundo está apostando a esta energía y el desarrollo de nuevas tecnologías de captación y almacenamiento seguramente aporten a la mejora de la eficiencia y a la reducción de costos en el mediano plazo.

Se podría hacer un análisis extenso de las restantes energías renovables y su potencial desarrollo, que sin dudas es de altísima importancia dado el contexto ambiental en el que se vive. Pero teniendo en cuenta la finalidad del presente proyecto, se centrará el análisis en la descripción y evaluación de la energía eólica.

## **2. ENERGIA EOLICA**

### **2.1 Descripción:**

La energía eólica consiste en la transformación de la energía del viento en energía mecánica que aplicada a un generador convierte esta energía en electricidad. Las máquinas empleadas para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad reciben el nombre de turbinas eólicas o aerogeneradores.

Entre las instalaciones de producción de electricidad se pueden distinguir instalaciones aisladas, no conectadas a la red eléctrica, e instalaciones conectadas, normalmente denominadas Parques Eólicos. Las instalaciones no conectadas a la red, habitualmente cubren aplicaciones de pequeña potencia, principalmente de electrificación rural. Las aplicaciones conectadas a la red eléctrica, por otra parte, son las que permiten obtener un aprovechamiento energético mayor, son además las que presentan las mejores expectativas de crecimiento de mercado.

Es importante destacar que la energía eólica es una energía limpia y uno de los modos más efectivos de disminuir la emisión de gases que afectan el sistema climático. No genera residuos peligrosos, no emite gases contaminantes, depende de un recurso de acceso libre y es segura.

### **2.2 Ventajas y Desventajas**

Los beneficios de la utilización de energía eólica son múltiples: se trata de un recurso extremadamente limpio, totalmente renovable y económicamente muy competitivo. Además, la utilización eficaz del recurso eólico garantiza la diversificación de la matriz energética, ayuda a evitar factores de dependencia geopolítica y promueve la estabilización de los precios pagados por energía en el largo plazo.

Uno de los principales beneficios de la energía eólica es su aporte al desarrollo de las economías regionales. De hecho, la mayoría de los emprendimientos eólicos se encuentran emplazados fuera de las grandes metrópolis y permiten contar con una actividad económica adicional a las tradicionales y altamente demandante de mano de obra. La industria eólica emplea aproximadamente 15 personas por cada MW instalado.

A su vez, a pesar de que la inversión inicial necesaria para la instalación de un parque de generación eólica es relativamente elevada en comparación con

otras tecnologías convencionales de generación, los equipamientos eólicos tienen bajos costos de mantenimiento, "combustible" gratis y una vida útil prolongada (20 años o más), lo que les permite competir cada vez más eficazmente con otras fuentes energéticas.

Otra de las ventajas que provee la energía eólica, quizás la principal a la hora de pensar en su desarrollo e inversión, es evitar emisiones a la atmósfera a través del replazo de generación de fuentes convencionales (fósiles), evitando la emisión de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y material particulado.

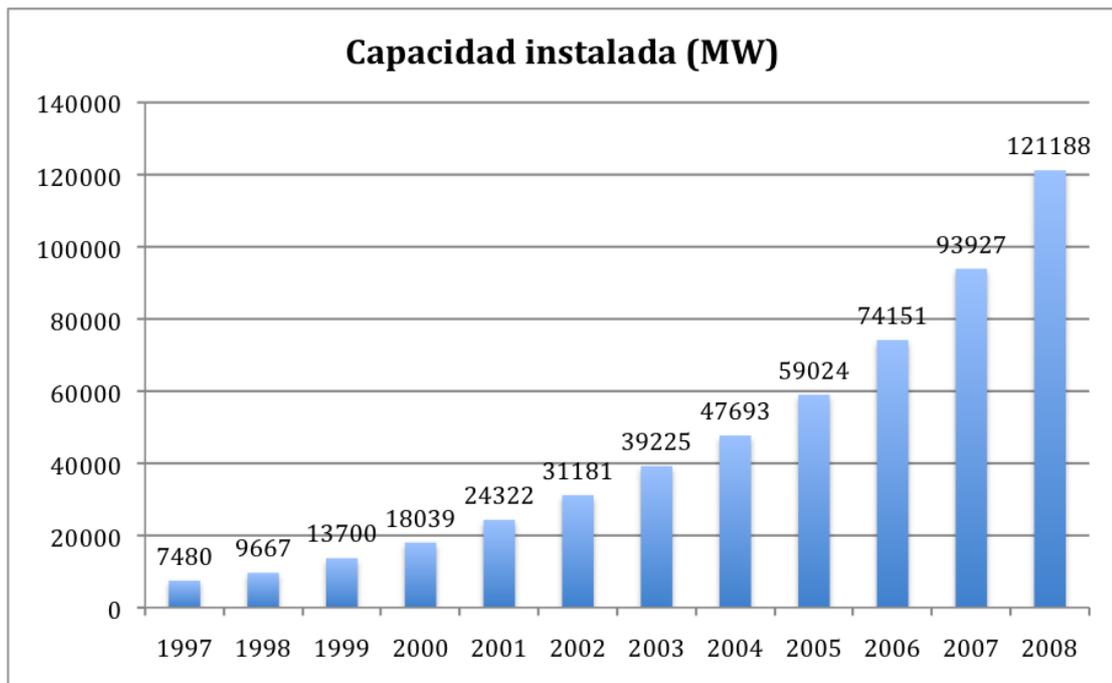
En cambio, las mayores desventajas de la energía eólica son que es una energía que se encuentra dispersa, es intermitente y aleatoria (no continua).

Debido a lo mencionado anteriormente, el factor de utilización de un molino es bajo (no siempre sopla el viento). Se calcula un promedio de utilización de un 25%, con un mínimo rentable de 20%. Los mejores lugares, entre ellos la Patagonia argentina, pueden llegar a un 40/45%, pero estos lugares por lo general tienen otro problema, asociado a la lejanía de los centros de mayor consumo, lo cual obliga la instalación de amplias redes de transporte eléctrico.

En otro orden, cabe destacar como desventaja que, debido a los atributos antes mencionados de aleatoriedad e intermitencia del viento, el aporte eléctrico se limita en cualquier red eléctrica a un máximo de 15% de la participación.

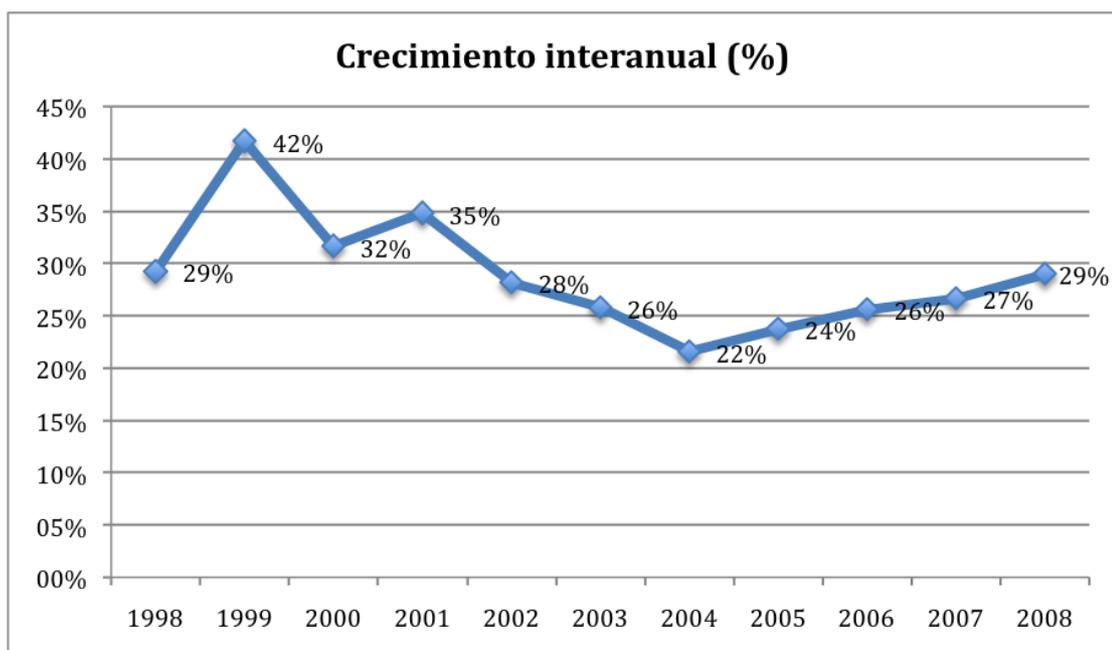
### **2.3 Desarrollo a nivel mundial**

La capacidad mundial instalada alcanza los 121.188 MW, de los cuales 27,261 fueron sumados en 2008.



Fuente: World Wind Energy Association

Un indicador importante de la vitalidad del mercado eólico es el crecimiento de la tasa en relación con la capacidad instalada del año anterior. La tasa de crecimiento ha aumentado a ritmo constante desde el año 2004, alcanzando el 29% en el 2008. Cabe destacar que el aumento en la media de la tasa de crecimiento se debe principalmente a que los dos mercados más grandes mostraron un aumento de la tasa de crecimiento por sobre la media: EEUU 50% (Por primera vez en más de una década tomo la primer posición de Alemania en términos de instalaciones totales) y China 107%.



Fuente: World Wind Energy Association

Teniendo en cuenta la crisis global financiera, energética y climática que la humanidad está enfrentando actualmente, se vuelve cada vez más evidente que la energía eólica ofrece soluciones a todos estos grandes desafíos, ofreciendo un suministro de energía nacional, confiable, accesible y limpia.

En este momento es difícil predecir los impactos que la crisis de crédito puede tener en el corto plazo sobre las inversiones en energía eólica. Sin embargo, pequeños proyectos enmarcados en una política estable con tarifas a la producción de energía bien diseñada, no se ven tan afectados como las inversiones de alto riesgo, como por ejemplo los parques eólicos marinos (off-shore) o los países que no ofrecen suficiente estabilidad legal o un marco político inestable.

Basado en la experiencia y en la tasa de crecimiento de los últimos años, la Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA siglas en inglés) espera que la energía eólica continúe su desarrollo dinámico en los próximos años. A pesar de que los impactos a corto plazo de la actual crisis financiera son difíciles de predecir, se puede esperar que en el mediano plazo la energía eólica pueda atraer más inversores debido a su bajo riesgo y a la necesidad de fuentes de energía limpia y confiable. Los gobiernos entienden los múltiples beneficios que otorga la eólica y están estableciendo políticas favorables.<sup>3</sup>

La Argentina deberá alinearse con estas políticas, para favorecer este tipo de inversión, mas aún siendo un país con recursos eólicos de suma importancia.

## **2.4 Argentina y la energía eólica**

Diversificar la matriz de abastecimiento de energía en Argentina es una tarea ineludible para nuestro país. La energía eólica es ciertamente una opción viable económica y técnicamente, más aun en un país como el nuestro, con gran capacidad de desarrollo tecnológico, una fuerte base de recursos humanos de alta calidad y mucho viento.

Actualmente Argentina cuenta con tan solo 30 MW instalados, principalmente por cooperativas eléctricas entre 1994 y 2002, ocupando la posición 41 entre los países con mayor capacidad instalada. Siendo la capacidad total mundial instalada 121188 MW a fines de 2008, la Argentina alcanza un insignificante 0,02% de participación. A continuación se muestra una tabla de detalle sobre las unidades instaladas y un mapa con la ubicación de las granjas existentes en nuestro país.

---

<sup>3</sup> World Wind Energy Report 2008, World Wind Energy Association, Febrero 2009

UBICACIÓN	CANT.	TURBINA	PUESTA EN SERVICIO	POTENCIA UNITARIA MW	POTENCIA TOTAL MW	VELOCIDAD PROMEDIO m/s	FACTOR DE CAPACIDAD %	PROPIETARIO
Claromecó	1	NEG- Micon NM750/48	Dic-98	0,75	0,8	7,3	27-30	Coop. Claromecó
Darragueira	1	NEG- Micon NM750/44	Sep-97	0,75	0,8	7,3	18-25	Coop. Darragueira
M. Buratovich	2	AN Bonus 600kW/44	Oct-97	0,6	1,2	7,4	20-30	Coop. M. Buratovich
Punta Alta	1	Micon M750-400/100	Feb-95	0,4	0,4	7,3	20-27	Coop. Punta Alta
Punta Alta	3	AN Bonus 600kW/44	Dic-98	0,6	1,8	7,8	23-33	Coop. Punta Alta
Tandil	2	Micon M750-400/100	May-95	0,4	0,8	7,2	23-26	Cretal Coop. Ltda., Coop. Tandil
Pcia. de Bs. As.	10				5,7			
C. Rivadavia	2	Micon M530	Ene-94	0,25	0,5	11,2	41-45	Pecorsa
C. Rivadavia	8	NEG- Micon NM750/44	Sep-97	0,75	6,0	11,2	36-45	Soc. Coop. Comodoro Rivadavia
C. Rivadavia	16	Gamesa G47	Oct-01	0,66	10,6	11,2	36-45	Soc. Coop. Comodoro Rivadavia
R. Tilly	1	Micon M750-400/100	Mar-96	0,4	0,4	10,8	41-45	Coagua
Pcia. de Chubut	27				17,5			
Gral. Acha	2	NEG- Micon NM900/52	Nov-02	0,9	1,8	7,2	28	Cosega
Pcia. de La Pampa	2				1,8			
Cutral Có	1	Micon M750-400/100	Oct-94	0,4	0,4	7,3	22-26	Copelco
Pcia. de Neuquén	1				0,4			
Pico Truncado	4	Enercon (Wobben) E-40	Mar-01	0,6	2,4	10,3	46-49	Municipalidad Pico Truncado
Pcia. de Sta. Cruz	4				2,4			
Veladero	1	DeWind D8.2	Ago-08	2	2,0		s/d	Barrick
Pcia. de San Juan	1				2,0			
<b>TOTAL PAÍS</b>	<b>45</b>				<b>29,8</b>			



Fuente: Asociación de Energía Eólica y Greenpeace Argentina

### Potencial de desarrollo en el país

Muchos expertos afirman que la República Argentina cuenta con algunas de las condiciones más favorables del planeta para la producción de energía eólica, lo que podría llevar a nuestro país a convertirse con comodidad en líder en materia de aprovechamiento del viento como fuente de energía.

El país tiene cerca del 70% de su territorio cubierto con vientos cuya velocidad media anual, medida a 50 metros de altura sobre el nivel del suelo, supera los 6 m/s. Con vientos que redundan en factores de capacidad por encima del 35% en gran parte del territorio nacional, el potencial teórico de generación eólica en Argentina es muy elevado. Particularmente, zonas en la Patagonia media y sur cuentan con velocidades promedio que superan los 9 m/s y hasta 12 m/s. Por su parte, el recurso eólico en la provincia de Buenos Aires, principalmente en su zona costera, es comparable con el que poseen países que han desarrollado a gran escala la energía eólica. La cercanía a las redes de distribución eléctrica facilita el aprovechamiento de su recurso eólico en comparación con las restricciones en las redes eléctricas existentes en otras regiones del país como en la Patagonia.

Algunos estudios llegan a indicar que podrían instalarse más de 500.000 MW, valor equivalente a veinte veces la capacidad de generación eólica total actualmente existente en los Estados Unidos.

En consecuencia, es válido decir que potencialmente se podrían instalar parques eólicos para generación eléctrica en más de la mitad del territorio nacional. Si bien se requerirán varios años para que se instale un número de parques eólicos lo suficientemente significativo como para impactar en la matriz energética nacional, su potencial es tal que no puede ser dejado de lado.

### **3. LICITACION ENARSA. PROYECTO EOLICO**

#### **3.1 Introducción al proyecto**

Habiendo analizado el entorno mundial energético, evidenciando la necesidad de desarrollo de energías renovables sin emisiones, y presentada la energía eólica como una alternativa de potencial desarrollo especialmente para la Argentina, a continuación se evaluará la rentabilidad económica de un proyecto de instalación y puesta en marcha de un parque eólico para la generación de energía eléctrica, ubicado en alguna región de la Argentina.

El proyecto será dimensionado y desarrollado para estar en condiciones de ser propuesto en el llamado a licitación pública publicado por ENARSA<sup>4</sup> (Energía Argentina Sociedad Anónima) en abril de 2009, para la provisión de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

ENARSA invita a presentar propuestas para proveer el servicio de generación eléctrica a partir de fuentes renovables de energía, el cual incluirá la provisión, instalación y puesta en marcha, operación y mantenimiento de centrales<sup>5</sup> nuevas que operen con recursos renovables (eólicos, solares, geotérmicos, biomásicos, etc.), para ser instaladas en los sistemas vinculados a la red del SADI<sup>6</sup> por un plazo de 15 años. Se licitarán un total de 1000 MW de potencia a instalar, de los cuales 500 MW serán destinados a proyectos de energía eólica.

A continuación se detallan los puntos principales del Pliego<sup>7</sup> de bases y condiciones de la mencionada licitación, con los aspectos que se deberán tener en cuenta para desarrollar una propuesta acorde a los requerimientos que éste impone.

#### **3.2 Licitación pública nacional ENARSA. Pliego de condiciones**

*- Antecedentes de la contratación:*

---

<sup>4</sup> ENARSA es una empresa pública argentina creada en 2004 por la administración de Néstor Kirchner dedicada a la exploración, explotación, destilación y venta de petróleo y sus productos derivados, así como la comercialización de gas natural y electricidad.

<sup>5</sup> Conjunto de instalaciones necesarias y suficientes destinadas a la producción de energía eléctrica, conforme a la documentación de este Pliego.

<sup>6</sup> El Sistema Argentino de Interconexión es la principal red de transporte de energía eléctrica de la Argentina.

<sup>7</sup> Conjunto de normas y condiciones a través de los cuales se regulará el procedimiento de adjudicación del contrato, como así los lineamientos básicos de éste.

El presente llamado a licitación contribuirá a dar cumplimiento a los requerimientos legislativos emanados de la ley N 26.190<sup>8</sup> que dispone que el 8% de la energía eléctrica consumida deberá provenir, hacia el año 2016, de fuentes renovables de energía.

1. Por instrucción del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, ENARSA realiza el presente llamado a licitación a fin de contratar la provisión de energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables de energía, en aras de aumentar la participación de tecnologías no convencionales
2. Una vez celebrados los Contratos con quienes resulten adjudicatarios, y emitido por la Secretaría de Energía el marco de regulación que determine la participación de Enarsa como agente generador del MEM (Mercado Eléctrico Mayorista) utilizando fuentes de energía renovable, se dará la instrucción a CAMMESA<sup>9</sup> para que suscriba con Enarsa el Contrato de Abastecimiento MEM, acuerdo que regla la venta de energía eléctrica (proveniente de fuentes de energías renovables) de Enarsa a Cammesa.

#### *- Procedimiento de Selección*

La provisión de energía eléctrica se realizará a través de Centrales de generación cuyos módulos en conjunto tengan una potencia **superior a 1 MW e inferior a 50 MW**, para ser instalados en todo el país de acuerdo a los requerimientos especificados para cada tecnología en el presente pliego.

El servicio requerido implica la selección, adaptación y disponibilidad del predio donde se instalará la central, la elaboración del proyecto de ingeniería básica y de detalle, la provisión de los servicios esenciales de agua, energía eléctrica, desagües, cloacas, accesos, comunicaciones, seguridad, prevención de inundaciones y todas las obras necesarias para mitigar el impacto ambiental de la futura Central. Deberán proveerse también los planos según obra, montaje, puesta en marcha, ensayos de performance para verificación de parámetros y demás acciones que deba realizar el contratista para lograr una correcta instalación del equipamiento que permita su normal desempeño a partir del punto de entrega<sup>10</sup> indicado por el proponente.

---

<sup>8</sup> Ver desarrollo de la ley en ANEXO B

<sup>9</sup> COMPAÑÍA ADMINISTRADORA DEL MERCADO MAYORISTA ELECTRICO SOCIEDAD ANÓNIMA (CAMMESA). La sociedad tiene por objeto el despacho técnico del Sistema Argentino de Interconexión (SADI) de acuerdo a lo previsto por la Ley 24.065 y sus normas complementarias y reglamentarias.

<sup>10</sup> Es el nodo del SADI en el cual el contratista se compromete a entregar la energía eléctrica generada a partir de la central.

La operación y mantenimiento de las unidades estarán a cargo del contratista<sup>11</sup> quien será responsable por el correcto desempeño de la central y el equipamiento que la compone.

La ubicación de las centrales deberá tener en cuenta la capacidad de transporte de las líneas de transmisión, distribución y las instalaciones de los puntos de conexión al SADI, prefiriéndose la conexión en nodos de la mayor PCC/tensión nominal del área.

*- Proponentes del servicio*

Pueden ser oferentes las personas físicas, sociedades regularmente constituidas, Uniones Transitorias de Empresas y Consorcios de Cooperación Empresaria que reúnan los requisitos establecidos en el pliego.

*- Garantías*

Con la propuesta deberá acompañarse una Garantía de mantenimiento de la propuesta por un monto equivalente a \$ 100.000 por cada MW de potencia ofrecida. La misma tendrá validez por un plazo de 150 días. Será devuelta en cuanto se presente la Garantía de cumplimiento del Contrato y firme éste último. Esta garantía es de un monto equivalente al 5% del precio total del Contrato, pudiendo reducirse en un 50% al promediar el 50% del período de ejecución del contrato.

*- Alcance de la propuesta*

El proponente deberá presentar su propuesta describiendo la Central ofrecida acorde a la naturaleza de su fuente, conforme a lo siguiente:

---

<sup>11</sup> Proponente que resultó adjudicatario y que firmó contrato.

REGLÓN	FUENTE	POTENCIA A CONTRATAR	OBSERVACIONES
1	Eólica	500 MW	Proyectos con Factor de Capacidad = ó > a 35% debidamente documentados.
2	Térmica con Biocombustibles	150 MW	ver definición en Glosario
3	Residuos Sólidos Urbanos	120 MW	
4	Biomasa	100 MW	Sustentado en el superávit biomásico del área.
5	Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos	60 MW	Hasta 30 MW por planta.
6	Geotérmica	30 MW	
7	Solar Térmica	25 MW	Proyectos con radiación solar = ó > a 5 kWh/m2 debidamente documentados.
8	Biogás	20 MW	
9	Solar Fotovoltaica	10 MW	Proyectos con radiación solar = ó > a 5 kWh/m2 debidamente documentados.
TOTAL		1.015 MW	

La potencia nominal de la Central deberá estar comprendida entre 1MW y 50 MW, en frecuencia 50 Hz.

*- Propuesta técnica*

La propuesta técnica a presentar deberá contener la siguiente información:

- a. Detalle de la ubicación de la Central propuesta.
- b. Estudios y documentación que evidencien la prefactibilidad ambiental del proyecto, la prefactibilidad eléctrica y la disponibilidad del recurso energético. Todos los estudios deberán ser realizados por consultoras con reconocida especialidad y experiencia en la materia.
- c. Descripción técnica de las unidades ofrecidas y de los componentes principales de la Central, sus servicios auxiliares propios, sistemas y caminos.
- d. Programa de **operación y mantenimiento** durante la vigencia del Contrato. La propuesta deberá incluir la operación y mantenimiento integral de todas las instalaciones. Estos servicios incluyen la mano de obra y el suministro

de todos los elementos que sean necesarios para el normal funcionamiento de los equipos de acuerdo a lo establecido.

- e. Listado con la descripción de los bienes (equipos y materiales) a comprometer en la Obra a ser adquiridos por el Contratista. Dicho listado deberá **precisar los bienes fabricados en el país** conforme a los criterios establecidos a este respecto por la legislación vigente. (Régimen de Compre Trabajo Argentino)<sup>12</sup>.

*- Cronograma general de obra*

El proponente deberá enumerar en forma detallada las tareas a realizar y los plazos que llevarán las mismas para la realización de las obras y pruebas requeridas para la operación comercial, como así también las fechas de entrada en operación comercial de las unidades de generación. Los plazos mencionados deberán estar medidos en días contados desde la fecha de firma del Contrato.

*- Lista de fabricantes y constructores*

El proponente confeccionará un listado con los fabricantes y constructores comprometidos con la Central ofertada. Respecto de cada uno de ellos, deberán detallarse los antecedentes en fabricación, provisión, instalación, operación y mantenimiento de Centrales.

*- Informe de ADIMRA<sup>13</sup>*

La Comisión Evaluadora remitirá a ADIMRA una copia de la Propuesta Técnica y del **Listado de bienes fabricados en el país**. Con dicha información, ADIMRA dictaminará sobre el **porcentaje del componente local** de la Obra propuesta, a los efectos de aplicar la fórmula prevista en el análisis de la propuesta Económica.

*- Propuesta Económica*

El proponente deberá presentar su Cotización conforme al siguiente formulario, completando la totalidad de la información solicitada y adjuntando la documentación requerida.

---

<sup>12</sup> Régimen de compras del Estado Nacional y concesionarios de Servicios Públicos. Ley 25.551 (ver ANEXO A)

<sup>13</sup> La Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA) mantiene contacto permanente con diversos organismos y entidades del ámbito público y privado –ministerios, secretarías, entidades gremiales, universidades, entidades bancarias, fundaciones, etc.-, representando a los empresarios metalúrgicos y realizando gestiones ante las autoridades competentes.

PROPONENTE	TECNOLOGÍA (EÓLICA, SOLAR, GEOTÉRMICA, BIOMASA, RSU, BIOGÁS y PAH)	CENTRAL	POTENCIA NOMINAL (MW)	VOLUMEN ANUAL DE ENERGÍA (MWh)	PRECIO DE LA ENERGÍA ENTREGADA (U\$\$/MWh)	PLAZO DE HABILITACIÓN COMERCIAL (Días)

Se considerará que la remuneración cotizada incluye todos los costos en que incurrirá el proponente para ejecutar la provisión descrita en el pliego. Comprenderá los costos de traslado, montaje e instalación, pruebas de inicio de operación comercial, operación y mantenimiento y todos aquellos gastos generales. También los costos de conexión eléctrica a la capacidad de transporte y a la adecuación de las instalaciones existentes para permitir dicha conexión.

El cálculo de la remuneración cotizada por el proponente deberá:

- a. excluir los eventuales ingresos por la colocación de Certificaciones de Reducción de Carbono (“Bonos de Carbono”) a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio, cuyo titular resultará ser el Contratante (ENARSA).
- b. excluir aquellos beneficios que la Administración Pública Nacional, Provincial o Municipal otorgue a los generadores de energía de origen renovable. Todos estos ingresos serán tramitados y percibidos por ENARSA en razón de su condición de Agente Generador del MEM.
- c. explicitar los beneficios fiscales y/o impositivos generados en las diferentes escalas jurisdiccionales vinculados a regímenes promocionales de inversión.

Dado que ENARSA reviste la condición de responsable inscripto frente al Impuesto al Valor Agregado, el Oferente deberá efectuar su cotización discriminando el precio y dicho impuesto.

*- Criterio de evaluación de la Propuesta Económica*

Las propuestas que satisfagan los aspectos técnicos y antecedentes, serán evaluadas en términos económicos, utilizando para ello la metodología que se define a continuación:

**Siendo:**

**Pi:** Potencia de la CENTRAL i.

**Ti:** Plazo previsto para la Habilitación Comercial del total de la potencia contratada de la CENTRAL i a partir de la firma del CONTRATO.

**TBi:** Es las dos terceras partes del plazo menor de cualquiera de las ofertas de un renglón determinado.

**PRi:** Ingreso requerido por energía entregada de la CENTRAL i para las propuestas de CENTRALES EÓLICAS, SOLARES, GEOTÉRMICAS, PAH, BIOMASA, RSU o BIOGÁS (contratos por cantidad).

**PRi:** Ingreso requerido por energía entregada de la CENTRAL i + (Ingreso mensual requerido por potencia puesta a disposición / (Pi x 50% x [24x365/12])); para las propuestas de CENTRALES de BIOCOMBUSTIBLES (contratos por disponibilidad de potencia y cantidad de energía).

**CL%:** porcentaje de componente local.

**Se define:**

$$TBi = 2/3 * \text{Min} [Ti; \dots; Tn]$$

$$TMi = (Ti - TBi)/Pi$$

$$TMM = \text{Min} [TMi; \dots; TMn]$$

$$TMTi = Pi * TMM + TBi$$

$$R = 10\%$$

Una vez definidas estas variables para cada Propuesta, se procederá a calcular el “Precio Comparativo de la Central i” (PRCi), cuya fórmula es la siguiente:

$$PRCi = PRi * (CL\%/1.1 + (1-CL\%)) * (1 + R)^{(Ti/TMTi - 1)}$$

De acuerdo al valor del PRCi de cada propuesta, se procederá a celebrar un orden de conveniencia de propuestas por tipo de fuente de energía.

Una vez definido el marco normativo del Pliego de la licitación en cuestión, destacando los aspectos más importantes a tener en cuenta para dimensionar y desarrollar el proyecto, se realizará el estudio de ingeniería del proyecto.

Se definirá primero la dimensión del proyecto en base a las restricciones presentes y luego se determinará la ubicación geográfica del mismo. Será importante la elección de la tecnología a utilizar, como así también el cálculo de los aerogeneradores necesarios y su capacidad productiva, pasando por un ineludible estudio de impacto ambiental. Se detallará también el correspondiente cronograma de ejecución, con las distintas etapas de instalación y puesta en marcha.

## 4. ANALISIS DE INGENIERIA DEL PROYECTO

### 4.1 Dimensión del proyecto

Como se explicó anteriormente, la Argentina posee un alto potencial para el desarrollo de la energía eólica, principalmente por los fuertes vientos que existen en varias regiones del país y por las extensas áreas con baja densidad de población que favorecen las posibilidades de ocupación sin afectar el medio ambiente de forma visual ni sonora.

Para establecer la dimensión del parque eólico a instalar, habrá que evaluar las principales restricciones que se presentan en nuestro país a nivel tecnológico, eléctrico, geográfico y financiero, cuando se piensa en invertir en una energía de estas características. También será importante considerar la limitación proveniente de la licitación en la que se quiere presentar el proyecto, que impide propuestas con potencias superiores a los 50 MW.

#### Consideraciones tecnológicas: potencia del aerogenerador

El tamaño de los aerogeneradores es un factor a tener en cuenta a la hora de definir el tamaño del proyecto según su ubicación. Actualmente existen en el mundo productores que fabrican turbinas de 10 MW de potencia y que ya están empezando a funcionar en países como Alemania o España, sin embargo en la Argentina sólo se comercializan las de hasta 2 MW. Conociendo el desarrollo actual de esta energía en el país, es comprensible que los productores nacionales no fabriquen aerogeneradores de mayor potencia por unos cuantos años más. Sumado a esto, hay que tener en cuenta que en la Argentina no existen las restricciones de espacio que tienen varios países de Europa para ubicar los parques eólicos, lo cual obliga a aumentar la generación por unidad de superficie o incluso a tener que reemplazar los molinos existentes para aumentar su productividad. También hay que considerar que el traslado de aerogeneradores de más de 2 MW de potencia es sumamente dificultoso y riesgoso, y para algunas rutas del país prácticamente imposible debido al peso y tamaño que estos aparatos tienen.

Este aspecto no debería ser limitante para casi ningún proyecto eólico que se realice en la Argentina en los próximos años, ya que las tierras donde se ubicarían la gran parte de los parques no tienen un costo elevado como para requerir concentrar la generación. Por lo tanto la potencia del aerogenerador, si

bien de aquí a unos años no se estima que supere los 2 MW, no debería ser una restricción para determinar la dimensión del actual proyecto.

### Red de transporte eléctrico, logística y mano de obra

La red existente para transportar electricidad desde el sur de la Argentina hacia la provincia de Buenos Aires tiene una capacidad de 1000 MW, de los cuales a la fecha sólo se utilizan alrededor de 200 MW.

En principio este factor tampoco sería un limitante para ningún proyecto de mediana o incluso gran envergadura. La limitación puede aparecer en torno a la distancia que el parque eólico se encuentre de la estación de transformación, punto de conexión a la red de alta tensión, ya que deberá transportar la energía hasta dicho punto. Teniendo en cuenta que la construcción de la línea para traslado de la energía a la estación representa un costo fijo en el proyecto, cuanto mas grande sea la capacidad del parque menor será el costo de transporte por unidad de potencia generada.

La mano de obra puede ser un limitante en tanto y en cuanto el parque eólico se encuentre alejado de zonas urbanas. Dependiendo de la dimensión de un proyecto se harán instalaciones para que habite el personal de mantenimiento.

### Participación en la matriz eléctrica

Cualquier nodo de línea de red eléctrica que se considere, tiene un límite para el aporte de energías de aporte variable y aleatorio, como es el caso de la eólica. Por lo general este valor ronda el 15% del aporte a la red. Este aspecto si puede ser una restricción importante en un futuro no muy lejano, ya que zonas con altos recurso eólicos como la Patagonia, se verán limitados en su aporte a la red si no se une esta línea con otra que acepte las cantidades demandadas.

En función de las restricciones planteadas y teniendo en cuenta las recomendaciones de los expertos acerca de la dimensión necesaria para que un parque de mediana envergadura alcance una buena economía de escala, se dimensionará un parque de 30 MW de potencia.

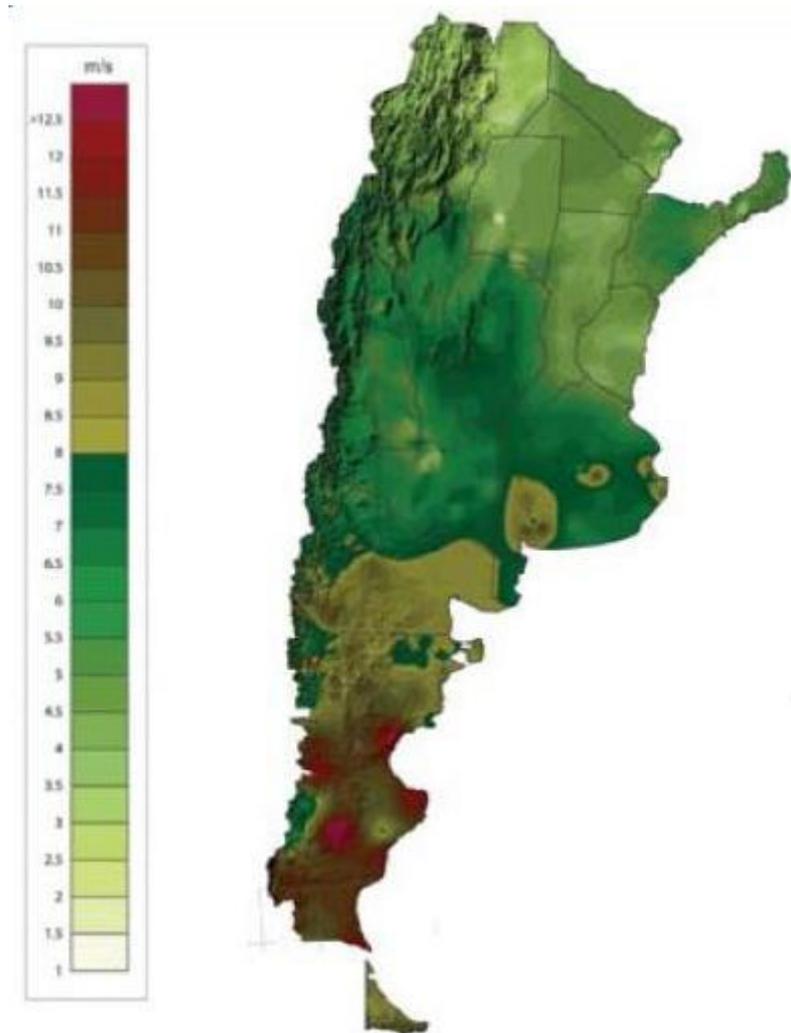
## **4.2 Localización del parque eólico**

Para determinar la ubicación óptima del parque, el factor mas determinante será la velocidad del viento y el factor de capacidad de las distintas regiones, pero no habrá que dejar de lado los aspectos antes mencionados en cuanto a la capacidad de la red de distribución, lejanía a la conexión, traslado de turbinas y disponibilidad de mano de obra, entre otros.

### *Velocidad media y factor de capacidad*

La Argentina tiene cerca del 70% de su territorio cubierto con vientos cuya velocidad media anual, medida a 50 metros de altura sobre el nivel del suelo, supera los 6 m/s. En particular, zonas en la Patagonia media y sur cuentan con velocidades promedio que superan los 9 m/s y hasta 12 m/s. Sin embargo, hablar solo de velocidad media no da información de cuan aprovechable es el recurso, sino simplemente del valor esperado de la distribución de probabilidad.

Velocidad media anual del viento en la Argentina

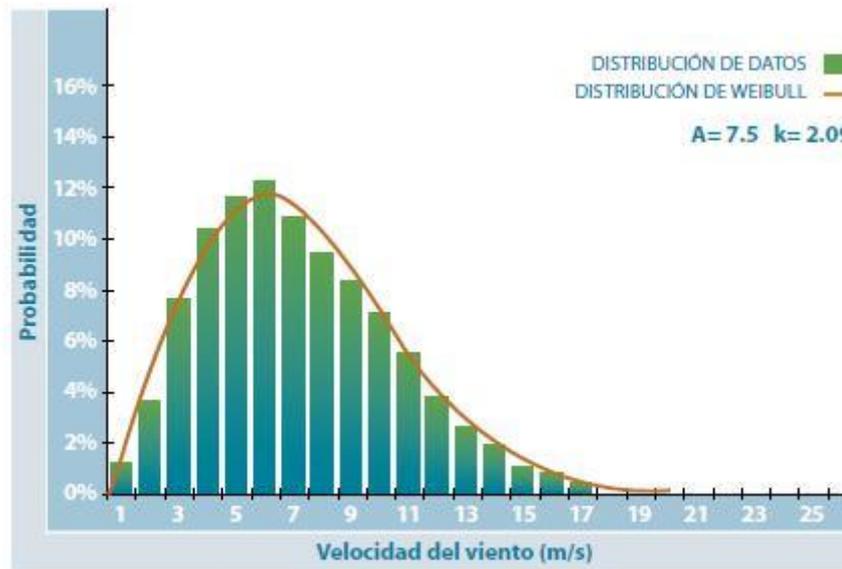


Fuente: Centro Regional de Energía Eólica – Min. de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios

La energía eólica se caracteriza por tener un comportamiento probabilístico conocido y modelado matemáticamente por la distribución de Weibull<sup>14</sup>. Una vez medidos y conocidos los valores de velocidad media, y caracterizada la distribución de Weibull se puede comenzar a evaluar el recurso eólico.

<sup>14</sup> La distribución de Weibull es una función similar a la distribución normal o de Gauss, pero sesgada en cierta medida hacia valores inferiores a la media. Tanto el sesgo como la curtosis de la función dependen del lugar de estudio y sus características. Para la caracterización del recurso eólico esta distribución aplica en la gran mayoría de los casos y es ese el motivo por el cual se la utiliza en la implementación de modelos físicos eólicos en todo el mundo.

Gráfico ejemplo de la distribución de Weibull



El principal dato de “cuánto viento aprovechable hay” sale de una función acumulada conocida con el nombre de Factor de Capacidad o de Carga (FC). Esto es un valor porcentual de la energía que una turbina eólica entregará durante todo un año en relación a la cantidad de energía que podría entregar una turbina trabajando el 100% del tiempo. De este modo, un  $FC=35\%$  indica que la energía entregada por un aerogenerador será el 35% de la energía que la misma máquina podría entregar durante todo el año en condición de potencia nominal.

Región del país con Factor de capacidad mayor a 35%

Cada aerogenerador tiene su propia curva de potencia, dependiendo del fabricante que la produce. Esta curva indica que potencia genera la turbina en función de la velocidad del viento. Por ejemplo, una curva de potencia tipo puede indicar que un aerogenerador de 1 MW de potencia nominal comenzará a generar energía cuando el viento incidente sobre su rotor supere los 3 m/s (10,8 km/h), y recién alcanzará 1 MW cuando la velocidad del viento sea de 12 m/s. Entre 12 y 25 m/s entregará su potencia nominal (1 MW en este caso), y se pondrá en “bandera” (0 MW) cuando las velocidades sean mayores a los 25 m/s, de modo de proteger la estructura.

### Curva de potencia tipo



La forma de obtener el factor de capacidad FC para cierta región, es a través de la integración matemática entre la distribución de probabilidad (obtenida de acuerdo a las mediciones en el campo) y la función matemática que describe la curva de potencia de la máquina, facilitada por el fabricante.

Teniendo en cuenta esto, para decidir la ubicación del parque eólico se considerará el factor de carga como una variable muy importante.

Los primeros modelos, utilizando curvas de potencia de tecnología comercial actual, indican que en zonas patagónicas el FC supera 45%, pero no sólo ahí los vientos son aprovechables. En las zonas serranas en distintas provincias así como también en varios puntos de la provincia de Buenos Aires (en cercanía a los grandes centros de consumo), los resultados son del orden del 35%.

#### Red de distribución: tamaño y accesos.

El sistema primario de intercambio de energía eléctrica de toda la Argentina está integrado por líneas de transporte y estaciones de transformación, constituidas por el Sistema Argentino de Interconexión (SADI).

Como consecuencia de las características geográficas y del desarrollo socio-económico del país, el SADI está estructurado como un sistema de transporte de tipo radial que cubre grandes distancias conectando los centros de generación con el principal foco de demanda ubicado en la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores (Gran Buenos Aires o GBA). La distribución

esquemática del parque generador y las líneas de alta tensión mas importantes son las siguientes:

Sistema Argentino de Interconexión. Redes de alta tensión (500KV)

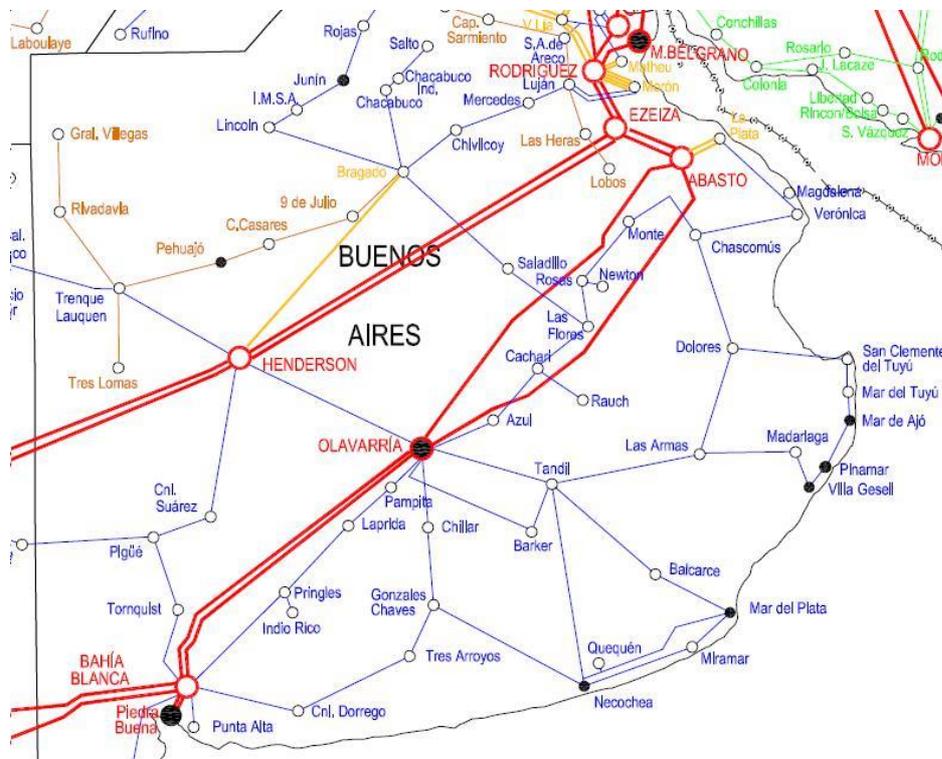


Por lo visto hasta el momento, existen varias regiones aptas para la instalación de energía eólica a lo largo del país, algunas más favorecidas por la magnitud del recurso eólico, otras por su cercanía a redes de distribución o centros de consumo.

Para seleccionar el lugar más propicio para instalar el parque eólico de la dimensión establecida, se tendrá en cuenta las variables consideradas mas importantes, entre las cuales se encuentran el factor de capacidad y la disponibilidad y cercanía a las redes de distribución.

La Patagonia sin dudas es la región del país con mayores vientos y un factor de capacidad que supera el 45%, la cual la hace uno de los lugares mas propicios para el desarrollo eólico a nivel mundial. En cuanto a su logística, actualmente existe una red eléctrica capaz de transportar 1000 MW de potencia hasta la provincia de Buenos Aires, y como se mencionó anteriormente actualmente sólo se ocupan 200 MW aproximadamente. La principal complicación que puede tener la instalación en esta región es la lejanía a la estación transformadora de voltaje, la cual está ubicada en Pico Truncado, ciudad situada al noreste de Santa Cruz. Es importante ubicar el parque en algún punto cercano a esta ciudad, para evitar que el traslado sea costoso.

Como segunda opción aparece la provincia de Buenos Aires, donde si bien los vientos logran un factor de capacidad de alrededor del 35%, inferior a los del sur, tiene la ventaja de encontrarse más próximo a los centros de mayor consumo y a la red de transmisión. También tiene a favor que el traslado y la instalación del parque es menos costoso. Sin embargo, la baja que se puede lograr en los costos a través de estos aspectos, es inferior al ingreso que se consigue con los 10/15% de diferencia en el FC entre una región y otra. Por lo tanto no es justificable realizar la inversión en esta zona, por lo menos en el corto plazo, mientras la capacidad de la red para transportar desde el sur sea suficiente.





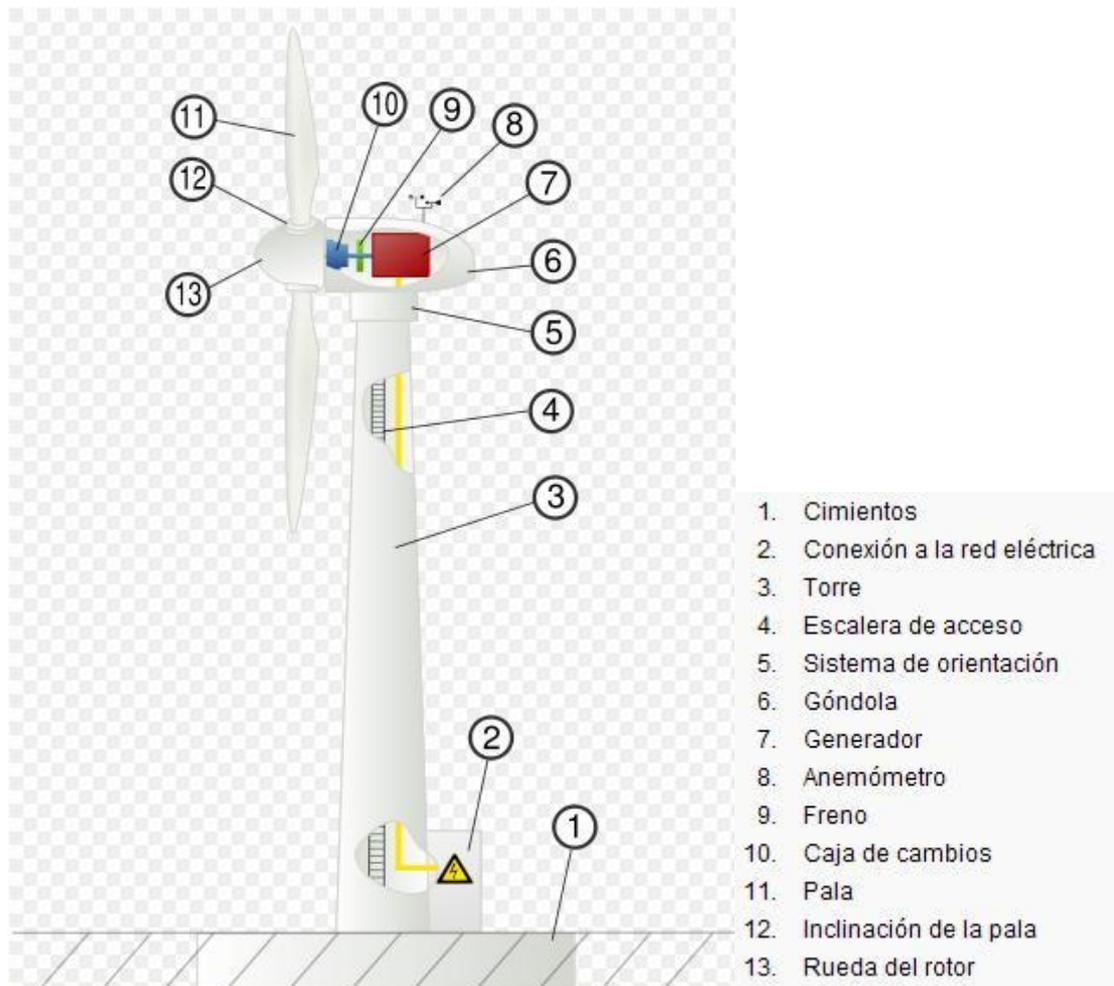
REFERENCIAS	
Centrales y Estaciones Transformadoras	Líneas
○ Estación Transformadora de 500 kV.	— Líneas de 500 kV
○ Estación Transformadora de Tensión menor a 500 kV.	— Líneas de 330 kV ó 345 kV
● Central Térmica ( Vapor, TG ó Diesel )	— Líneas de 220 kV
▲ Central Hidráulica	— Líneas de 150 kV
■ Central Nuclear	— Líneas de 132 kV
⊠ Conversoras	— Líneas de 66 kV
	— Líneas de 33 kV

En función de lo dicho anteriormente, se decide instalar el parque en el noreste de la provincia de Santa Cruz, cerca de la localidad de Pico Truncado, ya que ahí se encuentra la estación de transformación y la conexión a la línea de alta tensión. La definición del lugar exacto a instalar el parque estará determinada por la disponibilidad de áreas aptas en la zona, para lo cual se deberá realizar la correspondiente campaña de medición de vientos y estudio de impacto ambiental, que se detallarán más adelante.

### 4.3 Selección de tecnología

En esta sección se explicarán los principales componentes de un aerogenerador y su funcionamiento, se detallará el proceso completo de generación, transformación y transporte de energía, y por último se definirá que empresa fabricadora e instaladora de aerogeneradores es más conveniente contratar, según los requerimientos del proyecto.

#### Componentes principales de un aerogenerador:



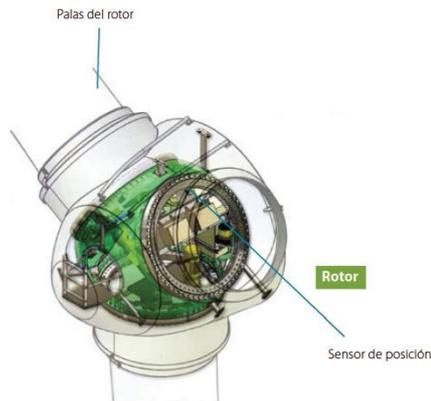
Fuente: es.wikipedia.org

A continuación se detalla el funcionamiento de los componentes principales que permiten la transformación de energía mecánica a eléctrica en un aerogenerador.

#### Rotor

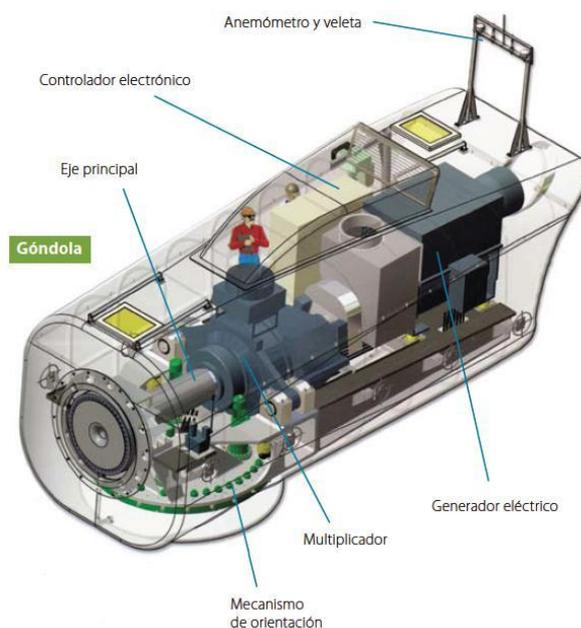
El rotor es el componente que ayuda a los álabes o palas del rotor a convertir la energía del viento en movimiento mecánico rotacional. El rotor está

compuesto por los propios álabes y el buje. Las palas del rotor capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. En un aerogenerador de 1,5 MW cada pala mide alrededor de 35 metros de longitud y su diseño aerodinámico es muy parecido al del ala de un avión. El buje es el elemento que une los álabes con el árbol principal mediante el cojinete principal. El buje es el centro del rotor y se fabrica de hierro o acero fundido. Si el aerogenerador tiene multiplicador, el buje se conecta directamente al eje de baja velocidad de la caja multiplicadora.



### Góndola

La góndola soporta los componentes clave del aerogenerador (incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico) y debe ser capaz de rotar para seguir la dirección del viento, por lo que se une a la torre mediante rodamientos, que forman parte del sistema de orientación. El personal de servicio puede entrar en la góndola desde la torre de la turbina. En el extremo de la góndola se ubica el rotor del aerogenerador, es decir las palas y el buje.



### Eje principal

Conecta el rotor con la caja multiplicadora. En un aerogenerador moderno el rotor y el eje giran muy lento, entre 19 y 30 revoluciones por minuto (rpm).

### Caja multiplicadora

Tiene en un extremo el eje de baja velocidad y en el otro el de alta velocidad. Permite que este último gire 50 veces más rápido que el primero. Cumple la tarea de acoplar las bajas velocidades de rotación del rotor y las altas velocidades del generador, y soportar las amplias variaciones de la velocidad del viento.



### Eje secundario

Gira aproximadamente a 1.500 rpm lo que permite el funcionamiento del generador eléctrico. Está equipado con un freno mecánico de emergencia.

### Generador eléctrico

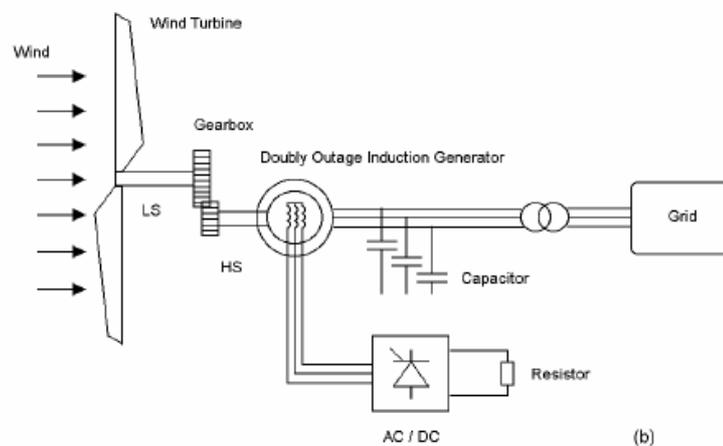
El generador de una turbina convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Puede ser asíncrono o síncrono, de jaula de ardilla o rotor bobinado, multipolo, de imanes permanentes, etc. variando según el tipo de tecnología.

Hay diferencias entre los generadores síncronos y asíncronos. Un generador síncrono de velocidad constante conectado a la red presenta problemas técnicos muy difíciles de eliminar. Por lo anterior, actualmente no existen generadores síncronos de velocidad constante, sino de velocidad variable. Éste no se puede conectar directamente a la red de corriente alterna con frecuencia constante, por lo que es preciso utilizar un convertidor de frecuencia como elemento intermedio entre el generador y la red. Esta desventaja de tener que utilizar un complicado sistema adicional para la

sincronización se compensa con una mayor eficiencia de la turbina y una mejor compatibilidad con la red.

La mayoría de las turbinas eólicas de gran potencia del mundo utilizan un generador asíncrono trifásico (con jaula bobinada) de doble alimentación. En este caso, la velocidad de rotación puede ser variada, diferente a cuando se usan generadores asíncronos convencionales. A diferencia de un generador sincrónico, los asíncronos son más robustos y de menor mantenimiento. Otra de las razones para la elección de este tipo de generador es que es muy confiable, y comparativamente no suele resultar caro. También tiene propiedades mecánicas que lo hace especialmente útil en turbinas eólicas (el deslizamiento del generador, y una cierta capacidad de sobrecarga).

Los aerogeneradores pueden ser diseñados con varias formas de conexión, directa o indirecta a la red del generador. La conexión directa a red significa que el generador está conectado directamente a la red de corriente alterna (generalmente trifásica). La conexión indirecta a red significa que la corriente que viene de la turbina pasa a través de una serie de dispositivos eléctricos que ajustan la corriente para igualarla a la de la red. En generadores asíncronos esto ocurre de forma automática.



Generador asíncrono

### Controlador electrónico

Es un sistema que monitoriza las condiciones del aerogenerador y que controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción (por ejemplo, un sobrecalentamiento en el multiplicador o en el generador), automáticamente detiene el aerogenerador y llama al operario encargado de la turbina.

### Unidad de refrigeración

Contiene un ventilador utilizado para enfriar el generador eléctrico. Además contiene una unidad refrigerante por aceite empleada para enfriar el aceite del multiplicador. Algunas turbinas tienen generadores refrigerados por agua.

#### La torre

Soporta la góndola y el rotor. Generalmente es una ventaja disponer de una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del nivel del suelo. Un aerogenerador de 1,5 MW tendrá una torre de entre 60 y 80 metros (la altura de un edificio de 20 a 25 pisos).

Las torres pueden ser tubulares como la mostrada en el dibujo o reticuladas. Las torres tubulares son más seguras para el personal de mantenimiento de las turbinas ya que pueden usar una escalera interior para acceder a la parte superior de la turbina. La principal ventaja de las torres de celosía es que son más económicas. También existen torres de hormigón aunque éstas son menos comunes.

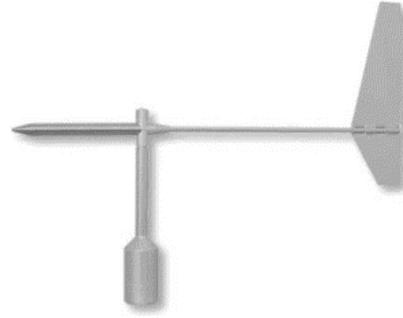
#### Sensores para el control y monitoreo del generador

La góndola posee sensores o instrumentos de medición que constantemente están midiendo los parámetros siguientes: velocidad (anemómetro) y dirección del viento (veleta), velocidad del rotor y del generador, temperatura ambiente y de los componentes, presión del aceite, ángulo de paso y acimut (ángulo del mecanismo de orientación basado en la dirección del viento), magnitudes eléctricas y vibraciones en la góndola.

Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectarlo cuando el viento alcanza aproximadamente 3 m/s. El sistema parará el aerogenerador automáticamente si la velocidad del viento excede los 25 m/s, con el fin de proteger a la turbina. Las señales de la veleta son utilizadas por el controlador electrónico para girar el aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación.



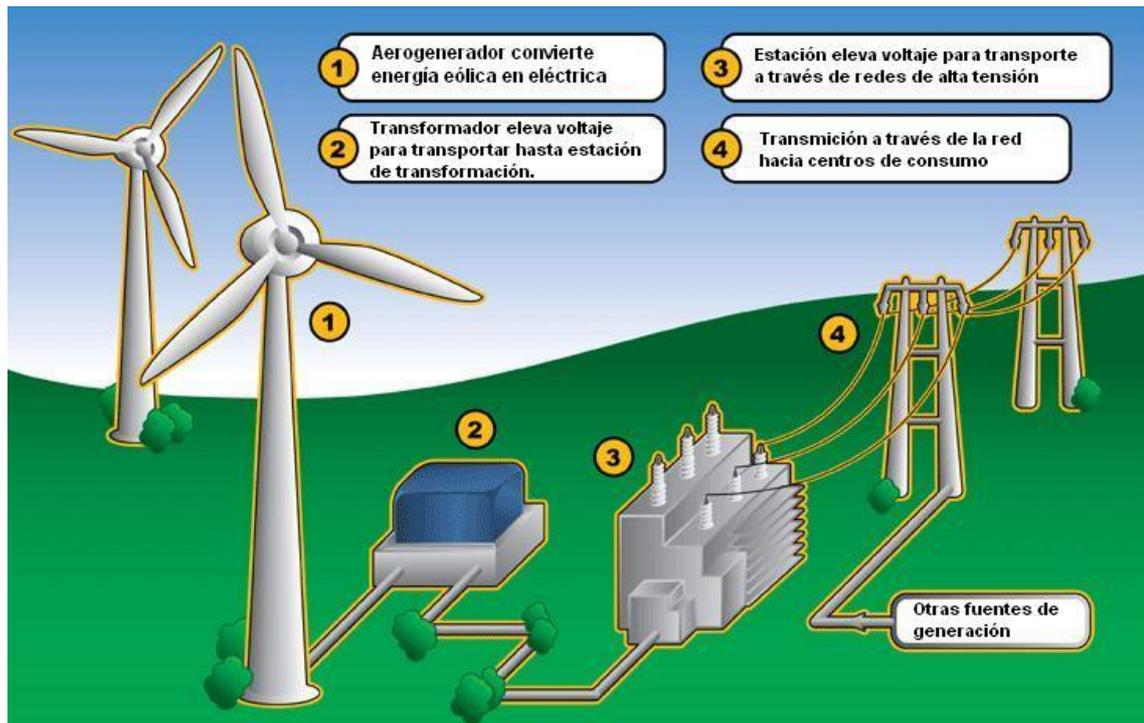
Anemómetro



Veleta

Diagrama de proceso de un parque eólico

El siguiente diagrama muestra de forma simplificada el proceso completo de generación mediante energía eólica:



Una vez transformada la energía cinética del viento en energía eléctrica a través del generador ubicado en la góndola de la turbina (1), se dirige a 690 V hacia la base del aerogenerador, hasta un transformador externo a pie de torre (2), el cual eleva la tensión a un voltaje mediano (entre 10 y 100 KV aprox.) que

va depender de la red más próxima que conducirá la electricidad hasta la estación de transformación (3), que va ser el punto de conexión. En este punto se produce la transformación a los 500 KV de voltaje que posee la línea de alta tensión (4) que se encargará de transportar la energía hacia los centros de consumo, mayormente ubicados en la provincia de Buenos Aires.

### *Empresas productoras de aerogeneradores en Argentina*

Se focalizará el análisis en aquellas empresas productoras de aerogeneradores que tengan fabricación en el país, ya que como se detalló anteriormente, será importante y ventajoso contar en el proyecto con maquinaria producida a nivel nacional, para poder acceder al contrato de venta a largo plazo ofrecido por Enarsa. Recordamos que el componente local CL%, es un porcentaje que determina la entidad ADIMRA, y que influye en la fórmula económica para determinar el precio comparativo de la central.

En el ámbito argentino, actualmente existen solamente tres empresas con producción local de aerogeneradores de más de 1 MW de potencia, mínimo necesario para un proyecto de estas características. Para seleccionar la mejor alternativa, se tomará en cuenta la calidad y costos de las turbinas producidas, la ubicación de la planta de producción, costos de traslado hasta la ubicación del parque y también calidad y costos del servicio de instalación de los molinos, como proyecto llave en mano.

#### *IMPESA*

IMPESA es una empresa global dedicada a producir soluciones integrales para generación de energía eléctrica a partir de recursos renovables, puertos y procesos de diferentes industrias. Ha desarrollado una interesante combinación de productos, organizados a través de cinco unidades de negocios, entre las que se encuentra IMPESA Wind. Cuenta con oficinas comerciales en 10 países y tres centros de producción, uno de ellos en Argentina.

En la actualidad, IMPESA cuenta en el país con una única fábrica capaz de proveer aerogeneradores de tamaño igual o superior a 1,5 MW. La planta, localizada en Mendoza, tiene capacidad para fabricar 75 aerogeneradores y 75 juegos de palas por año.

La empresa ha desarrollado varios generadores eólicos incluyendo equipos de 1 MW; 1,5 MW y 2,1 MW para todo tipo y clase de vientos. Actualmente, se encuentra desarrollando la tecnología de aerogeneradores de más de 4 MW para ser entregados al mercado en los próximos años. En la Argentina, está

activamente participando en proyectos en la provincia de Buenos Aires, Chubut, Córdoba, Neuquén, San Luis, y Santa Cruz. En la región Patagónica ha instalado un aerogenerador de 1,5 MW en Chubut.

Participa en la totalidad de la cadena de valor del negocio de la energía eólica, ocupándose de la Investigación y el desarrollo inicial, la fabricación de turbinas y la construcción de granjas eólicas.



### *NRG Patagonia*

Empresa argentina ubicada en Comodoro Rivadavia, provincia de Santa Cruz, NRG se especializa en la generación de energía eólica mediante la fabricación e instalación de aerogeneradores de la más moderna tecnología.

Comercializa en el país su modelo NRG 1500 de 1,5 MW, fabricado en la región del Golfo San Jorge. Es un equipo especialmente diseñado y certificado a nivel internacional para operar en sitios con los vientos de mayor intensidad, denominados de clase I, como los de algunas zonas patagónicas. Este certificado garantiza el diseño de cada una de las componentes del equipo, el cálculo estructural, su funcionamiento real y capacidades de generación. Actualmente NRG Patagonia se encuentra en la etapa final de construcción de la primera unidad que deberá ser instalada y certificada en cumplimiento del Proyecto Vientos de la Patagonia I.

La empresa ofrece servicio de fabricación y montaje de la unidad. La provisión incluye la fabricación completa, traslado al sitio de emplazamiento, instalación del aerogenerador con todos sus componentes, y puesta en marcha (entrega llave en mano) de la turbina NRG 1500.



### *INVAP*

INVAP es una Sociedad del Estado perteneciente a la Provincia de Río Negro. Desarrolla sus actividades sin presupuestos ni subsidios oficiales, por lo cual su práctica empresarial es idéntica a la de una empresa privada que vive de sus ventas y contratos en el país y en el exterior. Realiza proyectos tecnológicos multidisciplinarios en las áreas nuclear, espacial e industrial.

Si bien hasta el momento la mayor parte de los aerogeneradores desarrollados por la empresa son de baja y media, el INVAP en conjunto con dos provincias patagónicas, el Ministerio de Ciencia y Tecnología y dos municipalidades con regalías petroleras se unieron para desarrollar el Eolis-15, una turbina eólica de 1,5 MW. El diseño es propio de INVAP, y estará preparada para vientos de alta velocidad, especialmente útil para las regiones centro y sur de la Patagonia y la costa atlántica de la provincia de Buenos Aires.



Analizando estos tres proveedores de aerogeneradores, y comparando los costos de adquisición de turbinas e instalación y puesta en marcha de las mismas, la alternativa mas conveniente resulta ser IMPSA, teniendo en cuenta que tiene una vasta experiencia en el rubro, haciéndola la más confiable y segura para este tipo de proyecto, considerando la importancia de este factor debido a la intensidad de los vientos a los que van a estar sometidos los

molinos. Por otro lado, el hecho de ser la empresa con mayor trayectoria y reconocimiento en el país, es otro punto a favor en la propuesta para la licitación, ya que el contrato exige detalles sobre los antecedentes en fabricación, provisión, instalación, operación y mantenimiento de Centrales.

#### 4.4 Marco Regulatorio Argentino

En el año 1985, se promulgó el Decreto Nacional N° 2247/85, que impulsó una política de desarrollo de las energías no convencionales a través de la Dirección Nacional de Conservación y Nuevas Fuentes de la Secretaría de Energía de la Nación. En este marco fue creado en la provincia de Chubut el Centro Regional de Energía Eólica (CREE), integrado por la Secretaría de Planeamiento de esa provincia, la Universidad Nacional de la Patagonia y la Secretaría de Energía de la Nación.

En 1992 la mayor parte de los países del mundo se adhirieron a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), para comenzar a considerar qué se puede hacer para reducir el calentamiento atmosférico y adoptar medidas para hacer frente a las subidas de la temperatura que sean inevitables. Si bien la CMNUCC, estableció un marco para la actuación frente a este problema, descansó en las acciones voluntarias de los países para que se redujeran las emisiones.

Como parte de la Convención sobre Cambio Climático, la Argentina posee el compromiso de *“formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático”*.

En 1998 el Congreso de la Nación sanciona la Ley 25.019, Régimen Nacional de la Energía Eólica y Solar, a través de la cual se declara de interés nacional la generación de energía de origen eólico y solar en todo el territorio nacional, estableciendo incentivos impositivos a toda actividad de generación eólica y solar que esté destinada a la prestación de servicios públicos. No obstante, nunca pudo ser una herramienta efectiva ya que durante el año 1999 estuvo retardada su reglamentación y durante todo el año 2000 se demoraron las resoluciones técnicas y burocráticas que la pondrían en vigencia. Cuando comenzó a tener vigencia plena, en el 2001, en el país se profundizó una fuerte recesión económica. Desde entonces las condiciones para nuevas inversiones en materia de generación energética son adversas.

Durante la CMNUCC de 1999, Argentina anunció que cortaría sus emisiones entre 2 y 19% de los niveles previstos para el período 2008-2012; no obstante, el mero compromiso voluntario mostró no ser suficiente, por lo que a mediados de los '90 se comenzó a negociar un nuevo compromiso con el Protocolo de Kioto.

Actualmente el marco regulatorio argentino se basa en la Ley Nacional 26.190/20065 que declara de interés nacional la generación de energía eléctrica dedicada al servicio público a través de recursos renovables. La citada

Ley define un sistema de FIT<sup>15</sup> con una prima de 15 pesos argentinos por MWh garantizada por el Fondo Fiduciario de Energías Renovables. El objetivo de la Ley es lograr una contribución de las fuentes renovables que alcance el 8% de la demanda en un plazo de 10 años a partir de la puesta en vigencia del régimen. La misma también provee ciertos incentivos fiscales tales como **amortización acelerada o exención del pago del Impuesto al Valor Agregado (IVA)**.

Existen adicionalmente otros instrumentos legales que podrían usarse para encuadrar un desarrollo eólico. Se trata de las resoluciones 1281/06<sup>16</sup> (Energía Plus), 220/07<sup>17</sup> y 269/08<sup>18</sup> (Autogeneración Distribuida). Las citadas normativas, aunque no promocionan directamente las energías renovables, podrían incentivar las inversiones en estas tecnologías.

El desarrollo sustentable de la industria eólica en Argentina depende en gran parte de la existencia de un marco regulatorio y de garantías propicias que provean previsibilidad a largo plazo y que permitan a los inversores evaluar razonablemente los riesgos del negocio y acceder a líneas de financiamiento también razonables (sean corporativas o a nivel de proyectos). El marco legal actualmente vigente lamentablemente no genera dichas condiciones y es necesario crear el ámbito de discusión y cooperación entre todas las partes interesadas (gobierno, inversores, entidades públicas y privadas de financiamiento, asociaciones de consumidores) para crear mecanismos de contratación y operación, y esquemas de garantías que lleven al desarrollo integral de la industria.

---

<sup>15</sup> Un sistema de FIT dispone y garantiza el pago al generador de una prima o “sobreprecio” por encima del precio de mercado de manera tal de cubrir los costos medios de los proyectos y proveer al inversor de una rentabilidad razonable. También se puede definir como una tarifa fija (ajustable o no por inflación) que el generador recibe por un plazo predeterminado.

<sup>16</sup> El programa “Energía Plus” obliga a los grandes usuarios (más de 300 Kw.) a contratar en el mercado la energía que consumen por encima de su demanda real del año 2005. Esta regulación expone a este segmento de la demanda a precios más relacionados con el costo económico real del suministro, al menos por una parte de su consumo.

<sup>17</sup> Por la Resolución 220/07 de la Secretaría de Energía se habilita a la realización de Contratos de Abastecimiento de Energía Eléctrica (CAE) a 10 años entre el MEM (en la práctica CAMMESA en su rol de operador del SADI) y empresas que aporten una nueva oferta de generación al sistema. Los proyectos encuadrables en esta normativa deben ser adicionales y deben contar con la participación en algún sentido del Gobierno Nacional, de ENARSA o de quien determine el Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios (MINPLAN).

<sup>18</sup> Con la Res. 269/08 se establece la figura de Autogenerador Distribuido, que consiste en un consumidor de electricidad que además genera energía eléctrica, pero con la particularidad de que los puntos de consumo y generación se vinculan al Sistema Argentino de Interconexión (SADI) en diferentes nodos de conexión. De esta manera las empresas deben comprar (o pueden vender) la diferencia entre la energía producida y la efectivamente utilizada. Esta normativa permitiría a una empresa consumidora realizar una inversión eólica y usar la red para llegar hasta sus instalaciones de consumo.

## 4.5 Impacto ambiental

Las principales objeciones acerca de la generación de energía eólica en relación al impacto climático son las siguientes:

En primer lugar, las instalaciones producen un impacto paisajístico: los aerogeneradores alcanzan alturas de unos cien metros y artificializan el paisaje. Son muy visibles a gran distancia. Se instalan en zonas elevadas, montañosas, para lo que es necesario construir pistas y realizar desmontes, destruyendo la vegetación natural y originando problemas erosivos, lo que dificulta el desarrollo de alternativas rurales de turismo sostenible (senderismo, turismo rural, etc.)

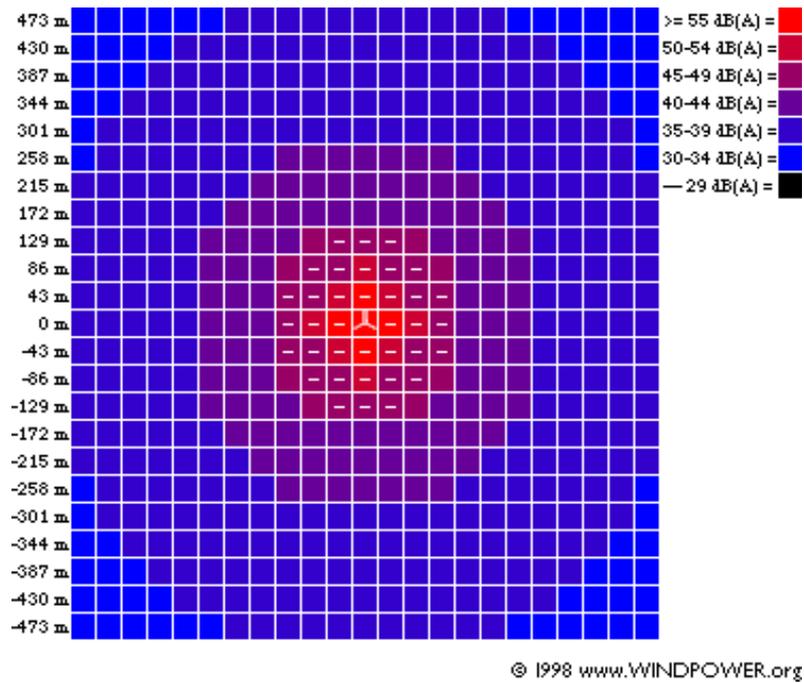
Sin embargo, es importante aclarar que los grandes aerogeneradores permiten una producción igual de energía con un menor número de instalaciones. Esto puede suponer ciertas ventajas económicas, como menores costes de mantenimiento y desde un punto de vista estético, éstos también suponen una ventaja, porque generalmente tienen una velocidad de rotación menor que las turbinas más pequeñas. Así pues, en general las grandes turbinas no llaman la atención de la misma forma que lo hacen los objetos que se mueven rápidamente.

Pero en definitiva, cómo perciba la gente que los aerogeneradores encajan en el paisaje es en gran medida una cuestión de gusto.

En segundo lugar, en las proximidades de los parques eólicos se produce contaminación acústica, debido al ruido que producen.

No obstante, dado que es razonablemente fácil predecir el efecto sonoro de los aerogeneradores, parece que el sonido no es un problema principal para la industria, dada la distancia a la que se encuentran los vecinos más cercanos (normalmente se observa una distancia mínima de unos 7 diámetros de rotor o 300 metros).

A continuación se presenta un ejemplo de un Plan de instalación de un aerogenerador respecto al sonido:



Cada cuadrado mide 43 por 43 metros, correspondiente a un diámetro de rotor. Las áreas rojas brillantes son las áreas con una alta intensidad sonora, por encima de los 55 dB(A). Las áreas suaves indican áreas con niveles de sonido por encima de los 45 dB(A), que normalmente no serán utilizadas para la construcción de viviendas. Como se puede ver, la zona afectada por el sonido sólo se extiende a una distancia de unos pocos diámetros de rotor desde la máquina.

Por otro lado, dado que la distinción entre ruido y sonido es un fenómeno con un alto factor psicológico, no es fácil elaborar un modelo sencillo y universalmente satisfactorio del fenómeno del sonido. De hecho, un estudio llevado a cabo por el instituto de investigación danés "DK Teknik" parece indicar que la percepción del sonido de los aerogeneradores por parte de las personas está más gobernada por su actitud hacia la fuente de sonido que por el sonido real en sí mismo.

En tercer lugar, las zonas más apropiadas para la instalación de aerogeneradores suelen coincidir con las rutas de las aves migratorias, o lugares donde las aves aprovechan vientos de ladera, lo que hace que entren en conflicto las instalaciones y los tendidos eléctricos con aves y murciélagos.

Pese a lo mencionado, cabe señalar que algunas aves se acostumbran a los aerogeneradores muy rápidamente y a otras les lleva algo más de tiempo. Así pues, las posibilidades de levantar parques eólicos al lado de santuarios de aves depende de la especie en cuestión. Al emplazar los parques eólicos

normalmente se tendrán en cuenta las rutas migratorias de las aves, aunque estudios sobre las aves realizados en Yukon en el norte de Canadá muestran que las aves migratorias no colisionan con los aerogeneradores (Canadian Wind Energy Association Conference, 1997).

Por último, los aerogeneradores, al igual que el resto de estructuras altas, proyectarán una sombra en las áreas vecinas cuando el sol esté visible. Si uno vive cerca de un aerogenerador es posible que se vea molesto si las palas del rotor cortan la luz solar, causando un efecto de parpadeo cuando el rotor está en movimiento.

Sin embargo, una planificación cuidada y la utilización de un buen programa para planificar el emplazamiento de un aerogenerador pueden ayudar a resolver ese problema. Si se conoce la zona donde el potencial efecto de parpadeo va a tener un determinado tamaño, se podrá situar las turbinas de forma que evite cualquier molestia importante para los vecinos. Obtener la forma exacta, lugar y tiempo de la sombra de un aerogenerador precisa muchos cálculos, pero al menos un programa informático eólico profesional puede hacerlo de forma muy precisa, incluso en terrenos accidentados, y con ventanas de las casas de cualquier tamaño, forma, localización e inclinación orientándose en cualquier dirección.

#### **4.6 Cronograma de ejecución**

Una vez definidos los principales aspectos del proyecto (dimensión, localización, tecnología) se debe proceder a definir lo que se denomina Micro siting. Este término corresponde a la definición del lugar exacto a instalar el parque eólico, para luego poder calcular la productividad que van a conseguir los aerogeneradores y en función a estas definiciones diagramar el layout del parque.

En lo que respecta al cronograma de ejecución para la instalación de un parque eólico, es indispensable tener en cuenta todas las etapas que van desde el análisis de vientos en el área elegida, hasta la puesta en marcha del parque eólico. A continuación se presentan los pasos que se realizan en los proyectos llave en mano, considerados los más recomendables de implementar para asegurar la instalación óptima del parque eólico:

1. Selección del lugar, adquisición de terrenos. (2 meses)
2. Análisis del recurso eólico: Cálculo e instalación de torres anemométricas para medición de vientos. Campañas de medición de vientos; recolección de datos provenientes de las torres y su posterior procesamiento. Determinación de los parámetros relevantes para los proyectos eólicos. (12 meses)
3. Estudio de impacto ambiental (1 mes)
4. Optimización del lay-out de las turbinas eólicas sobre el terreno (1 mes)
5. Estudio de interconexiones eléctricas (1 mes)
6. Adquisición de turbinas (1 mes)
7. Contrato de construcción e instalación. Montaje de los aerogeneradores y conexiones eléctricas. (8 meses)
8. Puesta en marcha del parque eólico (1 mes)

## **5. EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA**

De acuerdo a lo establecido en el análisis previo, el parque eólico se instalará en la Patagonia, más precisamente en la ciudad de Pico Truncado, provincia de Santa Cruz. El parque constará de 20 aerogeneradores de 1,5 MW de potencia, y el proveedor será la empresa de capitales argentinos IMPSA. A partir de esta información, y de la definición de los principales costos e inversiones en las que se debe incurrir en este tipo de proyectos, se confeccionará un flujo de fondos, evaluando el mejor precio de venta a ofertar y determinando los principales indicadores financieros.

Para realizar un correcto análisis económico del proyecto, habrá que definir en primera instancia cuales son las inversiones necesarias en activos fijos, los costos operativos del parque y los gastos generales a tener en cuenta.

No habrá que dejar de lado los beneficios que otorga el gobierno a este tipo de energías en desarrollo, como la amortización acelerada, la posibilidad de la devolución del IVA anticipada y los posibles subsidios o compensaciones por no emitir.

Luego se deberá determinar el precio de venta a ofertar en la licitación, con la premisa de otorgar la mayor rentabilidad posible al proyecto, procurando mantenerse dentro de los valores que se manejan actualmente en el mercado, considerando también que el resto de los ofertantes del pliego estarán rondando costos similares a los de este análisis.

Para evaluar la rentabilidad económica del proyecto, se utilizarán las principales herramientas financieras, TIR y VAN, y luego se realizarán ciertos análisis de sensibilidad para dimensionar los riesgos del proyecto.

### **5.1 Inversiones en activo fijo**

Comprenden el conjunto de inversiones que se deben realizar en el proyecto para adquirir los bienes que se destinan en forma directa o indirecta a realizar la producción, en este caso de energía.

El principal activo fijo en el que se invertirá son los aerogeneradores. Como se definió en la sección anterior, se utilizarán 20 molinos de 1,5MW de potencia, fabricados por la empresa IMPSA. El modelo fabricado por esta firma adecuado para el tipo de viento al que serán sometidos es el IMPSA – V70

Class I. Las características principales de este aerogenerador son las siguientes:

- Turbina acoplada directamente, sin caja multiplicadora de velocidad, lo que aumenta la eficiencia y disminuye la necesidad de mantenimiento.
- Generador multipolo, velocidad variable, con excitación por imanes permanentes; alta eficiencia y bajo mantenimiento, no consume potencia reactiva.
- Control del sistema inversor con salida SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation), IGBTs para controlar la tensión, la corriente, el factor de potencia y la frecuencia; gran flexibilidad.
- Generador eléctrico y cubo del rotor integrados en una única pieza para formar un componente funcional denominado UNIPOWER. Este concepto elimina un gran número de partes móviles ya que el equipo no utiliza caja de engranajes. Esta integración reduce las dimensiones de la turbina, el peso total de la máquina, los costos y los ruidos, lo que a su vez mejora la eficiencia, la disponibilidad, la confiabilidad y los costos de operación y mantenimiento.

En el contrato que se realiza con el proveedor, en este caso IMPSA, se puede optar por cotizar todo el proyecto de instalación y puesta en marcha, o bien adquirir solamente los aerogeneradores y cubrir el resto de las necesidades a través de otras compañías, como puede ser una constructora para la instalación.

Existen dos ventajas importantes para optar por la primera opción. En primer lugar, el costo por KW instalado que se consiga utilizando el mismo proveedor va ser menor que cubriendo las distintas necesidades con terceros, ya que la cotización que haga IMPSA va estar condicionada por la cantidad de servicios que le soliciten. Además, actualmente no existe una demanda importante para las compañías productoras de molinos, lo cual garantiza que va estar más dispuesta a realizar el proyecto completo y a ofrecer un mejor presupuesto para adquirirlo. En segundo lugar, es muy beneficioso para el proyecto que sea llevado a cabo por el mismo equipo de trabajo durante todas las etapas del mismo, para garantizar una correcta y segura instalación. Es probable que IMPSA además exija ciertos parámetros de instalación y puesta en marcha en el caso de ser realizados por un tercero, lo cual también condicionaría la cotización que se pueda conseguir con otra compañía.

Una cotización para la instalación, montaje y puesta en marcha de un parque eólico a través del proveedor IMPSA, incluye las siguientes etapas que se

deben cumplir, activos fijos en los que habrá que invertir, estudios para realizar y tareas a desarrollar:

1. Medición de vientos: Antena y sensores (anemómetros y veletas).
2. Estudio de vientos, Estudio de impacto ambiental y Estudio eléctrico.
3. Construcción de cimientos.
4. Montaje e Instalación de aerogeneradores. 20 modelos IMPSA – V70 Class I.
5. Instalación de transformador para cada aerogenerador (de baja a media tensión), líneas de conexión eléctrica entre molinos (subterráneas) y estación transformadora de media a alta tensión (132 KV).
6. Sistema SCADA<sup>19</sup> (controla en forma remota la operación de todo el parque).
7. Puesta en marcha del parque eólico.

Para este tipo de proyectos, el valor de inversión total es de 2200 U\$S/KW (+ IVA) instalado y puesto en marcha.

La cotización puede variar según el tipo de terreno en la que se encuentre el proyecto, y la lejanía a la red de alta tensión, pero el costo mencionado es el valor aproximado que están presupuestando los proveedores nacionales actualmente, para proyectos completos de mediana envergadura con ubicación en la Patagonia.

Para determinar la dimensión del terreno a adquirir para la instalación del parque, hay que considerar las distancias que deber haber entre un molino y otro. Las distancias recomendadas son de 5 a 10 diámetros en la dirección del viento, y de 3 a 5 diámetros perpendicular a la dirección del viento. De esta manera, y teniendo en cuenta que el aerogenerador a instalar tiene un diámetro de 70 metros, la superficie necesaria es de aproximadamente 250 hectáreas.

Para la adquisición del terreno donde se realizará el parque, se pueden efectuar diferentes contratos (ver Anexo C). El de servidumbre es el más apropiado para este tipo de proyectos, ya que otorga el derecho real sobre un inmueble ajeno en virtud del cual se puede usar de él, o ejercer ciertos

---

<sup>19</sup> Supervisory Command and Data Acquisition (SCADA). Elemento vital en un parque eólico. Conecta los aerogeneradores, la estación transformadora y las estaciones meteorológicas en una computadora central, permitiendo al operador supervisar el comportamiento de todo el parque eólico desde un mismo lugar.

derechos de disposición. Tiene una duración de hasta 20 años, y es registrable en el Registro de la Propiedad Inmueble, a fin de ser oponible a terceros. En este tipo de contratos, se suele acordar un porcentaje sobre el ingreso que produce cada molino. Este porcentaje está entre el 1 y 2 %. Para este proyecto, consideraremos el 1,5% del ingreso de cada aerogenerador, tomando en valor promedio ya que el único requisito para el terreno es que esté ubicado cerca de una conexión a la red de 132 KV en Pico Truncado.

## **5.2 Costos operativos**

El principal y único costo operativo será la operación y mantenimiento (O&M) del parque eólico a lo largo de todo el proyecto.

Según el mercado actual, el costo de O&M para aerogeneradores de 1,5MW está entre 6 y 8 U\$S/MWh, dependiendo de las particularidades del área donde se instale y también de la dimensión del proyecto. Este rango de valores contempla tanto la mano de obra necesaria para dicha tarea, como también la maquinaria y los insumos requeridos para una correcta operatoria.

Para el proyecto en cuestión, se considerará un costo de 7 U\$S, ya que por un lado, las características de la zona puede elevar en cierta medida el costo, y por otro lado, al tratarse de un parque de 20 molinos se puede lograr una mejor economía de escala para el mantenimiento, con lo cual se puede tomar un valor intermedio.

## **5.3 Capacidad productiva**

Como mencionamos anteriormente, el parque tendrá una potencia nominal de 30 MW. Para calcular la productividad del parque, hace falta considerar el factor de capacidad del área seleccionada. Según estudios de viento realizados por compañías inversoras en la zona de la Patagonia, el factor de carga es del 45% para la gran mayoría de las áreas. Teniendo en cuenta estos datos, en el análisis se considerará este factor a lo largo de los 15 años de generación.

De esta manera, con el parque trabajando al máximo de potencia se generará una energía equivalente a:

$30 \text{ MW} \times 0,45 \times 8760 \text{ hs./año} = 118.260 \text{ MWh al año.}$

## 5.4 Comienzo de generación eléctrica

La generación de energía en el parque comenzará una vez hecha la medición de vientos, realizados los estudios correspondientes, montados todos los molinos, hecha la instalación eléctrica y montado el software SCADA para el control y operación de todo el parque. Como se describió en el cronograma de ejecución, estas tareas se realizarían en aproximadamente 2 años, con lo cual la generación de energía comenzará pasado este período desde la supuesta adjudicación de la licitación.

La inversión a realizar en estos dos años, se considera que es de un 20% para el primer año, y de un 80% en el segundo. Esto se debe a que en el primer año se realizan solamente las mediciones de viento y los estudios correspondientes, mientras que en el segundo año entra toda la instalación y montaje del parque (cimientos, aerogeneradores, líneas eléctricas y transformadores, entre otras inversiones).

En cuanto a la vigencia del contrato con ENARSA, el artículo 21 del pliego establece lo siguiente:

*"El contrato comenzará a regir a partir de la notificación de la suscripción del contrato de Abastecimiento MEM respectivo entre ENARSA y CAMMESA y se extenderá, sin perjuicio del plazo comprometido para la instalación de la Central, por un plazo de 15 años, computados desde la habilitación comercial de la primera unidad generadora de la Central."*

En este caso la primera unidad comenzará a generar al mismo tiempo que todo el parque, es decir que no se hará en etapas la instalación, principalmente debido a que hasta no tener la instalación eléctrica completa, no se puede transmitir energía a la red.

De esta manera, se considerarán 15 años de generación más los 2 primeros años que llevan las mediciones, estudios, instalación y puesta en marcha del parque.

## 5.5 Tratamiento del IVA, Amortizaciones y Compensaciones

Con respecto al tratamiento del impuesto al Valor Agregado (IVA), el pliego establece lo siguiente:

*Artículo 11.7: Dado que ENARSA reviste la condición de responsable inscripto frente al Impuesto al Valor Agregado, el Oferente deberá efectuar su cotización discriminando el precio y dicho impuesto.*

De esta manera, el IVA de las inversiones iniciales generará un efecto financiero en el flujo de fondos. El recupero de este crédito fiscal se efectuará a través de los ingresos generados a partir del tercer año, cuando comienza la generación.

En cuanto a la amortización de las inversiones, el gobierno otorga el beneficio de la amortización acelerada para proyectos de energía eólica, llevando este valor a 5 años. Esto provocará una disminución en el pago del impuesto a las ganancias en los primeros años, lo que provocará un beneficio en los indicadores financieros del proyecto.

En relación a los ingresos que se adquieran por no emitir CO<sub>2</sub> como los créditos de carbono o los subsidios del gobierno nacional o provincial, no serán contemplados en el proyecto, por lo establecido en el artículo 11.5 del pliego de bases y condiciones:

*11.5 El calculo de la remuneración cotizada por el proponente deberá:*

- d. excluir los eventuales ingresos por la colocación de Certificaciones de Reducción de Carbono ("Bonos de Carbono") a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio, cuyo titular resultará ser el Contratante (ENARSA).*
- e. excluir aquellos beneficios que la Administración Pública Nacional, Provincial o Municipal otorgue a los generadores de energía de origen renovable. Todos estos ingresos serán tramitados y percibidos por ENARSA en razón de su condición de Agente Generador del MEM.*

## **5.6 Finalización del contrato**

Con respecto a la finalización del contrato, una vez transcurridos los 15 años de vigencia, el pliego de bases y condiciones establece lo siguiente:

*Artículo 43: Finalización del contrato*

*Un año antes de la finalización del contrato, el contratante deberá comunicar al contratista su voluntad respecto a la continuidad de la operación y mantenimiento de la central.*

*Si el contratante comunicara que no habrá de continuar con la operación de la central, éste podrá negociar con el contratista la continuidad de la central a riesgo y costo de éste último.*

*Si el contratante comunicara que habrá de continuar, todas las instalaciones y los servicios, los equipamientos y el dominio de los predios correspondientes, los sistemas y equipos de medición, se transferirán a ENARSA.*

Según lo que establece el pliego, el contratante (ENARSA) decidirá entre adjudicarse todas las instalaciones y hacerse cargo del funcionamiento de la central, o bien continuar con el contrato bajo una nueva negociación. Dadas estas condiciones, sin garantías con respecto a la continuidad de las operaciones, y la posibilidad de expropiación de todos los bienes, no se tomará ningún valor residual para el parque en la finalización del proyecto, considerando que ENARSA dispondrá del mismo a su criterio.

## **5.7 Financiación de la inversión**

La inversión total necesaria para este proyecto es de 66 millones de dólares aproximadamente. Considerando diversas opciones de financiamiento, se optó por financiarse en parte con capital propio y el monto restante con financiaciones de terceros. Teniendo en cuenta las características y la magnitud del proyecto, se decidió financiar con un préstamo alrededor del 60% del total de las inversiones. El 40% restante deberá ser aportado por los inversionistas.

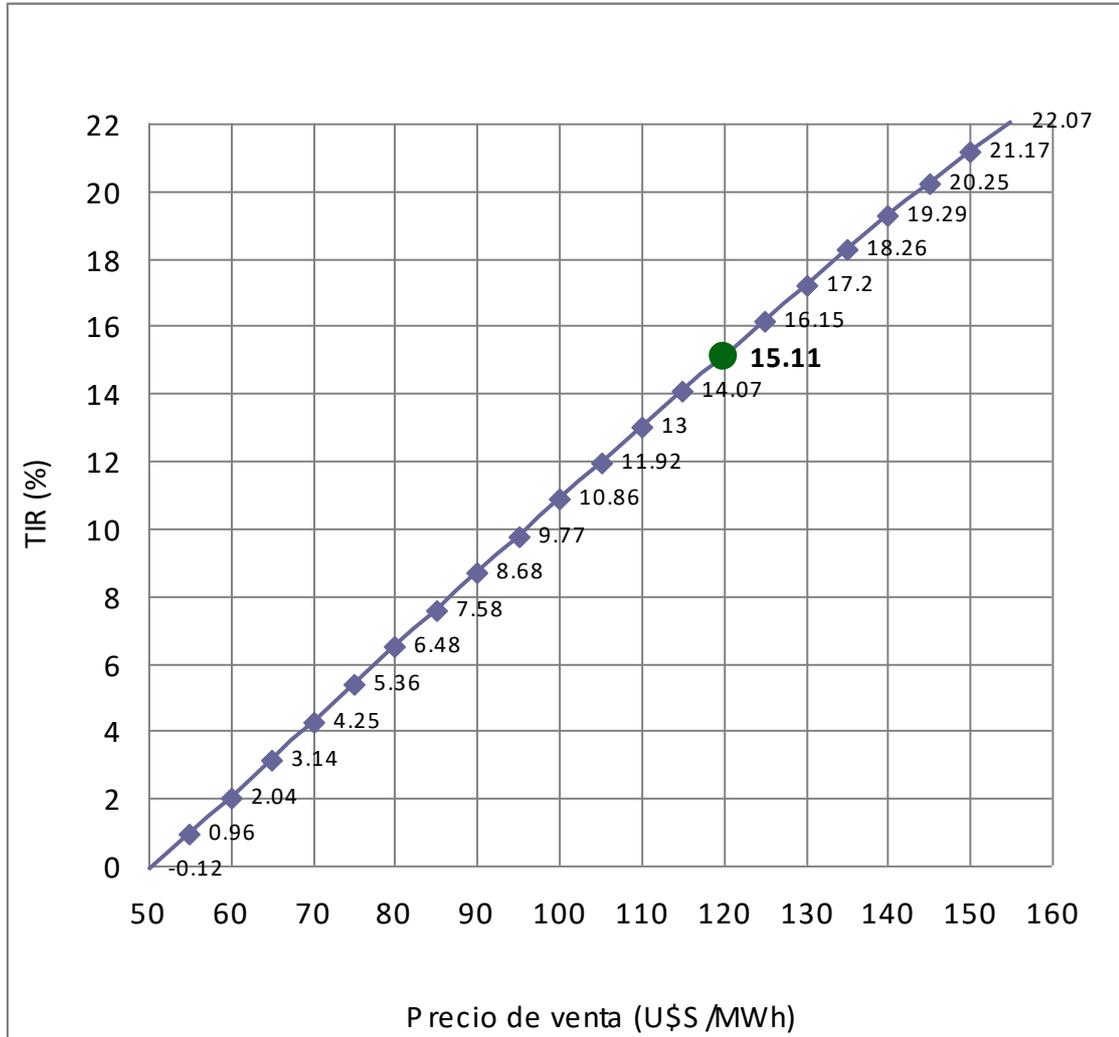
De esta forma, el monto total a financiar es de U\$S 40.000.000. Se considerará un préstamo con un plazo de devolución a 5 años y con una tasa del 8% anual, sin garantía de los accionistas. La tasa definida es un valor estimado considerando que éste es un proyecto de energía eólica, que podrá ser financiado a través de bancos de desarrollo y organismos multilaterales que promueven este tipo de energías.

## **5.8 Definición del precio de venta**

Definidas las variables mencionadas, habrá que definir un precio de venta a ofertar en la licitación para satisfacer los requerimientos de rentabilidad del proyecto.

Cabe aclarar que el siguiente análisis se realiza a partir del flujo de fondos del inversor, tomando en cuenta la financiación definida, por lo que la tasa interna de retorno (TIR) utilizada en este caso es la del patrimonio neto y no la de los activos.

A continuación se presenta una gráfica que indica la TIR del patrimonio neto que se alcanza en función del precio de venta de la energía producida. Se pueden apreciar los distintos precios de la energía que son necesarios para viabilizar el proyecto según el grado de rentabilidad esperado.



De esta manera se puede definir el precio a partir de la elección de una tasa que el inversor considere apropiada y suficiente para invertir en un proyecto de estas características.

Según los parámetros del mercado eléctrico y las características particulares de un proyecto de generación de energía eólica en la Argentina, y teniendo en cuenta la crisis mundial que se atraviesa actualmente junto a la inestabilidad e inseguridad económica que se vive en el país, se estima que la tasa que determinará el inversor para invertir en este proyecto es aproximadamente del 15%, por eso se tomará este valor para determinar el precio de venta a ofertar en la licitación.

En función de lo definido, el precio de venta a ofertar por unidad de energía generada será de 120 U\$S/MWh.

### 5.9 Flujo de fondos del inversor

Una vez establecido el precio de venta, queda definido el flujo de fondos del proyecto completo. Para la elaboración del mismo, se utilizaron principalmente los siguientes datos:

Molinos	#	<b>20</b>
Capacidad Nominal Molino	MW/Molino	<b>1,50</b>
Capacidad Nominal Parque	MW	30
Factor de capacidad	%	<b>45%</b>
<b>Energía Producida</b>	<b>MWh/año</b>	<b>118.260</b>

Inversión STD	u\$/kW	<b>2.200</b>
Inversión Total	u\$	66.000.000
Inversión Año 0	%	20%
Inversión Año 1	%	80%
Préstamo a 5 años (8%)	U\$S	40.000.000

Regalías terreno (1,5%)	u\$/MWh	<b>1,80</b>
O&M	u\$/MWh	<b>7,00</b>

Precio Venta	u\$/MWh	<b>120,00</b>
<b>Ingresos Anuales</b>	<b>u\$/año</b>	<b>14.191.200</b>

A partir de estos datos se realizó el siguiente flujo de fondos, para los 17 años de duración del proyecto.

El VAN se calculó con una tasa de descuento del 10%, ya que se considera que la empresa que vaya a invertir en este proyecto utiliza esta tasa como referencia para establecer comparativas con otros proyectos en los que desea invertir. Con este criterio, el valor obtenido es de U\$S 12.840.679.

En cuanto al período de repago, para obtenerlo se tomó el tiempo que pasa desde el baricentro de la inversión (poco antes de la mitad del Año 1) hasta el punto en el cual el flujo acumulado pasa a ser positivo (a fines del Año 7). De esta forma, el período resulta 6,5 años, el cual se considera un valor adecuado ya que se trata de un proyecto a largo plazo, y de una inversión segura y constante, principalmente por las características del recurso eólico.

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16
Ingreso venta EE	0	0	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200	14 191 200
IVA ingreso venta (21%)	0	0	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152
Inversión	-13 200 000	-52 800 000	0														
IVA Inversion (21%)	-2 772 000	-11 088 000	0														
Préstamo		40 000 000															
Devolución préstamo			-8 000 000	-8 000 000	-8 000 000	-8 000 000	-8 000 000										
Intereses			-3 200 000	-2 560 000	-1 920 000	-1 280 000	-640 000										
Regalías por terreno	0	0	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868	-212 868
O&M	0	0	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820	-827 820
Credito fiscal IVA	2 772 000	13 860 000	10 879 848	7 899 696	4 919 544	1 939 392	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recupero IVA	0	0	2 980 152	2 980 152	2 980 152	2 980 152	1 939 392	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago a la DGI				0	0	0	-1 040 760	-2 980 152	-2 980 152	-2 980 152	-2 980 152	-2 980 152	-2 980 152	-2 980 152	-2 980 152	-2 980 152	-2 980 152
Cash Flow antes de IG	-15 972 000	-23 888 000	4 930 664	5 570 664	6 210 664	6 850 664	6 449 904	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512
Amortizaciones			-13 200 000	-13 200 000	-13 200 000	-13 200 000	-13 200 000										
Utilidad del ejercicio			-3 249 488	-2 609 488	-1 969 488	-1 329 488	-689 488	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512	13 150 512
Quebranto acumulado			3 249 488	5 858 976	7 828 464	9 157 952	9 847 440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imp Ganancias (35%)			0	0	0	0	0	-1 156 075	-4 602 679	-4 602 679	-4 602 679	-4 602 679	-4 602 679	-4 602 679	-4 602 679	-4 602 679	-4 602 679
<b>Cash Flow</b>	<b>-15 972 000</b>	<b>-23 888 000</b>	<b>4 930 664</b>	<b>5 570 664</b>	<b>6 210 664</b>	<b>6 850 664</b>	<b>6 449 904</b>	<b>11 994 437</b>	<b>8 547 833</b>								
Cash Flow Acumulado	-15 972 000	-39 860 000	-34 929 336	-29 358 672	-23 148 008	-16 297 344	-9 847 440	2 146 997	10 694 830	19 242 662	27 790 495	36 338 328	44 886 161	53 433 994	61 981 826	70 529 659	79 077 492

<b>TIR</b>	<b>15.11%</b>
<b>VAN(10%)</b>	<b>12 840 679</b>
<b>Período de repago</b>	<b>6,5</b>

## 6. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Para medir los riesgos que se están tomando al realizar esta inversión, es conveniente analizar el impacto de la fluctuación de las principales variables del proyecto sobre la rentabilidad del mismo.

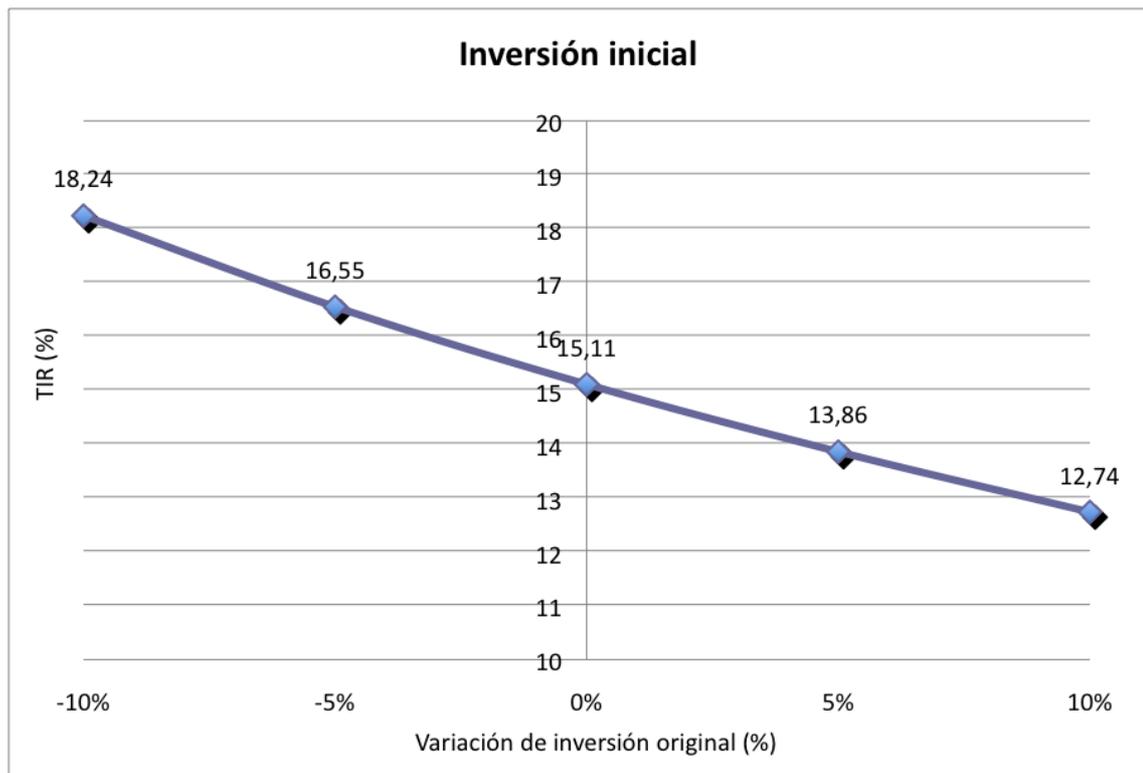
La generación de energía eléctrica a través de energía eólica se considera un proyecto simple ya que no utiliza materias primas, simplemente se abastece del recurso eólico, y los únicos costos operativos consisten en la operación y mantenimiento del parque, llevado a cabo en gran medida a través de mano de obra. De esta forma, son pocas las variables involucradas en el proyecto que puedan alterar considerablemente su rentabilidad. Las principales variables que se van a considerar en el análisis son: la inversión inicial, el costo de O&M, el factor de capacidad del viento y el precio de venta.

### 6.1 Sensibilidad de variables más relevantes

#### Inversión inicial

Una variable de suma importancia es el valor de la inversión inicial. Como se comentó anteriormente, la cotización que se considera en este proyecto incluye inversiones en activos, instalaciones, actividades y estudios preliminares y puesta en marcha del parque. Al haber tantas variables involucradas, el valor final no es fácil de estimar, por lo que es necesario analizar el impacto de su variación.

El siguiente gráfico muestra la rentabilidad del proyecto a través del indicador de la tasa interna de retorno (TIR) en función de pequeñas variaciones que pueda tener la inversión inicial. Se consideró un 10% de fluctuación respecto del valor establecido originalmente:

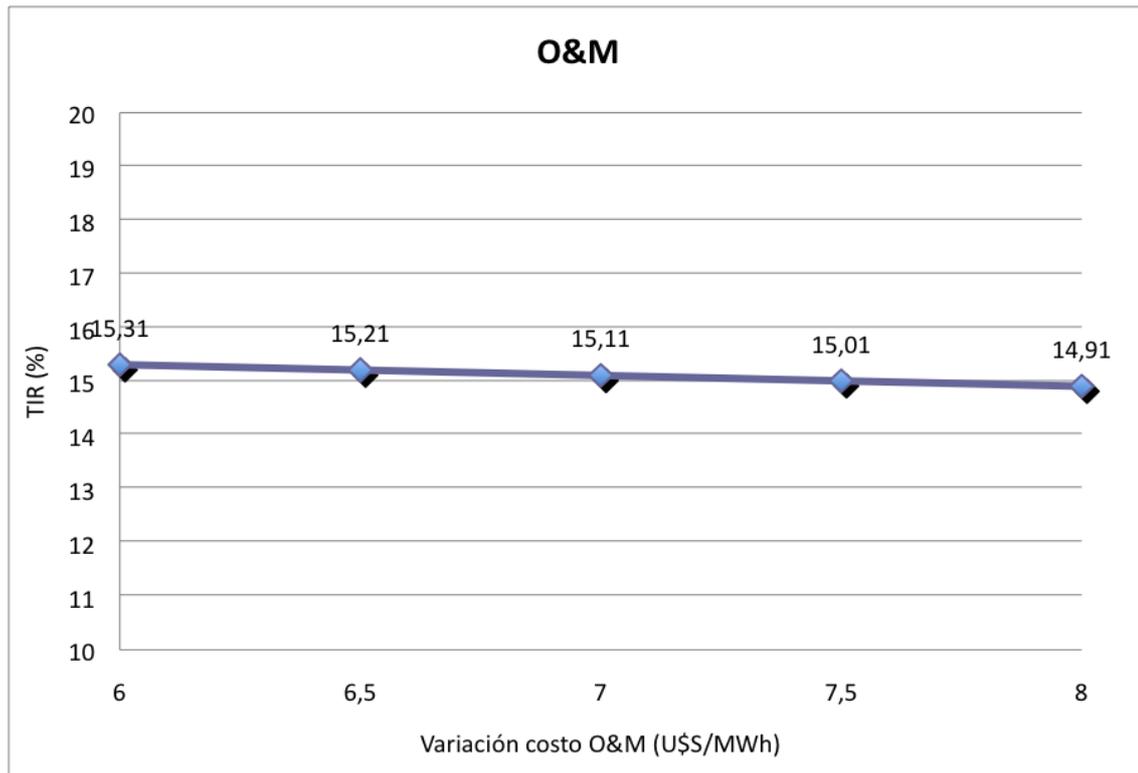


El impacto que genera un aumento del 10% en la inversión inicial se considera importante, ya que disminuye la tasa en un poco más de un 2%. Sin embargo, esta variación es para un escenario pesimista, ya que se está considerando que la inversión pasaría a ser de 2420 U\$S/KW, lo cual está muy por encima de los valores que se manejan actualmente en el mercado.

Teniendo en cuenta que este valor es de las primeras variables que se define, ya que se negocia con el proveedor antes de comenzar el proyecto y la inversión tiene una duración de solo 2 años, se considera difícil que varíe en gran medida del valor estimado actualmente.

### Operación y mantenimiento

Los costos de O&M representan menos del 2% de la inversión inicial por año, por lo cual es probable que no tenga un mayor impacto en el proyecto. Tomando en cuenta que el rango establecido en el mercado para este costo es de 6 a 8 U\$S/MWh, y que se tomó para el proyecto base un valor de 7 U\$S/MWh, la variación se tomará dentro del rango mencionado, considerando que permanece constante a lo largo de todo el proyecto.

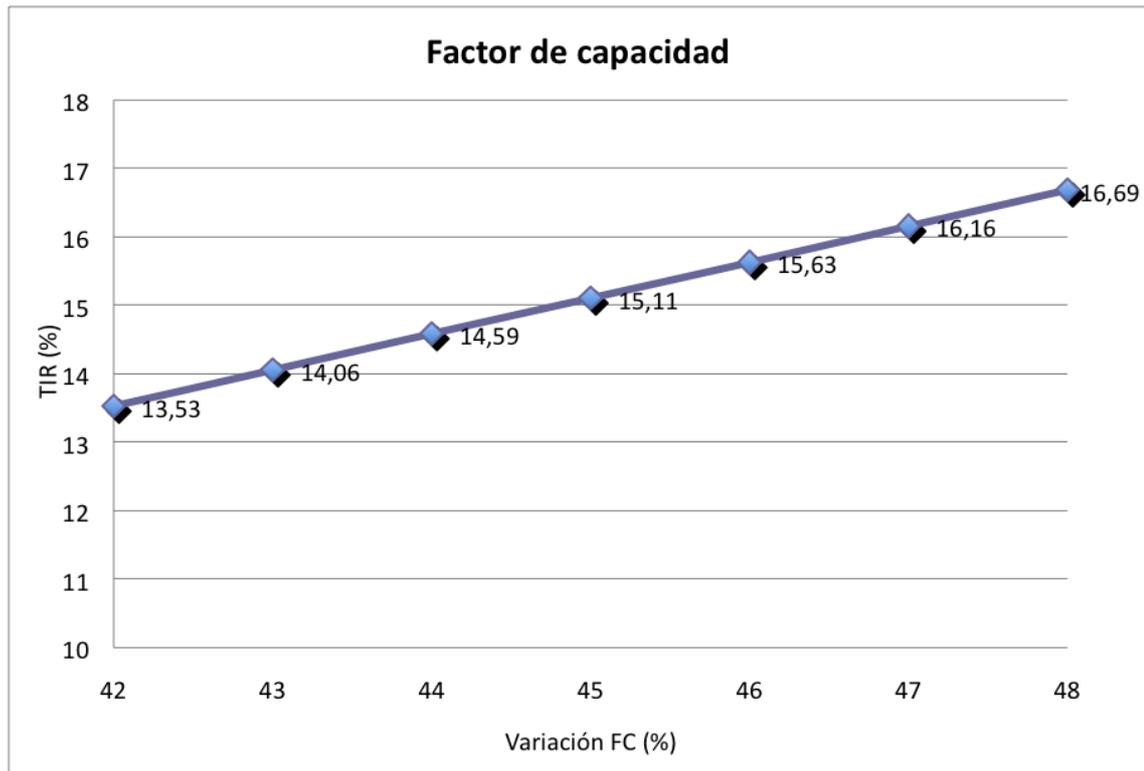


Como se observa en el gráfico, la variación de este costo es casi imperceptible en el retorno que otorga el proyecto completo, con lo cual no debería ser de las mayores preocupaciones.

Factor de capacidad

El factor de capacidad fue establecido en base a mediciones de vientos efectuadas en los alrededores de Pico Truncado, localidad de Santa Cruz donde se ubicará el parque. Esta región posee los vientos más fuertes del país, y en los cuales se estima un 45% de factor de carga. Si bien este valor es un promedio para la región, no todos los terrenos tienen exactamente el mismo factor. La topografía del terreno elegido, la distribución de los molinos en el parque y la aleatoriedad del clima en los últimos años, son variables que pueden afectar en cierta medida este factor y hacen necesaria el estudio de su variación.

Para esta variable, se tomará una fluctuación entre factores de carga entre 42% y 48%, ya que no se espera una modificación que exceda este rango.

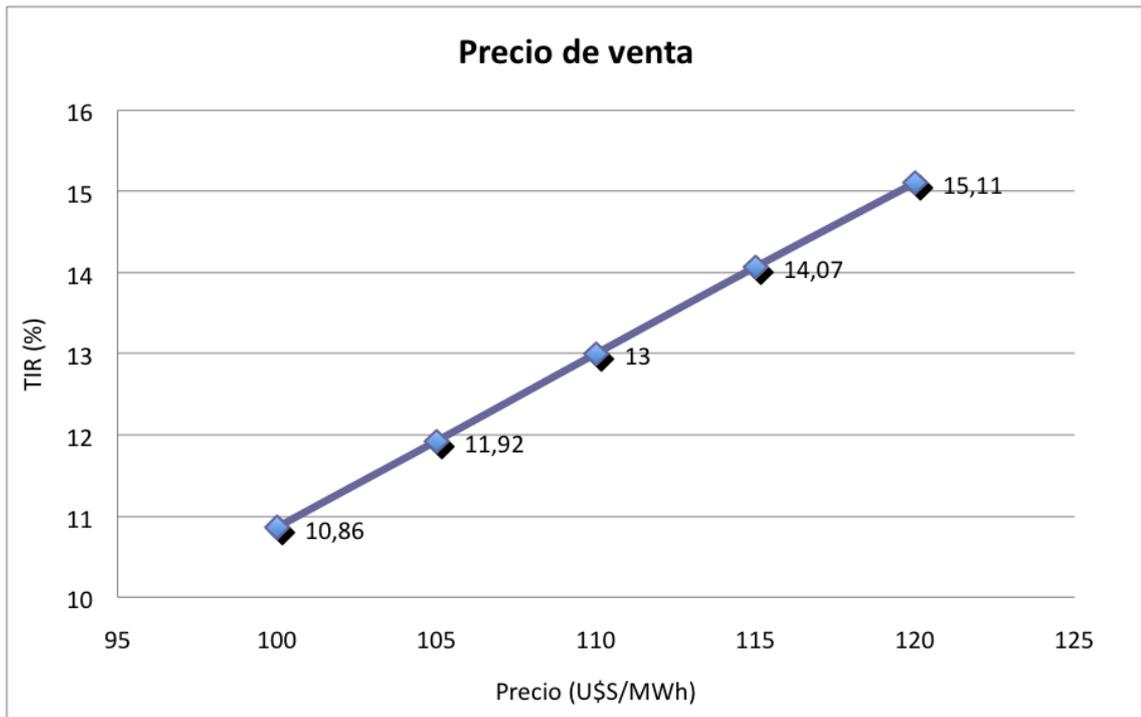


Se puede observar que cada dos puntos de rebaja en el factor de capacidad (de 45% a 43%) la TIR baja alrededor de un punto, resultando así una de las variables relevantes y a tener en cuenta.

Precio de venta

El precio de venta no debería ser considerado variable, ya que según lo que establece el pliego de la licitación, es un valor fijo a lo largo de los 15 años de duración del contrato. Sin embargo, teniendo en cuenta la poca seguridad jurídica de los contratos con empresas estatales en la Argentina, es aconsejable considerar una posible variación del precio a lo largo del proyecto.

Para este análisis se toma que el precio se modifica desde el comienzo de la generación, y se mantiene a lo largo de todo el proyecto. Esto es solo una suposición, ya que de haber modificaciones en el precio, es más probable que estas sucedan en la mitad del proyecto y no al principio. Pero para comprender mejor el impacto de una modificación se toman los diferentes precios aplicándolos desde el comienzo y en todo el transcurso del proyecto.



En función a los resultados de la gráfica, se concluye que la imposición de una baja en el precio de venta acordado en el contrato, puede perjudicar al proyecto considerablemente, ya que la TIR baja aproximadamente un punto por cada baja de 5 U\$S del precio. Sin embargo, considerando que de producirse una baja lo más probable es que se aplique cuando ya hayan transcurrido algunos años del inicio de la generación, el impacto sobre la rentabilidad sería menor.

## 6.2 Escenarios

Habiendo analizado la fluctuación de las principales variables por separado y el impacto que tienen sobre la rentabilidad del proyecto, se procederá a evaluar la combinación de variaciones que puedan perjudicar o beneficiar al mismo. Para esto, se realizarán dos flujos de fondos, uno pesimista y otro optimista. De esta manera, quedará establecido el rango de rentabilidades que se pueden obtener en un proyecto de estas características.

### Escenario pesimista

En este escenario, las variables analizadas anteriormente tomarán los siguientes valores:

- Inversión inicial: 2300 U\$S/KW

- Costo O&M: 8 U\$/MWh
- Factor de capacidad: 43% a lo largo de todo el proyecto.
- Precio de venta: 120 U\$/MWh primeros 5 años de operación, 100 U\$/MWh últimos 10 años.

Utilizando estos valores, los indicadores de rentabilidad obtenidos son los siguientes:

- *TIR: 11,1%*
- *VAN: 2.738.491 U\$*

A pesar de la baja considerable en la rentabilidad, el valor del VAN sigue siendo positivo, teniendo en cuenta que se consideró una tasa de corte del 10%. En cuanto a la TIR, este valor indica que ante un escenario pesimista como el que se planteó, demuestra que el proyecto no tiene un alto riesgo y que la rentabilidad del proyecto está asegurada para variaciones de esta índole.

#### *Escenario optimista*

- Inversión inicial: 2100 U\$/KW
- Costo O&M: 6 U\$/MWh
- Factor de capacidad: 46,5% a lo largo de todo el proyecto.
- Precio de venta: 120 U\$/MWh (todo el proyecto)

Los resultados obtenidos son:

- *TIR: 17,5%*
- *VAN: 15.591.280 U\$*

Para este escenario, se observa un crecimiento considerable pero no desmedido de los indicadores. Esto confirma que el proyecto no sufre grandes modificaciones ante la alteración de sus principales variables, tanto de forma perjudicial como beneficiosa para el proyecto.

Este comportamiento indica que el desvío del proyecto es bajo, lo cual es un factor que los inversores consideran muy importante para concretar la inversión.

### **6.3 Resultados obtenidos**

Es importante destacar que los indicadores de rentabilidad obtenidos son satisfactorios y que seguramente alcancen las expectativas de los inversores, siempre y cuando se gane la licitación con el precio ofertado.

En cuanto a los riesgos que se asumen al invertir en un proyecto de estas características, a través de ciertos análisis de sensibilidad realizados para las variables más influyentes en el proyecto, se puede ver que no alteran las conclusiones generales que justifican su prosecución.

Por otro lado, se analizaron dos escenarios bien diferenciados, uno pesimista y otro optimista. En ambos casos se observa que los valores se mantienen cercanos al del proyecto original, validando así las conclusiones generales respecto al riesgo de la inversión.

Vale la pena recordar que en este proyecto está presente el riesgo que implica un contrato con una empresa perteneciente al estado, donde las conveniencias políticas pueden provocar rupturas en los acuerdos, y perjudicar en menor o mayor medida la rentabilidad del proyecto.

## CONCLUSIONES GENERALES

A continuación se presentan las principales conclusiones que se alcanzaron en este proyecto:

- i. *Modificación matriz energética:* Repasando la situación energética a nivel mundial, se evidencia la necesidad de desarrollar e invertir en energías renovables, principalmente debido al crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los últimos años y a las consecuencias que el mundo deberá enfrentar de seguir con las tendencias actuales. La quema de combustibles fósiles debe perder participación en la matriz global de energía, y dar lugar al desarrollo y crecimiento de energías renovables no contaminantes, entre ellas la energía eólica.
- ii. *Aporte de una tecnología en expansión:* Los beneficios de la utilización de la energía eólica son múltiples, ya que se trata de un recurso extremadamente limpio, totalmente renovable y económicamente muy competitivo. En los últimos años ha crecido fuertemente la generación eólica mundial, la tasa de crecimiento interanual ha aumentado a ritmo constante desde el año 2004, alcanzando el 29% en el 2008.
- iii. *Potencial en la Argentina:* Para el país diversificar la matriz de abastecimiento es una tarea ineludible, y la energía eólica es ciertamente una opción viable, ya que el país cuenta con algunas de las condiciones más favorables del planeta para la producción de esta energía. Tal es así que lo podría llevar a convertirse con comodidad en líder en materia de aprovechamiento del viento como fuente de energía.
- iv. *Crecimiento industrial argentino:* A través de la licitación pública presentada por ENARSA, en la que se establece como condición de aprobación la utilización de proveedores nacionales en el desarrollo de los proyectos, se fomenta el desarrollo industrial y permite consolidar compañías nacionales con expansión en el mercado energético, ya que se estiman contratar alrededor de 1000 MW, de los cuales 500 MW son de energía eólica.
- v. *Un proyecto rentable:* Observando la necesidad de desarrollo de esta energía en nuestro país, se ha evaluado la posibilidad de un proyecto de instalación y puesta en marcha de un parque eólico, a través de un desarrollo acorde a la licitación pública presentada por ENARSA. Se puede concluir que la energía eólica no solo tiene un gran potencial en la Argentina por las condiciones eólicas que presenta y la cantidad de regiones aptas para su desarrollo, sino también lo es por las oportunidades para invertir que se presentan, como es el caso de la licitación en cuestión, y por la rentabilidad que un proyecto de estas características otorga.

## **FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION**

Como posible análisis para evaluar en mayor profundidad la conveniencia de invertir en esta energía, se puede considerar la comparación de este proyecto con otros de distintas fuentes de generación eléctrica que pueden aplicar en la presente licitación, en especial aquellos que utilizan fuentes renovables para su generación, como puede ser la energía solar o la geotérmica.

Otro análisis interesante es evaluar la utilización de la energía eólica en conjunto con otra fuente de energía, como la energía hidráulica. Una aplicación muy interesante es cuando se utiliza la energía eólica para elevar el agua y de esta forma alimentar las represas de agua, para luego poder abastecer de forma contante a las líneas de electricidad. De esta forma se soluciona el problema de la aleatoriedad del recurso eólico, ya que la acumulación de agua sirve como un administrador de energía para generar y abastecer de forma uniforme.

En relación a otras aplicaciones de la energía eólica, existe la generación eólica de baja potencia, la cual hace referencia a generación para instalaciones aisladas de hasta 3 Kw. La Argentina es uno de los países pioneros y más experimentados en el uso de esta energía, ya que cuenta con más de 300.000 unidades en operación para extracción de agua en zonas agrícola ganaderas.

## **ANEXO A: COMPRE TRABAJO ARGENTINO - Ley 25.551**

Régimen de compras del Estado Nacional y concesionarios de Servicios Públicos. Alcances.

Sancionada: Noviembre 28 de 2001.

Promulgada de Hecho: Diciembre 27 de 2001.

El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina reunidos en Congreso, etc. sancionan con fuerza de Ley:

### **REGIMEN DE COMPRAS DEL ESTADO NACIONAL Y CONCESIONARIOS DE SERVICIOS PUBLICOS**

ARTICULO 1° — La administración pública nacional, sus dependencias, reparticiones y entidades autárquicas y descentralizadas, las empresas del Estado y las sociedades privadas prestadoras, licenciatarias, concesionarias y permisionarias de obras y de servicios públicos, en la contratación de provisiones y obras y servicios públicos y los respectivos subcontratantes directos otorgarán preferencia a la adquisición o locación de bienes de origen nacional, en los términos de lo dispuesto por esta ley.

ARTICULO 2° — Se entiende que un bien es de origen nacional, cuando ha sido producido o extraído en la Nación Argentina, siempre que el costo de las materias primas, insumos o materiales importados nacionalizados no supere el cuarenta por ciento (40%) de su valor bruto de producción.

ARTICULO 3° — Se otorgará la preferencia establecida en el artículo 1° a las ofertas de bienes de origen nacional cuando en las mismas para idénticas o similares prestaciones, en condiciones de pago contado, su precio sea igual o inferior al de los bienes ofrecidos que no sean de origen nacional, incrementados en un siete por ciento (7%), cuando dichas ofertas sean realizadas para sociedades calificadas como pymes, y del cinco por ciento (5%) para las realizadas por otras empresas.

ARTICULO 4° — Cuando se adquieran bienes que no sean de origen nacional en competencia con bienes de origen nacional, los primeros deberán haber sido nacionalizados o garantizar el oferente su nacionalización. Se entregarán en el mismo lugar que corresponda a los bienes de origen nacional y su pago se hará en moneda local, en las mismas condiciones que correspondan a los bienes de origen nacional y deberán cumplir todas las normas exigidas del mercado nacional. La Secretaría de Industria y Comercio entregará dentro de

las 96 horas de solicitado, un certificado donde se verifique el valor de los bienes no nacionales a adquirir.

ARTICULO 5° — Los sujetos contratantes deberán anunciar sus concursos de precios o licitaciones en el Boletín Oficial de la forma en que lo determine la reglamentación, sin perjuicio de cumplir otras normas vigentes en la materia, de modo de facilitar a todos los posibles oferentes el acceso oportuno a la información que permita su participación en las mismas. Los pliegos de condiciones generales, particulares y técnicas de la requisitoria no podrán tener un valor para su adquisición superior al cinco por mil (5‰) del valor del presupuesto de dicha adquisición.

ARTICULO 6° — Los proyectos para cuya materialización sea necesario realizar cualquiera de las contrataciones a que se alude en la presente ley, se elaborarán adoptando las alternativas técnicamente viables que permitan respetar la preferencia establecida a favor de los bienes de origen nacional. Se considera alternativa viable aquella que cumpla la función deseada en un nivel tecnológico adecuado y en condiciones satisfactorias en cuanto a su prestación.

ARTICULO 8° — Quienes aleguen un derecho subjetivo, un interés legítimo, o un interés difuso o un derecho colectivo, podrán recurrir contra los actos que reputen violatorios de lo establecido en la presente ley, dentro de los cinco (5) días hábiles contados desde que tomaron o hubiesen podido tomar conocimiento del acto presuntamente lesivo.

ARTICULO 9° — El recurso previsto en el artículo anterior tendrá efectos suspensivos respecto de la contratación de que se trate, hasta su resolución por la Secretaría de Industria, Comercio y Minería, únicamente en los siguientes casos:

a) Cuando el recurrente constituya una garantía adicional a favor del comitente que formuló la requisitoria de contratación del tres por ciento (3%) del valor de su oferta, en aval bancario o seguro de caución, que perderá en caso de decisión firme y definitiva que desestime su reclamo;

b) Cuando se acredite la existencia de una declaración administrativa por la que se haya dispuesto la apertura de la investigación antidumping previstas en el Código Aduanero, o por la Comisión Nacional de Defensa de la Competencia, respecto a los bienes que hubieren estado en trámite de adjudicación y/o contratación o haber sido favorecidos por la decisión impugnada.

ARTICULO 11. — La Sindicatura General de la Nación y los entes reguladores serán los encargados del control del cumplimiento de la presente y propondrán las sanciones previstas precedentemente.

ARTICULO 12. — La preferencia del 7% establecida en el artículo 3° de la presente ley será aplicable a las contrataciones que realicen los organismos de seguridad en la medida que no se trate de materiales, insumos o bienes de capital estratégicos cuya adquisición deba permanecer en secreto, a juicio del Poder Ejecutivo nacional.

ARTICULO 13. — El texto de la presente ley deberá formar parte integrante de los pliegos de condiciones o de los instrumentos de las respectivas compras o contrataciones alcanzadas por sus disposiciones, a los que deberá adjuntarse copia del mismo.

ARTICULO 16. — El Poder Ejecutivo invitará a los gobiernos de las provincias y al Gobierno Autónomo de la Ciudad de Buenos Aires, a efectos de que adopten las medidas legales apropiadas en sus jurisdicciones, regímenes similares al contenido en esta ley.

ARTICULO 17. — Las disposiciones precedentes se aplicarán a las licitaciones y contrataciones cuya tramitación se inicie con posterioridad a la vigencia de la presente ley y, en la medida que sea factible, en aquellas en que por no haber todavía situaciones firmes fuera posible aplicar total o parcialmente aspectos contemplados en el nuevo régimen.

ARTICULO 18. — Dése por vencida la suspensión de la aplicación y vigencia del decreto ley 5340/63 y ley 18.875, prevista en el artículo 23 de la ley 23.697, que no se opongan a la presente ley, y de aplicación a las relaciones jurídicas en vigencia con las sociedades privadas prestadoras, licenciatarias, concesionarias y permisionarias de obras y de servicios públicos, y los respectivos subcontratantes directos.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL CONGRESO ARGENTINO, EN BUENOS AIRES, A LOS VEINTIOCHO DIAS DEL MES DE NOVIEMBRE DEL AÑO DOS MIL UNO.

— REGISTRADA BAJO EL N° 25.551 —

RAFAEL PASCUAL. — MARIO A. LOSADA. — Guillermo Aramburu. — Juan C. Oyarzún.

## **ANEXO B: ENERGIA ELECTRICA - Ley 26.190**

Regimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Objeto. Alcance. Ambito de aplicación. Autoridad de aplicación. Políticas. Régimen de inversiones. Beneficiarios. Beneficios. Sanciones. Fondo Fiduciario de Energías Renovables.

Sancionada: Diciembre 6 de 2006.

Promulgada de Hecho: Diciembre 27 de 2006.

El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina reunidos en Congreso,

etc. sancionan con fuerza de Ley:

### **REGIMEN DE FOMENTO NACIONAL PARA EL USO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA DESTINADA A LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA**

ARTICULO 1º — Objeto - Declárase de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad.

ARTICULO 2º — Alcance - 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.

ARTICULO 3º — Ambito de aplicación - 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.

ARTICULO 4º — Definiciones - A efectos de la presente norma se aplicarán las siguientes definiciones:

a) Fuentes de Energía Renovables: son las fuentes de energía renovables no fósiles: energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás, con excepción de los usos previstos en la Ley 26.093.

b) El límite de potencia establecido por la presente ley para los proyectos de centrales hidroeléctricas, será de hasta TREINTA MEGAVATIOS (30 MW).

c) Energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables: es la electricidad generada por centrales que utilicen exclusivamente fuentes de energía renovables, así como la parte de energía generada a partir de dichas fuentes en centrales híbridas que también utilicen fuentes de energía convencionales.

d) Equipos para generación: son aquellos destinados a la transformación de la energía disponible en su forma primaria (eólica, hidráulica, solar, entre otras) a energía eléctrica.

ARTICULO 5º — Autoridad de Aplicación – La autoridad de aplicación de la presente ley será determinada por el Poder Ejecutivo nacional, conforme a las respectivas competencias dispuestas por la Ley 22.520 de Ministerios y sus normas reglamentarias y complementarias.

ARTICULO 6º — Políticas - El Poder Ejecutivo nacional, a través de la autoridad de aplicación, instrumentará entre otras, las siguientes políticas públicas destinadas a promover la inversión en el campo de las energías renovables:

a) Elaborar, en coordinación con las jurisdicciones provinciales, un Programa Federal para el Desarrollo de las Energías Renovables el que tendrá en consideración todos los aspectos tecnológicos, productivos, económicos y financieros necesarios para la administración y el cumplimiento de las metas de participación futura en el mercado de dichos energéticos.

b) Coordinar con las universidades e institutos de investigación el desarrollo de tecnologías aplicables al aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, en el marco de lo dispuesto por la Ley 25.467 de Ciencia, Tecnología e Innovación.

c) Identificar y canalizar apoyos con destino a la investigación aplicada, a la fabricación nacional de equipos, al fortalecimiento del mercado y aplicaciones a nivel masivo de las energías renovables.

ARTICULO 8º — Beneficiarios - Serán beneficiarios del régimen instituido por el artículo 7º, las personas físicas y/o jurídicas que sean titulares de inversiones y concesionarios de obras nuevas de producción de energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables, aprobados por la autoridad de aplicación y comprendidas dentro del alcance fijado en el artículo 2º, con

radicación en el territorio nacional, cuya producción esté destinada al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) o la prestación de servicios públicos.

ARTICULO 9º — Beneficios - Los beneficiarios mencionados en el artículo 8º que se dediquen a la realización de emprendimientos de producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables de energía en los términos de la presente ley y que cumplan las condiciones establecidas en la misma, gozarán a partir de la aprobación del proyecto respectivo y durante la vigencia establecida en el artículo 7º, de los siguientes beneficios promocionales:

1.- En lo referente al Impuesto al Valor Agregado y al Impuesto a las Ganancias, será de aplicación el tratamiento dispensado por la Ley 25.924 y sus normas reglamentarias, a la adquisición de bienes de capital y/o la realización de obras que se correspondan con los objetivos del presente régimen.

2.- Los bienes afectados por las actividades promovidas por la presente ley, no integrarán la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta establecido por la Ley 25.063, o el que en el futuro lo complemente, modifique o sustituya, hasta el tercer ejercicio cerrado, inclusive, con posterioridad a la fecha de puesta en marcha del proyecto respectivo.

ARTICULO 14. — Fondo Fiduciario de Energías Renovables Sustitúyese el artículo 5º de la Ley 25.019, el que quedará redactado de la siguiente forma:

Artículo 5º: La Secretaría de Energía de la Nación en virtud de lo dispuesto en el artículo 70 de la Ley 24.065 incrementará el gravamen dentro de los márgenes fijados por el mismo hasta 0,3 \$/MWh, destinado a conformar el FONDO FIDUCIARIO DE ENERGIAS RENOVABLES, que será administrado y asignado por el Consejo Federal de la Energía Eléctrica y se destinará a:

I. Remunerar en hasta UNO COMA CINCO CENTAVOS POR KILOVATIO HORA (0,015 \$/kWh) efectivamente generados por sistemas eólicos instalados y a instalarse, que vuelquen su energía en los mercados mayoristas o estén destinados a la prestación de servicios públicos.

II. Remunerar en hasta CERO COMA NUEVE PESOS POR KILOVATIO HORA (0,9 \$/kWh) puesto a disposición del usuario con generadores fotovoltaicos solares instalados y a instalarse, que estén destinados a la prestación de servicios públicos.

III. Remunerar en hasta UNO COMA CINCO CENTAVOS POR KILOVATIO HORA (0,015 \$/kWh) efectivamente generados por sistemas de energía geotérmica, mareomotriz, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de

depuración y biogás, a instalarse que vuelquen su energía en los mercados mayoristas o estén destinados a la prestación de servicios públicos. Están exceptuadas de la presente remuneración, las consideradas en la Ley 26.093.

IV. Remunerar en hasta UNO COMA CINCO CENTAVOS POR KILOVATIO HORA (0,015 \$/kWh) efectivamente generados, por sistemas hidroeléctricos a instalarse de hasta TREINTA MEGAVATIOS (30 MW) de potencia, que vuelquen su energía en los mercados mayoristas o estén destinados a la prestación de servicios públicos.

El valor del Fondo como la remuneración establecida, se adecuarán por el Coeficiente de Adecuación Trimestral (CAT) referido a los períodos estacionales y contenido en la Ley 25.957.

Los equipos a instalarse gozarán de esta remuneración por un período de QUINCE (15) años, a contarse a partir de la solicitud de inicio del período de beneficio.

Los equipos instalados correspondientes a generadores ólicos y generadores fotovoltaicos solares, gozarán de esta remuneración por un período de QUINCE (15) años a partir de la efectiva fecha de instalación.

ARTICULO 16. — Plazo para la reglamentación – El Poder Ejecutivo nacional, dentro de los NOVENTA (90) días de promulgada la presente ley, deberá proceder a dictar su reglamentación y elaborará y pondrá en marcha el programa de desarrollo de las energías renovables, dentro de los SESENTA (60) días siguientes.

DADA EN LA SALA DE SESIONES DEL CONGRESO ARGENTINO, EN BUENOS AIRES, A LOS SEIS DIAS DEL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO DOS MIL SEIS.

—REGISTRADA BAJO EL N° 26.190—

ALBERTO BALESTRINI. — JOSE J. B. PAMPURO. — Enrique Hidalgo. — Juan H. Estrada.

## **ANEXO C: CONTRATOS PARA EL TERRENO**

### *Servidumbre:*

- Derecho real o perpetuo (solo en caso de ser favor de personas físicas) o temporario sobre un inmueble ajeno, en virtud del cual se puede usar de él, o ejercer ciertos derechos de disposición, o bien impedir que el propietario ejerza algunos de sus derechos de propiedad.
- Se extingue a los 20 años si es con persona jurídica.
- Se puede constituir por contrato, por disposición de última voluntad, por destino del padre de familia, por prescripción, por disposición de ley.
- Forma: por escritura pública, tanto si es oneroso como gratuito.
- Prueba: por el título de su ejecución, por el acto ejecutado por el propietario del fundo sirviente que implica un reconocimiento de la servidumbre, por sentencia ejecutoriada.
- Requiere su inscripción en el Registro de la Propiedad Inmueble, a fin de ser oponible a terceros.

### *Locación:*

- Habrá locación cuando dos partes se obliguen recíprocamente, la una a conceder el uso o goce de una cosa, o a ejecutar una obra, o a prestar un servicio; y la otra a pagar por este uso, goce, obra o servicio un precio determinado en dinero.
- El plazo máximo para realizar la locación es de 10 años.
- El locador no puede rescindir el contrato por necesitar la cosa para su propio uso.
- Enajenada la finca arrendada, por cualquier acto jurídico que sea, la locación subsiste durante el tiempo convenido.

### *Usufructo:*

- El usufructo es el derecho real de usar y gozar de una cosa, cuya propiedad pertenece a otro, con tal que no se altere su sustancia.
- El usufructo se constituye por contrato oneroso o gratuito, por actos de última voluntad, en las casos que la ley designe, por prescripción.
- El usufructo no puede ser establecido a favor de personas jurídicas por más de 20 años.
- El usufructo no puede establecerse sobre los bienes del Estado o de los Estados, o de las Municipalidades, sin una ley especial que lo autorice.
- El Código Civil establece, en su art. 2851, que el usufructuario deberá dar fianza de que gozará de la cosa conforme a la ley o al título constitutivo del usufructo, excepto que las partes acuerden dispensar dicha fianza.
- Requiere su inscripción en el Registro de la Propiedad Inmueble, a fin de ser oponible a terceros.

#### *Comodato:*

- Habrá comodato o préstamo de uso, cuando una de las partes entregue a la otra gratuitamente alguna cosa no fungible, mueble o raíz, con facultad de usarla.
- La gratuidad es un elemento esencial del comodato, por lo que si el uso de la cosa se retribuye con un precio en dinero, habrá locación de cosas.
- Aunque no desnaturaliza el contrato el hecho de que con posterioridad a la entrega de la cosa, el comodatario retribuya espontáneamente de alguna manera el uso que se le había otorgado, pues lo esencial es que quien recibe la cosa no se halla obligado contractualmente en tal sentido.
- Por el comodato se otorga al comodatario una ventaja en consideración a su persona, por lo que no puede ceder el uso de la cosa a terceros, ni se transmite a sus herederos.
- Son aplicables la prueba del comodato, las disposiciones sobre la prueba de la locación.
- El comodante conserva la propiedad y posesión civil de la cosa. El comodatario solo adquiere un derecho personal de uso, y no puede apropiarse los frutos ni aumentos sobrevenidos a la cosa prestada.

- La ley no impone al comodato un plazo máximo de duración. De no establecerse el plazo de duración del comodato (comodato precario), el mismo se acaba por voluntad del prestador, y no tiene obligación de prolongarlo.
- Si antes de llegado el plazo concedido para usar de la cosa prestada, sobreviene al comodante alguna imprevista y urgente necesidad de la misma cosa, podrá pedir la restitución de ella al comodatario.

*Desventajas:*

En todas (excepto el comodato) existe la misma desventaja, que es el límite de tiempo que se impone en cada caso. Es por eso que hay que evaluar el tiempo de amortización de este tipo de inversiones, ya que no existe garantía alguna de que transcurrido el plazo máximo impuesto por la ley, se podrá renovar dicho contrato. Si bien en el comodato la ley no impone un plazo máximo de duración, existe la posibilidad que el comodante solicite la rescisión del comodato antes del vencimiento del plazo estipulado, invocando causas que le fueron imprevistas al momento de celebración del contrato, y una urgente necesidad.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Cámara Argentina de Energías Renovables (CADER), Comité de Energía Eólica, “Estado de la Industria Eólica en Argentina 2009”, Marzo 2009.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, “Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis”, 2008.
- U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy, “2008 Wind Technologies Market Report”, July 2009.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, “Climate Change and Water”, June 2008.
- Secretaría de Energía, “Energías Renovables 2008 – Energía Eólica”, 2008
- Secretaría de Energía de La Nación, “Descripción, desarrollo y perspectivas de las energías renovables en la Argentina y en el mundo”, Mayo 2004
- División Eléctrica Argentina, “Organización y funcionamiento del mercado eléctrico argentino”, 2008.
- The Economist Newspaper, “The future of energy”, Jun 2008.
- Global Wind Energy Council (GWEC), “Global Wind Energy Outlook 2008”, October 2008.
- International Energy Agency, “World Energy Outlook 2008”, 2008.
- TEGGAS, “Informe anual del mercado energético argentino”, Marzo 2009.
- Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, “International Energy Outlook 2009”, 2009.
- International Energy Agency, “Kew World Energy Statistics 2008”, 2008.
- Agencia Internacional de Energía, “Manual de Estadísticas Energéticas”, 2007.
- Energía Argentina S.A. (ENARSA), “Licitación Pública Nacional e Internacional ENARSA N° EE 001/2009”, Mayo 2009.
- Soarez, M. Fernandez H. Energy Division, Techint Group, “Farming in Argentina. It’s Wind Turn”, AWEA Wind Power 2009 Conference, May 2009.

- Consejo Europeo de Energías Renovables (EREC), Greenpeace Internacional, "Revolución Energética. Perspectiva Mundial de la Energía Renovable", Enero 2007.
- BP Global. Beyond Petroleum, "BP Statistical Review of World Energy", June 2008.
- U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy, "Annual Report on U.S. Wind Power Installation, Cost and Performance Trends: 2007", May 2008.
- International Energy Agency, "CO2 Emissions from Fuel Combustion", 2008.
- Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA), "Datos relevantes Mercado Eléctrico Mayorista", 2008.
- World Wind Energy Association (WWEA), "World Wind Energy Report 2008", Feb 2009.
- Business News Americas. Energy Intelligence Series, "Energía eléctrica en Argentina: Medidas al ritmo de la emergencia", Julio 2009.
- Conrado Moreno Figueredo, Doctor en Ciencias Técnicas, Miembro de la Academia de Ciencias de CUBA, "Componentes de una turbina eólica de eje horizontal", 2007.
- Microsoft Enciclopedia Encarta 2006, "El efecto invernadero y el calentamiento global", 2006.
- Renewable Energy World, "Wind Farm Design. Planning, Research and Commissioning", April 2009.
- Diario Clarín, Suplemento Especial, "Energía eólica: rentabilidad vs. Inversión", Abril 2009.
- International Energy Agency, "Kew World Energy Statistics 2009", 2009.
- Energy Information Administration, U.S. Emissions Data, "Greenhouse gas emissions. CO2 History from 1949", 2009.



**EXECUTIVE BRIEF**

The World faces serious problems, nowadays, to satisfy growing energy needs with scarce and non-renewable resources and at the same time comply with stricter environmental rules.

Today, non-renewable sources contribute to the outstanding majority of the global energy matrix and surely enough will find several difficulties to satisfy demand in the short and medium term. Moreover, fossil fuels have increased CO<sub>2</sub> emissions and will continue to do so in the future. It is clear therefore, the need to reduce participation of these sources and give place to the development of renewable and non polluting ones, wind among them.

Wind energy is a renewable source; we transform the cinetic energy of the wind into electricity. It is a clean source and one of the most effective ways of reducing CO<sub>2</sub> emissions that affect our environment. Furthermore it doesn't generate dangerous waste, doesn't emit and it comes from wind, free access source.

To Diversity our energy matrix is a must today in Argentina. Wind energy is clearly a viable option, having been gifted with one of the most favourable wind conditions of the planet.

Having understood this, we proceed to evaluate this project, building and operation of a wind farm, taking advantage of Enarsa willingness to buy and to tender more than 1000 MW of renewable energies, 500 of which wind development.

Return of the project looks satisfactory and will likely satisfy also our investors, if successful in the tender. Regarding risks associated in the pursuance of this project, having performed several sensitivity analysis and scenarios, we can conclude that none of them represent a serious challenge to the general conclusions.

In summary, wind energy represents a great potential for this country, not only because of our excellent resources in several provinces, but also for the timing of the Enarsa tender and the expected return associated with this project.

## **ABSTRACT**

Throughout this work we emphasize the world need of developing renewable and non-pollutant energy sources, with the purpose of reducing CO2 emissions and at the same time change the profile of the global energy matrix.

As one of the main alternatives, we analyze wind as a source of electricity generation, describing its advantages and potential, mainly in Argentina.

We investigate and develop a wind project, its return, dimension, location and technology to be applied. With these inputs we determine the price to be offered in the forthcoming public tender of Enarsa.

**Keywords:** Energy matrix, Climate change, Renewable energies, Wind energy, Wind turbine, Return.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por apoyarme durante toda la carrera, en especial durante la realización de este trabajo.

A mis compañeros y amigos del ITBA, Sebastián Andriano, Nicolás Azzollini, Augusto Fabozzi, Julio Fazio, Agustín Gogorza, Ernesto Loza y Hernán Manzitti, por tantos momentos compartidos.

A mi tutor, Pedro del Campo.