



TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ENERGÍA EÓLICA: ANÁLISIS DE
SUSTENTABILIDAD

Autor: María Bugallo

Legajo: 44039

Director de Tesis:
Ing. Martín Pérez de Solay

2009

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito de este documento es demostrar que Argentina debe fomentar la generación de energía eólica y desarrollar propuestas para modificar el marco regulatorio existente, identificando alternativas de optimización y analizando sus impactos a través del desarrollo de un modelo que ayude a concluir en las propuestas convenientes.

Actualmente la energía es un recurso imprescindible para el desarrollo sostenible. El consumo de energía ha ido incrementando conforme el paso de los años y se espera que continúe la misma tendencia en el futuro.

El sistema de generación eléctrica mundial afronta grandes desafíos (volatilidad de los precios, seguridad energética y medioambiente) que debe solucionar de inmediato. La matriz energética global es altamente dependiente de los hidrocarburos (83,3%) lo que la hace muy débil frente a un desabastecimiento. Las energías renovables constituyen una de las herramientas más poderosas para combatir estos problemas. Éstas fueron las que mayores tasas de crecimiento alcanzaron, especialmente la energía eólica, lo que denota una concientización de la sociedad y una marcada tendencia hacia las energías limpias.

Se estima que en los próximos años países más relegados en esta materia y con fuerte potencial, evolucionen hacia fuentes alternativas limpias siguiendo los pasos de los países desarrollados.

Mientras que se espera que los costos de la energía eólica disminuyan en un futuro, los costos de las energías convencionales se encuentran en alza (volatilidad del precio del petróleo y la propia naturaleza agotable de los hidrocarburos).

Durante los últimos años Argentina ha acompañado la tendencia de crecimiento de demanda energética. La matriz energética nacional presenta una alta dependencia del gas natural, el combustible diesel y la electricidad. Estos tres tipos de energía alimentan el 80% de la demanda total posicionando a la matriz en una situación comprometida. Argentina tiene efectivamente un presente debilitado en materia energética y un futuro incierto con altas probabilidades de agudizar la crisis si no se toman acciones.

Desafortunadamente Argentina enfrenta uno de sus mayores desafíos energéticos. En un escenario de importaciones de hidrocarburos es necesario que Argentina diversifique su matriz con nuevas alternativas. Así, la energía eólica cobra un papel fundamental.

La declinación del sistema energético nacional no es casual. La falta de inversión, el debilitamiento político, la escasez de un plan estratégico a largo plazo, las regulaciones tarifarias, la pérdida de institucionalidad, el desinterés general y la discontinuidad de las administraciones resultaron en una grave crisis con perspectivas a agravarse.

Es necesario revertir esta situación abordando todos los problemas a través de un marco regulatorio eficiente y la definición de una estrategia a largo plazo sustentable y confiable que permita y fomente el desarrollo del sector hacia la diversificación de fuentes. Las energías alternativas se presentan como la mejor herramienta para enfrentar un arduo futuro, en particular la energía eólica.

Argentina tiene una larga tradición en la implementación de la energía eólica, pero a pesar de ser la fuente que más creció en los últimos años en el país, sigue muy atrasada. Debido a la gran diversidad y extensión del suelo argentino, el país posee un alto potencial para la explotación de los recursos renovables. Con factores de capacidad de aproximadamente 35% el territorio argentino se destaca convirtiéndose en un gran reservorio de oportunidades energéticas.

Las causas del desarrollo “moderado” de las energías renovables en el país se asocian a la falta de políticas y de una estrategia articulada de nivel nacional. El marco regulatorio eléctrico ha sufrido varios cambios desde su concepción, aún así, necesita tomar un fuerte compromiso y un alto nivel de esfuerzo para consolidar un sólido futuro energético.

El primer indicio de promoción de la energía eólica en la Argentina fue en el año 1985 al impulsar una política de desarrollo de las energías no convencionales. En 1998, se sancionó la Ley “Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar”, en la cual se declara de interés nacional la generación de energía eólica y solar en todo el territorio y se instrumentó el pago de una tarifa fija adicional, finalmente implementada a partir del 2001. Hacia fines del 2006 el congreso sancionó la Ley 26.190, donde se estableció como objetivo lograr una contribución de las fuentes de energía renovables del 8% del consumo eléctrico nacional para el 2016. Sin embargo, estas políticas no fueron lo suficientemente fuertes para impulsar la industria ya que no implicaron acciones contundentes.

Las energías renovables deben sortear dificultades en los siguientes aspectos:

Tarifarios: Congelamiento de tarifas, subsidios a la energía convencional, variabilidad en el suministro, alta volatilidad en el precio spot, costos de balance de red y dificultad en cobrar remuneración por potencia

Técnicos: Importación de equipos, falta de economías de escala, red de transporte, y falta de información

Políticos: Falta de plan energético; Falta de transparencia, diálogo y compromiso; Entorno inestable y negación de problemas

Institucionales: instituciones debilitadas y dificultad para financiar las inversiones.

El país afronta una situación crítica cuya solución radica en abordar todos los frentes en forma integrada ofreciendo certidumbre jurídica y condiciones claras para los inversores. Las energías renovables requieren el apoyo del gobierno y políticas destinadas a incentivar las inversiones. Los regímenes de promoción más utilizados en el mundo son:

- Feed-in Tariff (FIT): asegura una prima por encima del precio del mercado
- Cuotas obligatorias: cuota mínima de energía renovable en la producción de un generador
- Incentivos directos: incentivo a la producción por cada unidad de energía renovable
- Incentivos Fiscales: otorgamiento de incentivos fiscales

Para el análisis de las distintas propuestas se desarrolló un modelo utilizando el programa Crystal Ball para simular los impactos de cada alternativa en los resultados del proyecto.

A continuación se presentan las alternativas según la naturaleza de sus impactos:

Propuestas que afectan los ingresos:

Feed-in Tariff: Reduciría por completo la volatilidad de los ingresos. No obstante, Argentina todavía no está culturalmente preparada para encarar un proceso tan brusco.

Sistemas de cuotas – Bonos verdes: Sería recomendable fomentar la actividad de la Oficina Argentina para el Mecanismo de Desarrollo Limpio y facilitar los procedimientos para que los inversores cuenten con este ingreso extra. El VAN del proyecto se vería mejorado en un 22,65% y al estar la cantidad de bonos emitibles asociados a la variabilidad propia de la generación eólica, aumentaría la dispersión en el VAN

Sistema de primas variables: Se utiliza un esquema de primas variables que dependen exclusivamente del precio del mercado, con el objetivo de cumplir un determinado monto fijo. Es recomendable combinarla con otro incentivo para reducir el monto de la prima.

Contratos a largo plazo: Es una forma de asegurar un flujo estable de ingresos. El problema principal que dificulta la firma de este tipo de contratos, es la variabilidad en el suministro de la generación eólica. En la sensibilización del caso teórico se fijaron los precios de los contratos a largo plazo en 150 AR\$/MW. La media del VAN se ve aumentada en un 5,4 %, mientras que la dispersión se reduce en un 42,3%.

Para poder firmar contratos es necesario reducir la variabilidad del suministro característico de la energía eólica. Para esto, se plantean tres alternativas:

- Sistema mixto de energías renovables: combinación de un parque eólico con energía hidroeléctrica.
- Integración eólica: se plantea la integración de parques eólicos del país reduciendo la probabilidad de que todos los aerogeneradores se encuentren parados al mismo tiempo. Así, el VAN se incrementa en un 5,4% mientras que la dispersión se reduce en aproximadamente un 72%
- Mecanismo de créditos y débitos en MW: se podrían netear las sobreproducciones y los baches durante un período determinado de tiempo en términos de unidades de energía

Retribución por potencia: Al no ser considerada una potencia firme, la energía eólica no percibe ingresos por potencia. La propuesta apunta a desarrollar un mecanismo que habilite a percibirlo. Se declararía un factor de potencia para un período determinado. A medida que se puedan recolectar datos históricos se realizará un análisis estadístico y se calculará el monto a percibir sobre el “Factor de Potencia Firme” (el factor de capacidad declarado menos dos desvíos estándar). Los resultados no son muy

significativos ya que logra mejorar el VAN del proyecto sólo en un 2% y reducir la dispersión en un 0,5%

Prioridad de despacho: sería recomendable garantizar a los inversores la prioridad de entrada al sistema.

Incentivos económicos por componentes nacionales: orientada a fomentar la industria nacional consiste en otorgar un incentivo adicional a aquellos proyectos que implementen un 30% de los equipos de fabricación nacional.

Costos financieros y fiscales

IVA de la inversión: se permitiría a los inversores diferir el pago del IVA de la inversión en 15 años. El VAN del proyecto se vería incrementado en aproximadamente un 12%, mientras que la dispersión prácticamente se mantiene constante.

Impuesto a las ganancias: Se amortizarían las inversiones iniciales en 5 años, agrupando los quebrantos impositivos hasta el primer año de utilidades antes de impuestos positiva (el “Quebranto Base”) tratándolo como un quebranto generado el último año de utilidad negativa, con vencimiento a diez años. Cualquier quebranto generado después del primer año de utilidad positiva, será tratado bajo el régimen actual y primero debería agotarse el Quebranto Base

Mecanismos de financiamiento: Argentina se ha convertido en un país poco confiable para el mundo. La propuesta consiste en diseñar un préstamo con una amortización fija en unidades de energía al precio del momento de vencimiento de la cuota. Esto permitirá al proyecto cumplir con las condiciones del préstamo sin encontrarse “ahogado” financieramente y permite a los organismos de fomento de desarrollo cumplir con su propósito de incentivar a las economías subdesarrolladas con la certeza de cobro.

Desarrollo de la industria y entorno

Incentivos fiscales a productores de equipos: se propone extender los beneficios fiscales que se aplicarán a los generadores eólicos a todas aquellas empresas que se encuentren en la cadena de esta industria.

Exención de impuesto a las ganancias por compra y ganancia de acciones: Esta propuesta orientada a atraer el capital “indeciso” consiste en otorgarle un beneficio a todo aquel que invierta en acciones de empresas relacionadas con la industria eólica en el país.

Plan de licitación a largo plazo: Un plan nacional a largo plazo transparente otorgaría credibilidad a las intenciones del gobierno para favorecer a la industria.

Incentivos económicos por componentes nacionales

Otras propuestas

Sustituir gastos de importaciones por inversiones: Se propone sustituir “gasto” (importación de hidrocarburos) por “inversión” en nuevas tecnologías como la eólica. Durante el 2008, Argentina ha gastado aproximadamente 1.800 US\$ millones en importación de hidrocarburos y energía eléctrica de países vecinos. Esto significó una

compra de 7.700 GWh a un promedio de 230 US\$/MWh. Si Argentina hubiera destinado sólo el 15% de estos gastos a la compra de energía eólica producida en el país con contratos de largo plazo a un precio de 100 se podrían haber instalado en el país cerca de 685 MW, atrayendo inversiones por aproximadamente US\$ 1.800 millones.

En los últimos años Argentina ha realizado algunos intentos por fomentar las energías renovables. No obstante, estos han sido débiles y poco sustentables en el tiempo. El último intento del gobierno, fue la licitación por parte de ENARSA pero no logró garantizar las condiciones necesarias para el desarrollo de la industria a largo plazo.

Es necesario crear un entorno favorable consolidado en una única Ley que contemple todas las regulaciones necesarias para fomentar el desarrollo de la industria. Las propuestas que se seleccionarán son:

- Instrumentación apropiada para que CAMMESA considere las uniones transitorias de los parques eólicos, considerando su producción como una única empresa
- Reglamentación adecuada para la firma de contratos a largo plazo
- IVA de la inversión inicial diferido en 15 años
- Actualizar y efectivizar los procedimientos del organismo para el Mecanismo de Desarrollo Limpio, facilitando la habilitación de los proyectos para el comercio de los Bonos Verdes
- Establecer un mecanismo de primas sobre el precio de los contratos a largo plazo que garanticen un monto fijo de 210 AR\$/MWh
- Se aplicará un adicional en la prima de 20 AR\$/MWh generado por utilizar al menos un 30% de componentes nacionales.

La implementación de todas estas medidas significará un aumento en el VAN de 133,5% una disminución del desvío estándar del 32,3 % y una mejora en la TIR de 15 puntos con respecto al caso base actual.

Al implementar una Ley que realmente favorezca al desarrollo eólico, se espera que los inversores reaccionen y destinen su capital a proyectos en el país, resultando en:

Mayor capacidad instalada: la capacidad instalada alcanzaría para el año 2016 aproximadamente los 730 MW

Empleo, desarrollo económico y social: se generarán en el país alrededor de 11.000 puestos de trabajo para el 2016

Reducción de emisiones de carbono: para el 2016 podrían reducirse aproximadamente 440 toneladas de CO₂

Ahorro de importaciones: tomando un promedio de 230 US\$/MWh la Argentina ahorraría en el 2016 al menos 2250 AR\$

Influencia en el precio al consumidor final: La incorporación de tecnologías renovables mitigará el riesgo de aumento del precio de la energía eléctrica al consumidor final por la propia naturaleza agotable de los hidrocarburos

Mayor diversificación de la matriz energética: en base a los pronósticos de capacidad total instalada de la Secretaría de Energía, la energía eólica lograría captar un 4,3% de participación en la generación eléctrica.

Mayor actividad económica en el país por la industrialización del sector: La instalación de capacidad eólica aporta un importante dinamismo a toda la actividad económica

Acuerdos comerciales con países desarrollados: Los acuerdos que se logren entablar con países desarrollados, podrán derivar en una muy buena relación que fortalezca las relaciones bilaterales, para luego entablar contratos comerciales en otros rubros.

EXECUTIVE SUMMARY

The purpose of this document is to demonstrate that Argentina must encourage wind power and develop proposals for restructuring the actual legal frame, identifying optimum alternatives, and analyzing their impact through a model which will contribute to the selection of the convenient final proposal.

Currently energy is fundamental for the sustainable development of a country. Through out history, energy demand has been increasing constantly and it is expected to continue growing in the future.

The global electric generation faces great challenges (price volatility, supply security and environment) that must immediately be solved. The world's energetic matrix is highly dependant on hydrocarbs (83,3%) being extremely weak in times of shortage. Renewable technologies constitute one of the most powerful options to confront these problems. The alternative energies were those which presented better growth rates, specially wind power, showing the society's awareness and a clear trend towards clean energies.

It is expected for the following years that delayed and high potential countries follow developed countries' energetic strategies.

While wind power costs are expected to decrease, conventional energy's costs are supposed to increase in the near future due to the oil price volatility and the non renewable nature of the resources.

During the last years energy demand has increased at similar rates that the global trends. National matrix is highly dependant on natural gas, diesel fuel and electricity. These three sources cover the 80% of the total demand making the matrix really weak. Argentina has, effectively, a very weak present power situation and an uncertain future with great chances to be heightened if actions are not attacked.

Unfortunately Argentina faces today one of its major energetic challenges. Under an imports scenario it is absolutely necessary for Argentina to diversify its matrix with new technologies. In this case, wind power becomes fundamental for the development.

National energetic deficiency is not casual. The lack of investments, the political weakness, the lack of a national long term plan, tariffs regulations, lack of institutionalism, and general lack of interest and the disruption of several administrations resulted in a steep crisis with prospects to intensify.

It is absolutely necessary to revert this situation dealing jointly with all the problems through an efficient regulatory frame and the definition of a sustainable long term plan definition. Alternative energies represent the best tool to approach a hard future, particularly wind power.

Argentina holds an old tradition in wind power; nevertheless it is still quite delayed in its growth progress.

Due to the great diversity and extension of Argentine land, the country presents an enormous potential for the utilization of renewable resources. With capacity factors

reaching 35%, Argentina stands out among the countries as a huge stock of energetic opportunities.

The lack of wind power development in Argentina is generally associated to the lack of adequate policies and more importantly, the lack of an integrated national strategy. The electric regulatory framework has suffered several transformations since its creation, even though, Argentina needs to take a strong commitment and dedicate important efforts in order to strengthen the future.

The first hint about wind power promotion in Argentina was in 1985 when a vague policy intending to develop the renewable technologies was attempted. In 1998, a Law was sanctioned which declares wind and solar power as national interest in all the territory and an extra fixed prime was settled for the power generators and it was finally approved and implemented in 2001. In late 2006, the national congress sanctioned another Law where the goal of reaching 8% of total power generation to be renewable by 2016 was established. However, these policies were not strong enough to promote the wind power industry due to the lack of real actions taken in practice.

Renewable energies must overcome certain barriers in the following issues:

Tariffs: tariffs freezing since 2002, subsidies to conventional energy, supply variability, high price volatility, integrating costs and lack of power reimbursements

Technique: equipment imports, lack of economies of scale, transportation infrastructure and lack of information.

Politic: Lack of a national strategic plan, lack of transparency, dialogue and commitment in the sector, unstable environment and denial of existing problems.

Institutional: weakened government and private institutions, and no access to financing

The country faces a critic situation which solution lies in tackling all the problems in an integrated proposal offering juridical certainty and clear conditions for investors.

Renewable technologies require government support and politics destined to promote investments. The most frequent instruments practiced in the world are:

- Feed-in Tariff (FIT): ensures a fixed price
- Quotes: settles a minimum amount of renewable production each generator must produce
- Direct benefits: direct incentive to each unit of renewable energy produced
- Fiscal benefits

In order to analyze each proposed alternative a model was developed using Crystal Ball so that through simulation of reality the alternatives impacts could be quantified. Following the proposed alternatives according the nature of their impacts:

Alternatives affecting incomes:

Feed-in Tariff: this alternative would completely reduce income volatility. Nevertheless, Argentina is not yet prepared to face such an aggressive process

Quotes – Green Certificates: It would be suggesting to promote the national organism and facilitating the procedures so that investors could count with these extra incomes.

The VNA of the project would be increased by 22,65% and because of the certificates' quantity is attached to the production, the standard deviation will increase

Variable primes: a scheme of variable primes which depend exclusively on market price is used, with the sole objective of reaching a fixed income per unit of energy. Combining this alternative with another incentive is recommended so that the prime becomes lower.

Long term contracts: this type of contracts is necessary in order to assure a stable cash flow. The main problem when signing these contracts is the supply variability that characterizes the wind power generation. For the model scenario prices were fixed in 150 AR\$/MW. When simulating this scenario in the model it can be concluded that the VNA increases 5,4% while the standard deviation is reduced 42,3%.

In order to be able to sign these contracts it is necessary to reduce its supply variability. In this matter three alternatives are proposed:

- Mixed renewable energies scheme: this suggests a combination of wind and hydro power
- Wind power integration: this alternative proposes the integration of several wind farms, so that shortage due to lack of resource is mitigated. In this case, VNA is increased by 5,4% while standard deviation is reduced 72%
- Credits and liabilities in MW: over or sub productions could be added during a given period of time in terms of energy units instead of having to pay (or be paid) daily by the administration office

Power Reimbursement: because of not being considered as a firm power, wind power does not count with power reimbursements. This proposal is focused on developing a mechanism so that this extra income is recognized to wind power generators. A factor capacity should be declared to the national administrator. Historical data would be investigated, statistical analysis would be done and the amount to be perceived would be calculated over the "Firm Capacity Factor" (declared Capacity Factor minus two standard deviations. Impacts are not very significant in this case, VNA only improves 2% and standard deviation is reduced in 0,5%.

Clearance priority: guaranteeing priority in the system would be recommended to assure power delivery to the investors

Economic incentives by using national components: focused on promoting national industry, this proposal consists granting an additional incentive to those projects that implement a 30% of national components in the equipment.

Financial and fiscal costs:

Initial investment VAT: This alternative consists in allowing investors to differ initial investment VAT in a period of 15 years. The VNA of the project would be increased in approximately 12% while the dispersion will remain practically constant.

Profit tax: depreciation period will be settled in five years. Initial tax loss carry forward will be grouped until first year positive EBIT ("Base Tax Loss Carry Forward") and it

will be treated as a tax loss carry forward generated the last year with negative EBIT, with an expiration period of ten years. Any tax loss carry forward generated after the first positive EBIT year will be treated under the actual scheme and the Base Tax Loss Carry Forward should be used first.

Financing mechanisms: Argentina has become a very unreliable country. This proposal consists in the development of a loan with an amortization fixed in terms of energy units priced at the expiration date tariff. This type of loan will allow the project to pay the loan without facing financial problems and allows development organisms to fulfill their purposes of promoting developing economies.

Industry and environment development:

Fiscal incentives to equipment producers: This alternative proposes to extend those fiscal benefits applied to wind power generators to all those companies involved in the wind power industry chain.

Profit tax exemption for purchase and profit with shares: This proposal intends to call the attention to the hesitant capital by granting a benefit to the share investor of related companies with the wind power industry in the country.

Long term bids: A national, long term, transparent plan would grant credibility to the government intentions in order to benefit the industry.

Economic incentives by using national components:

Other proposals

Replacement of costs with investments: The proposal is to replace “cost” (hydrocarbs imports) with investments in new technologies as wind power. During 2008 Argentina has spent approximately US\$ 1800 million in hydrocarbs and electric energy imports from neighbor countries. This involved buying 7700 GWh at an average rate of 230 US\$/MWh. If Argentina would have assigned only 15% of this cost to the acquisition of wind power energy produced in the country with long term contracts at a price of 100 US\$/MW, nearly 685 MW could have been installed in the country, attracting investments of approximately US\$ 1800 million.

During the last years Argentina has made some attempts to encourage the renewable energies. Nevertheless, these have been very weak and not sustainable during the years. The last government attempt was a bid by ENARSA but this could not guarantee the necessary conditions for the industry development in the long term.

It is absolutely necessary to create a positive environment consolidated in a Law contemplating all necessary regulations to encourage the development of the industry. The alternatives which best resulted for this matter are:

- Proper implementation in order to allow CAMMESA to consider provisional mergers of the wind farms
- Proper regulations for long term contracts
- Initial investment VAT deferred in 15 years.

- Updating and effectiveness of the procedures of the organization for Clean Development Mechanism, entitling projects for the trade of Green Certificates
- Establishment of primes of long term contracts guaranteeing a fixed amount of 210 AR\$/MWh.
- An additional amount of 20 AR\$/MWh will be added if more than 30% of national parts are used.

Implementation of all these legal actions will increase the VNA in 133,5%, reduce standard deviation 32,3%, and improve IRR in 15 points with reference to the actual background.

When implementing a Law that really benefits the wind power development, it is expected that investors react and allocate capital to projects in the country, and as a result of this the following would be achieved:

Greater installed capacity: Installed capacity would reach in 2016 approximately 730 MW

Employment, economical and social development: Nearly 11.000 job positions will be created

Reduction in carbon emissions: In 2016 approximately 440 tons of CO₂ could be reduced

Imports savings: taking into consideration an average of 230 US\$/MWh Argentina would save by 2016 at least 2250 AR\$

Influence in the final consumer price: The growth of renewable technologies will lessen the risk of electric energy price increases to the final consumer due to the non renewable characteristic of hydrocarbs

Diversification of the energetic matrix: Based on the forecast of total capacity installed of national organisms, wind power energy could gain 4,3% in the participation of total energy production

Greater economic activity due to the sector industrialization: The installment of wind power capacity contributes with an important dynamism to the whole economic activity

Commercial agreements with developed countries: All agreements that could be achieved with developed countries, will contribute to develop excellent relationships that will strengthen bilateral relations, which could eventually result in commercial agreements in other areas.

INTRODUCCIÓN	2
TENDENCIA MUNDIAL	3
SITUACIÓN ARGENTINA	16
Situación energética interna	16
Situación eléctrica interna	19
Energía eólica en el País	22
El recurso eólico en Argentina	24
Análisis del marco regulatorio argentino	25
Barreras y obstáculos para el desarrollo de la industria eólica en el país	28
PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN	35
Análisis de las distintas metodologías utilizadas en países desarrollados	35
Propuestas de optimización al marco regulatorio	37
Propuesta Integradora	51
Potencial Impacto	53
CONCLUSIONES	58
ANEXOS	60
Introducción a las distintas fuentes de energía	60
Costos de la Energía Eólica	69
Análisis comparativo de las fuentes de electricidad	77
Proyectos eólicos vigentes en Argentina	87
Costos de energía eólica en Argentina	88
Marco Regulatorio y Legal	93
BIBLIOGRAFÍA	101

INTRODUCCIÓN

El propósito de este documento es demostrar que Argentina debe fomentar la generación de energía eólica y desarrollar propuestas para modificar el marco regulatorio existente y alcanzar dicho objetivo.

La necesidad de fomentar la generación eólica se demostrará mediante el análisis de las tendencias globales y el comportamiento de los países más desarrollados durante los últimos años. Se estudiarán sus conductas en materia energética, los principales desafíos a los cuales se enfrentaron y cómo la generación de energía eólica resultó ser una solución adecuada para resolverlos.

Seguido a esto, se estudiará la situación del sector energético argentino y sus condiciones para implementar las exitosas soluciones que se utilizaron en los mercados ya maduros y experimentados. Se identificarán también las principales barreras que deben sortearse en el país y los motivos principales por los cuales hoy no son viables las soluciones adoptadas por los países del primer mundo.

En la búsqueda del desarrollo de propuestas se investigarán los mecanismos utilizados en otras geografías y, más importante, su aplicabilidad en la Argentina. Además, se presentarán nuevas iniciativas que promuevan eficazmente el flujo de capital en proyectos eólicos y generen un entorno estable promoviendo la confianza de los inversores. Estas alternativas se estudiarán en un modelo operativo y financiero que se desarrollará con el objetivo de reflejar con el mayor grado de precisión posible los impactos que tendrían las medidas propuestas y seleccionar aquellas que mayor efecto tengan sobre los resultados.

Finalmente, se mostrará el potencial impacto que presenten las propuestas en términos de capacidad instalada, creación de puestos de trabajo, seguridad de abastecimiento, reducción de emisiones nocivas para el medioambiente, impacto sobre los precios futuros de la energía e impactos económicos para el país.

Actualmente existen numerosos estudios públicos sobre la energía eólica, aunque en general estos se concentran en los aspectos técnicos. Si bien esta tesis indefectiblemente analizará los aspectos tecnológicos y la factibilidad de la implementación de este tipo de generación eléctrica, se enfocará mayormente en los aspectos económicos, estrategias y políticas para impulsar su desarrollo en países en desarrollo, particularmente en Argentina.

TENDENCIA MUNDIAL

La energía es fundamental para el desarrollo tanto económico como social de los pueblos. En un mundo gobernado por la globalización, la disponibilidad, el acceso y la utilización de energía se vuelven esenciales para el bienestar de la sociedad y el funcionamiento de las economías modernas.

Actualmente la energía es un recurso imprescindible, es la base del crecimiento y el desarrollo sostenible de un país ya que de esta dependen la mayoría de nuestras actividades como la iluminación, la calefacción y refrigeración, el transporte, la obtención de alimentos y la industria. La falta de disponibilidad de energía confiable y accesible retrasa el desarrollo potencial de muchos países del mundo.

A través de la historia se puede observar cómo el consumo de energía ha ido aumentando conforme al paso de los años, la evolución de la tecnología y el enfoque cultural. La figura 1.1 muestra el incremento en el consumo real a lo largo de los últimos años y el consumo proyectado a futuro. Es fácilmente comprobable que el consumo de energía total, tanto como el consumo de electricidad, presentan altas correlaciones con el PBI. De esta forma se proyectaron ambos consumos hasta el año 2015.

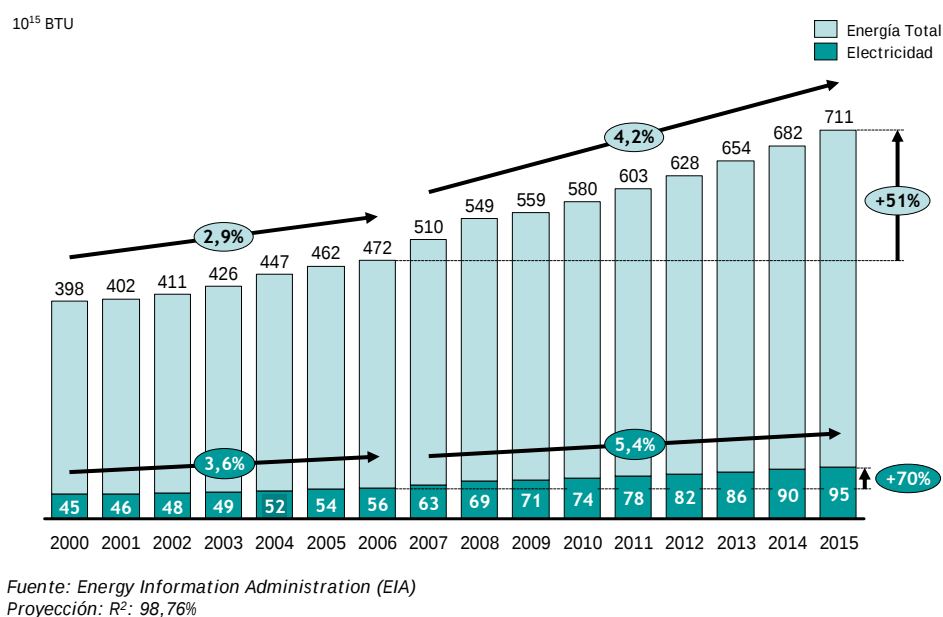


Figura 1.1 – Consumo energético mundial

La conclusión principal que puede obtenerse de la Figura 1.1, es que se espera que el consumo de energía continúe en crecimiento por los próximos años. Además, se puede observar que la tasa de crecimiento de la energía eléctrica supera la tasa de crecimiento de la energía total, por lo que se sospecha que el abastecimiento de electricidad se volverá cada vez más importante en la tarea de satisfacer las necesidades mundiales.

El sistema de generación eléctrica mundial afronta grandes desafíos en tres distintos frentes: la volatilidad de los precios, la seguridad energética y el medioambiente, particularmente en la polución del aire y el calentamiento global.

Los métodos convencionales de generación de energía eléctrica producen infaliblemente un desequilibrio en el balance natural provocando reacciones adversas al hombre. Considerando que el desarrollo sostenible es aquél que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades, debemos tener en cuenta y recapacitar sobre las numerosas consecuencias de las energías no renovables.

Actualmente se observa en el mundo una preocupación reinante en materia de política ambiental y abastecimiento futuro de energía. Las fuentes de energía, su accesibilidad y capacidad de generación, son tema frecuente de discusión y análisis en convenciones y organizaciones internacionales.

La gran proporción de consumo de energías no renovables del consumo total presenta una gran amenaza al sistema energético global. Como se puede observar en la Figura 1.2 la matriz energética global es altamente dependiente de los métodos convencionales, ya que está compuesta en un 83,3% por energía no renovable (combustibles fósiles: gas petróleo y carbón) y en un 16,7% por renovable (hidráulica, eólica, solar, biomasa, etc.), siendo esta proporción aún más acentuada en países en vías de desarrollo.

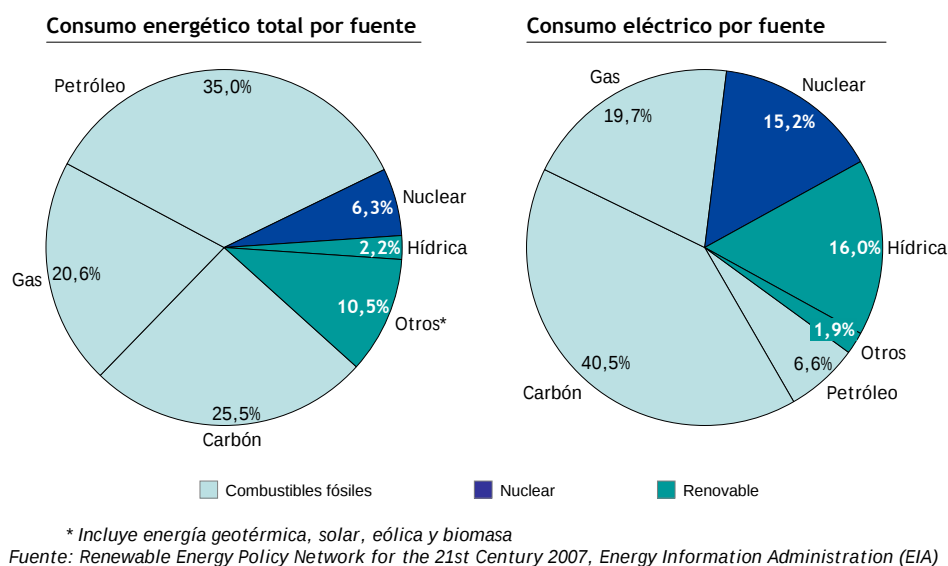


Figura 1.2 – Matriz energética y eléctrica global

Las energías renovables han aumentado su participación en la matriz energética global a lo largo de los últimos años, no obstante, su participación continúa siendo sustancialmente pequeña.

La generación eléctrica enfrenta exactamente la misma situación, siendo la misma altamente dependiente de los hidrocarburos fósiles.

Uno de los principales desafíos de la sociedad actual es impulsar un proceso de desarrollo y crecimiento sin comprometer el futuro energético y ambiental. Las energías renovables constituyen una de las herramientas más poderosas para combatir el desabastecimiento energético y las consecuencias medioambientales producidas por los métodos convencionales, por lo que se espera que en los próximos años cobren fuerza y aumenten su participación, diversificando el portafolio de generación.

Si bien la proporción de energías alternativas es aún escasa e insuficiente, la misma ha estado creciendo fuertemente especialmente en países desarrollados. La Figura 1.3 muestra que aunque todas las fuentes de electricidad experimentaron crecimientos en los últimos años, las energías renovables fueron las que mayores tasas de crecimiento alcanzaron, llegando a una tasa anual de crecimiento compuesto del 9,8%. Esto demuestra una cierta concientización de la sociedad y una marcada tendencia hacia las energías limpias.

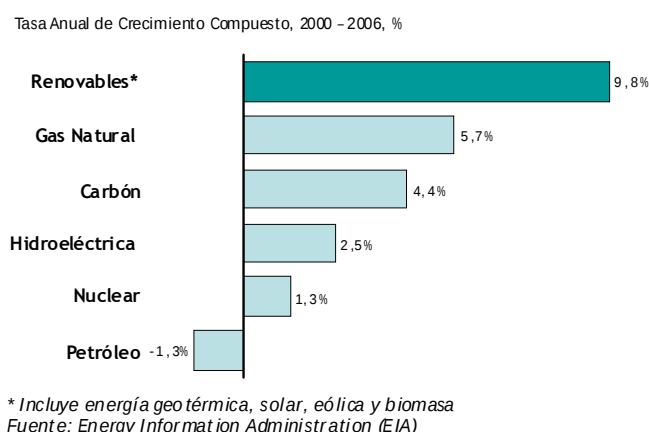


Figura 1.3 – Crecimiento según tipo de generación eléctrica

La capacidad instalada de producción de energías renovables ha crecido significativamente en los países del primer mundo en el período 2000-2006, mientras que los países en desarrollo continúan retrasados en la implementación de estas alternativas. La Figura 1.4 muestra el porcentaje que representan las energías renovables en el consumo total de algunos países seleccionados. Se puede ver que uno de los países más avanzados es Dinamarca, donde en el año 2006, el 25,9% de su energía total consumida provino de energías renovables y se estableció el objetivo para el año 2010 en 29%. Las participaciones de las energías limpias en países como España, Italia y Alemania llegan a valores de 17,30%, 14,50% y 12,00% respectivamente. En Sudamérica, uno de los países más desarrollados es Brasil, quién cuenta con una participación del 5%. Argentina se encuentra relegado, teniendo solamente un 1,3% de su electricidad abastecido por fuentes alternativas. Claramente, Argentina cuenta con un alto potencial de desarrollo, ya que presenta todas las características topográficas y naturales para tal fin.

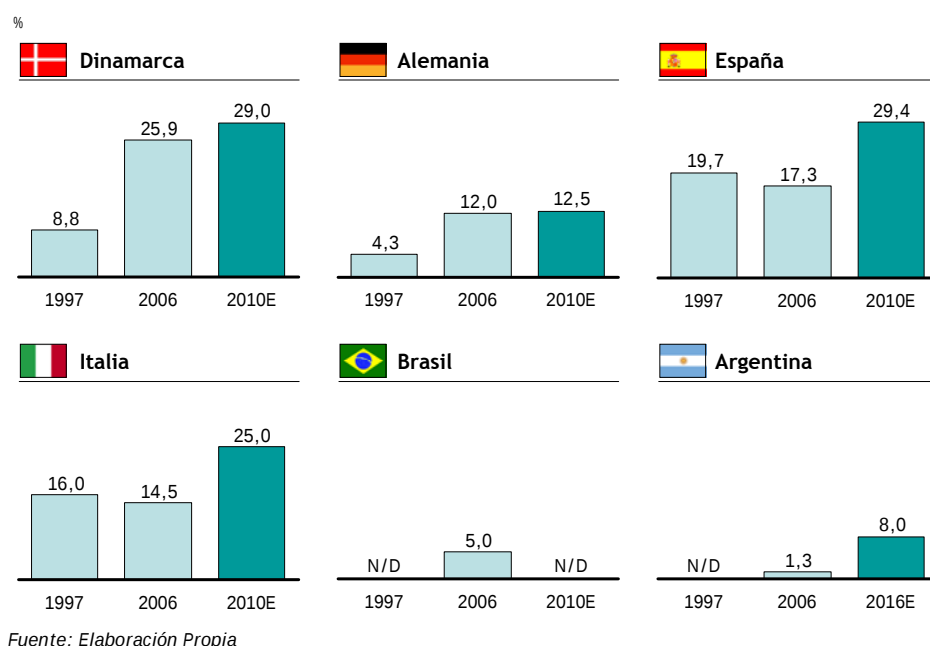
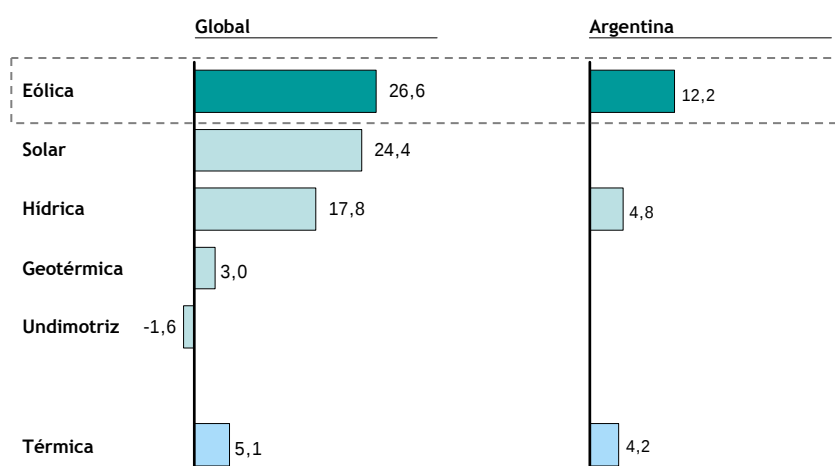


Figura 1.4 – Participación de las energías renovables en el total de generación eléctrica

Se estima que en los próximos años países más relegados en esta materia y con fuerte potencial, como Argentina (Algunos estudios llegan a indicar que podrían instalarse más de 2.000 GW, valor equivalente a dos veces la capacidad de generación total actualmente existente en los Estados Unidos), evolucionen hacia fuentes alternativas limpias siguiendo los pasos de los países desarrollados.

A pesar de que todas las fuentes de energías renovables han demostrado un sustancial incremento, el desarrollo de la energía eólica ha sobrepasado las tasas de crecimiento del resto de las alternativas como se muestra en la Figura 1.5. Esta tendencia también se puede ver en Argentina, ya que el crecimiento de energía eólica experimentó una tasa anual de 12% durante el período 2000 – 2006. Se puede ver que Argentina todavía se encuentra por debajo de la tasa promedio de crecimiento, lo que indica que tiene mucho potencial por delante.

Tasa Anual de Crecimiento Compuesto, 2000 – 2006, %



Fuente: United Nations Statistics Division (UNSD)

Figura 1.5 – Crecimiento de la capacidad instalada según el tipo de generación

Existen varios factores que explican este atraso, incluyendo aspectos técnicos, económicos, financieros y barreras institucionales que afectan el desarrollo de la industria.

El mercado eólico global

La energía eólica ha sido el tipo de generación eléctrica que más ha crecido en el último tiempo, inclusive durante el 2008. Este crecimiento fue conducido debido a numerosas características propias de la energía eólica, como las siguientes:

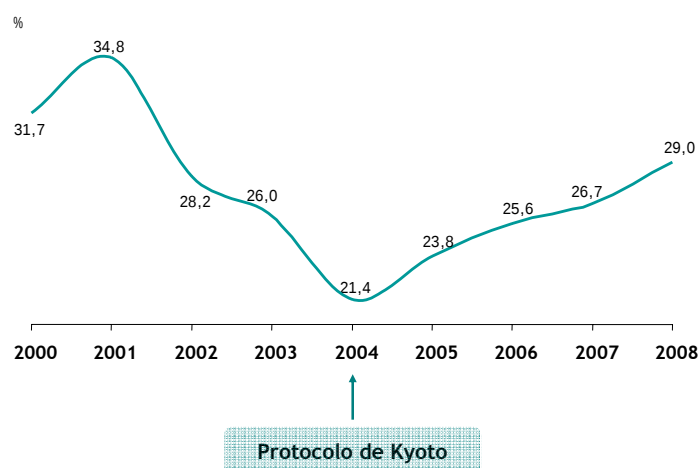
- Es una energía renovable, no consume recursos agotables
- Es una energía limpia, no emite residuos contaminantes
- Diversifica la matriz energética independizando el sistema de la volatilidad de los precios de los combustibles
- Tiene una rápida instalación, más o menos 6 meses
- Se pueden utilizar terrenos que no son útiles para otras actividades (ej. Desiertos, zonas con tierra salina, tierras bajas, zonas de costa)
- Se puede utilizar el terreno para otras actividades paralelamente (ej. Agricultura, ganadería)
- Bajos costos de operación y mantenimiento
- Tecnología desarrollada pero que aún presenta un gran potencial de evolución y disminución de costos
- Plantas modulares lo que permite mucha flexibilidad y rápida respuesta de crecimiento

Estos factores se han combinado de tal manera en algunas regiones del mundo, que han fomentado el apoyo político para su desarrollo. Uno de los mecanismos más significativos para hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos es el Protocolo de Kyoto.

El Protocolo de Kyoto es un acuerdo internacional bajo el marco de las Naciones Unidas que tiene por objetivo la reducción global de las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los niveles registrados en 1990. Así mismo, otro de los propósitos es reducir la dependencia de la economía mundial del consumo de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) cuyo impacto en el medio ambiente ha sido significativo y su accesibilidad se encuentra comprometida en un futuro. Se establecieron los porcentajes de emisión de gases, que cada país que firmó y ratificó el acuerdo, debería reducir para el período 2008-2012.

Este instrumento fomentó de manera significativa la instalación de energías renovables. Como se puede observar en la Figura 1.6 a partir de la vigencia de este acuerdo, en el 2005, las tasas de crecimiento retomaron su fuerza, llegando a alcanzar en el 2008 un crecimiento de 29% con respecto al año anterior.

La mayoría de los países se encuentran retrasados en cuanto a sus objetivos de reducción de gases emitidos establecidos en el Protocolo de Kyoto, lo que supone que en los próximos años se realizarán nuevas inversiones en energías “limpias” para intentar satisfacer las necesidades eléctricas reduciendo la emisión de gases dañinos para el medio ambiente.



Fuente: World Wind Energy Association – World Wind Energy Report 2008

Figura 1.6 – Crecimiento de la capacidad instalada de energías renovables

Es necesario destacar que si bien esta tecnología ha experimentado grandes tasas de crecimiento todavía no se espera que el mismo se detenga o incluso disminuya, ya que, en términos de participación en la generación total sigue siendo insignificante frente a los métodos convencionales. Por lo tanto, es lógico predecir que tiene un gran potencial de desarrollo y prosperidad por delante.

Al cabo del año 2008 la capacidad instalada alcanzó en todo el mundo aproximadamente los 121.000 MW, logrando más que duplicar la capacidad instalada en el año 2005. En la Figura 1.7, se puede ver con claridad la exitosa evolución de las instalaciones y la gran expansión que enfrentó la energía eólica en el último tiempo.

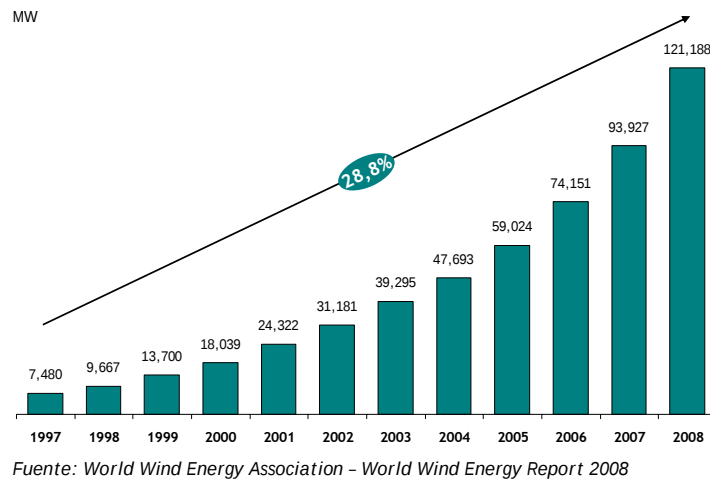
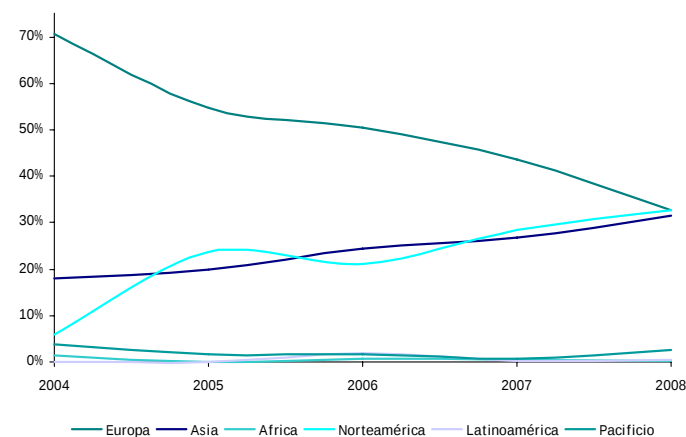


Figura 1.7 – Capacidad instalada de energía eólica

Históricamente Europa ha sido el continente que por definición dominaba el sector eólico, concentrando en su región el mayor porcentaje de capacidad eólica (tan sólo hace cuatro años Europa lideraba completamente las nuevas incorporaciones en el sector eólico). Últimamente la tendencia marca que el foco del sector se ha ido desplazando paulatinamente desde Europa hacia Norteamérica y Asia. Europa ha disminuido su participación en la nueva capacidad total instalada desde un 70,7% a un 32,8% entre el 2004 y el 2008, mientras que Norteamérica y Asia partieron desde un 5,9% y 18,1% y alcanzaron una participación de 32,6% y 31,5% de la capacidad total respectivamente. A fines del 2008, por primera vez, Europa, Norteamérica y Asia obtuvieron similares participaciones, equiparando las participaciones globales como se puede ver en la Figura 1.8.

A pesar de que los países en África, Latinoamérica y en la región del Pacífico no contribuyen significativamente en las nuevas instalaciones, muchos de estos territorios presentan grandes cualidades para instalar proyectos eólicos y se espera que en un futuro puedan diseñar estrategias orientadas hacia este tipo de generación eléctrica.



Fuente: World Wind Energy Association

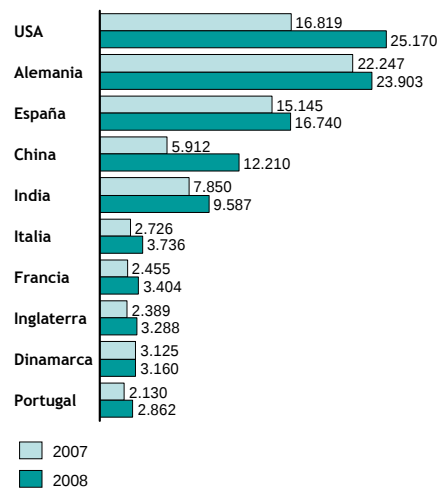
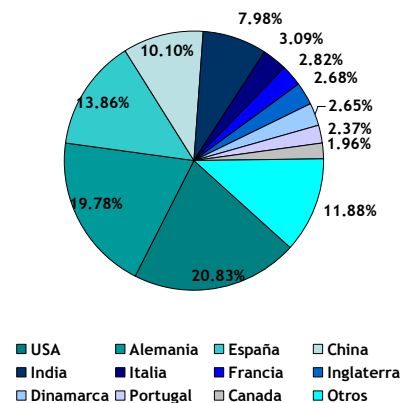
Figura 1.8 – Participación por país de la capacidad instalada de energía eólica

Por primera vez, Estados Unidos ha logrado posicionarse como el primer país del mundo tanto en capacidad de generación eléctrica eólica como en nueva capacidad instalada, superando a los tradicionales jugadores del sector como Alemania y España. Recientemente se ha incorporado un nuevo jugador al mercado que viene ganando importante presencia. Este nuevo jugador es China, quién finalmente en el 2008 logro posicionarse como número uno en Asia, superando a la capacidad de generación de India, quien históricamente dominaba en este territorio.

El caso de Dinamarca es especial, la participación dentro del mercado total no es significativa, pero cuenta con una particularidad, aproximadamente el 26% de su electricidad es producida a través de energía eólica, lo que lo convierte en el primer país en términos de proporción de energías renovables dentro de su propia matriz.

Como se puede apreciar en la Figura 1.9 la capacidad eólica instalada está altamente concentrada en tan sólo diez países, ya que estos cuentan con aproximadamente el 88% en todo el mundo. Como se ha mencionado previamente, se puede afirmar que si bien es cierto que existe una marcada concentración, también existe una tendencia hacia la diversificación geográfica.

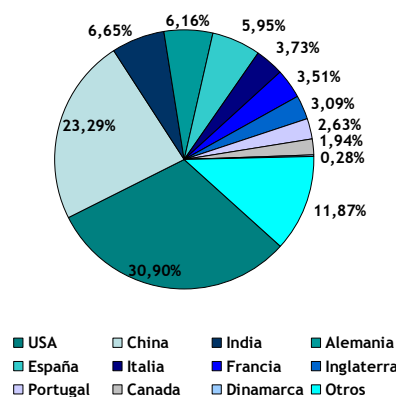
MW

10 Primeros Países en Capacidad Instalada**Participación de los Países en la Capacidad Total Instalada al 2008**

Fuente: Global Wind Energy Council - Global Wind 2008 Report

Figura 1.9 – Distribución de la capacidad eólica instalada por país

Esta tendencia de atomización geográfica se puede percibir a través de las diferentes tasas de crecimiento que los países han experimentado últimamente. Países como Estados Unidos y China son actualmente los países líderes en nuevas instalaciones. Durante el 2008, como se puede ver en la Figura 1.10 más del 50% del total de las nuevas instalaciones realizadas en el mundo se hicieron efectivamente en estas dos potencias mundiales, mientras que históricamente los países europeos como Alemania, España o Dinamarca ocupaban los primeros lugares.

Participación de los Países en la Capacidad Total Instalada Durante el 2008

Fuente: Global Wind Energy Council - Global Wind 2008 Report

Figura 1.10 – Nueva capacidad instalada por país, 2008

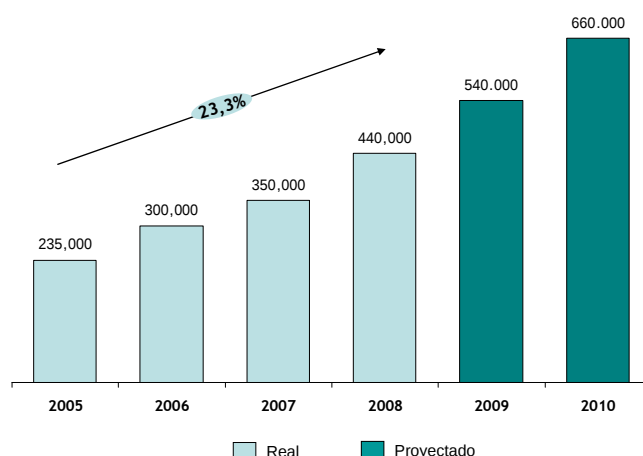
Hoy en día existen al menos 76 países que utilizan la energía eólica comercialmente para abastecer una porción de su demanda de energía eléctrica. Cada vez más países reconocen en las energías renovables una potencial solución para la falta de

autoabastecimiento energético y la alta dependencia de los combustibles fósiles en sus matrices.

Últimamente el capital ha demostrado un interés y entusiasmo particular por las energías renovables. Los nuevos proyectos en busca de inversores se han multiplicado, ampliando el portafolio de opciones para aquellas personas innovadoras en búsqueda de nuevos horizontes. Las inversiones mundiales en energía eólica han tomado un ritmo acelerado en los últimos tiempos, llegando a alcanzar los US\$ 50,2 mil millones durante el año 2007, representando un 43% de las inversiones totales en energías sustentables.

La concientización de la sociedad sobre el calentamiento global y la contaminación impulsó en el mundo un importante movimiento hacia la conservación de la ecología y al trabajo conjunto para evitar mayores incrementos de emisión de gases. Esto, sin duda, fomenta la actividad de las energías renovables, incrementando así, el interés de los inversores en este tipo de proyectos.

Las energías renovables no sólo cuidan y protegen el medio ambiente, sino que también son muy importantes para el sector social y económico de un país. Contribuyen a la oferta de empleo al generar puestos de trabajo tanto directa como indirectamente. Como demuestra la Figura 1.11 los puestos de trabajo relacionados con la industria eólica se han casi duplicado en tan sólo tres años. El sector eólico finalizó el año 2008 con 440.000 puestos de trabajo en el mundo, la mayoría altamente calificados, y se espera que continúe aumentando a medida que la tecnología evolucione. La asociación mundial de Energía Eólica (“World Wind Energy Association”) estima que para el año 2010 los puestos de trabajo se incrementarán en un 50% con respecto a los niveles de empleo del 2008.



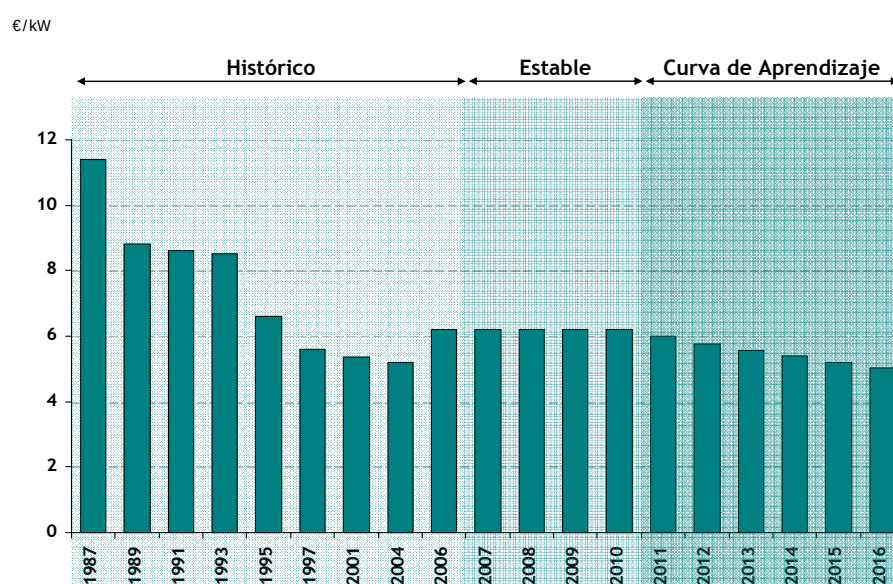
Fuente: World Wind Energy Association – World Wind Energy Report 2008

Figura 1.11 – Generación de puestos de trabajo

Los impactos de las energías renovables no sólo alcanzan a los aspectos sociales y medioambientales, sino que también influyen en la economía a largo plazo de los países. Si bien hoy en día las alternativas limpias no son las más competitivas económicamente

y requieren de ciertos incentivos y apoyo por parte de los gobiernos, se espera que esa situación se revierta.

Las fuentes de generación renovables son tecnologías que en general se encuentran en etapa de desarrollo, lo que indica que seguirán evolucionando volviéndose cada vez más efectivas y menos costosas. Mientras que se espera que los costos de la energía eólica disminuyan en un futuro (como se muestra en la Figura 1.12), los costos de las energías convencionales se encuentran en alza. Esto se debe a la volatilidad de los precios del petróleo y a la propia naturaleza agotable de los hidrocarburos. Al ser un recurso escaso, su disponibilidad y accesibilidad se verá limitada en un futuro incrementando los precios y por lo tanto los costos de las energías no renovables.



Fuente: The European Wind Energy Association – The Economics of Wind Energy

Figura 1.12 – Costo de la energía eólica (Euros/Kw)

Por otro lado, a través de los distintos acuerdos internacionales se logró monetizar al menos una de las “externalidades” que dan ventaja a las energías convencionales, la reducción de emisiones de carbono.

A través del Protocolo de Kyoto se reglamentó el “Mecanismo de Desarrollo Limpio” (“MDL”), a través del cual proyectos públicos y privados pueden generar y vender certificados de reducción de emisiones (CERs, por sus siglas en inglés) originados en proyectos en países en vías de desarrollo.

El precio de los CERs se rige exclusivamente por el mercado. Es decir, está gobernado por la oferta y la demanda del momento. Al encontrarse los países desarrollados altamente complicados en cuanto a los compromisos tomados en el Protocolo de Kyoto la demanda de CERs se incrementó en el último tiempo aumentando considerablemente los precios de los mismos. Por ejemplo, nueve países de la Unión Europea ya han previsto un fondo de €2,7 mil millones destinados a la compra de este tipo de certificados hasta el año 2012. Japón también anunció que debería comprar 100

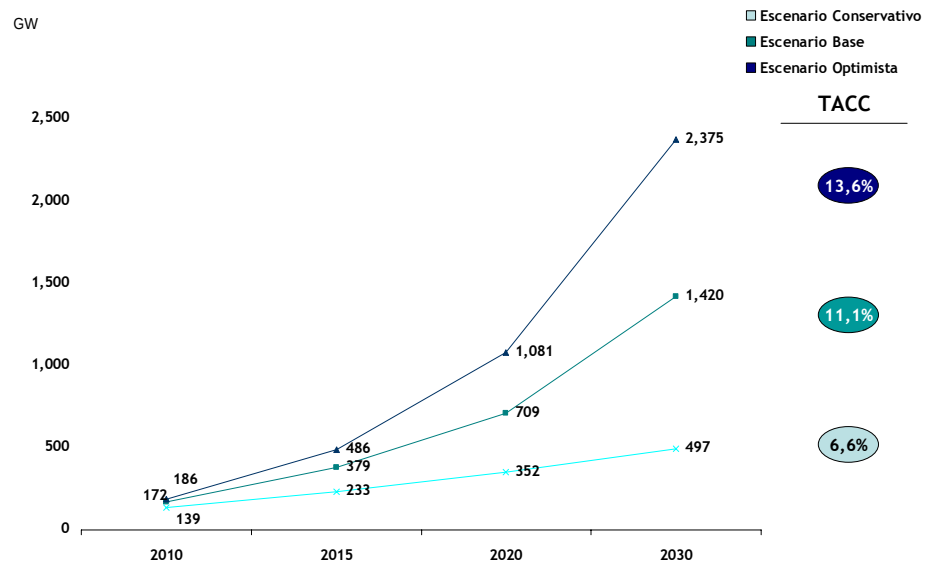
millones de certificados para cumplir con sus obligaciones y se estima que Suiza deberá comprar alrededor de 1,6 millones de CERs. Esta creciente demanda, llevó a los precios a escalar rápidamente desde los € 5 hasta los € 12 en el 2007.

Hoy en día, el costo de los CERs se ha convertido en un factor a considerar por parte de los inversores que analicen la instalación de una planta generadora de electricidad no renovable. Argentina todavía no ha tomado este compromiso, ya que sólo ha ratificado el Protocolo de Kyoto, pero si quiere pensar en un largo plazo, deberá comprometerse tarde o temprano.

Existen muchas razones, expuestas anteriormente, para sospechar que la energía eólica continuará su constante evolución e incremento en los próximos años. Así mismo, numerosas agencias y organismos internacionales avocados al estudio del mercado energético, han presentado proyecciones que muestran una clara tendencia mundial hacia el desarrollo y evolución de los métodos de generación eléctrica utilizando recursos renovables. Tal es el caso del Consejo Global de Energía Eólica (Global Wind Energy Council) que plantea tres posibles escenarios para la evolución de la capacidad instalada. Estos son:

- **Escenario Conservativo:** basado en proyecciones del reporte “2007 World Energy Outlook” de la Agencia Internacional de Energía (“IEA”). Toma en cuenta las políticas y medidas existentes hasta el momento e incluye ciertos supuestos como la apertura del libre comercio energético entre países y las recientes políticas que combaten la polución.
- **Escenario Base:** tiene en cuenta todas las políticas que apoyan las energías renovables que ya están promulgadas y todas aquellas que se encuentran en estado de planeamiento y desarrollo. También asume que todos los objetivos de los países en materia de energía renovable son cumplidos satisfactoriamente. Adicionalmente, supone que se incrementará la confianza de los inversores en el sector como un resultado del éxito de las negociaciones por el cambio climático.
- **Escenario Optimista:** Este escenario es el más ambicioso. Examina hasta donde podría crecer la industria en el mejor de los casos posibles. El supuesto detrás de este escenario es que se optan por todas las alternativas más favorables hacia las energías renovables.

Energía eólica en Argentina



Fuente: Global Wind Energy Council - Global Wind Energy Outlook 2008

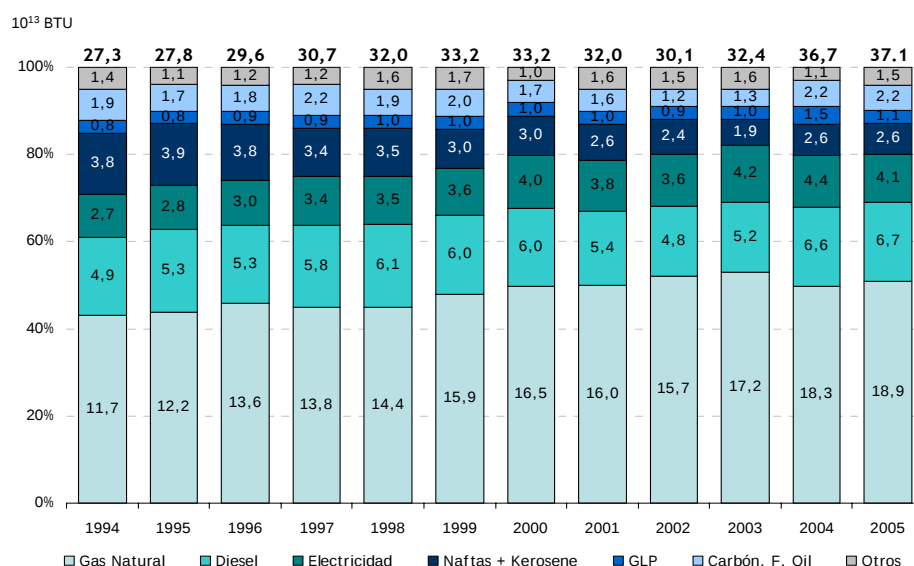
Figura 1.13 – Proyección de capacidad eólica instalada

SITUACIÓN ARGENTINA

Situación energética interna

Durante los últimos años Argentina ha acompañado la tendencia mundial de crecimiento de demanda energética. Mientras que globalmente la demanda experimentó una tasa anual de crecimiento de 2,9% durante el período 2000-2006, Argentina tuvo incrementos de un 2,3% anuales durante en período similar (2000-2005). Cabe mencionar que durante este período el país sufrió la fuerte crisis del 2001, por lo que el nivel económico y el dinamismo de los sectores se vieron afectados disminuyendo la demanda energética hasta el 2003 inclusive, cuando comenzó a remontar.

Como se puede observar en la Figura 2.1, la matriz energética Argentina presenta una alta dependencia del gas natural, el combustible diesel y la electricidad. Estos tres tipos de energía alimentan el 80% de la demanda total debilitando a la matriz energética frente a la alta volatilidad de los precios de los combustibles fósiles.



Fuente: Balance Energético Nacional

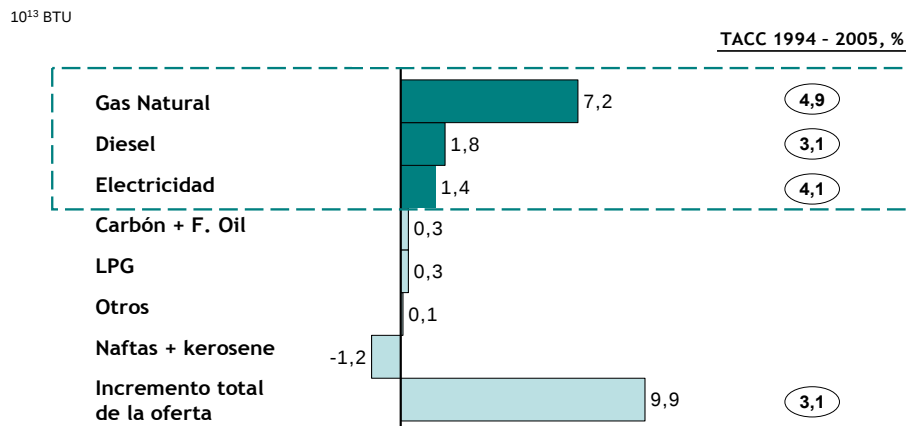
Figura 2.1 – Matriz energética Argentina

Debido a las condiciones naturales Argentina se ha ido convirtiendo en un país “gasífero”. Las costumbres se han inculcado de generación en generación aumentando así la demanda de gas, sustituyendo el consumo de naftas, fuel oil y carbón.

En cuanto al gasoil, este se ha mantenido estable a través del tiempo (las actividades agrícolas utilizan en su mayoría maquinarias alimentadas a gasoil por sus características de combustión y adicionalmente cuenta con un subsidio nacional, convirtiéndolo en la alternativa más rentable para el transporte especialmente el de cargas y largas distancias).

La electricidad también tiene un papel importante dentro de la matriz energética argentina, debido a la evolución tecnológica de las últimas décadas más allá de los esfuerzos hacia la eficiencia energética de los equipos.

Como se puede observar en la Figura 2.2, el aumento de la demanda fue abastecido principalmente por el gas natural, el gasoil y la electricidad, ya que tuvieron crecimientos anuales de 4,9%, 3,1% y 4,1% respectivamente durante el período 1994-2005.



Fuente: Balance Energético Nacional

Figura 2.2 – Aumento en la demanda según fuente

La alta dependencia que tiene la matriz energética argentina en los hidrocarburos compromete al sistema energético del país de manera contundente. Argentina tiene efectivamente un presente debilitado en materia energética y un futuro incierto con altas probabilidades de agudizar la crisis de abastecimiento si no se toman acciones para revertirlo.

La producción de crudo del país presenta una tendencia en baja desde el año 1998 como se puede ver en la Figura 2.3. Habiendo experimentado una fuerte caída del 25% en los últimos 10 años, el petróleo enfrenta serias dificultades para satisfacer las necesidades internas del país avicinándose a un inminente flujo de importaciones.

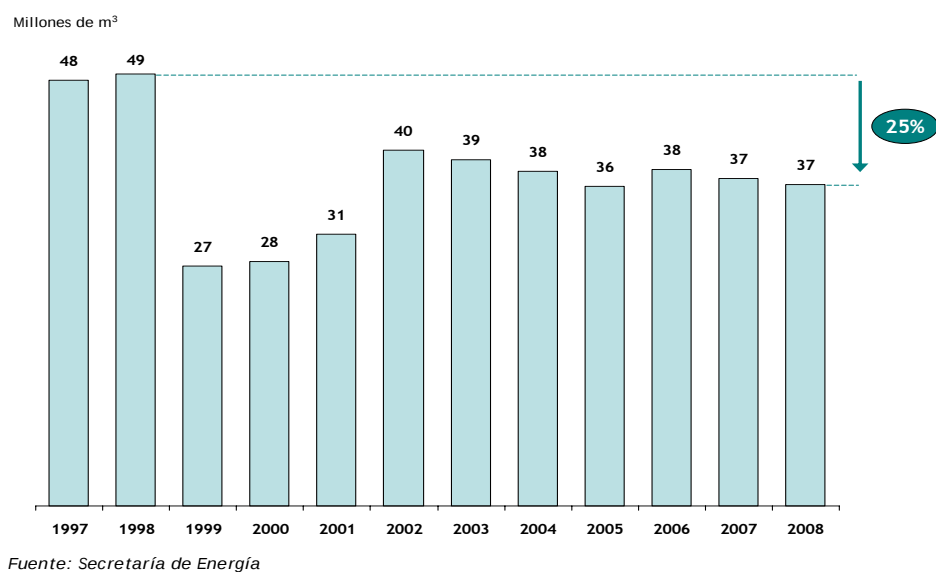


Figura 2.3 – Producción de crudo

No sólo la producción de hidrocarburos ha disminuido, sino que debido a la falta de inversiones no se han descubierto nuevos yacimientos en los últimos 15 años. Las reservas comprobadas, tanto de gas como de petróleo se encuentran en una situación de riesgo como se ve en la Figura 2.4.

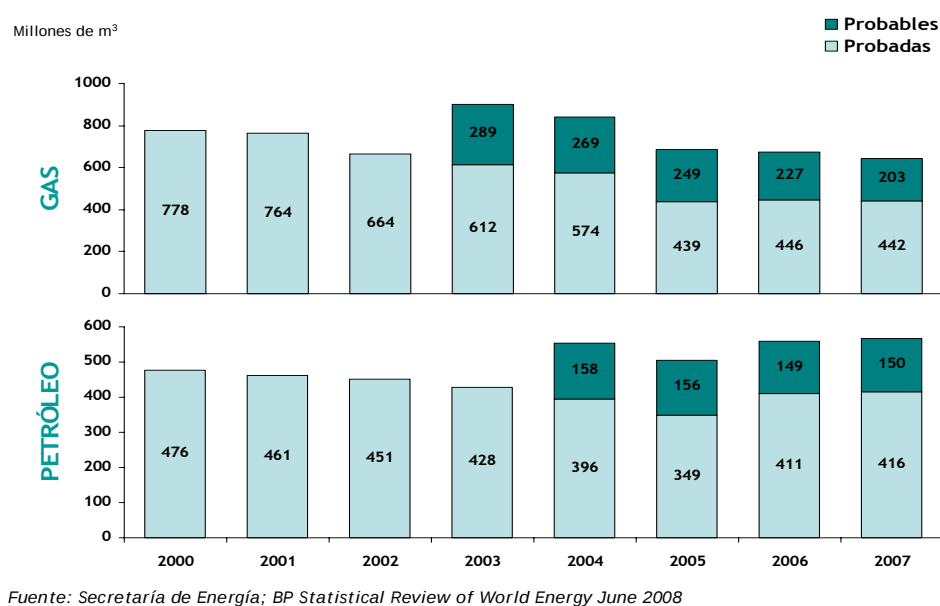


Figura 2.4 – Reservas de Gas y Petróleo

Con el paso de los años exploración de riesgo de hidrocarburos se vio notablemente reducida. Hace 20 años, el país presentaba una actividad exploratoria en 103 pozos, mientras que para el año 1998 este nivel de actividad fue sustancialmente disminuido realizando un 27% menos de pozos (75 pozos). Durante el 2008, se hicieron tan sólo 54 pozos.

No existen motivos para creer que esta tendencia se revertirá en un corto-mediano plazo por lo que es esperable que Argentina se convierta de un país exportador a un país importador de hidrocarburos, lo que genera aumento de costos que el gobierno no está preparado para afrontar.

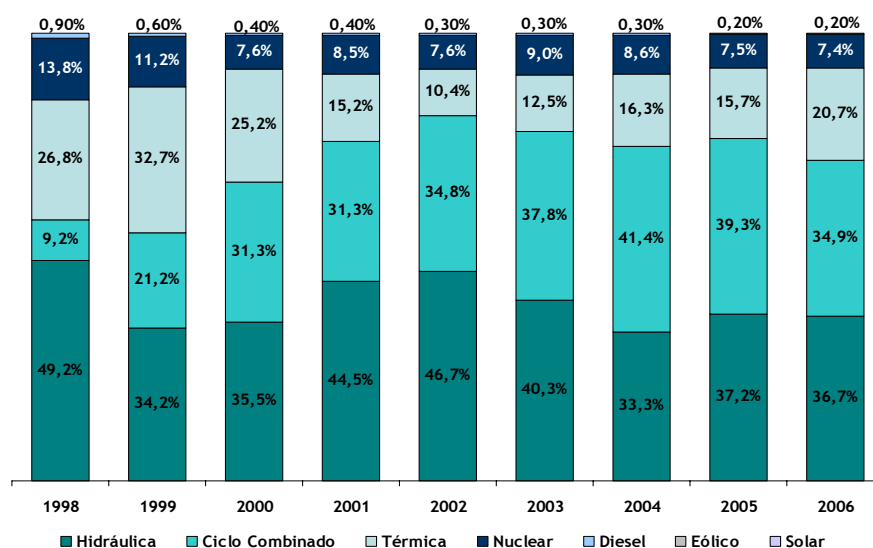
La falta de inversiones y exploración representa una gran amenaza para todo el sistema energético nacional. Un país abastecido en su mayor por combustibles fósiles se ve totalmente debilitado frente a una situación de falta de recursos, perjudicando la competitividad de las industrias y debilitando la posición del país en el exterior.

En un escenario de importaciones de hidrocarburos es necesario que Argentina diversifique su matriz energética migrando hacia nuevas alternativas que disminuyan el riesgo de desabastecimiento. Así, la energía eólica cobra un papel fundamental en el desarrollo del país.

Situación eléctrica interna

Como se mencionó anteriormente, el sector eléctrico fue uno de los sectores que mayores tasas de crecimiento experimentó en el último tiempo alcanzando una tasa promedio de 4,1% anual. Impulsado por la tecnología y de la mano de las nuevas costumbres, formas de vida y necesidades de la sociedad, se espera que la demanda de electricidad continúe con su constante crecimiento.

Siguiendo con la lógica del balance de energía primaria, la electricidad tiene una alta dependencia de los hidrocarburos, el 56% de la electricidad generada durante el 2006 fue a través de ciclos combinados y centrales térmicas de gas natural y diesel. Afortunadamente la proporción de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica es menor a la presentada en la matriz de energía primaria, no obstante sigue teniendo un alto porcentaje del total que sería conveniente diversificar. La energía hidroeléctrica también toma un rol importante en la generación de electricidad, ya que es la responsable de aproximadamente el 37% del total. La energía nuclear se encuentra en tercer lugar aportando el 7,5%. Como se puede ver en la Figura 2.5, la generación eléctrica se encuentra totalmente dominada por estas tres tecnologías, dejando muy poco lugar para las energías alternativas como la eólica.

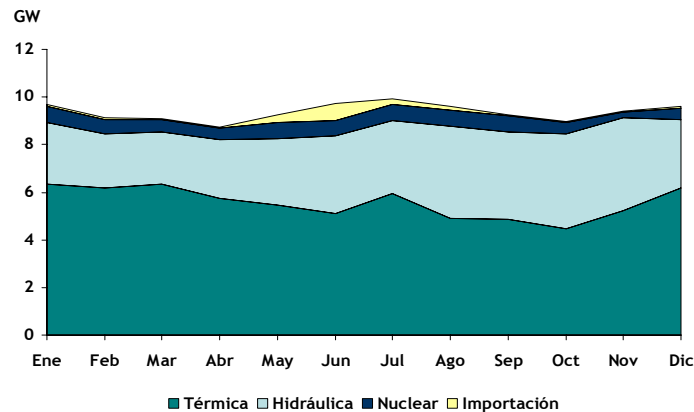


Fuente: Secretaría de Energía

Figura 2.5 – Matriz de generación eléctrica

Debido a la concentración de la generación eléctrica en el gas natural se experimentaron últimamente en el suministro de energía eléctrica ciertas dificultades para abastecer la demanda interna, teniendo que recurrir a cortes inesperados, generalmente durante los meses de temperaturas extremas.

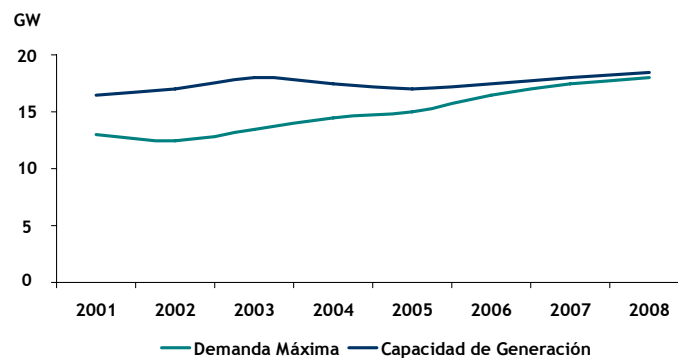
Desafortunadamente Argentina enfrenta hoy uno de sus mayores desafíos energéticos. Se encuentra en una situación donde sus principales recursos, sobre los que se apalancó durante mucho tiempo escasean, teniendo que recurrir a importaciones de combustibles líquidos a precios realmente altos. Argentina ha gastado durante el 2008 aproximadamente US\$ 1.800 millones en combustibles líquidos importados y energía eléctrica de países vecinos (mayormente Venezuela) a un precio promedio de US\$ 230 el MWh. En la Figura 2.6 se puede ver cómo durante los meses invernales las importaciones aumentan considerablemente para suplir las deficiencias propias del sistema nacional de generación, lo que se traduce en importantes gastos que se podrían destinar eficientemente a las inversiones en el país.



Fuente: CAMMESA

Figura 2.6 – Fuentes de generación eléctrica a lo largo del año

El funcionamiento del sector eléctrico se encuentra en una situación crítica de saturación. El escenario a futuro es realmente poco alentador. Una demanda interna creciente y una capacidad instalada sin nuevas inversiones, sin duda, llevarán a una falta de oferta inminente. En la Figura 2.7 se puede ver la evolución de la capacidad instalada y la demanda máxima del sistema. Se puede observar cómo ambas curvas se acercan entre ellas reduciendo el margen entre las mismas poniendo en peligro el autoabastecimiento eléctrico en el país.



Fuente: CAMMESA

Figura 2.7 – Capacidad instalada y demanda máxima

El problema actual se agrava al mirar hacia el futuro ya que se estima que el consumo eléctrico continuará en alza por los próximos años como se puede observar en la Figura 2.8, donde las distintas organizaciones avocadas al estudio energético proyectan diferentes escenarios de crecimiento.

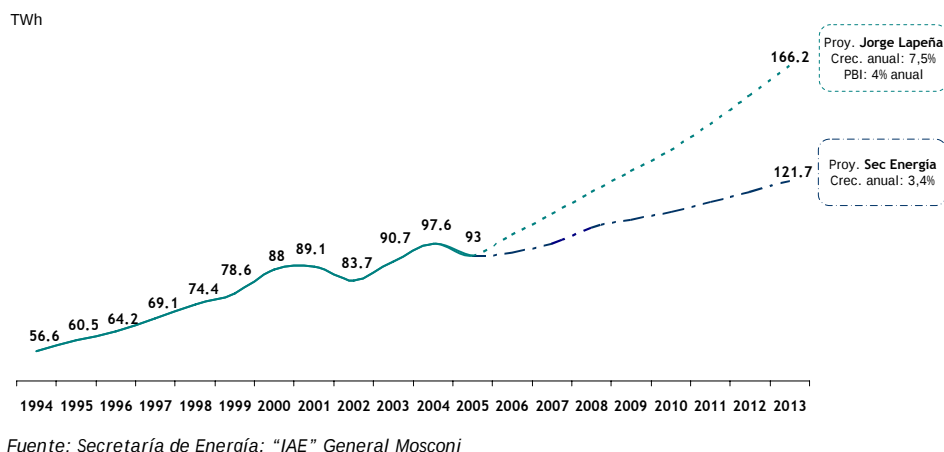


Figura 2.8 – Proyección de consumo eléctrico

La declinación del sistema energético nacional no es casual. La falta de inversión, el debilitamiento político, la escasez de un plan estratégico nacional a largo plazo, las regulaciones tarifarias, la pérdida de institucionalidad, el desinterés general y la discontinuidad de las administraciones resultaron en una grave crisis productiva con perspectivas a agravarse.

Es necesario revertir esta situación abordando todos los problemas a través de un marco regulatorio eficiente y la definición de una estrategia a largo plazo sustentable y confiable que permita y fomente el desarrollo del sector hacia una diversificación de fuentes.

Como se ha demostrado previamente, la dependencia de los hidrocarburos debilitan extraordinariamente nuestra posición energética. Es inminente la necesidad de un cambio en los paradigmas del sector y orientar las inversiones hacia la sustentabilidad del sistema.

Sin duda, las energías alternativas se presentan como la mejor herramienta para enfrentar un arduo futuro. En particular, la energía eólica presenta varias ventajas que cumplen con los requisitos actuales del país.

Energía eólica en el País

Argentina tiene una larga tradición en la implementación de la energía eólica en su territorio. Desde mediados del siglo pasado se destacó la utilización de molinos para el bombeo de agua en zonas rurales adaptándose a las más diversas condiciones y climas. Hoy, sigue siendo una aplicación muy empleada por el sector agrícola ya que es una excelente y económica opción para el aprovisionamiento de agua destinada a los animales y actividades cotidianas del campo.

Luego, en la década del '30 se popularizaron los aerocargadores de pequeña potencia destinados a cargar baterías en zonas aisladas. A partir de la electrificación rural y la extensión de la red eléctrica, la cantidad de aerocargadores disminuyó sustancialmente. No obstante, siguen siendo una excelente opción para zonas inaccesibles.

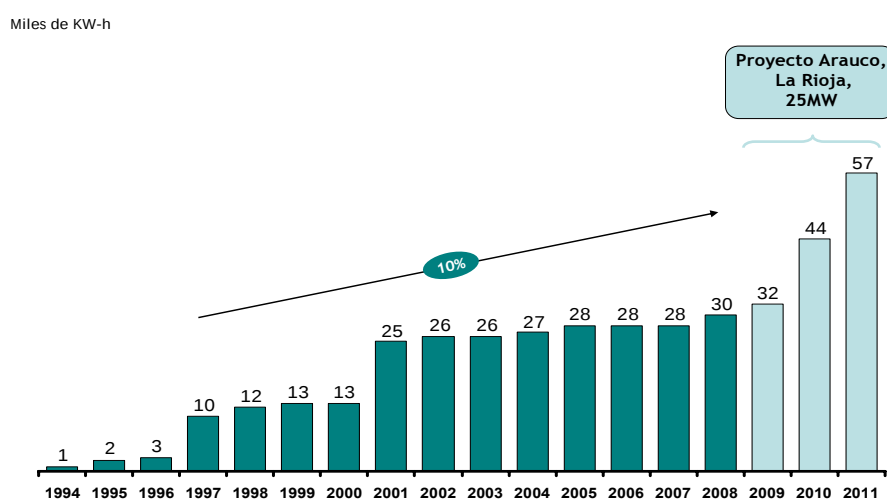
La crisis petrolera de los '70 fue la primera advertencia que tuvo el sector energético sobre la extrema dependencia de recursos fósiles del balance nacional. Se comenzó a trabajar activamente en investigación sobre las nuevas tecnologías de generación. Adicionalmente, una tendencia mundial hacia la concientización de la escasez de los recursos y el cambio incentivó los estudios de energías renovables.

Posteriormente, a fines de los '80 se llevaron a cabo en el país algunos proyectos “demostrativos” con el fin de adquirir experiencia en las nuevas tecnologías y en 1989 se instaló, con la ayuda de Alemania, el primer parque eólico (120 kW).

A partir de la reforma de la política energética en 1994, que impulsó y fomentó la participación de capital privado en el sistema energético, varias cooperativas se mostraron interesadas en las nuevas fuentes de generación. Tal fue el caso de la cooperativa de Comodoro Rivadavia que instaló exitosamente en 1994 500 kW a modo de prueba y tres años más tarde incrementaron la potencia en 6 MW.

A partir de la promulgación del Protocolo de Kyoto en 1997 (entró en vigencia a partir del 2005) la concientización sobre la importancia de las energías renovables en el mundo se acentuó significativamente. Los objetivos, tácitos hasta ese momento, se materializaron en un acuerdo donde se estipularon las metas a alcanzar a mediano plazo, comprometiendo a aquellos países más capacitados a fomentar, estimular y apoyar a los proyectos relacionados a la diversificación de la matriz energética mundial, y especialmente a la reducción de gases contaminantes.

Este acuerdo funcionó como el detonante de una explosión de inversiones mundiales en energías renovables. Mientras que la capacidad instalada en el mundo experimentó tasas de crecimiento anuales de aproximadamente 28,8% en el período 1997-2008, en Argentina, para el mismo período se registró un incremento del 10% anual. A pesar de ser la fuente de generación que más creció en los últimos años en Argentina, sigue muy atrasada con respecto al mundo.



Fuente: Camara Argentina de Generadores Eólicos, Asociación Argentina de Energía Eólica

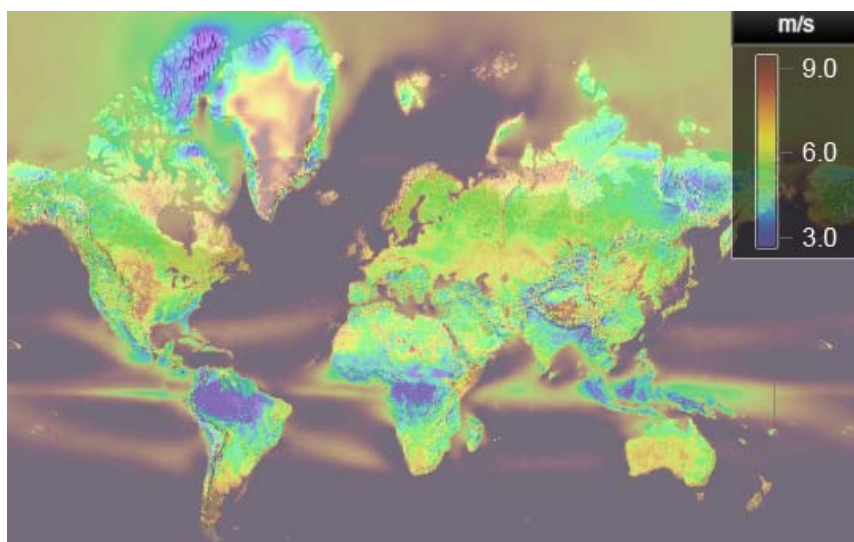
Figura 2.9 – Evolución y proyección de la capacidad eólica instalada en Argentina

Sin embargo, existen proyectos vigentes para los próximos años que incrementarán significativamente la capacidad instalada en el país como se puede ver en la Figura 2.9. La firma IMPSA, ubicada en Mendoza, firmó con el Gobierno de La Rioja un contrato para el desarrollo de un parque eólico en la región de Arauco, en dos etapas. La primera de 2,1 MW y la segunda de 23 MW totalizando 25 MW.

El recurso eólico en Argentina

Debido a la gran diversidad y extensión del suelo argentino, el país posee un alto potencial para la explotación de los recursos renovables y las energías “limpias”. Las condiciones naturales del territorio argentino se destacan en el mundo convirtiéndolo en un gran reservorio de oportunidades energéticas.

Como se puede ver en la Figura 2.10, Argentina presenta un potencial eólico único en el mundo. La velocidad media de sus vientos supera ampliamente a la mayoría de los países alcanzando valores óptimos para su aprovechamiento y el emplazamiento de parques eólicos de gran escala.



Fuente: First Look Wind

Figura 2.10 – Recursos eólicos mundiales

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 de la superficie, supera los 6 m/s. Particularmente zonas en la Patagonia media y sur cuentan con velocidades promedio que superan los 9 m/s y hasta 12 m/s, como se puede ver en la Figura 2.11.

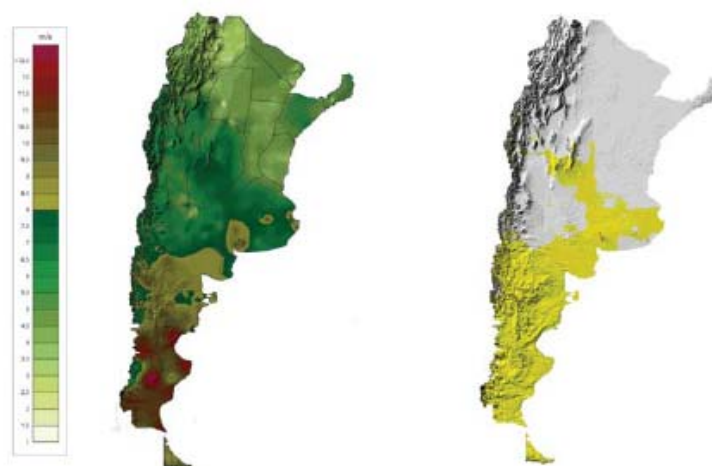


Figura 2.11 – Velocidad media del viento en Argentina

Si bien las velocidades medias son un buen indicio de la existencia de potencial en el país, el verdadero indicador que debe observarse es el factor de potencia o de capacidad (“FP” o “FC”). Este concepto tiene en cuenta la distribución de probabilidades de los vientos y la curva de potencia otorgada por el fabricante del aerogenerador. Esto representa un porcentaje de la energía que entregará un aerogenerador en un año en relación a la cantidad de energía que podría entregar una turbina trabajando el 100% del tiempo en condición de potencia nominal.

Los primeros modelos utilizando curvas de potencia de tecnología comercial actual, arrojan resultados sorprendentes, zonas patagónicas muestran FP mayores a 45%, pero no sólo ahí los vientos son aprovechables; zonas de sierras en distintas provincias así como también a lo largo de la costa de la provincia de Buenos Aires, arrojan resultados del orden del 35%.

Cabe mencionar, a modo de comparación que el FP promedio de Europa, en donde la industria está ampliamente desarrollada, ronda el 25%.

Entonces, 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. Algunos estudios llegan a indicar que podrían instalarse más de 2.000 GW, valor equivalente a dos veces la capacidad de generación total actualmente existente en Estados Unidos.

Análisis del marco regulatorio argentino

Últimamente las causas del desarrollo “moderado” de las energías renovables se asocian principalmente a la falta de políticas energéticas adecuadas y a la falta de una estrategia articulada de nivel nacional en el campo de las energías “limpias”. Dentro de este contexto, tanto el éxito como el fracaso de las actividades aisladas dependen de muchos aspectos difíciles de enfrentar por cada inversor privado por su cuenta, sin el marco de una estrategia y políticas nacionales que ayuden a mitigar los riesgos.

Esta falta de régimen deriva, en parte, de una fuerte inercia y condicionamiento producido por más de una década de reestructuraciones en los procesos energéticos y la ideología que prioriza el crecimiento económico en el corto plazo por sobre el saneamiento de la industria energética.

El marco regulatorio eléctrico ha sufrido varios cambios desde su concepción, aún así, necesita tomar un fuerte compromiso y un alto nivel de esfuerzo para consolidar un sólido futuro energético nacional.

Energía eólica

El primer indicio de promoción de la energía eólica en la Argentina se obtuvo en el año 1985, al promulgarse el decreto (2247) que impulsó una política de desarrollo de las energías no convencionales a través de la cuál fue creado el Centro Regional de Energía Eólica (CREE).

Años más tarde, en 1998, el congreso sancionó la Ley 25.019, llamada “Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar”, en la cual se declara de interés nacional la generación de energía eólica y solar en todo el territorio nacional. Su principal mecanismo de promoción fue el pago de una tarifa fija adicional por kWh generado, que en su momento incrementaba la remuneración de los generadores eólicos en 10 centavos por kWh, casi un 40% del precio de mercado por ese entonces (24,38 \$/MWh). No obstante, esta Ley nunca pudo ser una herramienta efectiva ya fue reglamentada con enorme atraso y recién comenzó a tener vigencia a mediados de 2001. Esta demora en la puesta en marcha de la Ley ha denotado falta de compromiso del sector público con el desarrollo eólico, provocando incertidumbre en los inversores respecto de la estabilidad de la Ley.

A partir de la crisis económica del 2001 y la salida de la “convertibilidad” los precios del MEM, devaluados y congelados, han quedado desfasados de los costos reales de generación eléctrica, lo que se traduce en pésimos retornos a los inversores.

Más adelante, hacia fines del 2006 el congreso sancionó la Ley 26.190, llamada “Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica”. Se establece como objetivo lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el 8% del consumo de energía eléctrica nacional para fines del 2016. Por primera vez, Argentina contó con un firme objetivo en materia de energías “limpias”. Simultáneamente, también instrumentó políticas públicas destinadas a activar la industria de energías renovables. Estas medidas denotaron un cambio radical en el enfoque del gobierno hacia las energías alternativas, ya que nunca se habían establecido estrategias de esta índole en el país. Sin embargo, estas políticas no fueron lo suficientemente fuertes como para impulsar el desarrollo de la industria debido a que no implicaron acciones contundentes, ni se instrumentaron mecanismos a través de los cuales se llevarían a la práctica los lineamientos establecidos.

Desafortunadamente, la nueva Ley no alcanzó a modificar los incentivos económicos ya que los montos se mantuvieron inalterados, conservando los valores determinados en el

año 1998 en pesos. Dificilmente, esta prima fija pueda tomarse como un incentivo a la inversión (ya sea de corto o largo plazo) debido a que no reducen la brecha entre el precio del mercado spot y el costo medio de la generación eólica, ni cubre los riesgos cambiarios ante posibles devaluaciones de la moneda. En síntesis, las primas adicionales han quedado desactualizadas y fuera de contexto.

La misma también cuenta con varios incentivos fiscales. Según la Ley, un proyecto eólico podría optar entre una amortización acelerada de las inversiones (en 5 años) o la posibilidad de acreditar el pago del Impuesto al Valor Agregado (IVA) de las inversiones iniciales a partir del tercer ejercicio para aplicar contra otros impuestos, por ejemplo el impuesto a las ganancias. En la práctica generalmente se utiliza la amortización acelerada, ya que los primeros años del proyecto suele tener utilidades negativas y el crédito fiscal se utilizaría muy adelante en el proyecto impactando los flujos muy lejanos en el tiempo.

Sin embargo, la Ley 26.190 también ha mostrado grandes retrasos en su reglamentación ya que ha entrado en vigencia en el mes de mayo del 2009, dos años más tarde de su ordenanza. De todas formas, si bien esta Ley definió el marco regulatorio que marcó el puntapié inicial para el desarrollo de la industria en el país, es necesario reforzarlo para darle un carácter actual que realmente fomente el flujo de inversiones. De todas formas, la efectividad de esta Ley es limitada ya que no sólo no se establecen mecanismos que nivelen las distintas tecnologías de generación considerando el impacto medioambiental, sino que contrariamente existen subsidios destinados a los hidrocarburos facilitando la utilización de energías convencionales, lo que entorpece aún más el sistema de fomentación de energías renovables.

Adicionalmente existen otros instrumentos legales que si bien no fueron en un principio diseñados exclusivamente para favorecer y/o enmarcar la energía eólica, podrían implementarse e incentivar las inversiones en este campo. Tal es el caso de las resoluciones 1281/06 (Energía Plus), 220/07 y 269/08 (Autogeneración distribuida).

El programa “Energía Plus” obliga a las grandes industrias (más de 300 kW) a obtener por su cuenta la cobertura de las mayores demandas eléctricas reales que consuman respecto del 2005. Es decir, la energía que consuman los grandes usuarios, hasta los valores de la Demanda Base (2005) podrá ser provista mediante contratos con los generadores existentes antes de septiembre del 2006 o contratada en el mercado spot. La demanda que estos usuarios consuman por encima de la Demanda Base, deberá ser contratada con generadores nuevos (que se hayan incorporado al sistema a partir de septiembre del 2006) o autogenerada. Si los grandes usuarios consumieran energía adicional y no fuera previamente contratada (tomándola del mercado spot), se aplicarían importantes penalidades (en algunos casos se aplicaría hasta un coeficiente del 100% al precio de la energía adicional). Bajo este escenario, las grandes industrias cuentan con tres opciones: limitar la demanda máxima, Autoabastecimiento o contratos a largo plazo con nuevos generadores. Esta última opción es incentiva a los grandes usuarios a

realizar contratos a largo plazo con nuevas fuentes de generación. Esto es un buen indicio para todos los nuevos generadores, donde podrían entrar los generadores eólicos. La Resolución 220 habilita la realización de contratos de abastecimiento de energía eléctrica a 10 años entre CAMMESA y empresas que aporten una nueva oferta de generación al sistema. Fue en un principio diseñada para fomentar nuevas inversiones energéticas de cualquier tipo de fuente. Deben ser proyectos adicionales y deben contar con alguna participación del gobierno. Esta resolución aplicaría perfectamente para la energía eólica, sin embargo los inversores pueden mostrarse reacios a la participación de un organismo gubernamental en el proyecto y existe cierto escepticismo en la transparencia de la metodología de determinación del precio.

La Resolución 269 establece la figura de Autogenerador Distribuido que consiste en un consumidor de electricidad que además genera energía eléctrica, con la particularidad de que los puntos de consumo y generación se vinculan al sistema nacional en diferentes nodos. De esta manera las empresas se garantizan un determinado nivel de energía, pudiendo comprar (o vender) la diferencia entre su producción y su propio consumo. Esto permitiría a una empresa invertir en parques eólicos y usar la red nacional para llegar hasta su punto de consumo. Sin embargo, la resolución indica que debe ser la misma persona jurídica que consume la energía la que debería invertir en el proyecto energético lo cual dificulta el financiamiento y la estructuración de los proyectos.

El progreso de la energía eólica en Argentina necesita indudablemente de la existencia de un sólido y adecuado marco regulatorio y de garantías favorables que aporten previsibilidad y estabilidad a largo plazo. Es fundamental que las políticas estratégicas permitan crear el entorno y las condiciones necesarias para que los inversores puedan evaluar razonablemente los riesgos del negocio y acceder a líneas de financiamiento convenientes. El marco legal actualmente vigente lamentablemente no es capaz de generar dichas condiciones por si mismo, siendo necesario crear el ámbito de discusión y cooperación entre todas las partes interesadas (gobierno, inversores, entidades públicas y privadas de financiamiento, consumidores) para crear mecanismos e instrumentos, diseñar y desarrollar propuestas de optimización y esquemas de garantías que conduzcan hacia el desarrollo sustentable de la industria.

Barreras y obstáculos para el desarrollo de la industria eólica en el país

Las energías renovables suponen un cambio en los paradigmas de nuestra sociedad, acostumbrada a obtener energía eléctrica a través de los tradicionales combustibles fósiles. Como todo cambio, genera incertidumbres que deben ser vencidas para quebrar esa barrera de desconfianza inicial. La evolución de este tipo de generación eléctrica requiere un arduo trabajo de concientización, información y educación de los consumidores.

Desafortunadamente, el escepticismo de la sociedad no es la única barrera que enfrenta la energía eólica. Esta industria sufre limitaciones en aspectos tarifarios, técnicos, políticos e institucionales que condicionan el desarrollo del negocio.

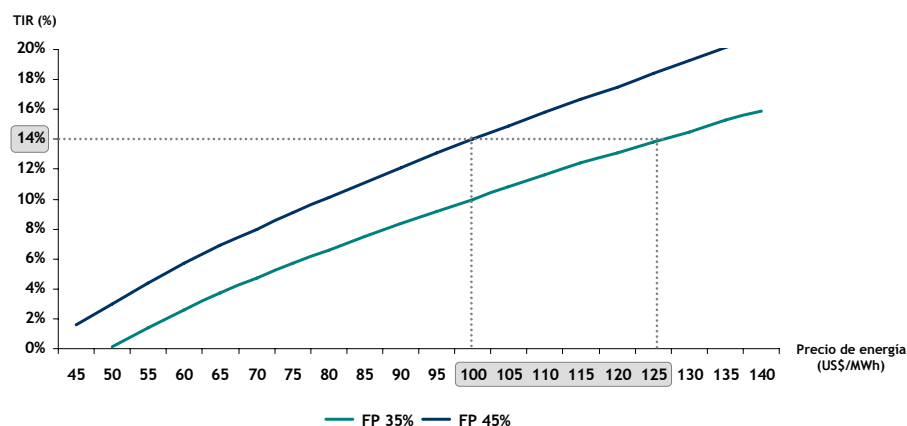
La energía eólica debe sortear dificultades en los siguientes aspectos:

Tarifarios:

- **Congelamiento de tarifas:** Junto con la Ley de emergencia económica, Argentina declaró, en el 2002, el congelamiento tarifario de todos los servicios públicos. En cuanto al servicio eléctrico, esto significó la suspensión de los ajustes estacionales (dos al año) y de las revisiones tarifarias cada cinco años. En el 2008, sin embargo, fue permitido un aumento de tarifa para las distribuidoras y se volvió a implementar el ajuste estacional. Así, desde enero del 2002 hasta julio del 2008, no hubo ningún tipo de incremento en el precio de las distribuidoras. Los precios extremadamente bajos que se percibieron durante los últimos años perjudicaron al sector alejando las nuevas inversiones, ahuyentando a potenciales jugadores de la industria e instaurando hábitos dañinos de derroche en la población. Aún con los últimos aumentos, el mercado argentino se encuentra muy por debajo de los valores recomendados para sanear la industria energética.

Si bien existen actualmente incentivos nacionales y provinciales por cada MW generado por energía eólica, estos han sido “congelados” desde el 2001 y no son significativos en los ingresos recibidos por los operadores de los parques eólicos. La competitividad económica de la energía eólica en Argentina se ve altamente afectada por las bajas tarifas que se manejan en el mercado. Los subsidios a los hidrocarburos, convierten a las energías convencionales en la opción más rentable para el consumidor final, una rentabilidad artificial soportada por altos gastos del gobierno nacional.

A través del análisis de un proyecto teórico se puede observar que los precios actuales, que alcanzan aproximadamente los 40 US\$/MWh, no son suficientes para garantizar el retorno mínimo esperado por los inversores. Para alcanzar una tasa interna de retorno de 14%, asumiendo factores de potencia entre un 35% y un 45%, las tarifas deben encontrarse entre 100 y 125 US\$/MWh como se puede observar en la Figura 2.12.



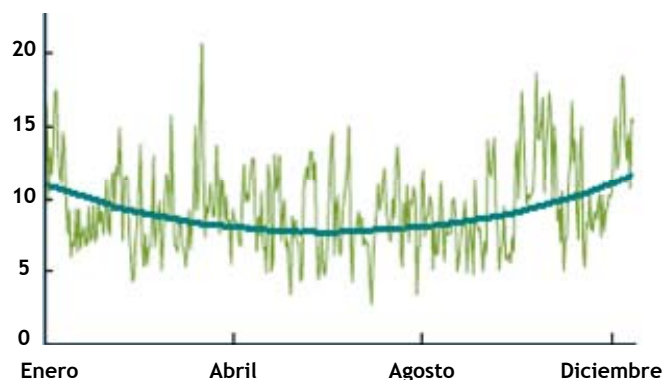
Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.12 – TIR en función del precio de la energía y el factor de potencia del parque eólico

Por lo tanto, es necesario crear políticas y estrategias a largo plazo para fomentar y alcanzar tarifas que permitan la sustentación del sistema y las reinversiones en materia energética dentro del país.

- **Subsidios a la energía convencional:** Como se ha mencionado previamente, Argentina hace un uso intensivo e indiscriminado de los subsidios al consumo de energía y al transporte. Los subsidios han sido crecientes y existen dudas sobre la sustentabilidad del sistema. Los mismos, tienen como principal causa que las tarifas actuales no retribuyen los costos de capital de los equipamientos ni, en varios casos, los de operación y mantenimiento. Esto dificulta disponer de un fluido sistema de inversión para ampliar la capacidad instalada como lo requiere un sistema de demanda creciente como la que se presenta actualmente.
- **Variabilidad en el suministro:** Una de las mayores críticas que se le hacen a las energías renovables es su variabilidad en el suministro. Al depender de factores que no pueden ser controlados por el hombre, no se puede asegurar una oferta determinada con 100% probabilidad de cumplir. Esta característica natural de la generación eólica dificulta la posibilidad de firmar un contrato a largo plazo. De esta forma no se puede independizar el flujo de ingresos de la volatilidad propia del mercado spot que introduce variabilidad y dispersión del retorno al no tener garantizada una tarifa estable en el tiempo.

En la Figura 2.13 se puede observar cómo las velocidades promedio del viento cambian notablemente a lo largo del año. Generalmente se observa un mayor recurso en época estival, mientras que en los períodos invernales disminuyen aproximadamente un 20%



Fuente: Cámara Argentina de Energías Renovables

Figura 2.13 – Variabilidad del viento a lo largo del año

A lo largo de un día, la variación entre mañana y noche también es muy considerable, predominando las máximas velocidades en torno a las 18 hs, para todos los días del año, como se puede observar en la Figura 2.14.

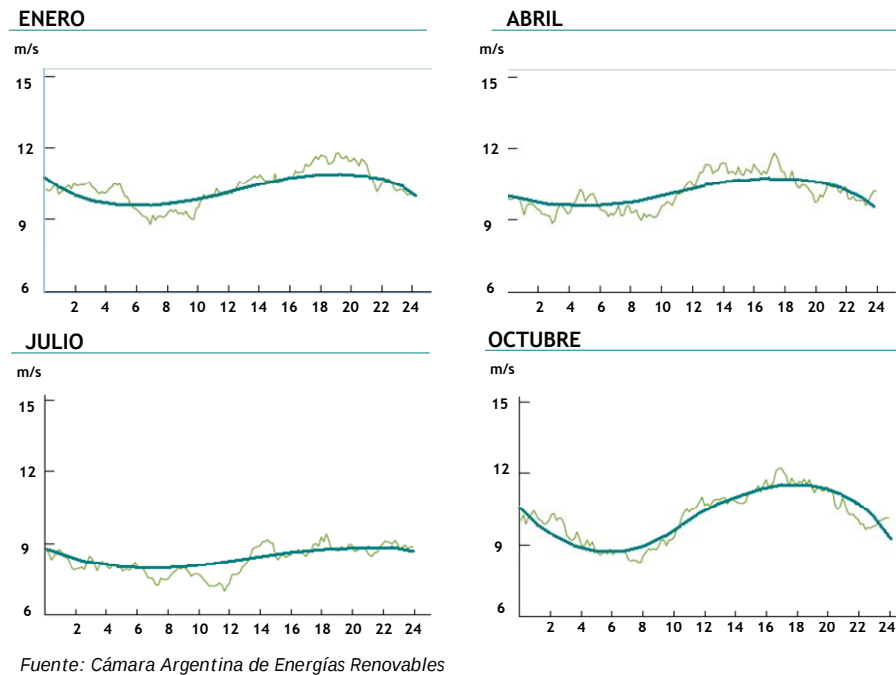


Figura 2.14 – Variabilidad horaria del viento

- **Alta volatilidad en el precio spot:** El mercado spot argentino presenta una alta volatilidad. Generalmente sigue un patrón donde el precio de la electricidad es más caro hacia la noche siendo el período entre las 22 y las 23 horas los momentos pico del día como muestra la Figura 2.15, donde se grafico un día promedio.

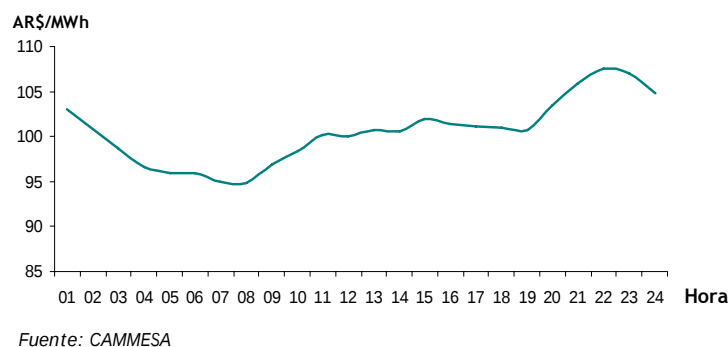


Figura 2.15 – Precio horario de la energía eléctrica

- **Costos de balance de red:** Esta variabilidad produce también mayores costos al sistema ya que el balance de red se torna más complicado al tener que equilibrar la tensión transmitida.
- **Remuneración por potencia:** Otro problema, causado por la variabilidad de la producción, se refiere a la imposibilidad de cobrar un ingreso por potencia, como sí lo hacen las energías convencionales. Al no poder asegurar el

suministro, el gobierno decide no pagar a los generadores eólicos (potencia no firme) la prima por potencia.

Técnicos:

- **Importación de equipos:** No existe la producción de aerogeneradores en Argentina. Las principales empresas involucradas en la producción y ensamblaje de equipos eólicos se encuentran concentradas en mercados más maduros como Europa, Norteamérica y Asia (China). Esta situación resulta en un aumento significativo de los costos, al tener que incurrir en transporte de larga distancia de voluminosa maquinaria. Adicionalmente, el tipo de cambio, perjudica al mercado argentino frente a importaciones de semejante magnitud. En caso de existir la producción local de, al menos, ciertos componentes de los aerogeneradores, los costos podrían reducirse considerablemente.
- **Falta de economías de escala:** Asociado a la falta de equipamiento local, existe un problema de “economías de escala” en el abastecimiento de aerogeneradores. Generalmente las empresas productoras de aerogeneradores venden sus productos en cantidad. Trabajan bajo esquemas de escala mínima y con planeamientos a futuro de escenarios de crecimiento en capacidad. Argentina no cuenta con un plan estratégico integrado, por lo que cada inversor debe negociar por su cuenta y probablemente no llegue a cumplir con los requisitos mínimos impuestos, lo que dificulta significativamente el suministro de equipos.
- **Red de transporte:** A pesar de que la red de transporte de alta tensión no es hoy un limitante en el sistema general eléctrico, se encontrará en condiciones límite en cuanto a su capacidad máxima a medida que la demanda se incremente en los próximos años. Es necesaria una ampliación del sistema de transmisión actual y es indispensable no demorar estas obras para conservar la seguridad e integridad en el transporte eléctrico. El mayor problema radica en el segmento de la distribución ya que no hubo inversiones en el sistema en el último tiempo, más allá del propio mantenimiento, reparaciones de urgencia y mínimas ampliaciones.
- **Falta de información:** Hasta el momento los proyectistas e inversores de parques eólicos basaban sus decisiones en información poco precisa sobre las características geográficas de los lugares de emplazamiento. Sus análisis se basaban en las estadísticas de los aeródromos más cercanos, lo que no siempre arrojaban valores certeros. Últimamente se encararon en Argentina algunos proyectos de diseño de mapas eólicos que poseen información más acertada. Sin embargo, deben continuar los esfuerzos por desarrollar herramientas útiles para poder tomar decisiones más informadas y sobre bases reales de conocimiento.

Políticos:

- **Falta de plan energético:** No existe un plan integral energético de largo plazo. La industria eléctrica ha demostrado tener graves dificultades para aumentar la oferta en nueva generación. El sector privado ha sido “golpeado” y no cuenta

actualmente con los recursos disponibles para destinar a este tipo de proyectos, mientras que el Estado, cuando lo hace, actúa en forma desorganizada y desprolija recurriendo a costosas soluciones de urgencia como unidades de pequeño tamaño alimentadas por hidrocarburos líquidos importados de alto costo. El funcionamiento del sistema eléctrico se torna crítico frente a situaciones de temperaturas extremas o bien, cuando la hidráulidad se encuentra comprometida. En conclusión, el sistema está manejado con una visión cortoplacista, sin planificación a largo plazo, con inversiones retrasadas y, como consecuencia, exhibe un funcionamiento técnicamente deficiente con perspectivas a agravarse en un futuro cercano.

- **Falta de transparencia:** La situación de emergencia económica y energética llevó a una falta de transparencia en el sector. Los procedimientos no son rigurosamente respetados, lo que causa disconformidades entre los distintos jugadores del mercado. Los procesos de licitación no son claros y generan incertidumbres entre los postulantes.
- **Falta de diálogo:** La falta de diálogo entre el gobierno y el sector privado dificulta el próspero desarrollo de la industria energética y bloquea las inversiones por parte del sector corporativo.
- **Entorno inestable:** El entorno inestable y la falta de respeto por los compromisos tomados en Argentina han dañado significativamente su imagen en todo el mundo. Los inversores perciben un altísimo riesgo en el país por lo que exigen retornos extraordinarios en sus inversiones en el territorio. La desconfianza en el gobierno no sólo afecta a inversores internacionales, sino que los capitales locales también se sienten amenazados por la incertidumbre inclinándose por otras opciones en el mercado.
- **Negación de problemas:** Durante los últimos años el gobierno parece haberse obstinado en la profunda negación de existencia de problemas estructurales en prácticamente todos los ámbitos, incluido la crisis energética. Las academias, las empresas, las organizaciones independientes y las ONG especializadas que han planteado a lo largo de estos años el problema no son convocadas por el gobierno que ignora estos esfuerzos, desperdiciando gran conocimiento e ideas que podrían contribuir con la solución del problema.
- **Falta de compromiso:** No existe un compromiso firme hacia el apoyo de las energías renovables. Si bien en nuestro país como parte de la Convención sobre Cambio Climático posee el compromiso de “formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático”, no tiene un objetivo cuantificado en cuanto a reducción de emisiones de gases nocivos. Esto da lugar a la flexibilidad, lo que indefectiblemente resulta en el incumplimiento de los objetivos estipulados.

Institucionales

- **Instituciones debilitadas:** Las instituciones, particularmente la Secretaría de Energía y los Entes Reguladores, están debilitados y cuentan con poco poder de decisión. Hoy en día, no existe un organismo que centralice y dirija eficientemente la planificación energética del país. Todas las iniciativas deberían converger en este organismo que planifique, controle, apoye, fomente, asesore y acompañe a todos los proyectos que trabajen hacia la optimización del sector energético.
- **Dificultad para financiar las inversiones:** dado por el entorno inestable y la falta de confianza en el país, acentuadas por la crisis financiera el acceso a capital para este tipo de inversiones se encuentra limitado, dificultando los grandes desembolsos iniciales que hay que afrontar en un proyecto de esta magnitud

El país afronta una situación energética crítica cuya compleja solución radica en abordar todos los frentes en forma integrada. Todo mercado necesita reglas claras para que sus actores puedan operar y desarrollar al máximo su potencial y, a través de sus interacciones, el del mercado en su conjunto. Esas reglas de juego cobran sentido dentro de un marco regulatorio que ofrezca certidumbre jurídica y condiciones que sean confiables y claras para los inversores interesados en tomar una posición dentro de esta industria.

PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN

Análisis de las distintas metodologías utilizadas en países desarrollados

Como se ha mencionado previamente en secciones anteriores, muchos países en el mundo, especialmente aquellos con economías desarrolladas, han utilizado e implementan cotidianamente la energía eólica como un jugador fundamental en su cadena de suministro eléctrico. Sin embargo, las energías renovables no se caracterizan por su desarrollo espontáneo natural, sino que requieren el apoyo del gobierno y políticas destinadas a incentivar las inversiones. Por lo tanto, con los principales objetivos de desarrollar tecnología y conocimiento, mitigar los efectos del cambio climático y diversificar las fuentes de abastecimiento energético, numerosos países han adoptado sistemas de incentivos tanto regulatorios como económicos para favorecer la implementación de energías alternativas y equiparar los costos de las distintas fuentes de generación tomando en cuenta aspectos generalmente considerados como externalidades y no monetizados.

Los regímenes de promoción de energías alternativas en el mundo que mayor impacto y resultado tuvieron en el desarrollo del sector eólico se pueden dividir en las siguientes categorías:

- Feed-in Tariff (FIT)
- Cuotas obligatorias
- Incentivos Directos
- Incentivos Fiscales

A continuación se explica cada uno de estos mecanismos y cómo incentivan as inversiones:

Feed-in Tariff

Este sistema es uno de los más implementados mundialmente por los países desarrollados y, siguiendo sus pasos, últimamente también por algunos países en desarrollo y/o con gran potencial en la industria como Brasil, China y Australia. Este mecanismo asegura una prima por encima del precio del mercado a los generadores de energías alternativas con el objetivo de cubrir los costos de la generación proveyendo una rentabilidad razonable y una estabilidad y previsibilidad de los ingresos del proyecto. Es decir, una tarifa fija, ajustable o no por inflación (dependiendo de cada país y su reglamentación) que el generador recibe por un plazo determinado de tiempo. En general se instrumenta a través de un fondo fiduciario el cual se abastece y financia con aportes de todos los consumidores mediante cargos específicamente diseñados con este fin. Este sistema logra, de alguna manera, compensar la diferencia de costos entre las distintas tecnologías, equilibrar el mercado, viabilizar económicamente los proyectos eólicos y proporcionar seguridad y confianza a los inversores.

El principal problema que se le atribuye a este tipo de mecanismo es la dificultad que se presenta al establecer el precio correcto, lo que conlleva a tomar el riesgo de otorgar un beneficio sobre o subestimado

Cuotas Obligatorias

Este sistema se basa en el concepto de la imposición (obligatoria) de un volumen o porcentaje mínimo de energía renovable en las ventas o producción de un generador. El incumplimiento de las cuotas mínimas implica el pago de una multa. En la realidad usualmente se implementa un certificado o “bono verde” por cada MWh producido por generadoras eléctricas. Los distribuidores y grandes usuarios de energía eléctrica obligados a cumplir con la cuota mínima pueden comprar los bonos verdes a los generadores directamente o a través de un “trader”. El valor natural de los bonos es la diferencia entre el costo medio de generación y el precio de la electricidad en el mercado (con un máximo del precio de la multa por incumplimiento, lo que incentiva a comprar bonos en vez de pagar la multa). Los precios reales de los bonos verdes se determinan en el mercado según la oferta y la demanda.

Incentivos Directos

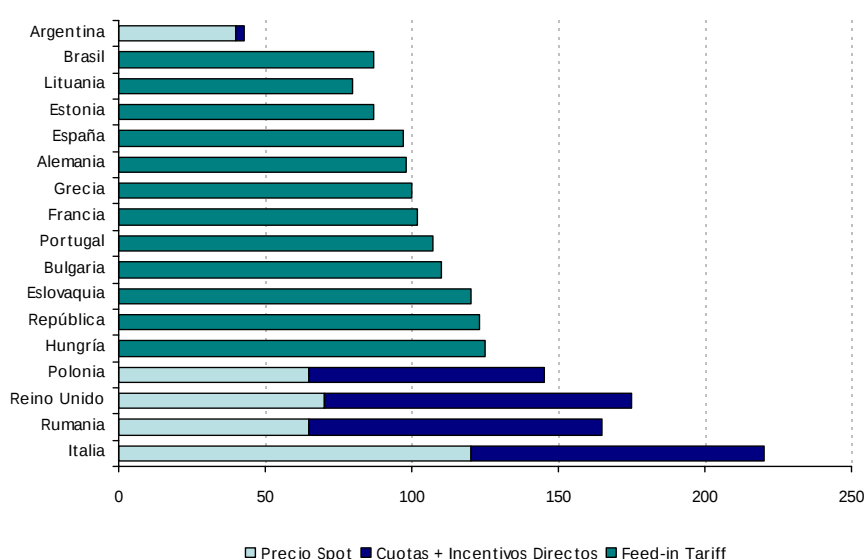
En algunos casos se otorga un cierto incentivo a la producción por cada unidad de energía renovable producida durante un dado periodo de tiempo. Este incentivo no intenta eliminar por completo la brecha entre los precios del mercado y los costos de generación pero contribuye en la mitigación del riesgo de los proyectos. Los incentivos directos son considerados como parte del ingreso bruto, por lo tanto son imputables a impuestos. Obviamente, este tipo de incentivo requiere otras medidas de apoyo para hacer económicamente viable el proyecto

Incentivos Fiscales

Este sistema se basa principalmente en el otorgamiento de incentivos fiscales como puede ser la deducción o incluso exención de impuestos, esquemas flexibles/acelerados de depreciación de los bienes. Generalmente este tipo de incentivos se utilizan como métodos secundarios que apoyan y complementan un instrumento principal de promoción de energías renovables. Su principal punto débil es su inestabilidad: generalmente dependen del presupuesto de los gobiernos y frecuentemente son motivos de discusión y negociaciones cuando el presupuesto se ve ajustado. No obstante, este tipo de incentivos pueden ser determinados y garantizados por un determinado periodo de tiempo por delante.

Debe tenerse en cuenta que cada país presenta condiciones y situaciones distintas que hacen único cada sistema de incentivos. Deben analizarse las características del país y la posibilidad de adaptación ante una eventual modificación. No obstante, los sistemas mencionados previamente hay sido exitosamente implementados en numerosos países en todo el mundo. En la Figura 3.1 se pueden observar los distintos mecanismos utilizados por cada país y se puede ver claramente que el precio promedio pagado en Argentina a los generadores eólicos es sumamente inferior a los precios en el resto del mundo, lo que convierte a la energía eólica en una tecnología poco competitiva actualmente.

Algunos países han adoptado regímenes de incentivos mixtos o parciales, combinando distintas políticas de incentivos.



Nota: No se considera a Estados Unidos dentro del análisis porque cada estado tiene sus propios mecanismos de promoción

Figura 3.1 – Mecanismos de incentivos utilizados por distintos países

Propuestas de optimización al marco regulatorio

Cada país presenta características propias que posibilitan o dificultan la adopción y puesta en marcha de ciertas medidas. En todos los casos, los incentivos y beneficios deben adaptarse a las regulaciones técnicas y operativas de cada país, combinando sus efectos para lograr un sistema energético seguro, rentable y sustentable en el tiempo.

A continuación se presentarán una serie de alternativas que se podrían aplicar en el sistema regulatorio argentino y su potencial impacto. Posteriormente se analizará cuál es la mejor combinación a adoptar por el sistema regulatorio argentino.

A modo de comprender la situación actual de la energía eólica, su competitividad y cómo afectan las distintas medidas propuestas, se realizó un ejercicio de evaluación de un proyecto teórico (mediante la tecnología de flujos descontados) sobre el cual se realizaron las distintas sensibilidades, tomando como escenario base los siguientes supuestos:

- **Tamaño del parque:** Se analizó un parque de 40 MW (20 aerogeneradores de 2 MW cada uno)
- **Duración del proyecto:** El proyecto se analizó a 20 años, considerando una perpetuidad sin crecimiento
- **Producción:** para modelar la generación de energía eléctrica, se utilizó el programa Crystal Ball para simular el viento día a día en el lugar de emplazamiento, utilizando como referencia datos históricos de vientos promedio en la Patagonia Argentina. De acuerdo a los datos analizados, se segmentó el año en 4 estaciones debido a la diferencia de vientos (viento medio y variabilidad) que se presentan a lo largo de un año. Dentro de cada estación, el

viento mantiene una distribución de probabilidad de WEIBULL cuyos parámetros varían según la época del año. Estas distribuciones se programan en Crystal Ball que a través de mas de 20.000 corridas genera los niveles de viento para cada día.

Una vez generado el viento, se aplica la curva de potencia técnica propia de los aerogeneradores (GAMESA 2MW) y se obtiene la producción diaria del parque.

- **Precios de venta en el mercado spot:** A través de la herramienta “FIT” del Crystal Ball se obtuvo la distribución de los precios históricos para cada hora de las distintas estaciones, la cual se utilizó para calcular los parámetros de media y desvío. Luego, esta distribución se utilizó para simular el precio hora a hora, asumiendo un crecimiento muy conservador de los precios medios de un 3%.
- **Incentivos:** Se utilizan los incentivos otorgados actualmente por la Ley 26.190 de 15 AR\$/MW
- **Costo de Inversión (CAPEX):** 2,662 millones US\$/MW (incluye IVA) según el estudio de costos en el Anexo
- **Costo de operación, mantenimiento e integración (OPEX):** De acuerdo a datos operativos del parque eólica de la Cooperativa de Comodoro Rivadavia, se toman 0,007 US\$/KW por operación y mantenimiento, mientras que para la integración a la red se consideran 0,014 US\$/MW. Estos costos representan anualmente aproximadamente un 3% de la inversión inicial.
- **Amortización de activos:** 5 años
- **Impuesto a las ganancias:** 35%
- **Capital:** 100% propio. Se analiza el resultado del proyecto independientemente del apalancamiento que se pueda llegar a obtener
- **Tasa de descuento:** Costo de oportunidad de capital propio (k_e) = 20% calculado según metodología KAPM (β de la industria 0,5)

A continuación se presentan las alternativas que se pueden separar en cuatro categorías según la naturaleza de sus impactos:

Propuestas que afectan los ingresos:

Feed-in Tariff: Esta medida reduciría por completo la volatilidad de los ingresos, ya que se aseguraría una tarifa fija por unidad de energía generada y se evitaría la dependencia del precio de la volatilidad del precio spot asociada al precio de los commodities (hidrocarburos).

Como se ha mencionado previamente muchos países optan por la implementación de esta medida por sí sola. El promedio de los valores en los distintos mercados ronda los 100 US\$/MW, lo que efectivamente haría rentable los proyectos eólicos en Argentina. Si bien esta metodología parece ser la más eficiente debido a que no requiere mayores trámites administrativos e ineficiencias burocráticas que requieren recursos innecesarios (tiempo, personal) tanto para el gobierno como para los propios generadores, su implementación por sí solo no parece ser la herramienta más adecuada para el país hoy

en día. Argentina todavía no está culturalmente preparada para encarar un proceso tan brusco como supondría la implementación de esta única medida.

No obstante, no se descarta la posibilidad de implementar esta herramienta para una porción de los ingresos dentro de una combinación de varias políticas de incentivo.

Sistemas de cuotas – Bonos verdes: bajo el protocolo de Kyoto, los países industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones de gases durante el período 2008-2012. Con el objetivo de ayudarlos a reducir sus costos en la tarea de cumplir con sus objetivos el Protocolo de Kyoto establecieron mecanismos que les permite a estos países tomar reducciones de emisiones alcanzadas en otros países.

Los mecanismos están basados en el principio de que los gases que provocan el efecto invernadero tienen el mismo impacto climático sin importar su lugar de origen.

Uno de estos mecanismos es el “Mecanismo de Desarrollo Limpio” (“MDL”), a través del cual proyectos públicos y privados pueden generar y vender certificados de reducción de emisiones (CERs, por sus siglas en inglés) originados en proyectos en países en vías de desarrollo.

Para calificar para las aprobaciones del CDM y para asegurar la generación de certificados los proyectos deben completar una serie de requerimientos predefinidos. Deben demostrar que sus reducciones son efectivamente reales y cuantificables.

Además de ayudar a los países industrializados a cumplir con sus objetivos, este mecanismo también tiene como meta asistir a los países en desarrollo en alcanzar un desarrollo sustentable.

Para poder formalmente contar con proyectos CDM un país en desarrollo necesita haber ratificado el Protocolo de Kyoto y designar una autoridad nacional que evalúe y apruebe los proyectos y sirva como punto de contacto con el gobierno. Esta autoridad debe ser notificada a las Naciones Unidas.

En 2001 se creó la Oficina Argentina para el Mecanismo de Desarrollo Limpio, que depende de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Bajo este esquema, la Argentina se encuentra preparada para albergar este tipo de proyectos. Sería recomendable fomentar el conocimiento de este organismo y facilitar los procedimientos para que los inversores cuenten con este ingreso extra que beneficia sustancialmente a la industria.

Como se ha mencionado previamente, el precio de los CERs ha ido incrementado constantemente. En los análisis de los nuevos proyectos, los analistas consideran un precio proyectado de 15 US\$/ton CO₂ con un factor de emisión de 0,6 Ton CO₂/Mwh. Se toman estos valores para realizar la sensibilidad en el modelo.

Al ser los precios actuales extremadamente bajos, al incluir los ingresos asociados a los bonos verdes, el VAN del proyecto se ve mejorado en un 22,65%. Al estar la cantidad de bonos emitibles asociados a la variabilidad propia de la generación eólica, aumenta la dispersión en el VAN esperado como se puede observar en la Figura 3.2. Por esta

razón se recomienda implementar el sistema de bonos junto con alguna opción que mitigue el riesgo de la variabilidad que se detallarán más adelante.

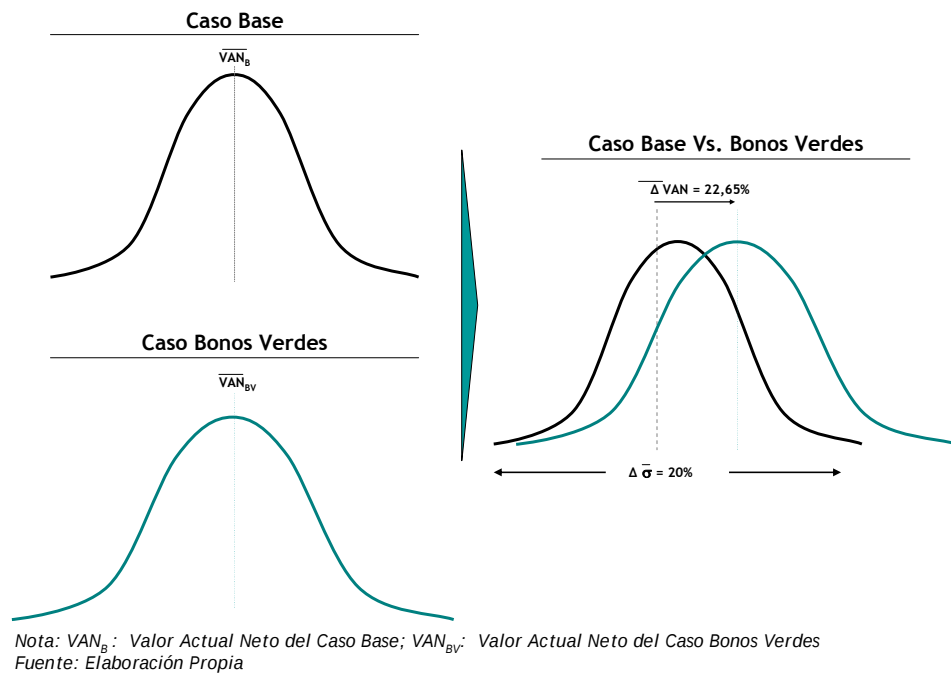


Figura 3.2 – Impacto de Bonos Verdes sobre Caso Base

Sistema de primas variables: Este sistema es una mezcla entre un feed-in tariff y una prima. Es decir, se utiliza un esquema de primas variables que dependen exclusivamente del precio del mercado con el objetivo de cumplir un determinado monto fijo. Funcionaría de la siguiente manera:

- El estado pagaría una prima hora a hora por un monto determinado por la diferencia entre un precio fijo establecido y el precio del mercado al momento
- El precio fijo, se establecerá escalonadamente a medida que aumente el precio del mercado hasta que este ultimo alcance un valor razonable para la energía eólica

Para su mejor comprensión se muestra la Figura 3.3.

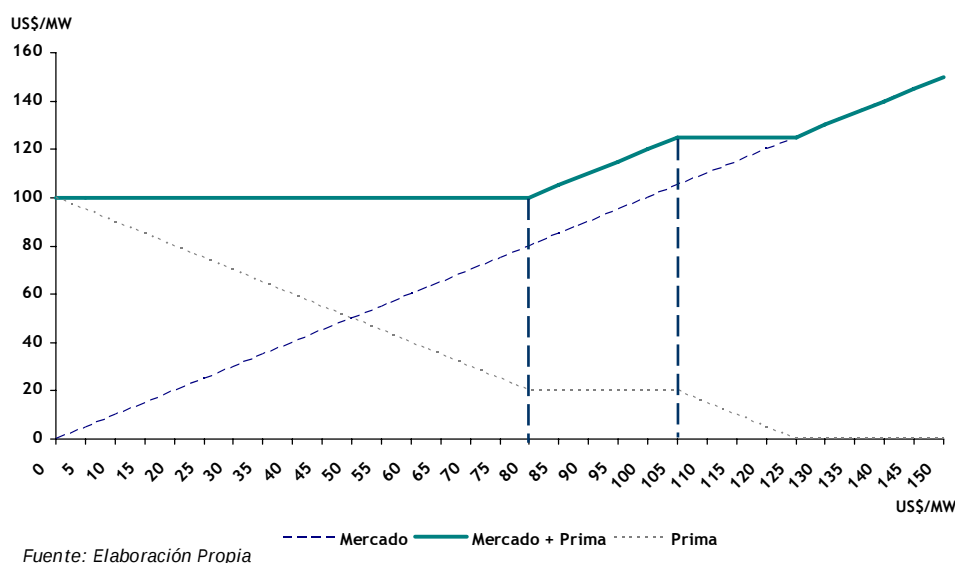


Figura 3.3 – Sistema de primas variables

Bajo este mecanismo el inversor tiene asegurado un pago mínimo para conseguir el retorno esperado cuando los precios del mercado fueran excesivamente bajos y tiende a eliminar la prima cuando el precio del mercado es suficientemente elevado para garantizar la cobertura de sus costos y obtener el retorno esperado. Si bien este mecanismo es una especie de feed-in tariff (al fijar un precio para la energía eólica) es más flexible ya que permite variaciones y permite al inversor obtener los beneficios cuando sube el precio.

Esta metodología no es tan rígida y el aumento escalonado es generalmente mejor visto por la sociedad que la tarifa plana. De todas formas, es recomendable combinarla con algún otro tipo de incentivo para poder reducir el monto necesario de prima.

Contratos a largo plazo: Firmar contratos a largo plazo con grandes usuarios e industrias privadas es otra forma de asegurar un flujo estable de ingresos. Fijar un precio para una cantidad establecida de energía en un plazo determinado asegura una cierta constancia que reduce el riesgo del negocio garantizando un retorno mínimo. El problema principal que dificulta la firma de este tipo de contratos a término, es la variabilidad en el suministro propia de la generación eólica. Al no ser una potencia firme, no se puede asegurar con 100% de certeza la entrega de los montos estipulados con anticipación. El incumplimiento de los volúmenes pactados se traduce en multas, teniendo que pagar al MEM la cantidad de energía que el parque eólico no pudo entregar pagando el precio del momento en el mercado spot. Los contratos a largo plazo reducen ampliamente la dispersión en los resultados, lo que minimiza la incertidumbre de los inversores. Adicionalmente, los contratos a largo plazo han tomado un rol muy importante en el mercado eléctrico argentino. Al enfrentarse a una crisis energética nacional, las industrias han sufrido cortes inesperados que alteraron la producción e incrementaron costos, lo que las lleva a considerar la propuesta de firmar contratos directos con los generadores para no verse afectados. Por otra parte, la ley de energía

plus obliga a aquellas empresas que estaban bajo contrato a renovarlos. Por lo tanto, la nueva ley y la necesidad de seguridad de abastecimiento incrementaron los precios de los contratos a largo plazo. Los últimos contratos en la industria se negociaron alrededor de los 50 US\$/MW.

Los análisis que se presentarán a continuación están basados en un modelo cuyos supuestos están detallados en el anexo. El escenario base que se tomó es el caso actual del país, donde la producción de un parque eólico se comercializa en un mercado spot con precios volátiles atados al precio del petróleo crudo. En la sensibilización del caso teórico se fijaron los precios de los contratos a largo plazo en 150 AR\$/MW sin ajustes por 20 años.

En la Figura 3.4 se puede observar que al firmar contratos a largo plazo, la media del VAN se ve aumentada en un 5,4 %, mientras que la dispersión (desvío estándar) se reduce en un 42,3%.

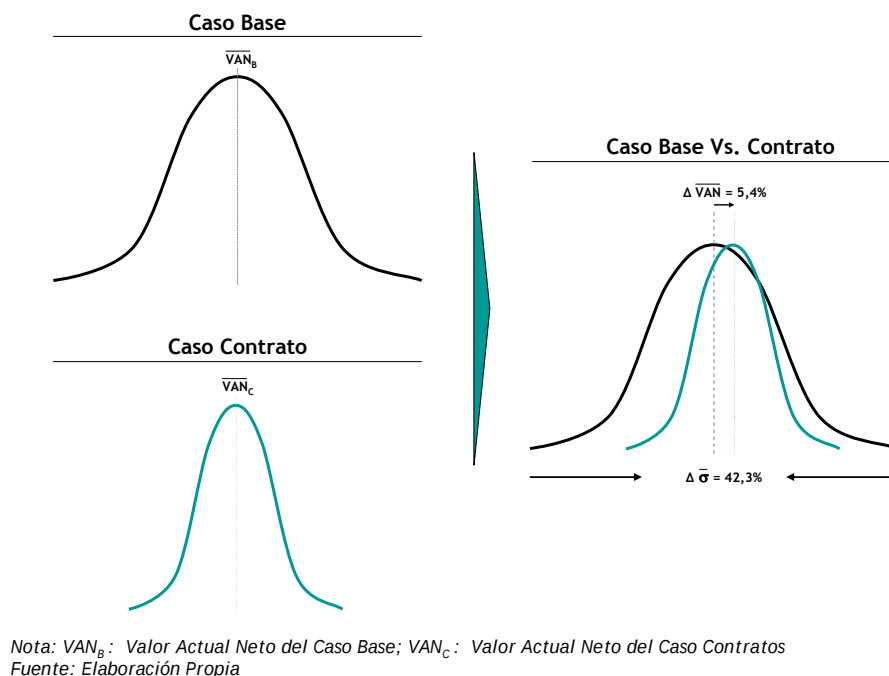


Figura 3.4 – Impacto de los contratos sobre Caso Base

Esta reducción en la dispersión del análisis, sin duda ayuda a los potenciales inversores a tomar una decisión más segura y fundamentada, lo que alienta a muchos a apostar por esta industria bajo un escenario más predecible y estable.

Para poder firmar contratos es necesario reducir la variabilidad del suministro característico de la energía eólica. Para esto, se plantean tres alternativas:

- **Sistema mixto de energías renovables:** combinación de un parque eólico con energía hidroeléctrica. Si bien la energía hidroeléctrica también depende de un factor no gobernado por el hombre, como el nivel de la cota en los embalses, es más controlable que la energía eólica, ya que se puede almacenar el agua regulando la actividad de generación para poder cubrir los “baches” de la

generación eólica. La combinación de ambas tecnologías reduce la variabilidad en el suministro aumentando la probabilidad de cumplimiento de los volúmenes convenidos. De esta forma, se podría considerar “potencia firme” para firmar contratos por cantidades y precios determinados a largo plazo, no sólo independizando al proyecto eólico de su propia variabilidad, sino también de la volatilidad de los precios del mercado spot.

- **Integración eólica:** Con el objetivo de reducir la variabilidad en el suministro, se plantea la integración de parques eólicos del país. Así se reduce la probabilidad de que todos los aerogeneradores se encuentren parados al mismo tiempo, por lo que la sobre-producción de uno puede cubrir el “bache” de otro cuando esto sea necesario. Es decir, los parques eólicos se integrarían como “una única empresa”. De esta forma el contrato con el consumidor sería firmado por el monto que surge de la suma de las potencias nominales afectadas por el factor de capacidad de cada parque. Los distintos parques eólicos se conectarían directamente al nodo más cercano de la red nacional y CAMMESA consolidaría los aportes de cada parque de la misma forma que lo hace hoy individualmente. En el caso de existencia de pérdidas o ganancias por no llegar a abastecer en un determinado momento o generar de más respectivamente, se dividirán proporcionalmente a la producción entre los parques involucrados. Así todos los parques reducen el riesgo de no llegar a abastecer y poder firmar contratos a largo plazo como “potencia firme”. La gran extensión del país colabora considerablemente con esta propuesta, ya que sería muy extraño que no haya viento en todos los puntos de emplazamiento. En el modelo numérico se integraron cinco zonas, donde fueron generados los vientos independientes para las distintas zonas. Para el modelo se consideraron cinco lugares de emplazamiento ya que se asume que es un número significativo para el análisis, en caso de integrar más zonas, se espera que se reduzca aún más la variabilidad de la producción.

El resultado de esta integración se ve reflejado en la Figura 3.5 donde se puede ver que el VAN se incrementa en un 5,4% mientras que la dispersión se reduce en aproximadamente un 72%.

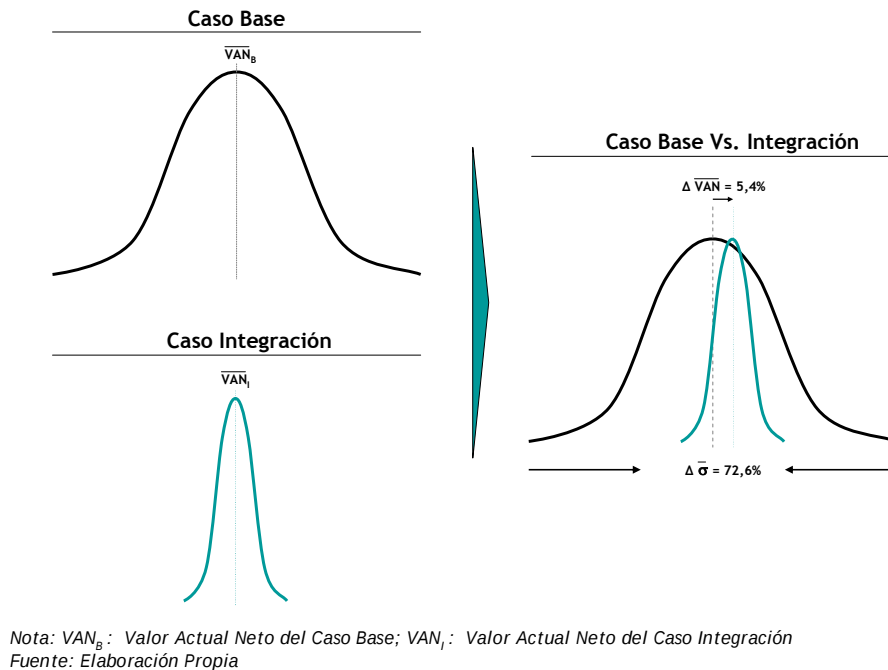


Figura 3.5 – Impacto de la Integración sobre Caso Base

- **Mecanismo de créditos y débitos en MW:** acá se plantea que en vez de pagar multas monetarias al no cumplir con la producción planteada, los aerogeneradores puedan utilizar un mecanismo de créditos y débitos con CAMMESA, a través del cual se puedan netear las sobre-producciones y los baches durante un período determinado de tiempo, por ejemplo bimestralmente. Al final de cada período, se cerraría la cuenta y se pagaría o cobraría el saldo a precio medio bimestral.

Retribución por potencia: Al no ser considerada una potencia firme, la energía eólica no percibe ingresos por potencia como lo hacen las energías convencionales. Si bien es cierto que la generación eólica tiene una innegable variabilidad de producción y no se puede asegurar con un 100% de probabilidad la entrega de su potencia nominal, también es cierto que puede asegurar con muy alta probabilidad la entrega de su factor de potencia. Es decir, se supone que a largo plazo, un aerogenerador es capaz de producir una cantidad de energía equivalente a su potencia nominal afectada por el factor de potencia.

Bajo este supuesto, la propuesta apunta a desarrollar un mecanismo que habilite a la energía eólica a percibir este ingreso. Este mecanismo funcionaría de la siguiente manera:

- En base a sus propios estudios eólicos el operador declararía ante las autoridades un factor de potencia para un período determinado (por ejemplo, por estación)
- Los primeros años de operación (3 años) el parque eólico no cobraría los ingresos por potencia, pero a medida que pase el tiempo y se puedan recolectar

datos históricos sobre el comportamiento de los aerogeneradores regiría el siguiente esquema:

- Al tener una muestra significativa de los factores de capacidad históricos se realizará un análisis estadístico, estableciendo su distribución y los parámetros característicos
- Con los parámetros de la distribución se podrá calcular el monto a percibir por el aerogenerador. Este monto será calculado sobre el factor de capacidad declarado menos dos desvíos estándar, al que denominaremos en adelante “Factor de Potencia Firme”, lo que asegurará con un 97,7% de probabilidad que el factor de capacidad real se encontrará por encima del valor percibido como se muestra en la Figura 3.6.

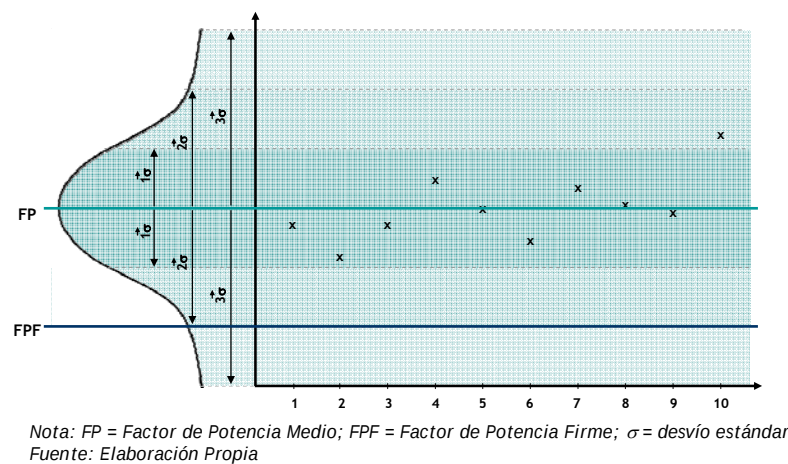


Figura 3.6 – Cálculo de retribución de potencia

- Se realizarán pruebas periódicas para verificar si el parque puede entregar la potencia establecida. En caso de no poder cumplir con la misma, se aplicarán multas
- A medida que pasen los años se incorporarán al estudio estadístico más muestras, lo que ayudará a incrementar la precisión del análisis
- La retribución por potencia se bonifica a los generadores por 90 horas de funcionamiento semanal. Es decir, que se les paga un valor dado (actualmente alrededor de 12 AR\$/MW) por su posible generación en un período de 90 horas a la semana. Este precio fluctúa de acuerdo con el riesgo existente de abastecimiento. Para la modelización se utilizaron éstos parámetros fijos.

Este cambio en las retribuciones percibidas por la energía eólica no hace una gran diferencia al resultado. No obstante, logra mejorar el VAN promedio del proyecto en un 2% y reducir la dispersión en un 0,5% como se ve en la Figura 3.7.

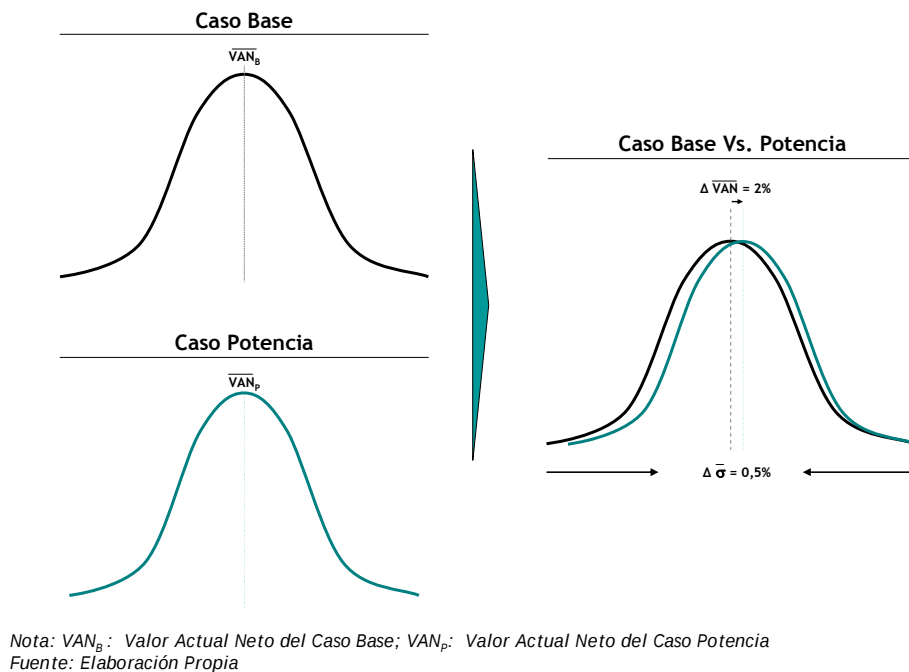


Figura 3.7 - Impacto de la retribución por potencia sobre Caso Base

Prioridad de despacho: El sistema del mercado spot está organizado de tal forma que aquellas tecnologías que presenten menores costos operativos sean las primeras en entrar en funcionamiento. Bajo este mecanismo, la energía eólica es una de las primeras en despachar su producción. No obstante, la energía hídrica, muy importante en el país, presenta condiciones similares en cuanto a sus costos operativos.

Aún cuando las magnitudes generadas por la energía hídrica no representan una real amenaza para el despacho de la eólica, sería recomendable garantizar a los inversores, bajo una Ley, la prioridad de entrada al sistema.

Incentivos económicos por componentes nacionales: Esta propuesta está orientada a fomentar la industria eólica nacional, tanto en la fabricación o ensamblado de aerogeneradores como también de los componentes de los mismos.

Esta política tiene sus repercusiones en el mercado brasileiro, cuando fue implementada por el PROINFA. En el caso de Brasil, la medida que se adoptó fue diferente a esta propuesta en dos aspectos fundamentales:

- La política en Brasil obliga a los inversores a cumplir con el porcentaje estipulado.
- Se estableció un porcentaje muy elevado para el nivel de desarrollo de la industria eólica en Brasil en ese entonces. Lejos de ser un incentivo para la generación eólica, esto causó una traba para el emplazamiento de parques y el gobierno brasileiro tuvo que verse obligado a invertir en desarrollo de equipos aerogeneradores.

Entonces, la propuesta consiste en otorgarle un incentivo adicional (una ampliación de los incentivos que se defina posteriormente que finalmente se aplicarán) a aquellos proyectos que implementen un 30% de los equipos de fabricación nacional. Con el fin de evitar los problemas que se vieron en el caso brasileiro, se estableció el porcentaje basado en los niveles factibles en el país. Hoy en día (como se puede ver en el anexo), existen tres empresas que se encuentran en el desafío de producir este tipo de equipos, una de ellas (IMPESA) muy cercana a la producción en masa de su propio diseño.

Propuestas que impactan sobre los costos financieros y fiscales

IVA de la inversión: En la primer Ley destinada a fomentar las energías alternativas, se permitía a los inversores diferir el pago del IVA de la inversión en 15 años. En la reforma se modificó el tratamiento del IVA, se otorga la devolución del IVA a través de un crédito aplicable contra otros impuestos a partir del tercer. Si bien la opción de la devolución del IVA resulta tentadora, no resuelve el problema de la gran inversión inicial que deben afrontar los inversores. Por este motivo se propone que se vuelva al régimen anterior donde el pago del IVA inicial podía diferirse en el tiempo, 15 años.

El resultado de esta modificación se puede ver claramente en la Figura 3.8 donde se compara el caso base, (devolución del IVA a través de un crédito a partir del tercer año) y el caso del IVA diferido en 15 años en cuotas iguales y consecutivas. Al diferir el pago del IVA de la inversión, el VAN del proyecto se ve incrementado en aproximadamente un 12%, mientras que la dispersión prácticamente se mantiene constante.

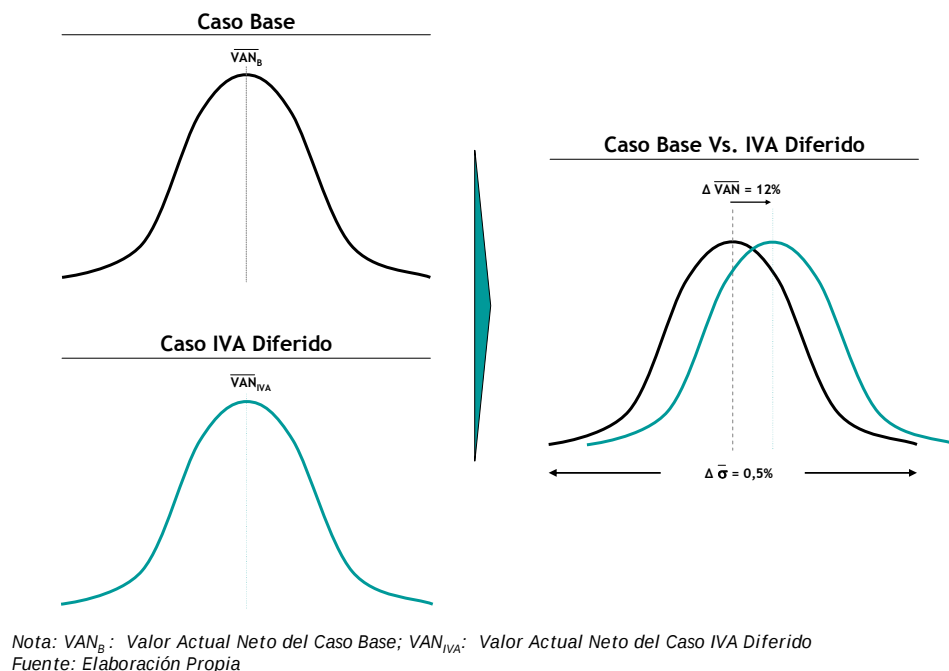


Figura 3.8 - Impacto de la modificación del IVA sobre Caso Base

Impuesto a las ganancias: El único beneficio que existe en este sentido es la opción de un esquema acelerado de amortizaciones (5 años) de los bienes de uso. En general, este

esquema es utilizado en proyectos que tengan ganancias en los primeros años para llegar a utilizar el crédito fiscal utilizado. En el caso de los parques eólicos, la ganancia en los primeros años no es tal como para poder utilizar los créditos. La propuesta está orientada a diseñar un esquema bajo el cual el proyecto eólico pueda utilizar los créditos generados durante los primeros años y no perderlo a los 5 años (plazo de vencimiento). Se plantea el siguiente esquema:

- Se amortizarán las inversiones iniciales en 5 años
- Se agruparán los quebrantos impositivos hasta el primer año de utilidades antes de impuestos positiva (el “Quebranto Base”)
- Se tratará el Quebranto Base como un quebranto generado el último año de utilidad negativa
- Para la utilización del Quebranto Base se otorgará un plazo de 10 años a partir del primer año de utilidad antes de impuestos positiva
- Cualquier quebranto generado después del primer año de utilidad positiva, será tratado bajo el régimen actual (vencimiento a los 5 años)
- Primero debe agotarse el Quebranto Base

Mecanismos de financiamiento: Debido a los reiterados incumplimientos (como por ejemplo la deuda con el “Club de París”) Argentina se ha convertido en un país muy poco confiable para el resto del mundo. Capitales extranjeros no están dispuestos a apostar en compañías o proyectos argentinos a tasas moderadas. Con un riesgo país que supera los mil puntos, los inversores demandan retornos extraordinarios, difíciles de concretar. Adicionalmente, el sistema financiero nacional se encuentra debilitado y con muy poca liquidez como para financiar este tipo de proyectos de infraestructura a largo plazo.

No obstante, existen numerosos organismos destinados a fomentar el desarrollo de los países en vías de crecimiento a través del financiamiento de proyectos que contribuyan a la evolución del país. Entre estos se pueden encontrar organismos como el Banco Interamericano de Desarrollo (“BID”), el Banco Mundial o incluso el Banco de Inversión y Comercio Exterior (“BICE”).

Por otra parte, la Ley recientemente sancionada que estatizó los fondos de las AFJPs, otorgó una gran liquidez al ANSES convirtiéndola en un potencial inversor para todo tipo de proyectos de infraestructura.

La energía eólica no sólo enfrenta el problema (común para todas las industrias del país) de la falta de financiamiento, sino que también debe lidiar con su propia variabilidad que obliga a vender su producción en el mercado spot con una altísima volatilidad, dificultando el pago de una amortización fija en pesos o moneda extranjera.

La propuesta consiste en diseñar un mecanismo que permita tanto al inversor como al generador alcanzar sus objetivos.

Este mecanismo consiste en un préstamo con una amortización fija en unidades de energía al precio del momento de vencimiento de la cuota. A fin de cada período (o

luego de cada pago) se ajustarán las condiciones del préstamo (plazos, tasas según el plazo estimado, etc.)

Esto permitirá al proyecto cumplir con las condiciones del préstamo sin encontrarse “ahogado” financieramente y permite a los organismos de fomento de desarrollo cumplir con su propósito de incentivar a las economías subdesarrolladas con la certeza de cobro.

Propuestas que impactan sobre el desarrollo de la industria y el entorno

Incentivos fiscales a productores de equipos: Uno de los principales problemas que enfrenta la producción de energía eólica en el país es el alto costo de los equipos aerogeneradores y su transporte desde grandes distancias. Un país como Argentina con acceso a la materia prima, excelentes recursos humanos y costos de producción mundialmente competitivos es ideal para este tipo de industrias. Por lo tanto, para lograr un buen nivel de energía eólica en el país, no sólo debe fomentarse la producción eléctrica, sino también la producción de los equipos. Por esta razón, se propone extender los beneficios fiscales que se aplicarán a los generadores eólicos a todas aquellas empresas que se encuentren en la cadena de esta industria.

Exención de impuesto a las ganancias por compra y ganancia de acciones: Hoy en día el capital es un bien escaso en el mundo, y más para aquellos proyectos de riesgo en países en vías de desarrollo. No es tarea sencilla conseguir inversores para proyectos eólicos en el contexto actual del país, por lo que además de crear un entorno estable y favorable debe también crearse el espacio para el flujo de inversiones. Esta propuesta está orientada a atraer el capital “indeciso”.

La propuesta consiste en otorgarle un beneficio a todo aquel que invierta en acciones de empresas relacionadas con la industria eólica en el país. Se trata de que las personas, físicas o jurídicas, puedan desgravar el monto invertido en su declaración de impuesto a las ganancias y adicionalmente, que las ganancias obtenidas por transacciones de estas acciones estén exentas de impuestos.

Esta medida generará movimiento de capital que la industria podrá aprovechar para su propio desarrollo y evolución.

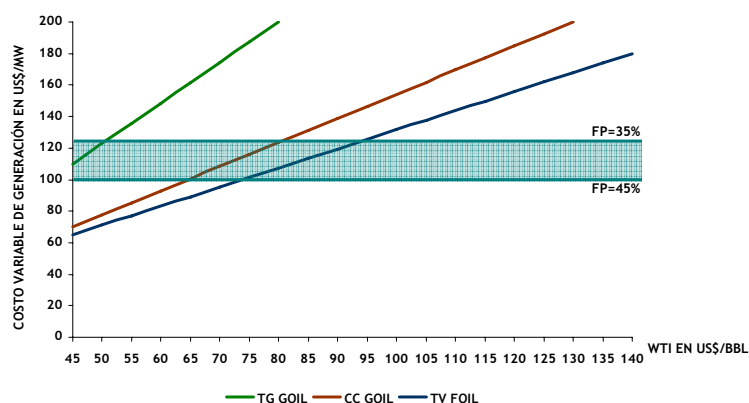
Plan de licitación a largo plazo: Uno de los problemas que enfrenta la energía eólica en el país es la falta de credibilidad de los sectores sobre el real desarrollo de esta industria. Se instauró en el mercado la sensación de que la energía eólica se irá desarrollando esporádicamente a través de proyectos aislados sin ningún poder de negociación ni fuerza para lograr un entorno favorable. Es necesario fundar la idea de la industria eólica como una industria sólida con posibilidad de crecimiento y esparcimiento a lo largo del territorio. Adicionalmente, los fabricantes de aerogeneradores muestran cierta resistencia a vender equipos individualmente, ya que necesitan la certeza de un plan de inversiones a largo plazo y un volumen considerable. Un plan nacional a largo plazo con licitaciones limpias y transparentes otorgaría credibilidad a las intenciones del gobierno para favorecer a la industria. Sin embargo, un plan de licitaciones por sí sólo no solucionaría el problema de fondo a largo plazo,

ya que sólo favorecería a aquellos jugadores que logren entrar en la licitación, sin generar las condiciones necesarias para el desarrollo a futuro. El plan denotaría una cierta intención del gobierno, ideal para disparar la energía eólica, pero es necesario establecer en firme un entorno confiable y favorable a largo plazo a través de reglamentaciones estables.

Incentivos económicos por componentes nacionales: Esta idea ya fue expuesta anteriormente en las propuestas que afectan los ingresos. Realmente es una propuesta “mixta” ya que mientras para los operadores de parques eólicos representa beneficios económicos adicionales, también incentiva el desarrollo de la industria local.

Otras propuestas

Sustituir gastos de importaciones por inversiones: Como se ha mencionado previamente, hoy en día existen importantes subsidios a los combustibles empleados en las generaciones convencionales. Esto claramente distorsiona los precios de generación con el objetivo de llegar al consumidor final con un precio que el gobierno considera “razonable” para la población. En un escenario de escasez de combustibles nacionales, esto genera mayores importaciones repercutiendo en el gasto gubernamental y finalmente en las tasas fiscales para soportarlo. En la Figura 3.9 se puede apreciar cómo aumentan los costos variables de generación de las distintas metodologías con respecto al precio del petróleo. Aquí se muestran los costos de generación a precio del mercado, sin tener en cuenta la regulación local y sin incluir la amortización de los equipos de generación convencional (se supone que ya existen).



Nota: Calculado en base a precios de mercado; No incluye amortizaciones de los equipos convencionales
Fuente: Cámara Argentina de Energías Renovables

Figura 3. 9 – Costos de generación según precio del petróleo

Considerando que se estima que aumente la dependencia de los combustibles importados, se puede observar en el gráfico que a partir de un precio de petróleo de 40 US\$/BBL, aquellos parques eólicos que cuenten con un factor de potencia mínimo de 45% se vuelven competitivos en el mercado. Por lo tanto, se puede concluir que a precios de mercado, la energía eólica es competitiva.

Lo que se propone en este caso, es sustituir “gasto” (importación de hidrocarburos a precio de mercado internacional) por “inversión” en nuevas tecnologías como la eólica. Como se ha mencionado en secciones anteriores, durante el 2008, Argentina ha gastado aproximadamente US\$ 1.800 millones en importación de hidrocarburos y energía eléctrica de países vecinos como Brasil, Bolivia y Venezuela. Esto significó una compra de 7.700 GWh lo que representa un promedio de 230 US\$/MWh. Si Argentina hubiera destinado tan sólo el 15% de estos gastos a la compra de energía eólica producida en el país con contratos de largo plazo a un precio que asegure una rentabilidad de 14% (entre 100 y 125 US\$/MWh) se podrían haber instalado en el país cerca de 685 MW, atrayendo inversiones por aproximadamente US\$ 1.800 millones como se muestra en la Figura 3.10.

2008 gobierno

Gasto total en importaciones (US\$)	1.800.000.000
Compra de Energía (MWh)	7.700.000
Costo Unitario (US\$/MWh)	234

Propuesta

% destinado a eólica:	15%
------------------------------	------------

Inversión en eólica	270.000.000
CAPEX eólica (US\$/MW)*	2.662.000

	Caso A	Caso B
Factor de carga	0,35	0,45
Precio (US\$/MWh) para TIR=14%	125	100
MWh comprados	2.160.000	2.700.000
MW (necesarios si FP=100%)	247	308
MW instalados	705	685
Ahorro (US\$)	234.935.065	361.168.831
Inversión en el país (US\$)	1.875.381.605	1.823.287.671

* Incluye IVA

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.10 – Impacto de la sustitución de gasto por inversión

Propuesta Integradora

A lo largo de los últimos años en Argentina se han observado algunos intentos por fomentar las energías renovables. No obstante, estos han sido muy débiles y poco sustentables en el tiempo. Las leyes descriptas en apartados anteriores otorgan beneficios que se encuentran muy lejos de generar un entorno favorable para el flujo de potenciales inversiones.

El último intento del gobierno por promover este tipo de energías, es la reciente licitación por parte de ENARSA por alrededor de 500 MW de energía eólica distribuidos en parque no mayores a 50 MW de potencia. Si bien esto significó un gran avance hacia la generación de capacidad, no logra garantizar las condiciones necesarias para el desarrollo de la industria a largo plazo. Esta licitación puede cumplir el rol de disparador para la instalación de equipamiento eólico, pero se presenta más como un

“parche” ante una situación energética caótica, sin lineamientos que promuevan esta industria en el tiempo.

Los inversores que deciden estudiar la viabilidad de un proyecto eólico en el País, se encuentran ante una situación poco clara sobre los beneficios y las Leyes que podrían utilizar a su favor. Como se ha mencionado previamente existen dos Leyes y varias Resoluciones bajo las cuales se podría regir un proyecto eólico. La dificultad en la comprensión de estos documentos y la búsqueda de beneficios aislados en distintos documentos representan una traba más en el estudio.

Es necesario crear un entorno favorable, sustentable en el tiempo y estable que sea claro y concreto, consolidado en una única Ley que contemple todos los beneficios y regulaciones necesarios para fomentar el desarrollo de la industria.

En el análisis individual de cada propuesta en particular, se observa el efecto que tienen las mismas sobre el proyecto. Se seleccionarán aquellas propuestas que más efecto tengan en este tipo de proyectos y sean más fáciles de aplicar.

Las propuestas que se seleccionarán para conjuntamente mejorar el retorno del proyecto y reducir la volatilidad del mismo son:

- Instrumentación apropiada para que CAMMESA considere las uniones transitorias de los parques eólicos, considerando su producción como una única empresa
- Reglamentación adecuada para la firma de contratos a largo plazo a partir de mecanismos adecuados para convertir la energía eólica en “potencia firme” (integración)
- IVA de la inversión inicial diferido en 15 años
- Actualizar y efectivizar los procedimientos de la Oficina Argentina para el Mecanismo de Desarrollo Limpio, facilitando la habilitación de los proyectos para el comercio de los Bonos Verdes (considerando 15 US\$/Ton CO₂)
- Establecer un mecanismo de primas sobre el precio de los contratos a largo plazo que garanticen un monto fijo de 210 AR\$/MWh lo que (luego de las previas modificaciones) permitiría al operador contar con una tasa interna de retorno del 15%. Con el precio actual de AR\$ 150, la prima pagada por el gobierno sería del orden de los 60AR\$/MWh, 4 veces más alta que la actual (congelada desde la época de la convertibilidad).
- Se aplicará el incentivo por utilizar al menos un 30% de componentes nacionales. Este incentivo será económico, de tal forma que se aumentará la prima previamente mencionada. Se pagará a estos proyectos un adicional en la prima de 20 AR\$/MWh generado.

En la Figura 3.11 se muestra cómo afectan estas medidas en los resultados de los proyectos eólicos.

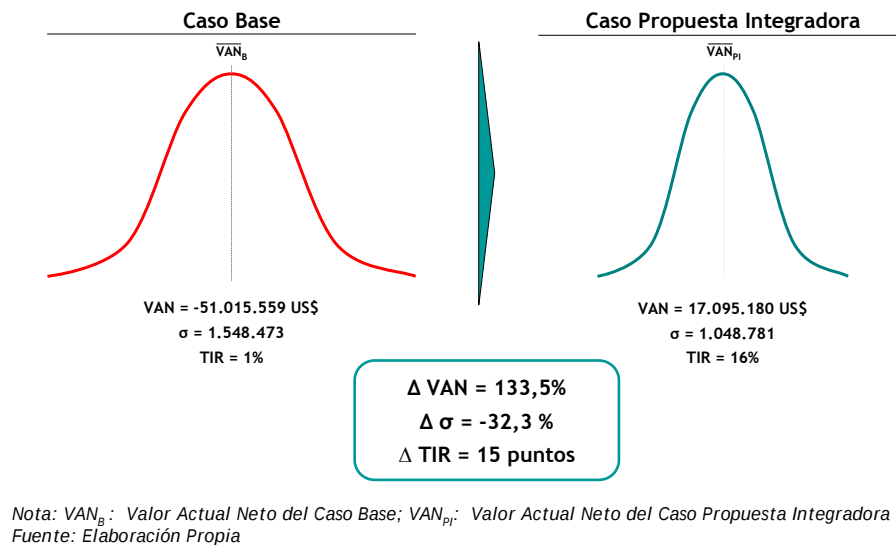


Figura 3.11 - Impacto de la modificación del IVA sobre Caso Base

Potencial Impacto

Argentina presenta uno de los mejores potenciales eólicos del mundo. Su principal problema es la falta de una Ley concreta e integral que detalle beneficios reales sustentables en un largo plazo que garanticen un retorno determinado a los inversores. Al implementar una Ley que realmente favorezca al desarrollo eólico, se espera que los inversores reaccionen ante esta oportunidad y destinen su capital a proyectos en el país.

Capacidad instalada

La evolución de la instalación de capacidad eólica se dio en forma muy similar en casi todos los países desarrollados. A partir de los acuerdos internacionales, en especial el Protocolo de Kyoto, la concientización de los gobiernos se tradujo en marcos legales y políticas orientados a fomentar las energías renovables, entre ellas la energía eólica. Estas nuevas estrategias de incentivo resultaron en un “boom” de la energía eólica, durante el cual se observaron grandes tasas de crecimiento. Países como Estados Unidos, España y Alemania experimentaron durante los primeros tres años (desde que implementaron metodologías de incentivos) tasas de crecimiento de aproximadamente 66%, 49% y 43% respectivamente. Luego estas tasas lograron estabilizarse en valores promedio de 33%, 22% y 15%. Sin embargo, todos estos países son países desarrollados, que partieron de niveles de capacidad instalada relativamente altos comparado con el resto del mundo. Países más relegados en esta materia, como Argentina, presentaron asombrosas tasas de crecimiento al crear un entorno favorable. Entre estos países se encuentra Australia (128%), Brasil (200%), Canadá (113%), China (127%), India (315%) y Turquía (194%) cuyas capacidades se vieron más que duplicadas año a año en general.

Se utilizará la misma lógica para proyectar la capacidad instalada en Argentina a partir de la implementación de la propuesta. Sin embargo estos países partieron de niveles más altos de capacidad base. Apenas con 30 MW instalados, Argentina tiene un enorme

potencial de crecimiento. Se tomará un escenario ambicioso pero realista de crecimiento para el país con una tasa de crecimiento para los primeros tres años del 100% y se estabilizará a partir del cuarto en un crecimiento anual de 25%.

Como se puede observar en la Figura 3.12, la capacidad instalada alcanzaría para el año 2016 aproximadamente los 730 MW instalados.

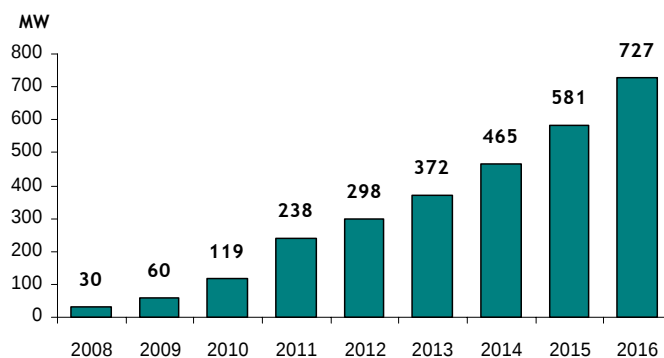


Figura 3.12 – Capacidad instalada en Argentina

Empleo, desarrollo económico y social

Uno de los principales beneficios de la energía eólica para el país es su contribución al desarrollo de la economía y los puestos de trabajo que su industria genera. Las actividades de la operación de los parques eólicos, su administración, el desarrollo de los proyectos, fabricación de aerogeneradores y componentes e instalación y mantenimiento requieren de mano de obra especializada. Durante el 2007 en el continente Europeo se crearon aproximadamente 150.000 nuevos puestos de trabajo que comparándolos con la capacidad instalada se obtiene un promedio de 15 puestos de trabajo por MW instalado. Utilizando este mismo factor se puede predecir que si se cumplen los supuestos de crecimiento de capacidad instalada, se generarán en el país alrededor de 11.000 puestos de trabajo para el 2016 como indica la Figura 3.13.

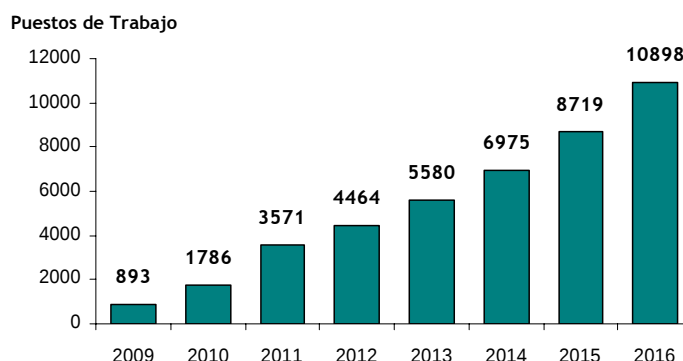


Figura 3.13 – Proyección de nuevos puestos de trabajo generados

Reducción de emisiones de carbono

La característica principal de la energía eólica es ser una energía renovable que no perjudica el medio ambiente. Entre sus beneficios se encuentra, sin lugar a duda, la reducción de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Este significa la cantidad de toneladas de carbono que no se generaron al reemplazar MW generados por energías convencionales con energía eólica. Mundialmente se asume una tasa de generación de CO₂ de 0,6 toneladas por MW. Así, para el 2016 podrían reducirse aproximadamente 440 toneladas de CO₂ como se puede notar en la Figura 3.14.

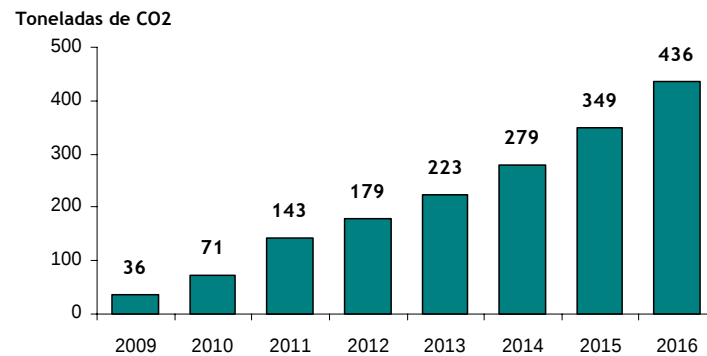


Figura 3.14 – Reducción anual de las emisiones de CO₂

Ahorro de importaciones

La instalación de capacidad eólica podría suplantar las importaciones de combustibles líquidos que hoy existen en el país y que se espera que se incrementen en el futuro.

Para poder generar la misma cantidad de energía que generará la capacidad eólica con combustibles líquidos importados, tomando un promedio de 230 US\$/MWh (manteniendo constante este precio, sin tener en cuenta el aumento del crudo) la Argentina ahorraría en el 2016 al menos 2250 AR\$ como se ve en la Figura 3.15.

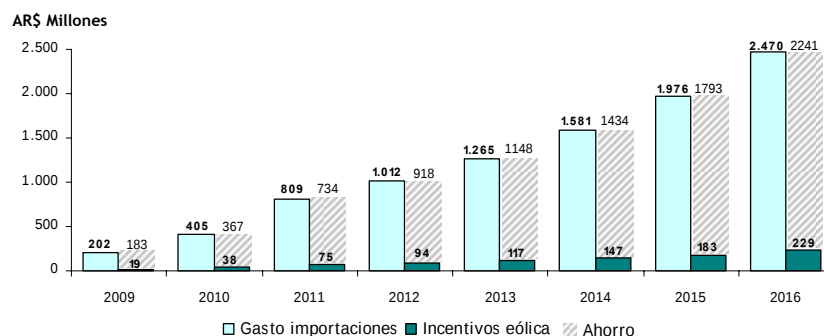


Figura 3.15 – Ahorro debido al reemplazo de gasto por inversión

Influencia en el precio al consumidor final

Se estima que en el largo plazo el precio del petróleo crudo aumente considerablemente por ser un recurso agotable y no renovable. Siendo el “driver” principal de todos los

combustibles no renovables, se puede estimar que en general, la generación convencional aumentará su precio, lo que se traducirá en mayores costos para los consumidores finales.

La incorporación de tecnologías renovables mitigará este riesgo, ya que por sus características de costos marginales más eficientes entra antes al mercado spot, desplazando las tecnologías que presentan altos costos variables (en general, el combustible) como se puede ver en la Figura 3.16.

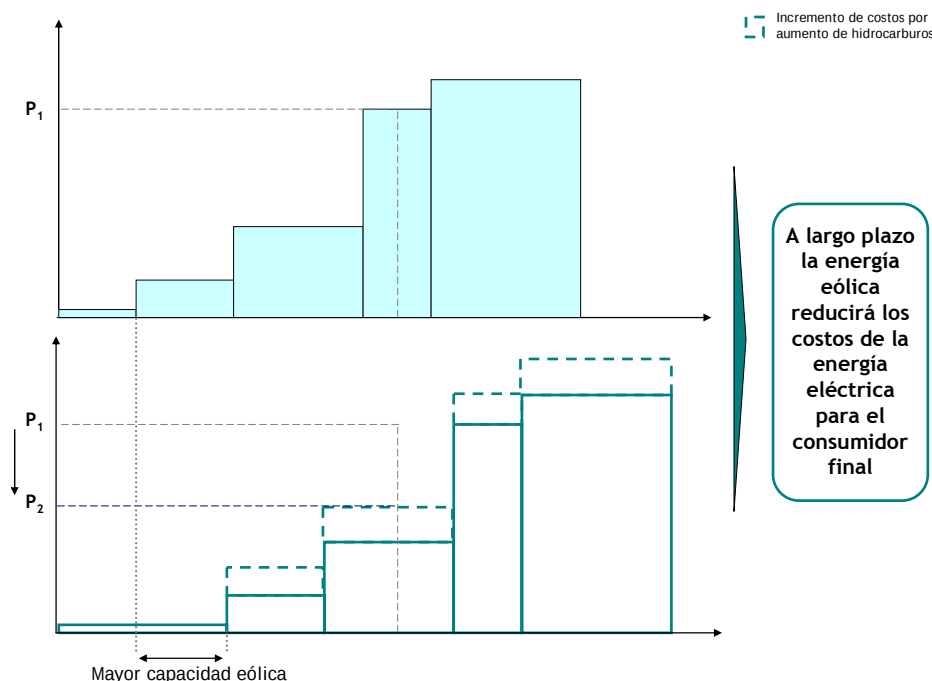


Figura 3.16 – Impacto sobre el consumidor

Mayor diversificación de la matriz energética

Como se ha expuesto a lo largo de todo el documento, al tener una mayor participación de energías renovables en la matriz energética nacional, el país se independiza relativamente de los hidrocarburos. La absoluta dependencia que existe hoy en día tiene un importante riesgo para la economía, ya que al depender exclusivamente de una sola fuente de generación, al verse ésta comprometida, se debilita el autoabastecimiento, teniendo que recurrir a importaciones eléctricas a grandes costos.

En caso de lograrse las instalaciones proyectadas anteriormente, y en base a los pronósticos de capacidad total instalada de la Secretaría de Energía, la energía eólica lograría captar un 4,3% de participación en la generación eléctrica. Esto será un gran aporte en la búsqueda de alcanzar el objetivo nacional del 8%, ya que además se espera que otras tecnologías renovables como el biocombustible presentes altas tasas de crecimiento.

Mayor actividad económica en el país por la industrialización del sector

La instalación de capacidad eólica no solo trae aparejado un incremento de puestos de trabajo, sino que aporta un importante dinamismo a toda la actividad económica del país. La fabricación de aerogeneradores o componentes requiere y utiliza servicios tercerizaciones, mantenimiento y materias primas generando aún más puestos de trabajo, la apertura de nuevas empresas y un flujo de capital considerable. Por otro lado, los parques eólicos son generalmente emplazados en zonas alejadas, lo que requiere la utilización de transporte, involucrando así otro sector en la cadena de valor. Adicionalmente, la nueva oferta de energía eléctrica disminuye los riesgos de cortes inesperados, lo que alienta a las industrias a la producción y su actividad sin tener caer en soluciones espontáneas, perjudicando sus retornos.

No es menor el efecto que esta industria tiene en la capacitación de los recursos humanos. La energía eólica requiere personal capacitado, para lo cual, debe invertir en su capacitación elevando la calidad de los recursos humanos del país.

La tecnología eólica se encuentra todavía en su etapa de crecimiento, por lo que aún queda mucho por hacer en investigación y desarrollo. La activación de la industria eólica en el país involucrará también grandes inversiones en este campo como, en una pequeña medida, se ha podido observar en los últimos años a través de las inversiones de IMPSA en su intento por desarrollar un aerogenerador local.

Acuerdos comerciales con países desarrollados

Los acuerdos que se logren entablar con países desarrollados para la comercialización de bonos verdes, podrán derivar en una muy buena relación que fortalezca las relaciones bilaterales de los países, para luego entablar contratos comerciales en otros rubros. Fomentar las relaciones comerciales con el exterior es algo que ha sido dejado de lado por el momento, pero es crucial para la economía del país. Empezar y construir una relación de confianza toma años de trabajo y esfuerzo. Esta es una excelente oportunidad para aprovechar, ya que no sólo se comercializará con el exterior, sino que se negociará con países de gran potencial económico.

CONCLUSIONES

Como se ha mencionado en los primeros capítulos de este documento las tendencias mundiales en materia energética han marcado un importante camino hacia las energías renovables. Diversos motivos como la gran concientización sobre el cambio climático y una reinante preocupación por el desabastecimiento de energía eléctrica a futuro impulsaron un movimiento global hacia la diversificación de las fuentes eléctricas. Esto supone un cambio radical en los paradigmas de la sociedad que históricamente basó su producción eléctrica en recursos no renovables.

La energía eólica juega un papel fundamental en la diversificación de las matrices energéticas, siendo una de las tecnologías alternativas más desarrolladas hasta el momento, pero sin embargo con un enorme potencial de crecimiento.

Hoy en día la energía eólica se presenta no solamente como un mitigante para los efectos colaterales medioambientales de la generación tradicional, si no que empieza a surgir como una opción económicamente competitiva. Los grandes avances de la tecnología permitieron la reducción de costos y la mayor eficiencia en su operación, lo cual posicionó a esta tecnología como una real opción energética.

Existen numerosas barreras y obstáculos que la industria eólica debe sortear para lograr un desarrollo y crecimiento sustentable, ya sean económicas, financieras, técnicas, estructurales, políticas, institucionales y hasta culturales.

A lo largo de los últimos años, se han realizado innumerables convenciones, pactos, acuerdos, contratos y afines sobre los requisitos que se deben cumplir para fomentar las inversiones en este tipo de proyectos. A través de los diferentes estudios y análisis, cada país tomó diferentes medidas para lograr sus objetivos en esta materia. Si bien existen muchos tipos de políticas adoptadas en los marcos regulatorios, cada país debe analizar la conveniencia de las mismas a partir de sus propias restricciones físicas, técnicas, políticas y culturales. Conocer el impacto social y económico de las medidas implementadas es crucial para el desarrollo de la industria ya que cada país presenta su propia dinámica.

Argentina presenta un potencial único para el desarrollo de la energía eólica. Tiene recursos inigualables y con una crisis energética con vistas a agravarse en un futuro cercano, debe preocuparse por revertir la situación a través de un profundo cambio en las políticas energéticas.

A lo largo del último tiempo los gobiernos argentinos se han empeñado en esconder problemas, adoptando una posición de reacción (en oposición a la prevención) cubriendo inconvenientes con “soluciones” a corto plazo a medida que se presentan. Lamentablemente esta especie de soluciones temporarias sólo alcanzan a cumplir su objetivo principal, cubrir situaciones comprometidas en el corto plazo. Es extremadamente necesario desvincular al país de la volatilidad de los precios de los hidrocarburos reemplazando las actuales medidas de “emergencia” con un plan estratégico integral a largo plazo con políticas que realmente fomenten las inversiones

en el país plasmado en una Ley firme. Es decir, reemplazar el gasto público que generan las medidas cortoplacistas por las inversiones que atraen las políticas a largo plazo.

Las políticas deben enfocar todos sus esfuerzos en la resolución o mitigación de las barreras y obstáculos que hoy enfrenta la industria eólica. Entre estos se destaca la preocupación sobre la variabilidad de la producción lo que dificulta la firma de contratos a largo plazo por su alta probabilidad de incumplimiento, el congelamiento de las tarifas desde el 2001, la falta de competitividad que generan los subsidios destinados a los hidrocarburos y la falta de incentivos para desarrollar la industria local.

La energía eólica ha dejado de ser un “simpático” proyecto para convertirse en una opción energética competitiva y la solución a varios inconvenientes actuales. No sólo atenúa los efectos climáticos, sino que bajo condiciones favorables y un entorno estable atrae inversiones directas extranjeras aportando dinamismo a la economía del país, crea numerosos puestos de trabajo, fomenta el desarrollo de industrias afines, mejora del sistema eléctrico nacional, sustituye gastos en importaciones a altos costos de hidrocarburos líquidos, sujeta los precios de mercado que se verían incrementados por la suba de los hidrocarburos y hasta mejoraría las políticas externas con países desarrollados.

ANEXOS

Introducción a las distintas fuentes de energía

Existen varios tipos de generación de energía eléctrica. A grandes rasgos se pueden dividir en fuentes “renovables” y “no renovables”. Se denominan fuentes de energía renovables a aquellas que utilizan como recursos fuentes naturales como el sol, viento, agua, calor o materia orgánica, es decir, recursos inagotables cuya disponibilidad no representa una amenaza en el futuro. Dentro de este tipo de energía se pueden encontrar:

- **Energía hidroeléctrica:** Utiliza el principio de la transformación de la energía cinética del agua en electricidad. La corriente de agua produce el movimiento de una turbina que a través de un eje transmite el movimiento a una bobina dentro de un campo magnético generando así electricidad. Hoy en día es una de las energías más desarrolladas, alcanzando ya la etapa de madurez. Se encuentra en etapa comercial y es la tecnología “limpia” más utilizada.
- **Energía Solar:** Utiliza el sol como recurso para la generación de energía eléctrica a través de dos distintos sistemas:
 - **Solar fotovoltaica:** Los paneles fotovoltaicos convierten directamente la energía luminosa del sol en energía eléctrica, gracias a la propiedad que tienen ciertos materiales de generar una corriente de electrones cuando incide sobre ellos una corriente de fotones. No obstante, la potencia eléctrica conseguida en cada célula es muy pequeña, inferior a 1 voltio. Por lo tanto, la solución consiste en conectar en serie gran número de células. Este método de obtención de electricidad se encuentra en etapa de desarrollo. Es una excelente alternativa para zonas aisladas donde no es posible acceder con el tendido eléctrico
 - **Solar térmica:** Este método se basa en el principio del efecto invernadero. El panel solar funciona como una “trampa de radiaciones solares”, donde el calor se transmite a un fluido que circula por un serpentín (en general agua). El agua caliente obtenida puede ser utilizada directamente para su inmediato consumo, almacenada en un depósito acumulador o incluso para sistemas de calefacción
- **Energía eólica:** Utiliza el mismo principio que la energía hidroeléctrica pero en este caso el recurso es el viento. A lo largo de los últimos años la tecnología ha evolucionado significativamente, llevando a este tipo de generación de un uso residencial hacia la generación de electricidad para abastecer al sistema eléctrico (grandes escalas). Ya se encuentra en etapa comercial, pero aún así, sigue desarrollándose constantemente con gran potencial
- **Biomasa:** La biomasa ha sido la energía más importante durante el 99% de la historia de la humanidad. Incluso hoy en día constituye una parte importante del consumo mundial de energía. En forma de leña extraída de los bosques, abastecía a la industria y a las necesidades de cocina y calefacción de los hogares. No supone emisión de carbono extra a la atmósfera cuando se quema, a

diferencia de lo que sucede con combustibles fósiles. El carbono de la biomasa ha sido previamente extraído de la atmósfera gracias a la fotosíntesis. Se utiliza tanto para obtener energía calórica directamente o electricidad

- **Energía geotérmica:** Este método funciona bajo la misma tecnología que la energía hidráulica y la energía eólica de transformación de energía cinética a electricidad a través del movimiento de una turbina. En este caso el recurso utilizado es el propio calor de la tierra, ya que a varios kilómetros de profundidad existen cámaras de reservorios a grandes temperaturas de donde se extrae el fluido geotérmico que consiste en una combinación de vapor, agua y otros materiales. Se separan las partes y se utiliza el vapor para la generación de electricidad a través de las turbinas. Se encuentra en etapa comercial, aunque todavía no es muy utilizada debido a sus costos.
- **Mareomotriz:** Esta tecnología aprovecha el movimiento del mar. Existen dos tipos distintos, uno que aprovecha el movimiento debido a las mareas y otra que aprovecha el movimiento de las olas. Este tipo de generación eléctrica se encuentra todavía en la etapa piloto y no es muy utilizado actualmente

Las energías no renovables son aquellas que utilizan como materia prima recursos escasos, con muy baja capacidad de regeneración. Dentro de este tipo de recursos se encuentran por ejemplo los hidrocarburos fósiles y elementos básicos como el uranio. En la actualidad, estas tecnologías, también llamadas métodos convencionales, son las que mayor participación en la matriz energética mundial acaparan y se espera que la tendencia fluya hacia las energías no renovables. Dentro de las energías no renovables se pueden encontrar:

- **Fósil:** La categoría de generación eléctrica por combustibles fósiles trabaja bajo la metodología de la quema de estos recursos para transformar la energía química en energía calórica que transforma agua en vapor, donde la energía calórica pasa a transformarse en energía cinética. Más adelante el vapor pasa por turbinas que alimentan un generador que finalmente convierte la energía cinética en electricidad. Esta metodología de obtención de electricidad es la más utilizada a nivel mundial, debido a su gran capacidad de generación
- **Nuclear:** La energía nuclear se basa en el principio de fisión nuclear que consiste en la separación de las partículas que forman el núcleo de un átomo, por alguna fuerza externa, generando gran cantidad de energía en forma de luz y calor. El material más utilizado para generar energía nuclear es el Uranio 235. Esta tecnología se encuentra en estado desarrollado en su etapa comercial

En la Figura 4.1 se puede encontrar un resumen de las distintas tecnologías que existen y el estado en que se encuentra la tecnología

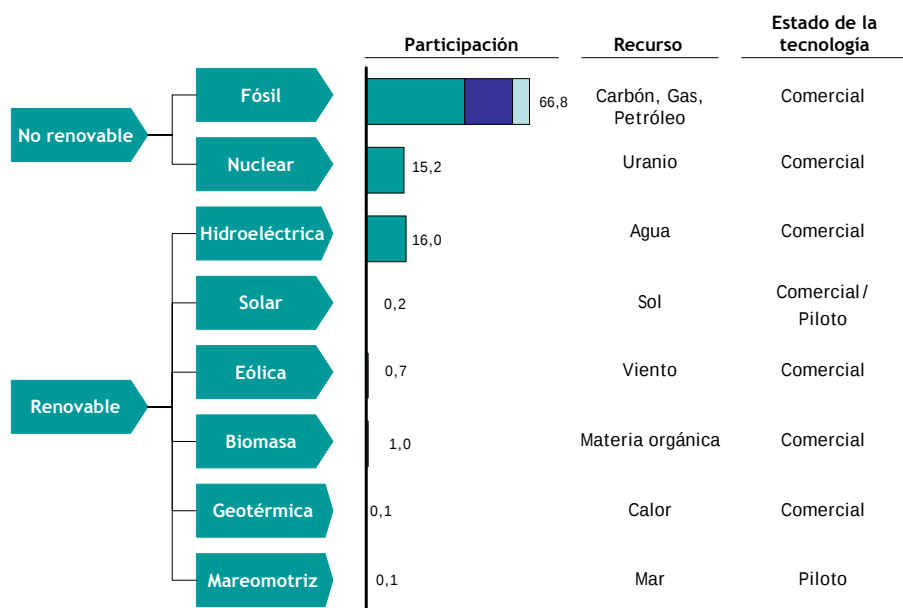


Figura 4.1 – Fuentes de generación eléctrica

Todas las fuentes de energía eléctrica tienen distinta capacidad de generación que depende directamente de la tecnología y su desarrollo. Por este motivo, cada método puede abastecer determinados segmentos según su potencial de generación. Se puede observar en la Figura 4.2 que las tecnologías de energías no renovables son las que aún mantienen los niveles más altos de capacidad de generación debido a la alta investigación y desarrollo que se ha invertido a lo largo de toda su historia. A medida que el desarrollo de las tecnologías evolucione, se espera que las energías renovables vayan aumentando su capacidad de generación, ya que se descubren maneras de optimizar los recursos y minimizar las ineficiencias.

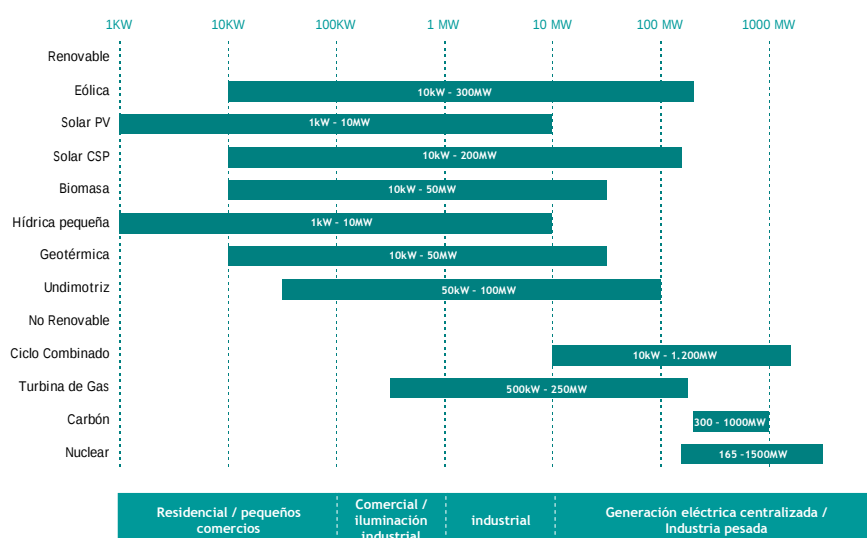


Figura 4.2 – Capacidad de generación según fuente

Como se ha mencionado previamente en la descripción de las energías, cada una se encuentra en una etapa distinta de desarrollo. Por ejemplo, las energías no renovables son las más desarrolladas y ya se encuentran en la etapa de madurez, mientras que algunas de las energías renovables todavía se encuentran en la fase inicial de desarrollo como la mareomotriz o la geotérmica. En la Figura 4.3 se ven los grados de avance del desarrollo de las distintas fuentes de generación eléctrica.

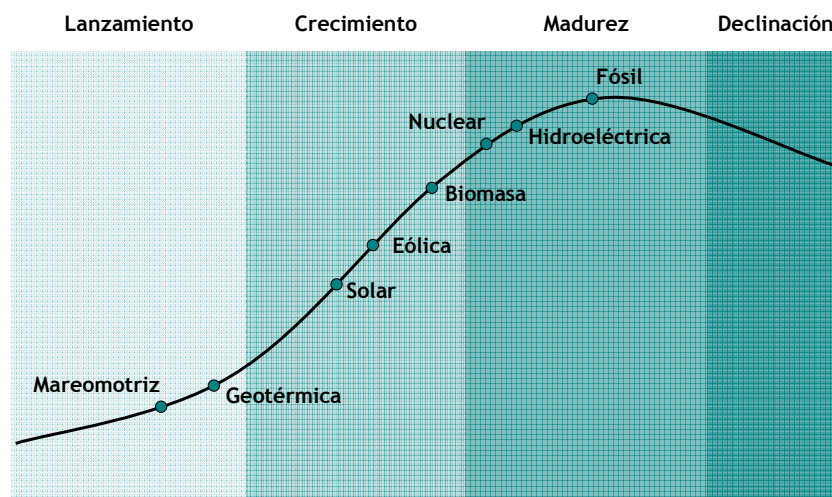


Figura 4.3 – Nivel de desarrollo de las distintas tecnologías de generación

La energía eólica: Qué es la energía eólica?

La Energía eólica se origina a partir del movimiento de las masas de aire, es decir, el viento. Al igual que la mayoría de las fuentes de energías renovables, proviene indirectamente del sol, ya que son las diferencias de temperatura entre las distintas zonas geográficas de la tierra las que producen la circulación de aire.

El ciclo de la energía eólica comienza con la propia generación de su recurso, el viento, que se da en forma natural. El segundo paso es la generación de electricidad utilizando aerogeneradores. Los aerogeneradores son los equipos que transforman la energía cinética del flujo del aire en energía eléctrica a través del movimiento de sus aspas que mueven el rotor de un generador eléctrico. Una vez transformada la energía en electricidad, se lleva a altas tensiones por medio de un transformador, que eleva la tensión desde el nivel de generación (400 / 690 V) a la tensión de la red eléctrica a la que se conecta. En general se transporta la electricidad a alta tensión con el propósito de disminuir las pérdidas incurridas en la línea. Una vez en las cercanías del destino final se comienza con la distribución, bajando la tensión a los niveles de distribución del tendido nacional, llegando a los consumidores finales, entre los que se encuentra el sector residencial, el sector comercial y el sector industrial. En algunos casos, las industrias que presentan un gran consumo optan por abastecerse directamente de electricidad de media tensión. El ciclo se puede ver esquematizado en la Figura 4.4.

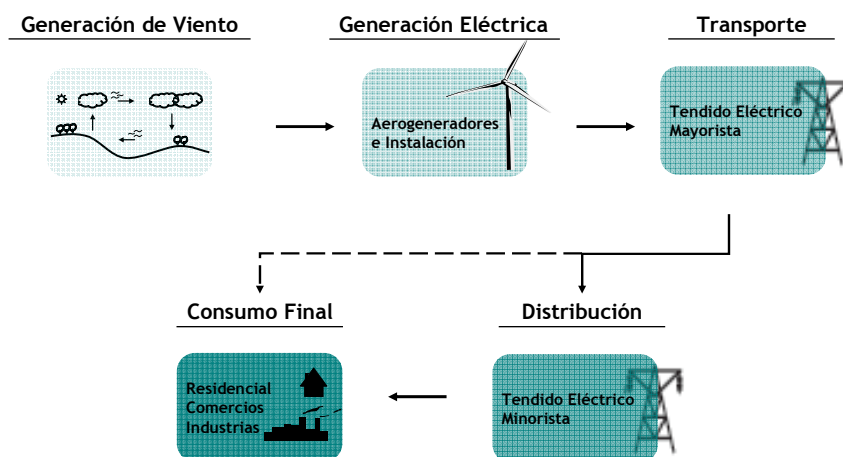


Figura 4.4 – Ciclo de la generación eólica

La principal característica de la energía eólica, como también de la energía solar, es la dependencia de un recurso natural incontrolable. El control del viento y las características climáticas están fuera del alcance del hombre, por lo tanto, es necesario estudiar con detenimiento y exhaustivo cuidado el lugar de emplazamiento del parque eólico, evaluando todas las alternativas posibles y prestando extrema atención al estudio geológico y las características inherentes del territorio.

Si bien el viento es un recurso que presenta cierta impredecibilidad, existen muchos lugares en el mundo donde las condiciones naturales son ideales para la instalación de equipos eólicos. Esto se debe a que cuentan con condiciones climáticas muy estables donde los vientos mantienen una cierta constancia.

La velocidad del viento es la variable que posee el mayor impacto sobre el rendimiento de un aerogenerador, dado que la energía extraída de una turbina eólica aumenta en el cubo de la velocidad del viento. Sin embargo, a diferencia de la creencia popular, los niveles de velocidad de vientos no deben ser extremadamente altos para ser considerados óptimos. Las características que deben tenerse en cuenta a la hora de elegir un lugar para el emplazamiento de un parque, son la constancia de velocidad y dirección del viento. Aquellos vientos severos, arrachados, turbulentos o incluso huracanados pueden dañar los aerogeneradores, elevando la temperatura del rotor, sobrecargando la fuerza ejercida sobre la torre e incrementando la rotura de las aspas por problemas de fatiga del material y sometiendo todos los componentes del equipo a un estrés que no están preparados para soportar. Contrariamente, vientos constantes y parejos en dirección y velocidad permiten una cierta predictibilidad que facilita el planeamiento de la producción y evita sobrecargas dañinas en los equipos, disminuyendo así los costos de mantenimiento y extendiendo su vida útil.

Una de las principales características de los aerogeneradores es la curva de potencia. Cada tipo de aerogenerador tiene su propia curva, la cual muestra la relación entre la velocidad del viento y la potencia entregada por el aerogenerador. La Figura 4.5 muestra

la curva de potencia de un aerogenerador con potencia nominal de 2.000 KW a modo de ejemplo.

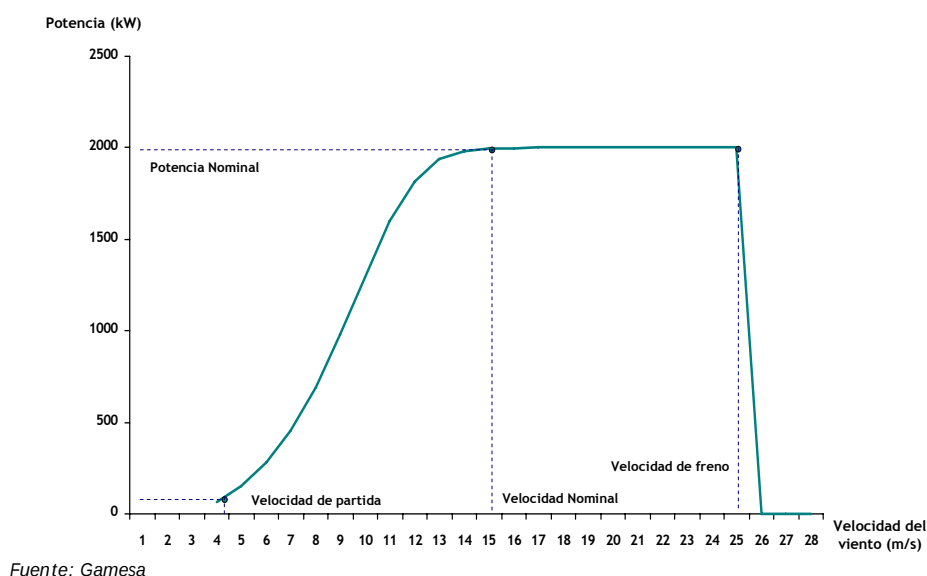
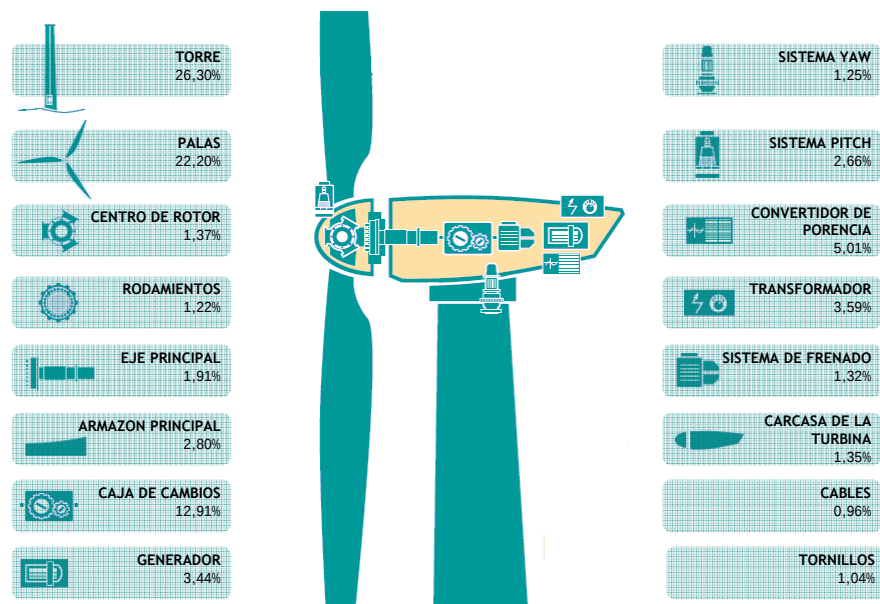


Figura 4.5 – Curva de potencia de un aerogenerador de 2MW

Se requiere una velocidad mínima del viento para vencer la resistencia y la propia fricción de los componentes del equipo. Esta velocidad se denomina, en general, velocidad de partida ya que al superarla, el aerogenerador empieza automáticamente a producir electricidad. La curva de potencia obedece a una relación de proporcionalidad cúbica entre la velocidad del viento y la potencia generada del aerogenerador. Es decir, la potencia entregada crece con el cubo de la velocidad de viento hasta llegar a la potencia nominal. Esta potencia se alcanza cuando la velocidad del viento se encuentra entre los 12 y 15 m/s (velocidad nominal). Una vez superada la velocidad nominal, si bien la energía del viento aumenta, el aerogenerador limita la potencia generada a la nominal con la finalidad de evitar sobrecargas mecánicas y eléctricas. Por otra parte, la velocidad de freno indica la velocidad de viento máxima para una operación segura del aerogenerador. Si se excede esa velocidad, por ejemplo durante una tormenta, el sistema de control del aerogenerador frena el rotor hasta detenerlo completamente.

Los aerogeneradores están compuestos esencialmente por un rotor con aspas y un buje situado en lo alto de una torre, una góndola donde se ubica una caja multiplicadora, un generador eléctrico con freno mecánico, un controlador electrónico y su mecanismo de orientación. El mecanismo de funcionamiento es sencillo, el viento pasa sobre la superficie de las aspas ejerciendo una fuerza de sustentación sobre ellas que hace girar el rotor. Este movimiento de rotación es transferido al eje principal y en la mayoría de los aerogeneradores es amplificado mediante una caja multiplicadora que aumenta la velocidad de rotación del rotor hasta la velocidad de rotación de un generador.

Un típico aerogenerador contiene más de 8.000 distintos componentes. En la Figura 4.6 se muestran los elementos principales y su participación en el precio total del aerogenerador. Los datos están basados en una turbina con palas 2 MW de potencia.

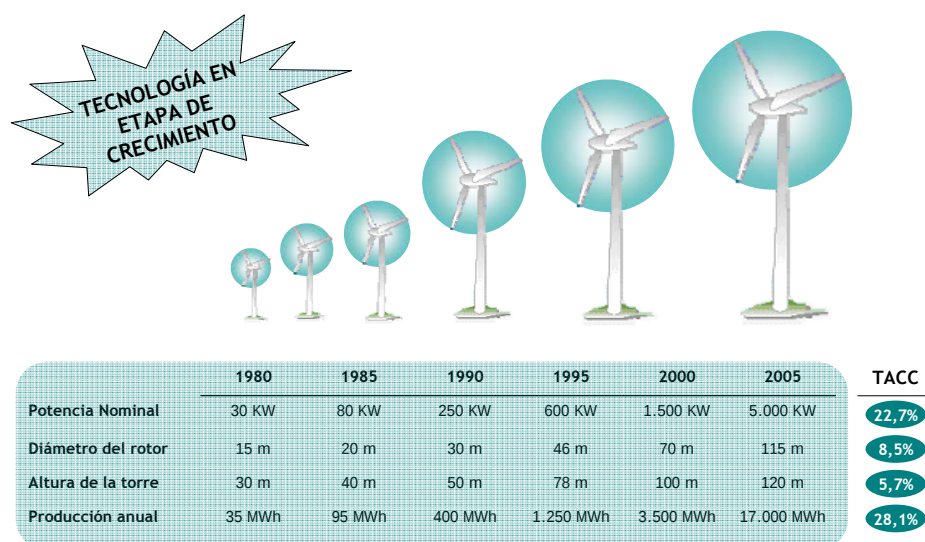


Fuente: The European Wind Energy Association

Figura 4.6 – Principales componentes y costos de un aerogenerador

La energía extraída por un aerogenerador depende principalmente de la velocidad y dirección del viento en el lugar de emplazamiento, el área del rotor, el diseño técnico y de la densidad del aire. Si bien la velocidad del viento juega un papel importante en la potencia entregada como se mencionó anteriormente, la altura de las torres puede también representar una variable importante. Se ha estudiado que la altura a la cual están situadas las aspas afecta significativamente la potencia extraída, debido a que la velocidad del viento aumenta en la medida que se incrementa la altura sobre el nivel del suelo.

La evolución de la potencia de los aerogeneradores modernos ha aumentado considerablemente en los últimos años, tal como se pudo observar en la Figura 4.7. Esto se debe principalmente a las fuertes inversiones en investigación y desarrollo que tuvieron lugar en la última década que desencadenaron un progreso tecnológico fenomenal. En 1995 los equipos eólicos mas grandes alcanzaban una potencia nominal de 500/600 KW con diámetros de rotor de 34-44 metros, mientras que en el año 2000 los aerogeneradores llegaron a una potencia de 1,5 MW con diámetros de rotor de 70-72 metros. Estos se vieron rápidamente reemplazados por aerogeneradores con potencia nominal de más de 2,5 MW y diámetros de rotor de hasta 120 metros.



Fuente: Asociación Federal de Energía Eólica (BWE), Alemania

Figura 4.7 – Evolución de los aerogeneradores

Observando la evolución de la tecnología en la Figura 4.7, es notable cómo se logró incrementar la producción anual aumentando en una menor proporción las dimensiones de los equipos. Indudablemente existe un fuerte trabajo de investigación y diseño que logró aumentar la productividad de cada aerogenerador. Afortunadamente, la tecnología no ha llegado aún a su techo de potencial, ya que año a año se siguen rompiendo los parámetros establecidos por los previos diseños. En conclusión, se puede destacar que la tecnología implementada en la generación de electricidad a través del viento sigue en constante evolución y se encuentra en su plena etapa de crecimiento.

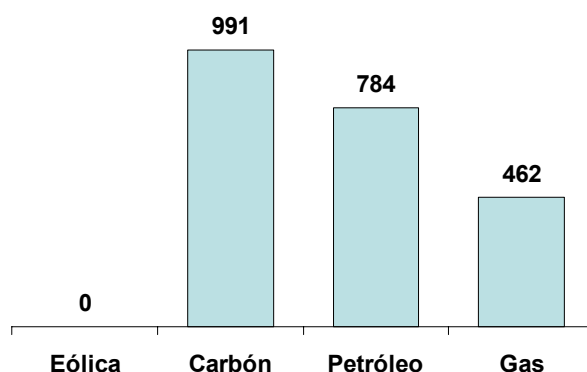
Los parques eólicos conectados a sistemas eléctricos que existen hoy en día están compuestos, en su mayoría, por aerogeneradores individuales de potencias entre 500KW y 2,5 MW. En cuanto a las nuevas instalaciones, ha surgido una tendencia hacia las unidades más grandes, principalmente por restricciones de disponibilidad de terreno para emplazamientos en los países europeos de mayor aplicación y demanda.

Los proyectos eólicos se pueden componer de uno o varios aerogeneradores, la suma de sus potencias individuales determinará la capacidad de generación del proyecto. Los tamaños de los aerogeneradores individuales varían entre 5Kw y 6MW de potencia. Mientras que los generadores pequeños son usados para aplicaciones en redes eléctricas aisladas, las turbinas eólicas de 4,5 – 6 MW corresponden a prototipos de desarrollo más recientemente diseñados para aplicaciones offshore (parque eólico instalado en el mar).

La generación de energía eléctrica a través de energía eólica posee una ventaja significativa respecto de las energías convencionales, pues no genera emisiones de contaminantes atmosféricos como los gases nocivos que emiten las energías convencionales. Como se puede ver claramente en la Figura 4.8, la combustión de carbón es la metodología que mayor contaminación atmosférica causa en el ambiente en

toneladas de gas por GWh generado. La energía eólica es altamente recomendable para reducir este tipo de emisiones, ya que no produce, en absoluto, daño atmosférico.

Toneladas por GWh



Fuente: IEA - Emissions of power plants; EWEA - Pure Power, Marzo 2008

Figura 4.8 – Emisiones de CO₂ según el tipo de combustible

La instalación de aerogeneradores no sólo tiene el beneficio de ser una energía “limpia” sino que presenta muchos otros beneficios como la seguridad de abastecimiento, la independencia de la volatilidad de los precios y la disponibilidad a largo plazo de los combustibles fósiles, el dinamismo y crecimiento de un sector de la industria que impacta en la economía, la creación de puestos de trabajo generalmente calificado y permite el acceso a electricidad de sitios aislados.

Además, en general, es compatible en el uso del terreno junto con otras actividades, tales como la agrícola o la ganadera, lo que permite la libre disponibilidad del terreno para su explotación. Generalmente el porcentaje del terreno utilizado por la actividad eólica es mínimo. Aproximadamente sólo un 1% o 2% del área total es inhabilitado por las torres de las turbinas, los transformadores y los caminos internos de acceso.

Históricamente, la energía eólica ha sido castigada por una serie de mitos que intentan dañar su imagen positiva. Muchos acusan al emplazamiento de aerogeneradores de causar daño al entorno al presentar una amenaza para las aves o generar ruidos. Lo cierto es que al situar un parque eólico se realizan numerosos estudios de impacto ambiental donde se presta destacada atención a la ruta de emigración de las aves de la zona. De ser tenido en cuenta este aspecto, las palas de los aerogeneradores no representan una amenaza para ninguna especie. De hecho, factores como las ventanas de los edificios, los pesticidas utilizados en el campo o las torres de comunicación causan más accidentes avícolas que los aerogeneradores.

La acusación de la perturbación sonora es totalmente antigua y fuera de época. La evolución del diseño y la tecnología de los aerogeneradores logró bajar los decibeles emitidos sustancialmente, haciéndolos comparables con el ruido que genera una heladera en funcionamiento.

También se escuchan insinuaciones sobre el impacto visual que pueden causar los aerogeneradores en el terreno, dañando el paisaje natural. Realmente, los

aerogeneradores son extremadamente sutiles y mantienen una línea compatible con las perspectivas naturales. Tal es el caso, que un terreno de 10 hectáreas de aerogeneradores producen mucho menos impacto negativo que una central térmica con su gran volumen y su chimenea en constante funcionamiento.

Una de los mayores mitos que sufre la industria eólica es el pensamiento popular que insinúa la falta confianza que se puede depositar en la misma. Es cierto que la energía eólica es variable pero no es totalmente impredecible, ya que los sitios de emplazamiento presentan, generalmente, vientos uniformes, constantes y estables en el tiempo, por lo que la planificación se facilita considerablemente.

También se le adjudican altos costos, no competitivos con el resto de las alternativas. Se demostrará más adelante que en ciertos lugares favorables, esto no siempre es certero y adicionalmente se espera que sus costos disminuyan sustancialmente.

Costos de la Energía Eólica

La energía eólica es aprovechada por varias aplicaciones entre las cuales se encuentra la generación de electricidad, tanto aquella conectada a la red eléctrica nacional como aquella destinada a uso particular, el bombeo de agua y trabajos mecánicos. Este análisis se centrará principalmente en la generación de energía eléctrica, aplicación que representa el mayor porcentaje de toda la actividad eólica mundial.

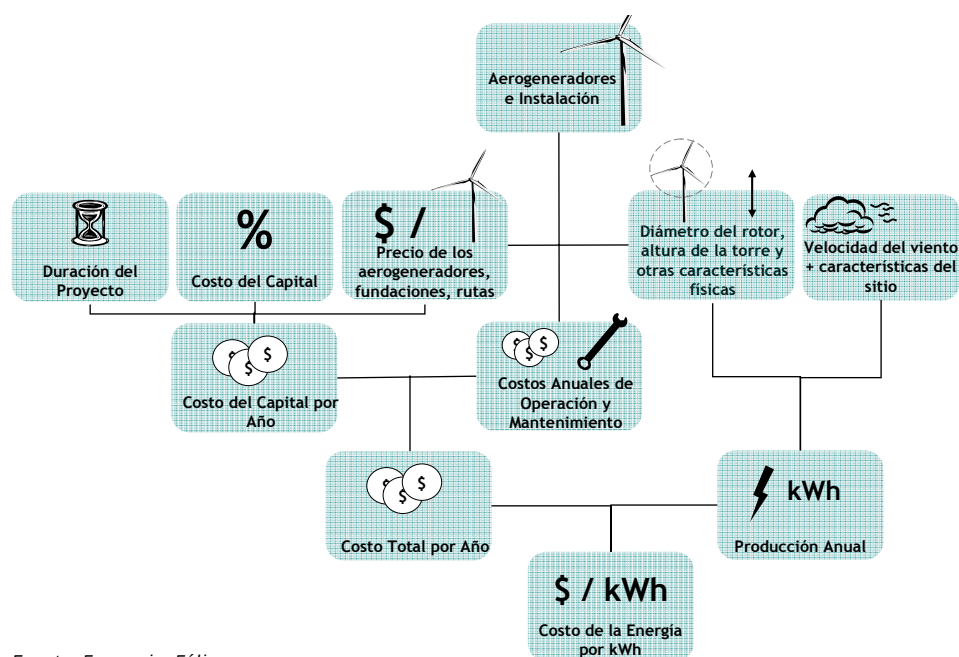
En esta sección se estudiarán los costos básicos de un parque industrial, incluyendo los costos iniciales y los costos variables, que incluyen principalmente los costos de operación y mantenimiento, ya que el recurso es de libre disponibilidad.

Los principales elementos que deben tenerse en cuenta para el análisis de los costos de la energía eólica son:

- Costos iniciales (mayormente los aerogeneradores y su transporte)
- Costos de instalación de los aerogeneradores
- Costos del capital
- Costos de operación y mantenimiento
- Costos de desarrollo y planeamiento del proyecto
- Vida útil de los equipos
- Producción de electricidad, disponibilidad de los recursos y pérdidas en el sistema

En esta sección se analizarán la evolución de los costos totales de generación de energía eólica por kW entregado. De esta manera, más adelante se podrán comparar los costos de otras tecnologías.

En la Figura 4.9 se pueden observar los elementos críticos a considerar y su interconexión para evaluar correctamente el costo de generación de energía eléctrica a través de aerogeneradores.



Fuente: Economics Eólica

Figura 4.9 – Determinación de los costos de la energía eólica

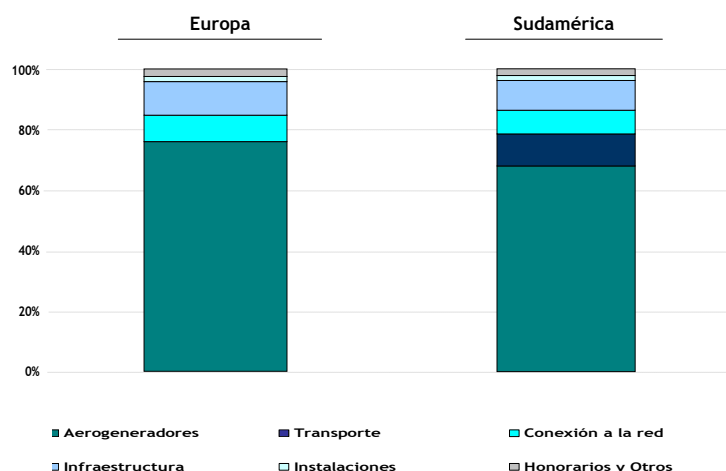
Aproximadamente el 75% del costo total de la energía eólica está directamente relacionado con los costos iniciales como los aerogeneradores, las fundaciones, equipos eléctricos, las conexiones a la red nacional y costos asociados a las instalaciones iniciales, mientras que el 25% restante está relacionado con los costos operativos y de mantenimiento. Obviamente las fluctuaciones propias del mercado de combustibles no tienen impacto sobre los costos de la generación. Por lo tanto, se puede considerar que un parque eólico es intensivo en capital inicial al compararlo con las energías convencionales de combustibles fósiles como una planta de gas natural, donde entre el 40% y el 70% de los costos están relacionados con precio del combustible y los costos periódicos de mantenimiento y operación.

A continuación se detallan los costos abiertos por su naturaleza, costos iniciales o “fijos” y costos de operación o “variables”:

Costos iniciales de proyectos eólicos fijos

El costo inicial de los proyectos eólicos está dominado por los propios autogeneradores. La Figura 4.10 muestra la típica estructura de costos de la instalación de un aerogenerador estándar de 2 MW en Europa y en Sudamérica. El porcentaje que representa el equipo aerogenerador, en promedio, alcanza un 76%, mientras que las conexiones a la red alcanzan aproximadamente un 9% y las fundaciones se ubican alrededor de un 7% del costo total de puesta en marcha del parque europeo. En el caso de la instalación de un parque eólico en Sudamérica estos valores difieren debido a que al ser las distancias entre los productores de aerogeneradores y el lugar de emplazamiento significativamente más cortos, no se discrimina el transporte del costo del aerogenerador. En los países sudamericanos, en especial los países más australes

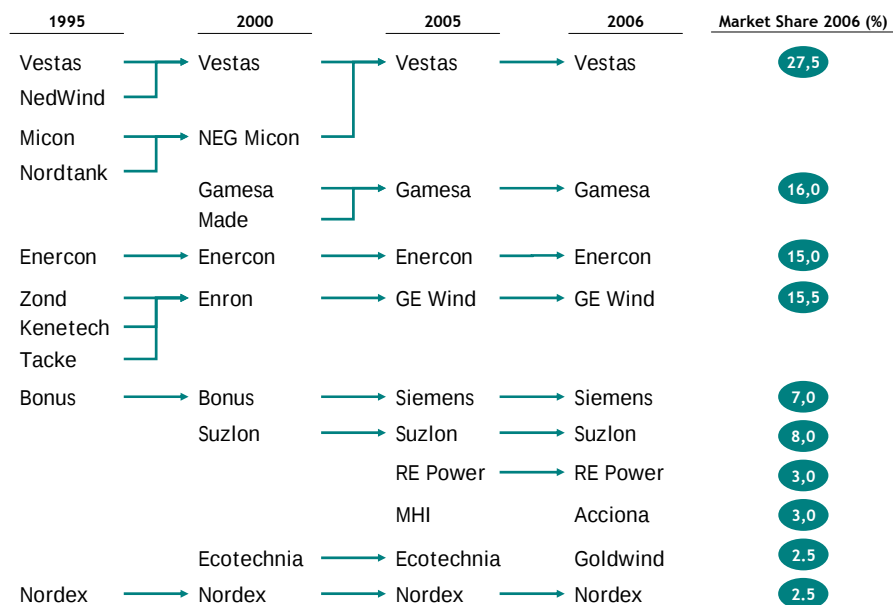
como el caso de Argentina, el transporte de los aerogeneradores pasa a tomar un lugar importante en la estructura de costos.



Fuente: European Wind Energy Association - The Economics of Wind Energy; Gamesa

Figura 4.10 – Estructura de costos de la instalación de un aerogenerador de 2MW

Los altos costos incurridos en transporte de aerogeneradores se producen principalmente por la falta de producción de equipos eólicos en la región. La mayoría de las empresas productoras de equipamientos especializados en energía eólica, de tamaño comercial, se encuentran en Europa, Estados Unidos y Asia (China). En la última década la industria de aerogeneradores se ha ido consolidando en las diez empresas más importantes de las cuales las primeras cuatro absorben el 75% del mercado, como se muestra en el la Figura 4.11,

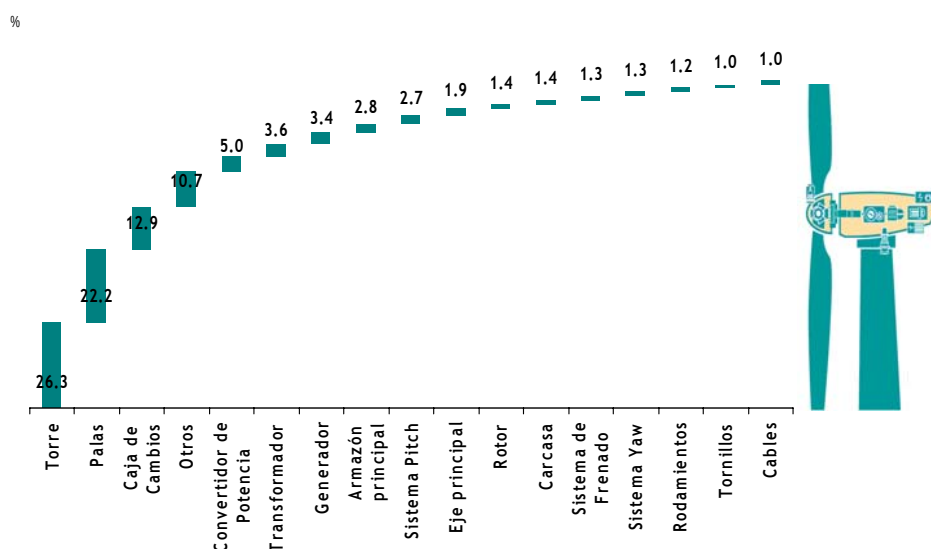


Fuente: BTM Consult 2006/2007

Figura 4.11 – Principales *players* de la industria eólica

Sudamérica experimentó en los últimos años algunos intentos por fabricar este tipo de aerogeneradores. La empresa Argentina, Impsa, que preside el empresario Pescarmona, fabricó los primeros aerogeneradores del país. Desafortunadamente su calidad no satisfizo los requerimientos del mercado, por lo que aún sigue en proceso de desarrollo. También hubo ciertos intentos por encarar el proceso productivo del lado brasileiro, pero sin un claro éxito hasta el momento. Aunque todavía el sector de manufactura de aerogeneradores se encuentra en etapa de desarrollo en la región, se espera que la tendencia mundial hacia las energías renovables fomente las inversiones en este sector y se incremente la accesibilidad a equipos eólicos locales, favoreciendo la industria regional.

El principal problema que enfrenta la fabricación de aerogeneradores en Sudamérica es el nivel de tecnología actualmente disponible para el moldeo de las palas. Sin embargo, existen numerosos componentes que podrían producirse localmente sin ningún tipo de inconveniente. Como se puede ver en la Figura 4.12 las palas representan un 22,2% del costo total del equipo, siendo uno de los elementos que más participación poseen.



Fuente: The European Wind Energy Association

Figura 4.12 – Descomposición de costos de un aerogenerador de 2MW

Se estima que dado el nivel tecnológico actual en la región, Sudamérica estaría en condiciones de fabricar componentes que hoy representan aproximadamente un 50% del costo total. Esto beneficiaría al proyecto disminuyendo los costos asociados al transporte pues se vería reducido sustancialmente el volumen y peso de carga de larga distancia.

Es preciso recordar que la evaluación de los costos y, por ende, los porcentajes obtenidos corresponden a turbinas estándar de 2 MW de potencia entregada. Aerogeneradores fabricados para climas más extremos, temperaturas más bajas, localizados en desiertos u offshore, generalmente son más caros que aquellas fabricadas para funcionar bajo condiciones más apacibles. Los porcentajes de la participación de los componentes en el costo total, también presentan ciertas variaciones entre los distintos tipos de aerogeneradores, pero no de manera relevante para el análisis.

Es lógico decir que los parques eólicos tienen un comportamiento que responde a economías de escala. Esto es así en términos de tamaño del parque (el número de aerogeneradores compartiendo una única subestación, los costos de desarrollo, diseño y construcción) y también en términos de tamaño de los equipos individualmente. Mayores tamaños de aerogeneradores significan menores costos de instalación por área y generalmente los costos de algunos componentes del sistema como controladores electrónicos, fundaciones varían menos que proporcionalmente con el tamaño de la turbina.

En la estructura de costos se tuvo en cuenta para los costos de conexión a la red, que el parque eólico alimentará directamente a la red de distribución de alta tensión. Al planificar un proyecto eólico es indispensable tener en cuenta la infraestructura existente para el transporte de tensión y su factor de utilización. La mayoría de los proyectos se sitúan en lugares aislados donde el acceso a la red es limitado y en muchos casos se

deben incurrir en grandes tendidos eléctricos propios para poder despachar la electricidad. Esto se traduce automáticamente en grandes costos adicionales que no fueron considerados dentro de la estructura expuesta anteriormente.

Otros costos iniciales adicionales pueden ser aquellos asociados al desarrollo y diseño del proyecto, las autorizaciones municipales, las regulaciones locales y los estudios de impacto medioambiental que se deben presentar ante las autoridades antes de abordar la construcción. Estos procedimientos pueden resultar tortuosos, costosos y largos si son los primeros proyectos eólicos en la zona. Se estima que existe una curva de aprendizaje por parte de las autoridades a medida que la cantidad de proyectos aumenta en la zona. En localidades más desarrolladas en esta tecnología, las autorizaciones y requerimientos iniciales son rápidos y eficientes.

Costos variables de operación y mantenimiento

Los equipos eólicos como todas las maquinarias industriales, requieren servicios y mantenimiento periódicos que constituyen una porción importante de los costos anuales de un parque eólico. Sin embargo, al comparar estos costos con los costos operativos de las tecnologías convencionales, resultan muy pequeños.

Los costos operativos están relacionados a aquellos costos recurrentes como seguros, mantenimiento regular, reparaciones, repuestos y administración.

Algunos de estos costos son fácilmente estimables, como por ejemplo los seguro y el mantenimiento regular, ya que se firman contratos de largo plazo por la vida útil de los equipos, en general con las mismas empresas proveedoras de los aerogeneradores. Otros costos más difíciles de estimar son los repuestos y las reparaciones debido a que no se conoce exactamente el momento de rotura de los componentes.

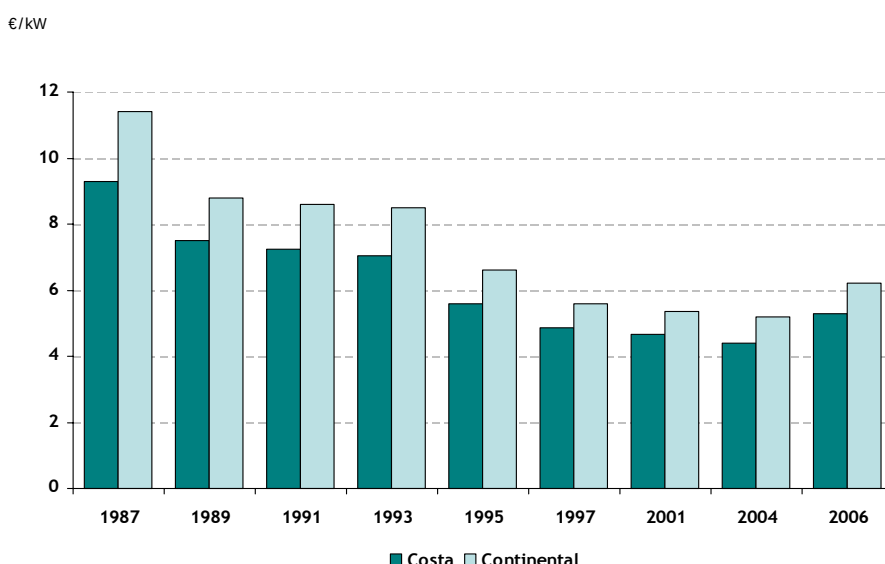
Si bien se espera que todos los costos de operación comiencen a aumentar conforme el paso del tiempo y la antigüedad de los aerogeneradores, los costos de los repuestos son los que particularmente lideran el aumento en el tiempo. Esto se debe principalmente a que la tecnología evoluciona año a año, dejando obsoletos a los equipos anteriores y haciendo más difícil el acceso a los componentes individuales de modelos anteriores.

Evolución de los costos de energía eólica por kW

La eficiencia en la generación eléctrica eólica ha evolucionado significativamente en el último tiempo debido exclusivamente a las mejoras en el diseño de los equipos. Teniendo en cuenta todos los factores que contribuyeron al aumento de eficiencia como la altura de las torres, la utilización de materiales, la eficiencia de los generadores eléctricos, el peso total de las torres, el diseño de las palas y los sistemas de control, se aumentó la eficiencia de producción en un 2,5% anual durante los últimos 15 años.

El gran incremento de desarrollo global de la tecnología eólica tuvo una fuerte influencia en el costo del equipamiento en los últimos 20 años. Con el objetivo de ilustrar la tendencia en los costos totales de generación eólica, se presenta en la Figura 4.13 el caso de los diferentes modelos de aerogeneradores a lo largo del tiempo, diferenciándolos por aquellos situados en zonas de costa donde el viento es, por lo

general, más fuerte y en zonas continentales donde se encuentran emplazados la mayoría de los proyectos, aunque los vientos no sean los óptimos. Debido a la poca disponibilidad de datos, la curva se hizo sólo con datos obtenidos de Dinamarca, aunque se puede extrapolar a nivel global ya que varios países respetaron la misma tendencia. Se supuso para el cálculo que la vida útil para todos los generadores es de 20 años, y se llevaron los valores a euros del 2008 a una tasa de descuento del 7,5% por año.



Fuente: The European Wind Energy Association – The Economics of Wind Energy

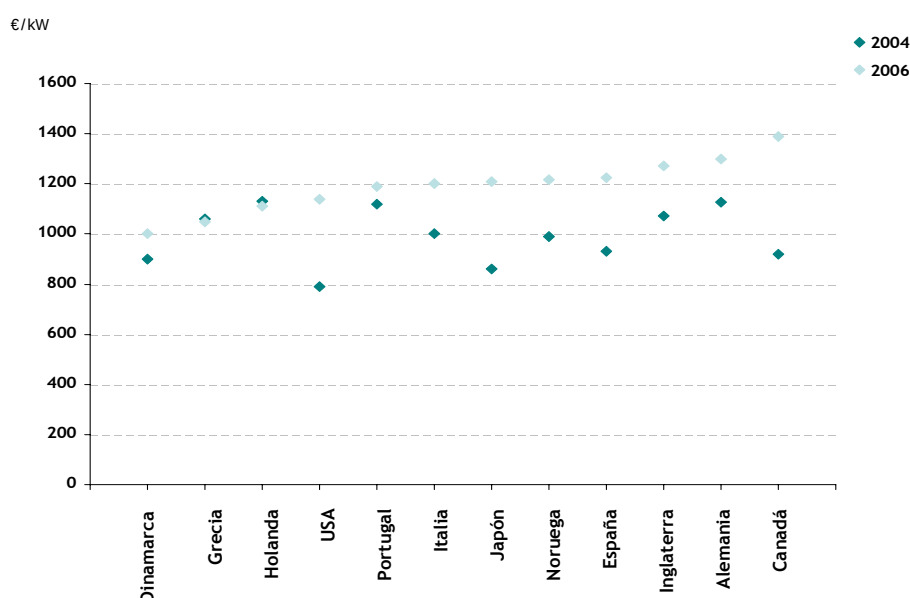
Figura 4.13 – Evolución de los costos de generación eólica

El análisis comienza con un equipo de 95 kW de potencia, que era instalado mayormente en Dinamarca a mediados de los '80. Seguido, se tomaron aerogeneradores más modernos (150 kW, 225 kW), terminando con un equipo que entrega 2.000 kW (2MW), que típicamente se instalaron desde el 2003 en adelante. Se puede ver que los fabricantes de aerogeneradores esperan a reducir los costos entre un 3% y un 5% del modelo anterior antes de sacarlo al mercado. Lógicamente, los datos de los aerogeneradores más antiguos cuentan con una mayor precisión que los datos de los modernos equipos, ya que aquellos que fueron instalados primero tienen más años de muestra y recopilación de datos que los nuevos.

Como se puede observar hubo una sustancial disminución en los costos por unidad de potencia entregada en el período bajo estudio, excepto entre el año 2004 y el 2006. Desde fines de los 90 hasta el año 2004, los costos bajaron en promedio un 2% anual aproximadamente, correspondiente a un 30% de reducción un período de 15 años. Esta tendencia fue quebrada en el año 2006, cuando los costos sorprendentemente subieron un 20% con respecto a los valores del 2004. Este efecto fue causado principalmente por la alta demanda de equipamiento eólico que se presentó en los últimos años, combinada con un alza en los precios de los commodities y las restricciones de oferta en el mercado.

El sorprendente incremento de la demanda de aerogeneradores entre el 2006 y el 2008 de un 28% anual y los altos precios de los commodities como el acero y las materias primas utilizadas en la fabricación de los equipos eólicos, mantuvieron los precios de los aerogeneradores altos a similares valores del 2006.

El incremento en los precios de los aerogeneradores no sucedió únicamente en Dinamarca, sino que es un fenómeno global. En la Figura 4.14 se pueden observar los aumentos en los precios de los aerogeneradores en los principales países desarrollados del mundo. Se puede observar que en algunos países la diferencia entre el 2004 y el 2006 no es muy grande mientras que en otros como Estados Unidos y Canadá alcanzan aproximadamente un 40% de aumento. Se puede observar que la mayoría de los países sufrió el mismo proceso de aumento de costos.



Fuente: The European Wind Energy Association - The Economics of Wind Energy

Figura 4.14 - Evolución de los costos de generación eólica

La evolución a futuro de los costos de la energía eólica se basa en la metodología de la curva de aprendizaje. Esta curva no es una herramienta de proyección que se base en correlaciones de ciertas variables relacionadas, sino que simplemente se basa en proyectar la tendencia que viene sucediendo en el pasado. No tiene en cuenta relaciones causales como el precio de las materias primas o los efectos de la demanda y la oferta de la industria. Por lo tanto, cambios en estos aspectos pueden variar considerablemente las proyecciones obtenidas. Numerosos estudios sobre proyecciones de costos de energía eólica han sido llevados a cabo, sin embargo, dada la volatilidad que existe en el mercado de commodities, cualquier estimación o proyección tendría el mismo grado de certeza que las proyecciones a través de la curva de experiencia.

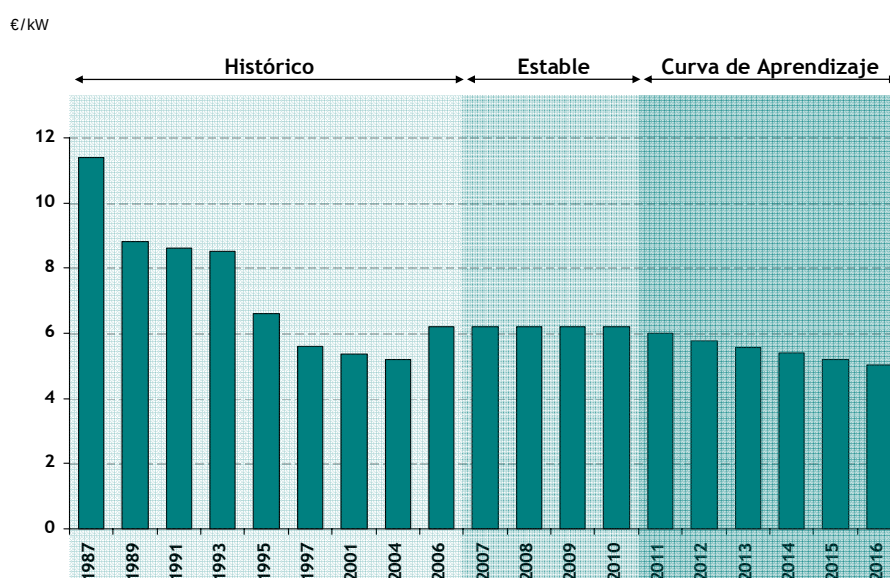
La capacidad instalada de equipamiento eólico experimentó incrementos de aproximadamente 29% anual durante los últimos 11 años. Lo que supone que sería

prudente considerar que en el futuro cercano la capacidad instalada se duplique cada tres o cuatro años.

Se tomarán varios supuestos para la proyección de los costos que se detallan a continuación:

- Los costos del 2006 serán mantenidos constantes hasta el año 2010. La razón por la cual no se prevén reducciones en los costos es la alta demanda de equipos aerogeneradores y las limitaciones que tienen los proveedores que se encargan de los sub-componentes
- Desde el 2010 hasta el 2016, se asume una curva de aprendizaje con una tasa del 10%, lo que significa que cada vez que la capacidad instalada se duplique, el costo por unidad de potencia generada se reduce en un 10%
- La capacidad de generación de energía eólica instalada se duplica cada tres años

Finalmente se puede observar en la Figura 4.15 los costos esperados para los próximos años en instalación y generación de energía eléctrica eólica.



Fuente: The European Wind Energy Association - The Economics of Wind Energy

Figura 4.15 – Proyección de costos de generación eólica

Analisis comparativo de las fuentes de electricidad

Costos

El sector eléctrico ha sido históricamente de público interés e interferencia política basados en la seguridad de abastecimiento, la economía nacional y temas ambientales y laborales.

Al diseñar el marco del mercado eléctrico es muy importante reconocer los costos y beneficios de las diferentes alternativas de generación, considerando también los costos

externos asociados a cada metodología, con el fin de estimular y fomentar las inversiones sustentables en tecnologías de generación.

El principal desafío para esto es que los beneficios socio-económicos de las energías renovables son muy difíciles de monetizar en el mercado. Por lo tanto, estas externalidades son generalmente ignoradas por los inversores al tomar las decisiones en nuevas plantas de generación eléctrica. Si bien, luego de los distintos acuerdos internacionales como el Protocolo de Kyoto algunos países comenzaron un proceso de concientización, la mayoría de los mercados actualmente continúa considerando externalidades factores como el medioambiente y el cambio climático o el impacto laboral y la seguridad de abastecimiento. Adicionalmente, al incorporar fuentes de generación alternativas las empresas de transporte de tensión y los operadores del sistema pueden incurrir en costos particulares al integrar algunas energías renovables a la red asociados a su naturaleza fluctuante.

Por otro lado las denominadas curvas de aprendizaje son generalmente ignoradas en los análisis. Al comparar las tecnologías alternativas con las convencionales, se puede observar que las renovables se encuentran en una etapa anterior en el nivel de desarrollo. En un largo plazo, a través del progreso tecnológico y economías de escala, las nuevas tecnologías tendrán competitividad con las energías convencionales que ya se encuentran en la etapa de madurez.

Una de las claves para el fomento e incentivo de este tipo de métodos de generación renovables es el exhaustivo entendimiento de los costos y los beneficios socio-económicos de las distintas fuentes. Sólo teniendo un gran conocimiento de la industria y sus consecuencias los gobiernos y las instituciones internacionales pueden crear recomendaciones y políticas para mejorar el marco, el entorno y las condiciones para los desarrollos. De esta forma, los inversores pueden tomar las decisiones sobre bases óptimas de conocimiento de la situación y optar por tecnologías que tengan no sólo un retorno económico determinado, sino también un impacto social importante.

En este proceso de “educación” e información es necesario interiorizar aquellas externalidades que hoy no están contempladas en el mercado, equilibrando los costos y beneficios de las distintas alternativas. Esto “limpiará” las distorsiones que existen hoy al dejar factores importantes fuera de la ecuación y se verán reflejados los verdaderos costos y beneficios. La actual limitación a la disponibilidad de información confiable es una de las principales causas de las incertidumbres de los inversores, que se inclinan hacia el mundo conocido de las energías convencionales.

Con el objetivo de difundir información acerca de los verdaderos costos y beneficios de las fuentes renovables de generación eléctrica nueve países (Canadá, Dinamarca, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Holanda, Noruega e Inglaterra) lanzaron conjuntamente un acuerdo bajo el marco de Agencia Internacional de Energía (“International Energy Agency”, IEA por sus siglas en inglés) en el año 2006. Este acuerdo llamado “Renewable Energy Technology Deployment” (REDT) tiene por objetivo acelerar la instalación de energías renovables en el período 2006-2010. Entre

sus actividades la IEA desarrolló una herramienta de trabajo destinada a calcular los costos de las distintas metodologías donde se introducen las externalidades y permite analizar y comparar las distintas fuentes incluyendo aspectos que en general no son monetizados. Esta herramienta llamada REcalculator es de público dominio y totalmente basada en información confiable de fuentes reconocidas internacionalmente. El objetivo de esta herramienta es calcular los costos de generación eléctrica a largo plazo de las distintas fuentes disponibles. A estos costos, se le sumarán aquellos costos y beneficios que son externos a la propia operación de la planta, pero importantes para la sociedad. En principio, la noción de externalidad incluye todos los efectos que influyen el bienestar de los seres humanos, pero que no están monetizados en el mercado y consecuentemente no están retribuidos por los principales jugadores.

El análisis socio-económico incluye los siguientes elementos:

- Tecnología
 - **Costo de capital:** estos costos también son conocidos como costos iniciales. Incluye los costos de diseño, planificación, estudios de factibilidad, ingeniería, aprobaciones de las autoridades, trabajo de tierras, caminos de acceso, construcciones edilicias, instalaciones (eléctricas, agua), equipamiento, repuestos, ensamblado y el transporte de los equipos al puerto de destino y desde el puerto al sitio de emplazamiento. Costos como la adquisición de la tierra, el management del proyecto, intereses durante la construcción e impuestos no se incluyen en los costos calculados ya que son muy particulares de cada proyecto.
 - **Costo de combustible:** El costo de los combustibles es muy volátil, particularmente en el último tiempo de incertidumbre general, en especial el precio del petróleo. Para las proyecciones se tomaron los valores de “IEA World Energy Outlook, 2006”.
 - **Costos de operación y mantenimiento:** Estos costos se abren en tres componentes, la parte fija que se compone básicamente de salarios de los empleados de administración y operaciones, la parte variable en la que se incluyen los costos de repuestos, reparaciones y materiales auxiliares y los costos de reinversiones periódicas.
- Medioambiente
 - **Polución del aire:** (SOx, NOx y partículas) típicamente emitidos en la combustión de fósiles
 - **Emisiones radioactivas y accidentes nucleares:** provenientes de la energía nuclear afectan la salud de los seres humanos y en caso de accidente sus consecuencias son extremas. Debe tenerse en cuenta el riesgo que presentan y los costos incurridos en las medidas de seguridad a implementar
 - **Reducción de emisiones** de gases que producen efecto invernadero

- Sistema de integración a la red
 - **Costos de infraestructura:** incluye los costos asociados a la expansión y ajustes de la red eléctrica para poder transmitir la nueva energía
 - **Balance de la red:** Costos asociados a manejar las desviaciones del plan de producción que en general se dan en las energías renovables
 - **Capacidad:** El costo que presentan algunas fuentes de generación como la eólica por no poder generar electricidad cuando el sistema lo necesita
- Seguridad de abastecimiento: Beneficios macro-económicos que surgen al utilizar energías renovables para disminuir los impactos asociados a la volatilidad del precio del petróleo. Este costo es el más difícil de cuantificar y probablemente sea el más incierto de todos. Se basa en la estipulación de que los recursos no renovables reducirán su oferta en el futuro, incrementando los precios, lo que llevará hacia inflación y desempleo afectando a las distintas economías. Por otro lado, se supone que el incremento de la participación de las energías renovables en la generación eléctrica tendrá impactos positivos en la seguridad de abastecimiento ya que ayudarán a disminuir el efecto de la volatilidad de los precios del petróleo

Este estudio toma al año 2010 como un año que representa los actuales costos de las diferentes alternativas debido a que muchas de las tecnologías que se están analizando no se encontrarán operativas hasta el año 2010. Las proyecciones se estiman para el año 2025 ya que se considera representativo de un futuro a un mediano/largo plazo. Los valores presentados se encuentran en Euros del 2006 y representan los valores promedios de las tecnologías emplazadas en los 9 países que participaron en la creación de la herramienta.

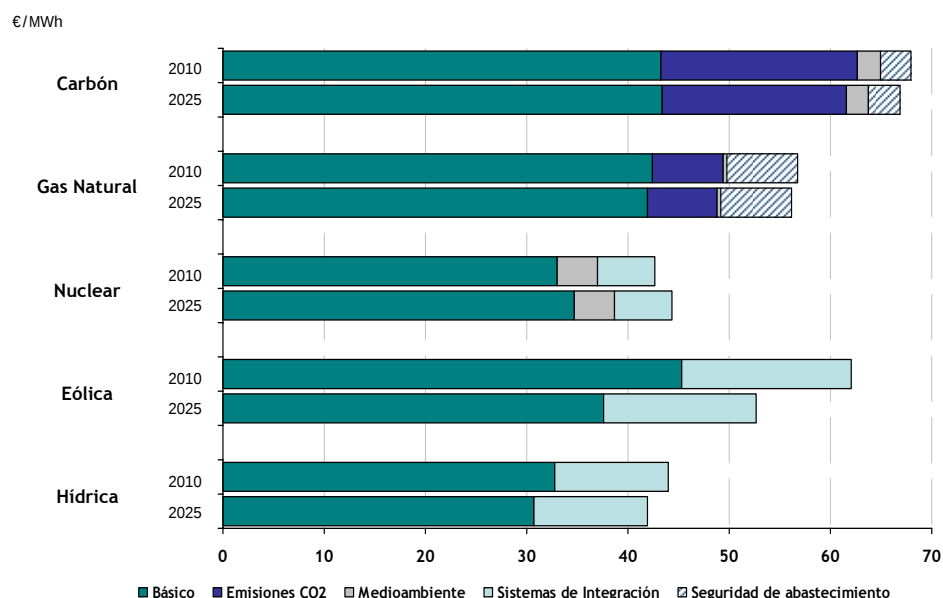
Las estimaciones de los costos de las tecnologías a largo plazo se basaron en la metodología de la curva de aprendizaje, donde estima en base a la experiencia previa, una tasa de progreso (disminución de costos) que se cumple al duplicarse la capacidad de generación instalada.

Cada tecnología presenta distintas tasas de progreso debido a que se encuentran en distintas etapas de maduración y a que cada una responde una naturaleza propia.

La herramienta utiliza para sus datos de entrada información basada en reportes, documentos públicos e información provista por empresas privadas relacionada con los costos de las tecnologías principalmente en Europa. Utiliza promedios de los distintos países ya que algunos costos difieren entre ellos. Aún así, las diferencias entre estos países no son significativas y los costos se pueden considerar representativos para todos ellos. Con el fin de simplificar la redacción se llamará “Costo Europeo” a los valores obtenidos en este análisis.

Para el análisis comparativo de los costos de las distintas fuentes de generación se tomaron los valores obtenidos de la REcalculator, excepto para las estimaciones de la energía eólica que fueron analizadas en secciones anteriores.

Como se puede observar en la Figura 4.16 la energía eólica aún no es competitiva comparada con el resto de las tecnologías desarrolladas hasta el momento. Como la mayoría de las energías renovables todavía debe incurrirse en costos asociados a la integración a la red eléctrica y presenta desventajas en cuestión de continuidad de abastecimiento.



Fuente: RECalculator, RETD

Figura 4.16 – Comparación de costos de distintas fuentes de generación eléctrica

Sin embargo, se espera que los costos asociados a la energía eólica disminuyan significativamente en un futuro a mediano plazo. Como se estudió previamente los costos relacionados con la tecnología incluidos en la parte Básica disminuirán según una curva de aprendizaje durante el período 2010 – 2016, mientras que se supone que los costos de integración también disminuirán, en menor medida, gracias a la experiencia obtenida y la expansión de los tendidos eléctricos.

Para el año 2025 es la tecnología que más potencial de evolución presenta, ya que se espera que reduzca sus costos en un 15% mientras que el resto de las tecnologías experimentan un mínimo descenso o incluso aumentan sus costos.

Si bien la energía hidráulica es una energía renovable, ya se encuentra en su etapa de madurez y no se esperan cambios significativos en su tecnología, por lo que los costos se mantendrán relativamente estables presentando una reducción de costos de aproximadamente un 2% en 15 años.

En el caso de la energía nuclear, es la alternativa más competitiva debido a su bajo costo por MW generado por su alta eficiencia. Este tipo de generación tiene grandes costos en materia de seguridad, ya que de ocurrir un accidente, las consecuencias son realmente peligrosas tanto para el medioambiente como para los seres humanos. Adicionalmente

se estima que el precio del Uranio aumente en un futuro debido a que es un recurso escaso y por lo tanto aumenten los costos de la energía nuclear en un mínimo porcentaje. Las denominadas energías convencionales como las alimentadas por carbón o gas, son las más utilizadas en el mundo para la generación de energía eléctrica en el presente. Esto se debe a que históricamente los costos considerados relevantes para el análisis de inversión son aquellos costos económicos dejando de lado los aspectos medioambientales e intangibles a corto plazo. Como se puede observar el costo básico se encuentra dentro de los rangos competitivos. El mayor problema que enfrentan estas alternativas son los efectos que causan en el medioambiente, que al cuantificarlos desplazan a estas tecnologías dando lugar a aquellas más “limpias”. Estos costos no cuantificables se pueden observar en las Figuras 4.17 y 4.18 que detallan la apertura de los costos tomados en cuenta en los años 2010 y 2025 respectivamente y en el Gráfico XXX, donde se puede visualizar rápida y claramente cómo castiga la cuantificación de los aspectos ambientales a las fuentes no renovables.

€/MWh

Año: 2010 - €/MWh	Gas Natural	Nuclear	Eólica	Hídrica	Carbón
Básico	42,40	32,97	45,33	32,76	43,29
Capital	6,14	17,09	36,74	24,43	20,37
Combustible	35,45	6,55	-	-	16,17
Operación y Mantenimiento	3,86	9,33	8,59	8,33	6,75
Calor	-3,05	-	-	-	-
Emisiones de CO2	6,98	-	-	-	19,32
Emisiones de CO2	6,98	-	-	-	19,32
Medioambiente	0,39	4,00	-	-	2,31
Polución del aire	0,39	-	-	-	2,31
Otros costos	-	4,00	-	-	-
Integración	-	5,70	16,67	11,20	-
Infraestructura	-	-	3,27	2,20	-
Balance de red	-	0,70	5,95	4,00	-
Capacidad	-	5,00	7,44	5,00	-
Seguridad de abastecimiento	7,00	-	-	-	3,09
Seguridad de abastecimiento	7,00	-	-	-	3,09
TOTAL	56,77	42,67	62,00	43,96	68,01

Fuente: RECalculator, RETD

Figura 4.17 - Comparación de costos de distintas fuentes de generación eléctrica 2010

€/MWh

Año: 2025 - €/MWh	Gas Natural	Nuclear	Eólica	Hídrica	Carbón
Básico	41,96	34,65	37,60	30,72	43,38
Capital	5,65	17,09	31,40	22,39	20,37
Combustible	36,11	8,23	-	-	16,26
Operación y Mantenimiento	3,86	9,33	6,19	8,33	6,75
Calor	-3,66	-	-	-	-
Emisiones de CO2	6,81	-	-	-	18,21
Emisiones de CO2	6,81	-	-	-	18,21
Medioambiente	0,38	4,00	-	-	2,17
Polución del aire	0,38	-	-	-	2,17
Otros costos	-	4,00	-	-	-
Integración	-	5,70	15,00	11,20	-
Infraestructura	-	-	2,95	2,20	-
Balance de red	-	0,70	5,36	4,00	-
Capacidad	-	5,00	6,70	5,00	-
Seguridad de abastecimiento	7,00	-	-	-	3,09
Seguridad de abastecimiento	7,00	-	-	-	3,09
TOTAL	56,15	44,35	52,60	41,92	66,85

Fuente: RECalculator, RETD

Figura 4.18 - Comparación de costos de distintas fuentes de generación eléctrica, 2025

Resulta interesante observar cómo al cuantificar los costos “sociales” y medioambientales, aquellas tecnologías más utilizadas y difundidas en la actualidad se enfrentan a serias dificultades al analizarlas. Es necesario entablar un proceso de concientización sobre esta situación para orientar y fomentar las inversiones en materia energética hacia aquellas alternativas que protegen al medioambiente y sobre todo permiten una estabilidad y sustentabilidad a largo plazo, considerando todos los aspectos que afecten al ser humano y su bienestar.

Comparación cualitativa de las fuentes

En la sección anterior se lograron cuantificar ciertos costos y beneficios que generalmente se tratan como aspectos cualitativos y no se tienen en cuenta dentro de un análisis económico y financiero. En esta sección se presentarán las ventajas y desventajas de todas las fuentes de generación eléctrica de manera cualitativa con el objetivo de enseñar una comparación que involucre todos los aspectos en juego, ya sean cuantificables o no, con el objetivo de tener un mayor entendimiento de la situación más allá de los aspectos económicos.

En la siguiente tabla se puede apreciar las principales diferencias que se presentan entre las distintas alternativas.

Ventajas	Desventajas
Energías Renovables	
Hidroeléctrica	
• Energía renovable, no consume recursos agotables • Energía limpia, no emite residuos contaminantes • Tecnología ya desarrollada • Costos totalmente competitivos • Permite el almacenamiento de agua utilizable para riego • Permite controlar inundaciones al regular el caudal de los ríos • No es necesario tratamiento posterior ni de refrigeración del agua • Diversifica la matriz energética independizando el sistema de la volatilidad de los precios de los combustibles	• Si no se encaran bien los estudios ambientales puede afectar el entorno al cambiar el curso natural de las aguas • Impactos visuales • Generación cíclica, dificulta el balance de red, incurriendo en costos adicionales para el sistema • Depende de factores incontrolables como la lluvia • Impacto en el medioambiente y hábitat de los animales (ej. Proceso reproductivo de peces que desovan río arriba) • El agua embalsada pierde condiciones de nutrientes naturales
Solar	
• Energía renovable, no consume recursos agotables • Energía limpia, no emite residuos contaminantes • Diversifica la matriz energética independizando el sistema de la volatilidad de los precios de los combustibles • Los equipos se pueden instalar fácilmente en cualquier lugar sin necesidad de integrar a la red, ahorrando pérdidas en el sistema, ideales para zonas aisladas donde no hay acceso a la red eléctrica • También se utilizan paneles solares para la calefacción o incluso para agua caliente	• Baja eficiencia de las centrales • Debe concentrarse para obtener energía eléctrica rentable para integrar a la red • Depende de factores no controlables por el ser humano como el clima • Sólo se puede generar electricidad durante el día, es difícil y cara de almacenar • Tecnología todavía en etapa de investigación • Presenta altos costos • Generación cíclica, dificulta el balance de red, incurriendo en costos adicionales para el sistema
Eólica	
• Energía renovable, no consume recursos agotables • Energía limpia, no emite residuos contaminantes • Diversifica la matriz energética independizando el sistema de la volatilidad de los precios de los combustibles • Rápida instalación, más o menos 6 meses • Se pueden utilizar terrenos que no son útiles	• Generación cíclica, dificulta el balance de red, incurriendo en costos adicionales para el sistema • Sólo rentable en zonas de vientos estables y con una cierta velocidad media • En general los lugares de emplazamiento se encuentran aislados y debe incurrirse en costos para integrar el parque eólico a la red eléctrica • Altos costos de transporte de los equipos por

para otras actividades (ej. Desiertos, zonas con tierra salina, tierras bajas, zonas de costa) • Se puede utilizar el terreno para otras actividades paralelamente (ej. Agricultura, ganado) • Bajos costos de operación y mantenimiento • Tecnología desarrollada pero que aún presenta un gran potencial de evolución y disminución de costos • Plantas modulares lo que permite mucha flexibilidad y rápida respuesta de crecimiento	ser voluminosos • Alto porcentaje del costo es inicial • Existe alguna mínima resistencia por su impacto visual • Posible impacto sobre el hábitat de los animales (ej. Debe estudiarse el comportamiento migratorio de las aves para no interferir en su ruta)
Biomasa	
• Energía renovable siempre que se use adecuadamente • Se utilizan los residuos de la naturaleza • Se pueden utilizar residuos de las actividades humanas como aquellos generados por las industrias • Una de las energías más antiguas, se encuentra en una etapa madura de desarrollo	• En muchos lugares se quema madera que no se repone, quemando bosques y causando grandes daños ambientales • Añaden CO₂ al ambiente en la combustión causando efecto invernadero y por lo tanto costos adicionales en países desarrollados
Geotérmica	
• Existe una gran cantidad de recurso disponible en el mundo, resultando ser las cantidades necesarias por el hombre insignificantes • Se puede utilizar para calefacción, sistemas de agua caliente (ej. Sanitarios) o incluso aplicaciones industriales • Diversifica la matriz energética independizando el sistema de la volatilidad de los precios de los combustibles • Los gases que emite son menores a los emitidos por generación eléctrica a través de combustión	• Es generalmente tratada como renovable, aunque por su naturaleza no lo es realmente • En ciertos casos presenta emisión de ácido sulfhídrico y/o CO₂ (menor a la combustión de fósiles) • Posible contaminación de aguas cercanas si no se tratan las sales del agua extraída antes de su liberación • Parte del agua extraída es liberada en la superficie causando contaminación térmica en el ecosistema • Sólo disponible en determinados lugares con ciertas características • Muy poco desarrollada hasta el momento
Mareomotriz	
• Energía auto renovable • No contamina el medioambiente • Silenciosa • No ocupa espacio utilizable para otras actividades	• Depende de la amplitud de las mareas • El traslado de la energía es muy costoso • La tecnología no se encuentra aún en etapa comercial
Energías No Renovables	
Carbón	

• Una de las fuentes más antiguas • Tecnologías altamente desarrolladas • El carbón es un mineral muy eficiente • Buena fuente calórica, proporciona mucha cantidad de energía por unidad de masa	• Energía no renovable, consume recursos agotables en el futuro • La combustión de carbón causa importantes emisiones de gases que afectan el medioambiente. En países desarrollados esto, además, significa costos adicionales • La minería del carbón afecta la salud de los trabajadores por lo que se deben tener grandes medidas de precaución incurriendo en importantes costos • En los países desarrollados, las mineras de carbón están obligadas a reconstituir la zona una vez abandonada, lo que significan grandes costos adicionales
Petróleo	
• Principal fuente de energía primaria • Se utiliza como combustible para máquinas en forma de gasolina o gasoil • Se aprovecha como combustible en las centrales térmicas como fuel oil • Tecnología muy desarrollada	• Energía no renovable, consume recursos agotables en el futuro • Causa contaminación tanto en su producción, como en su transporte y en su consumo • Emiten gran cantidad de CO₂ en su combustión, lo que en países desarrollados significa un costo adicional • Los gases emitidos generan lluvia ácida • Probabilidades de accidentes de derrame durante su transporte marítimo afectando severamente al medioambiente
Gas Natural	
• Se utiliza para generación de electricidad, calefacción y cocina • Tiene un alto poder calórico y alta eficiencia • La tecnología se encuentra en etapa madura, teniendo gran conocimiento del mercado • Los costos son completamente competitivos en el mercado	• Energía no renovable, consume recursos agotables en el futuro • Causa contaminación tanto en su producción, como en su transporte y en su consumo • Durante su preparación para el consumo final se emiten gran cantidad de CO₂ • Provoca lluvia ácida por la producción de óxidos de nitrógeno • Peligros de explosiones
Nuclear	
• Es el método de generación eléctrica más eficiente de todos • Con poco material se genera una gran cantidad de energía • Emite muy pocos contaminantes a la atmósfera • Mucho más limpia que los combustibles	• Energía no renovable, consume recursos agotables en el futuro • Deben tomarse grandes medidas de precaución ya que un accidente sería catastrófico para el medioambiente y cualquier forma de vida. Esto significa grandes costos asociados • Producen residuos muy peligrosos que deben

fósiles		preservarse bajo ciertas condiciones por grandes períodos de tiempo
• Tecnología totalmente desarrollada		

Proyectos eólicos vigentes en Argentina

Localidad	Provincia	Puesta en servicio	Potencia total (kw)	Detalle de maquinas	Marca y modelo	Velocidad media anual (m/s)	Propietario/ operador	Comentario
Rio mayo	Chubut	01/02/90	120	4 x 30 kw	Aeroman 30kw	8,2	Dgsp. Pcia. Chubut	Fuera de servicio ¹
Comodoro Rivadavia	Chubut	19/01/94	500	2 x 250 kw	Micon m530	9,4	Pecorsa	P.E. "Comodoro Rivadavia"
Cutral co	Neuquén	20/10/94	400	1 x 400 kw	Micon m750-400/100	7,2	Copelco coop. Ltda.	
Pehuen co	Buenos Aires	17/02/95	400	1 x 400 kw	Micon m750-400/100	7,3	Coop. Eléctrica de punta alta	
Pico Truncado	Santa cruz	08/05/95	1.000	10 x 100 kw	Ventis 20-100	9,6	Municipalidad de pico truncado	Desmantelado
Tandil	Buenos Aires	26/05/95	800	2 x 400 kw	Micon m750-400/100	7,2	Cretal coop. Ltda.	
Rada tilly	Chubut	18/03/96	400	1 x 400 kw	Micon m750-400/100	10,2	Coagua coop. Ltda.	
Comodoro Rivadavia	Chubut	12/09/97	6.000	8 x 750 kw	Neg-micon nm750/44	9,4	Scpl com. Riv.	P.e. "Antonio Morán"
Mayor buratovich	Buenos Aires	22/10/97	1.200	2 x 600 kw	An bonus 600 kw/44	7,4	Coop. Eléctrica de m. Buratovich	
Darregueira	Buenos Aires	19/09/97	750	1 x 750 kw	Neg-micon Nm750/44	7,3	Celda coop. Ltda	P.e. "Hercules"
Punta alta (bajo hondo)	Buenos Aires	10/12/98	1.800	3 x 600 kw	An bonus 600 kw/44	7,8	Coop. Eléctrica de punta alta	P.e. "Centenario"
Claromecó	Buenos Aires	26/12/98	750	1 x 750 kw	Neg-micon Nm750/48	7,3	Coop. Eléctrica de claromeco	

¹ Sistema eléctrico aislado c/generación "híbrida" diesel-eólica (735 kW térmicos)

Pico Truncado	Santa cruz	05/03/01	2.400	4 x 600 kw	Enercon (wobben) e-40	10,3	Municipalidad de pico truncado	P.e. "Jorge Romanutti"
Comodoro Rivadavia	Chubut	01/10/01	10.560	16 x 660 kw	Gamesa g-47	9,4	Scpl com. Riv.	P.e. "antonio morán"
Gral. Acha	La pampa	01/11/02	1.800	2 x 900 kw	Neg-micon nm900/52	7,2	Cosega ltda.	
Mina Veladero	San Juan	01/01/08	2.000	1x2000kw	Dewind d8.2	-	Barrick	
POTENCIA TOTAL2 :		2008	29.760					

Costos de energía eólica en Argentina

En secciones anteriores se analizaron los costos de la generación eólica, primero describiendo los elementos principales de toda la estructura de costos asociada y luego comparándola con otras alternativas. Si bien se logró comprender a grandes rasgos cómo compite en el mundo la energía eólica con el resto de las metodologías, es necesario destacar que los costos de cada una de ellas dependen exclusivamente del lugar de emplazamiento. Esto se debe a las diferencias propias en salarios de mano de obra y gerenciales, distancias de transporte de equipos, necesidad de inversiones en infraestructura, costos asociados al balance de red, etc.

A continuación se detallan los distintos ajustes que deben realizarse para poder evaluar la conveniencia de este tipo de generación eléctrica en Argentina. Se ajustarán las cuentas utilizadas en el análisis de la herramienta REcalculator, según distintos criterios que serán explicados uno a uno a continuación:

Costos Básicos:

Capital: El costo del capital incluye principalmente los aerogeneradores, y su transporte desde la fábrica hasta el lugar de emplazamiento. Los costos de los aerogeneradores se mantendrán exactamente igual para el año 2010, ya que no depende del lugar geográfico en el que se situará el parque eólico. Distinta será la situación para el año 2025, donde se estima que el desarrollo de la industria en el país fomentará la producción de varios de los componentes del aerogenerador que hoy en día deben ser importados. Se estima que para el año 2025 aproximadamente el 50% de los componentes (en términos de capital) se podrán producir en el país, reduciendo los costos tanto de adquisición (se estima que se reducirán los costos en un 30%) como de transporte.

La principal diferencia en este rubro se verá en el costo del transporte. Los aerogeneradores son principalmente fabricados en países europeos y en Norteamérica por lo que las distancias a los 9 países estudiados previamente son significativamente menores que la distancia a Argentina. Basado en el presupuesto de "Gamesa Eólica" para el suministro de aerogeneradores, operación y mantenimiento del parque eólico

² En servicio

“Antonio Morán” en Comodoro Rivadavia, el transporte constituye un 12,5% del costo del capital.

Operación y Mantenimiento: Como se mencionó previamente este costo se abre en tres componentes. La parte fija principalmente salarios, la parte variable y las reinversiones. Según entrevistas a expertos de “Services and Aftermarket” de la firma General Electric en Madrid, el 45% de los Costos Europeos de operación y mantenimiento corresponden a salarios, el 40% corresponde a la parte variable (repuestos) y el 15% corresponde a las reinversiones necesarias. Para el análisis en Argentina se mantendrán los costos variables y de reinversiones iguales a los europeos y se ajustarán los salarios según la tabla de comparación de sueldos por país que se encuentra en el Anexo XXX del “United States Department of Labour”

Integración:

Infraestructura: Según un estudio de Green-Net en el año 2007 los costos de infraestructura de conexión a la red se estiman como un 5% del costo básico de los aerogeneradores. Se tomará este porcentaje para el análisis en Argentina.

Balance: Existen numerosos estudios que estiman distintos valores para estos costos. Entre ellos se encuentran el Ea Energy Analyses, 2007 que estima 3 €/MW, el UKERC que propone un rango entre 3 y 5 €/MW, IEA que en su reporte “Projected costs of generating electricity – 2005 update” pronostica un rango entre 1.5 y 7 €/MW. Finalmente, para el análisis de los costos en Argentina se tomará un promedio de 4 €/MW.

Capacidad: En los mismos estudios utilizados para los datos de Balance, se proponen distintos rangos para este costo. Utilizando un promedio de todos ellos, se tomará un costo de 5 €/MW instalado.

A continuación en la Figura 4.19 se muestran los resultados obtenidos para los costos de la energía eólica emplazada en territorio argentino:

Año: 2010	€/MWh	AR\$/MWh
Básico	45,96	178,46
Capital	40,27	156,36
Combustible	-	-
Operación y Mantenimiento	5,69	22,10
Integración	11,30	43,87
Infraestructura	2,30	8,92
Balance de red	4,00	15,53
Capacidad	5,00	19,41
TOTAL	57,26	222,33

Año: 2025	€/MWh	AR\$/MWh
Básico	33,36	129,52
Capital	29,25	113,58
Combustible	-	-
Operación y Mantenimiento	4,10	15,94
Integración	10,67	41,42
Infraestructura	1,67	6,48
Balance de red	4,00	15,53
Capacidad	5,00	19,41
TOTAL	44,02	170,94

Tipo de Cambio €/AR\$ 2006: 3,8829

Fuente: RECalculator, RETD; Gamesa Eólica, GE Madrid; Elaboración propia

Figura 4.19 – Costo de la energía eólica en la Argentina

Energía eléctrica

El primer marco regulatorio eléctrico que considera al país en general se publica en el año 1960 como la Ley 15.336, “Régimen Jurídico de la Energía Eléctrica” donde se regulan las actividades de la industria eléctrica destinadas a la generación, transformación y transmisión, o a la distribución de la electricidad.

Con la llegada al poder del “Menemismo” la situación cambia por completo, se marca la llegada de las ideas neoliberales al sector público, en especial aquel dedicado a la prestación de servicios. La liberación del sector eléctrico en Argentina comenzó con la sanción y promulgación de la ley de Reforma del Estado y Emergencia Administrativa que marcó un hito respecto al papel del Estado en la República Argentina, sentando las bases de la transformación del sector. Se institucionaliza la decisión de que abandone su papel de estado empresario para asumir el rol de diseñador de políticas y regulador de actividades esenciales, ejerciendo, también, el control de las mismas.

A fines del año 1991 se sancionó la ley 24.065 que modifica y complementa al anterior Marco Regulatorio Eléctrico, es decir la ley 15.336, quedando preparado el camino para el nuevo sistema de privatizaciones. Se sancionó junto con la Ley del Gas Natural (24.076) y juntas formaron parte del cambio de régimen energético de los años 90, en el cual los recursos energéticos pasaron a capitales privados.

El proceso de desregulación implicó fuertes transformaciones en la organización y configuración del sector a través de un dinámico proceso de privatizaciones y la creación del Mercado Eléctrico Mayorista (M.E.M.) como marco de referencia para negociar y establecer los precios de la energía eléctrica en el país. El M.E.M. canaliza y

gestiona toda la electricidad del país y en él convergen los jugadores que conforman tanto la demanda como la oferta. También se creó la Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista (CAMMESA) que se desempeña como el operador encargado de la gestión y coordinación económica de todo el sistema.

El MEM se compone de un mercado organizado spot, denominado Mercado de Precios Horarios, y de un segmento donde los generadores negocian libremente contratos bilaterales de entrega de electricidad con los distribuidores y grandes usuarios, denominado Mercado a Término. Las únicas restricciones que se imponen sobre estos contratos vienen dadas por la capacidad técnica de producción de los generadores y por la obligación de contratar un determinado mínimo anual para ciertos agentes del mercado. CAMMESA no interviene en este tipo de contratos. La energía que no está sujeta a estos contratos bilaterales se negocia en el Mercado de Precios Horarios que es actualmente el componente más significativo del mercado mayorista de electricidad en el país. El precio de la energía en el mercado spot es fijado por CAMMESA cada hora en base a la información declarada por las partes. Se determina el precio de equilibrio, denominado precio marginal, que establece la cantidad con la que se retribuye a los generadores. El precio fijado en cada horario representa el costo marginal de producir y transportar la energía necesaria para satisfacer la demanda de electricidad en un determinado momento en el sistema. Es decir, el precio que reciben los generadores es el costo marginal de la última máquina que entró en funcionamiento para abastecer la demanda.

Estructura del sistema eléctrico argentino

Anteriormente existía una integración vertical en el sistema de energía en manos del Estado, estaba conformado por empresas que desarrollaban todos los segmentos de la industria, generación, transporte, y distribución a los usuarios. El proceso de privatización generó la independencia de estas funciones. Se introduce la idea de mercado y se prevé su desarrollo por empresas privadas que compitan entre sí. Se resuelve que el transporte y la distribución se presten en condiciones de mercado monopólico natural, con usuarios cautivos. Estas dos últimas serán reguladas por organismos gubernamentales promoviendo tarifas justas y razonables para la sociedad.

Los consumidores se clasifican en dos grupos distintos: grandes usuarios (Agentes del Mercado Eléctrico) y usuarios finales.

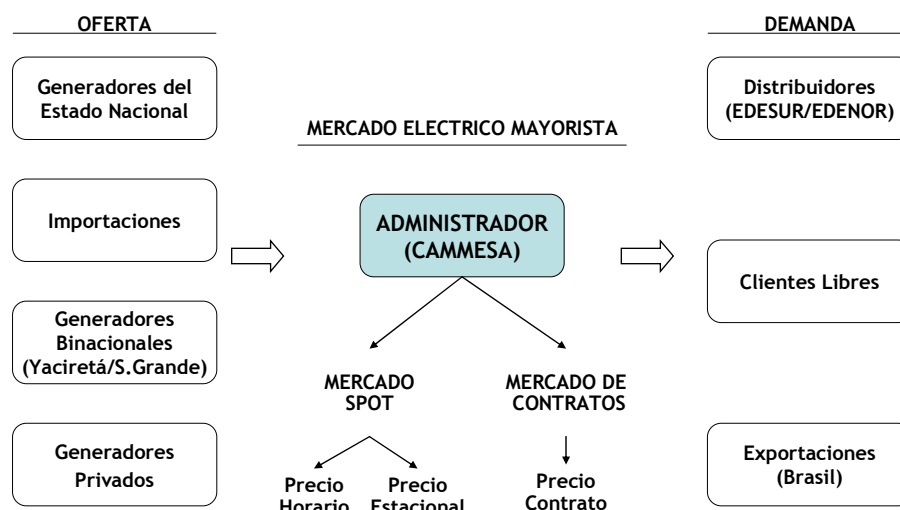


Figura 4.20 – Estructura del sistema eléctrico argentino

Los distribuidores que comprarán la energía en el mercado lo harán a un precio estabilizado que se actualiza trimestralmente, mientras que los generadores podrán vender energía a un precio spot horario. Estos se determinan marginalmente con el costo requerido para satisfacer la próxima unidad de demanda, es decir, el costo marginal del mercado es igual al costo de la máquina más ineficiente que entró al sistema.

Las generadoras también tienen la posibilidad de vender al mercado a término o por contratos, donde los precios no son regulados y son acordados libremente entre las partes. Este tipo de contratos reduce sustancialmente la incertidumbre de precios, ya que el precio es determinado en el contrato inicial y generalmente resultan en precios más atractivos que el mercado SPOT.

Lamentablemente, la naturaleza impredecible de la generación eólica dificulta la firma de contratos a largo plazo, por lo que en general se vende la energía obtenida en el mercado SPOT.

Las máquinas van entrando al sistema en orden de eficiencia y por lo tanto, en orden de costos marginales. Se determina el costo marginal del mercado como el costo de la última máquina que entró al sistema, es decir, la más ineficiente. De esta forma se “premia” a aquellas generadoras más eficientes.

El precio medio monómico del está principalmente compuesto por el costo marginal del sistema más algunas componentes que varían según el tipo de generación y el momento en que entraron en funcionamiento en el sistema. Por lo tanto, el precio monómico está compuesto por:

- **Costo marginal de generación:** se relaciona con el costo de la máquina térmica más cara es necesaria activar para cubrir las necesidades en cada momento, con excepción de las que están obligadas a generar por limitaciones de operación.
- **Costo de la potencia disponible:** se asocia con un reconocimiento de los costos fijos de operación para cubrir la demanda más un margen de reserva.

- **Costo por riesgo de falla de suministro:** se asocia con el precio que estarían dispuestos a abonar los consumidores por evitar cortes
- **Costos de transporte de energía:** abarca las pérdidas y las condiciones de confiabilidad de sistema de transmisión
- **Sobre-costos de Combustible:** representa los costos asociados a la utilización de combustibles más caros, en caso de haber tenido que recurrir a los mismos por una falta de abastecimiento

Marco Regulatorio y Legal

Regimen Nacional De Energia Eolica Y Solar

Ley 25.019

Declárase de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional.

Sancionada: Septiembre 23 de 1998.

Promulgada Parcialmente: Octubre 19 de 1998.

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

REGIMEN NACIONAL DE ENERGIA EOLICA Y SOLAR

ARTICULO 1° -Declárase de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional.

El Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la Nación, a través de la Secretaría de Energía promoverá la investigación y el uso de energías no convencionales o renovables.

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

ARTICULO 2° -La generación de energía eléctrica de origen eólico y solar podrá ser realizada por personas físicas o jurídicas con domicilio en el país, constituidas de acuerdo a la legislación vigente.

ARTICULO 3° -Las inversiones de capital destinadas a la instalación de centrales y o equipos eólicos o solares podrán diferir el pago de las sumas que deban abonar en concepto de impuesto al valor agregado por el término de quince (15) años a partir de la promulgación de esta ley. Los diferimientos adeudados se pagarán posteriormente en quince (15) anualidades a partir del vencimiento del último diferimiento.

ARTICULO 4° -El Consejo Federal de la Energía Eléctrica promoverá la generación de energía eólica y solar, pudiendo afectar para ello recursos del Fondo para el Desarrollo Eléctrico del Interior, establecido por el artículo 70 de la Ley 24.065.

ARTICULO 5° - 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 eólicos y generadores fotovoltaicos solares, gozarán de esta remuneración por un período de QUINCE (15) años a partir de la efectiva fecha de instalación.

(Artículo sustituido por art. 14 de la Ley N° 26.190 B.O. 2/1/2007)

ARTICULO 6° -La Secretaría de Energía de la Nación, propiciará que los distribuidores de energía, comprenden a los generadores de energía eléctrica de origen eólico, el excedente de su generación con un tratamiento similar al recibido por las centrales hidroeléctricas de pasada.

ARTICULO 7° -Toda actividad de generación eléctrica eólica y solar que vuelque su energía en los mercados mayoristas y/o que esté destinada a la prestación de servicios públicos prevista por esta ley, gozará de estabilidad fiscal por el término de quince (15) años, contados a partir de la promulgación de la presente, entendiéndose por estabilidad fiscal la imposibilidad de afectar al emprendimiento con una carga tributaria total mayor, como consecuencia de aumentos en las contribuciones impositivas y tasas, cualquiera fuera su denominación en el ámbito nacional, o la creación de otras nuevas que las alcancen como sujetos de derecho a los mismos.

ARTICULO 8° -El incumplimiento del emprendimiento dará lugar a la caída de los beneficios aquí acordados, y al reclamo de los tributos dejados de abonar más sus intereses y actualizaciones.

ARTICULO 9°-Invítase a las provincias a adoptar un régimen de exenciones impositivas en sus respectivas jurisdicciones en beneficio de la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar.

ARTICULO 10.-La Secretaría de Energía de la Nación reglamentará la presente ley dentro de los sesenta (60) días de la aprobación de la misma.

ARTICULO 11.-Derógase toda disposición que se oponga a la presente ley.

La presente ley es complementaria de las Leyes 15.336 y 24.065 en tanto no las modifique o sustituya, teniendo 1a misma autoridad de aplicación.

ARTICULO 12.-Comuníquese al Poder Ejecutivo.

Dada en la sala de sesiones del congreso argentino, en buenos aires a los veintitres días del mes de septiembre del año mil novecientos noventa y ocho.

REGISTRADA BAJO EL N° 25.019

ALBERTO R. PIERRI.-CARLOS F. RUCKAUF. -Esther H. Pereyra Arandía de Pérez Pardo.- Mario L. Pontaquarto.

ENERGIA ELECTRICA

Ley 26.190

Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Objeto. Alcance. Ámbito 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 5° — 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 6° — 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.

d) Celebrar acuerdos de cooperación internacional con organismos e institutos especializados en la investigación y desarrollo de tecnologías aplicadas al uso de las energías renovables.

e) Definir acciones de difusión a fin de lograr un mayor nivel de aceptación en la sociedad sobre los beneficios de una mayor utilización de las energías renovables en la matriz energética nacional.

f) Promover la capacitación y formación de recursos humanos en todos los campos de aplicación de las energías renovables.

ARTICULO 7° — Régimen de Inversiones - Institúyese, por un período de DIEZ (10) años, un Régimen de Inversiones para la construcción de obras nuevas destinadas a la producción de energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables, que regirá con los alcances y limitaciones establecidas en la presente ley.

ARTICULO 8° — Beneficiarios - Serán beneficiarios del régimen instituido por el artículo 7°, 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 2°, 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 10. — Sanciones - El incumplimiento del emprendimiento dará lugar a la caída de los beneficios acordados por la presente y al reclamo de los tributos dejados de abonar, más sus intereses y actualizaciones.

ARTICULO 11. — No podrán acogerse al presente régimen quienes se hallen en alguna de las siguientes situaciones:

a) Declarados en estado de quiebra, respecto de los cuales no se haya dispuesto la continuidad de la explotación, conforme a lo establecido en las Leyes 19.551 y sus modificaciones, o 24.522, según corresponda.

b) Querellados o denunciados penalmente por la entonces Dirección General Impositiva, dependiente de la ex Secretaría de Hacienda del entonces Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, o la Administración Federal de Ingresos Públicos, entidad autárquica en el ámbito del Ministerio de Economía y Producción, con fundamento en las Leyes 23.771 y sus modificaciones o 24.769 y sus modificaciones, según corresponda, a cuyo respecto se haya formulado el correspondiente requerimiento fiscal de elevación a juicio con anterioridad a la entrada en vigencia de la presente ley y se encuentren procesados.

c) Denunciados formalmente o querellados penalmente por delitos comunes que tengan conexión con el incumplimiento de sus obligaciones tributarias o la de terceros, a cuyo respecto se haya formulado el correspondiente requerimiento fiscal de elevación a juicio con anterioridad a la entrada en vigencia de la presente ley y se encuentren procesados.

d) Las personas jurídicas, —incluidas las cooperativas— en las que, según corresponda, sus socios, administradores, directores, síndicos, miembros de consejos de vigilancia, o quienes ocupen cargos equivalentes en las mismas, hayan sido denunciados formalmente o querellados penalmente por delitos comunes que tengan conexión con el

incumplimiento de sus obligaciones tributarias o la de terceros, a cuyo respecto se haya formulado el correspondiente requerimiento fiscal de elevación a juicio con anterioridad a la entrada en vigencia de la presente ley y se encuentren procesados.

El acaecimiento de cualquiera de las circunstancias mencionadas en los incisos precedentes, producido con posterioridad al acogimiento al presente régimen, será causa de caducidad total del tratamiento acordado en el mismo.

Los sujetos que resulten beneficiarios del presente régimen deberán previamente renunciar a la promoción de cualquier procedimiento judicial o administrativo con relación a las disposiciones del decreto 1043 de fecha 30 de abril de 2003 o para reclamar con fines impositivos la aplicación de procedimientos de actualización cuya utilización se encuentra vedada conforme a lo dispuesto por la Ley 23.928 y sus modificaciones y el artículo 39 de la Ley 24.073 y sus modificaciones. Aquellos que a la fecha de entrada en vigencia de la presente ley ya hubieran promovido tales procesos, deberán desistir de las acciones y derechos invocados en los mismos. En ese caso, el pago de las costas y gastos causídicos se impondrán en el orden causado, renunciando el fisco, al cobro de las respectivas multas.

ARTICULO 12. — Se dará especial prioridad, en el marco del presente régimen, a todos aquellos emprendimientos que favorezcan, cualitativa y cuantitativamente, la creación de empleo y a los que se integren en su totalidad con bienes de capital de origen nacional. La autoridad de aplicación podrá autorizar la integración con bienes de capital de origen extranjero, cuando se acredite fehacientemente, que no existe oferta tecnológica competitiva a nivel local.

ARTICULO 13. — Complementariedad - El presente régimen es complementario del establecido por la Ley 25.019 y sus normas reglamentarias, siendo extensivos a todas las demás fuentes definidas en la presente ley los beneficios previstos en los artículos 4º y 5º de dicha ley, con las limitaciones indicadas en el artículo 5º de la Ley 25.019.

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

ARTICULO 15. — Invitación - Invítase a las provincias y a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a adherir a la presente ley y a dictar, en sus respectivas jurisdicciones, su propia legislación destinada a promover la producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables.

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.

ARTICULO 17. — Comuníquese al Poder Ejecutivo.

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.

BIBLIOGRAFÍA

Organismos

- Cámara Argentina de Energías Renovables, www.argentinarenovables.org
- Instituto Argentino de Energía “General Mosconi” (I.E.A)
- Secretaría de Energía www.energia.gov.ar
- Comisión Nacional de Energía
- Ente Nacional Regulador de la Electricidad www.enre.gov.ar
- Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (“CAMMESA”) www.cammesa.com
- World Wind Energy Association
- European Wind Energy Association www.ewea.org
- Energy Information Administration Office www.eia.doe.gov
- European Renewable Energy Council www.erec.org

Entrevistas

- José Giménez Burló, Presidente de Befesa Argentina. A cargo de la preparación del plan de inversión para la licitación del parque eólico de Comodoro Rivadavia por parte de la empresa Gamesa
- Sebastián Kind, Líder de Energías Alternativas en Pan American Energy y vocal titular de la Cámara Argentina de Energías Renovables, www.argentinarenovables.org
- Persona a cargo de Services and Aftermarket de Turbinas Eólicas GE España.

Reportes

- “The Economics of Wind Energy”, Søren Krohn (editor), Poul-Erik Morthorst and Shimon Awerbuch, Marzo 2009, European Wind Energy Association, www.ewea.org
- “Policy instrument design to reduce financing costs in renewable energy technology projects”, David de Jager and Max Rathmann, October 2008, IEA Implementing Agreement on Renewable Energy Technology Deployment (RETD), www.iea-retd.org
- “Comparative study on the main renewable energy support mechanisms in European jurisdictions”, 2008, CMS Network, www.cmslegal.com
- “Renewable Energy And The Clean Development Mechanism”, Abril 2006, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) German Public Relations Division, Berlin, www.erneuerbare-energien.de
- “RETs I Final Report on Renewable Energy Technologies in Argentina”, Diciembre 2005, Fundación Bariloche, Bariloche, Argentina

- “Eólica 2008”, Asociación Empresarial Española, Madrid, España, www.aeeolica.es
- “International Energy Outlook 2008”, Septiembre 2008, Energy Information Administration Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy, Washington, DC, USA, www.eia.doe.gov
- “Wind at Work”, Enero 2009, European Wind Energy Association, www.ewea.org
- “Global Wind Energy Outlook 2008, Octubre 2008, Global Wind Energy Council, www.gwec.net
- “Energy Revolution, a Sustainable Global Energy Outlook”, Octubre 2008, European Renewable Energy Council, www.erec.org
- “World Wind Energy Report 2008”, Marzo 2009, World Wind Energy Association
- “Global Wind 2008 Report”, Mayo 2009, Global Wind Energy Council, www.gwec.net
- “Global Trends in Sustainable Energy Investment 2008”, Rohan Boyle, Chris Greenwood, Alice Hohler, Michael Liebreich, Virginia Sonntag-O’Brien, Alice Tyne and Eric User, United Nations Environment Programme
- “Integrating Wind”, Febrero 2009, Frans Van Hulle, Trade Wind
- “La Energía Eólica en Argentina, Situación Actual y Perspectivas”, Jorge Lapeña, Octubre 2008, Instituto Argentino de la Energía “General Mosconi”, Buenos Aires, Argentina, www.iae.org.ar
- “Renewable Energy - Costs and Benefits for Society – RECABS”, Ea Energy Analyses
- “Pure Power: Wind Energy Scenarios up to 2030”, European Wind Energy Association, Arthouros Zervos and Christian Kjaer, Marzo 2008
- “Estudio Macroeconómico del Impacto del Sector Eólico en España”, Noviembre 2008, Deloitte para la Asociación Empresarial Eólica
- “Marco de Referencia para elaborar una estrategia de fomento de las Energías Renovables (ER) y la Eficiencia Energética (EE)”, Mayo 2008, Unidad para el Desarrollo Energético Sustentable
- “Estado de la Industria Eólica en Argentina 2009”, Mauro Soares, Sebastián Kind y Omar Humberto Fernández, Mayo 2009, Cámara Argentina de Energías Renovables, www.argentinarenovables.org
- “Propuesta de una Política de Estado para el Sector Energético Argentino”, Jorge Lapeña, Roberto Echarte, Raúl Olocco, Julio César Aráoz, Daniel Montamat, Emilio Apud, Alieto Guadagni y Enrique Devoto, Marzo 2009, Buenos Aires, Argentina.