



TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Estrategias en el abastecimiento energético argentino”

Autor: Agustín Hidalgo
Legajo: 45299

Tutor: Ing. Felix Jonas
Profesor de Reingeniería de Procesos

Año 2009

Resumen ejecutivo

Actualmente el sector energético presenta dos problemas a nivel global; uno es la contaminación que producen los métodos de generación más utilizados (mediante la utilización de combustibles fósiles) y el impacto ambiental sobre el calentamiento global que esto genera; el otro, la escasez. En la Argentina puntualmente existe otro problema, y es el alto riesgo por depender energéticamente del Gas Natural y el Petróleo, productos que a la fecha presentan reservas locales para unos pocos años.

El trabajo busca dar soluciones a estos problemas para la región Argentina, proyectando las mismas para el corto, mediano y largo plazo.

Analizando inicialmente la historia del mercado a nivel general se busca entender sus relaciones y variables más importantes, entendiendo la dinámica del mismo para tratar de proyectar el futuro.

Sin embargo es sabido que la historia ha presentado hitos puntuales que muchas veces redefinieron los mercados, y otras tantas simplemente modificaron algunos de sus parámetros (la telefonía celular es un claro ejemplo). Por esto mismo se busca luego estudiar las tendencias globales que pueden de alguna forma, en un futuro no muy lejano, modificar toda proyección actual.

Con todo esto se observa la dinámica puntual del mercado energético argentino, con sus singularidades y excepciones. Finalmente, mediante un modelo econométrico se proyecta la demanda eléctrica futura bajo tres escenarios de crecimiento económico.

Para cerrar la brecha de demanda presentada es necesario estudiar los recursos naturales que se encuentran en cada región, visualizando las fuentes energéticas predominantes en ellas. Con esta información, se exponen brevemente las principales tecnologías que se encuentran actualmente para explotar cada fuente energética.

Finalmente, se presentan las estrategias gubernamentales propuestas para ir acercando (y superando) la curva de oferta a la curva de demanda, asegurando el abastecimiento energético mediante la utilización de energías alternativas, y proyectando futuros mercados internacionales que esto puede llegar a crear.

Executive Brief

The energetic market presents, nowadays, two global problems; the first is the pollution generated by the combustion of the fuel used to produce electricity and its impact on the global warming; the other one, shortage. In Argentina there is another problem, the high risk for an energetically dependence of natural gas and oil, both products with few local reserves.

This work tries to give solution to these problems for Argentina, forecasting those in a short, medium and large term.

By analysing the market history in a general point of view it is tried to visualize their relationships and dominant variables, to understand it's dynamic and forecast the future.

However it is well known that singular milestones, special modifications that occur from time to time, redefining the markets and their variables (remote communication is a good example). Therefore global tendencies that can, in some way and in a considerable short term, modified actual forecasts are studied.

Along with all these analysis, the dynamic of the local market is foreseen, with its singularities and exceptions. Finally, with an econometric model the electric demand is forecast under three different economic growth scenarios.

In order to decrease this gap it is necessary to study the natural resources present in each region, visualizing the better ways to exploit them and the technologies we are able to use.

Finally, government strategies are proposed, to reduce the difference among the curves (electric supply and demand) ensuring the energetic supply by using alternative energies, and opening new and high potential international markets.

Índice

Introducción	1
Objetivos.....	2
1.1. Objetivo profesional.....	2
1.2. Objetivo del proyecto.....	2
Propuesta.....	3
2.1. Problema Global	3
2.2. Problema Local.....	5
2.3. Enfoque del trabajo	7
Mercado	9
Mercado energético.....	15
3.1. Introducción.....	15
3.2. Petróleo.....	16
3.3. Gas Natural.....	15
3.4. Carbón	16
3.5. Nuclear	17
3.6. Energías Alternativas	18
3.7. Electricidad.....	20
Tendencias.....	23
4.1. Introducción.....	23
4.2. La energía y la crisis financiera internacional	23
4.3. Las energías alternativas en el nuevo mundo	25
Mercado energético Local	26
5.1. Introducción	26
5.2. Panorama actual	27
5.3. Estructura del sector.....	31
5.4. Proyecciones de demanda.....	40
5.5. Conclusiones	46

Recursos y tecnologías disponibles	48
Recursos naturales.....	49
6.1. Introducción.....	49
6.2. Recursos de energía solar	49
6.3. Recursos de energía Eólica.....	50
6.4. Recursos de energía undimotriz.....	52
6.5. Recursos hídricos	54
6.6. Conclusiones	55
Tecnologías disponibles	58
7.1. Introducción.....	58
7.2. Energía Eólica.....	58
7.3. Energía Solar.....	62
7.4. Energía Undimotriz.....	64
Estrategias y Conclusiones	68
Estrategias gubernamentales	69
8.1. Introducción.....	69
8.2. Estrategias Generales	69
8.3. Estrategias de Generación	71
8.4. Estrategias de Transporte.....	81
Conclusiones.....	84
Bibliografía.....	87

Parte I

Introducción

Capítulo 1

Objetivos

1.1. Objetivo profesional

Desarrollar estrategias a nivel regional para asegurar el abastecimiento de recursos escasos de forma sustentable, y planear cambios estructurales generando proyectos que traten de dar solución a problemas actuales y futuros.

1.2. Objetivo del proyecto

El objetivo de este trabajo es el de analizar y proponer cambios sobre la matriz energética nacional desde el punto de las energías alternativas y renovables.

La propuesta tratará de dar una solución sostenible para la crisis energética actual, proyectando y anticipando la demanda futura al mismo tiempo.

Capítulo 2

Propuesta

2.1. Problema Global

El mundo está atravesando una etapa de transición. Varios análisis globales han demostrado que de continuar viviendo al ritmo al que la mayor parte de la población se mueve, no podremos continuar por mucho tiempo. Ya sea por escasez de alimento; de agua potable; exceso de residuos que, sin contar con el espacio necesario para su tratamiento podrían provocar enfermedades; escasez de energía; etc., siempre aparece alguna restricción importante en el crecimiento y desarrollo de la sociedad como la conocemos.

Al tiempo que estos problemas comienzan a manifestarse, la población del mundo sigue creciendo exponencialmente, generando una creciente demanda en el consumo que se traduce en un constante incremento en la necesidad de materias primas, entre las cuales se encuentra la energía.

Tratando de dar solución a este problema, las empresas y los países comenzaron a explotar los recursos naturales buscando la forma más redituable en el corto y mediano plazo, sin siquiera tratar de entender los efectos posibles de sus acciones en el largo.

Así fue como se han talado bosques enteros de forma indiscriminada; se han sembrado alimentos sin efectuar rotación de cultivos sobre la tierra (lo cual genera una erosión y termina por la desertificación del terreno, inhabilitando su futura utilización a lo largo de varios ciclos); se han utilizado combustibles derivados del petróleo y carbón (los cuales emanan gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera) para la generación de energía; etc.

Todo esto permitió al mundo continuar sin muchos problemas a la vista. Y si se observan las políticas que poseen las empresas (buscando ganancias al corto y mediano plazo en su mayoría), es hasta entendible que hayan optado por estas formas de explotación de los recursos naturales, puesto que maximizan la utilidad en este período de análisis.

Sin embargo ya hemos divisado algunos de los problemas que generó, desde el reducimiento de la capa de ozono hasta el actual calentamiento global.

Cierto es que existen varias teorías en cuanto al calentamiento global. Una de estas incrimina a las emisiones de dióxido de carbono en la atmósfera efectuadas por el hombre, las cuales generan un efecto invernadero que deviene en calentamiento global. Otra expone que los ciclos solares han contribuido a la modificación de la temperatura de la tierra a lo largo de su historia, y en la actualidad esta no es una excepción.

¿Cuál de ellas está en lo cierto?, al parecer ambas. Es innegable que el planeta presenta ciclos propios climáticos (las glaciaciones son parte de los mismos), y el sol y sus ciclos contribuyen enormemente a que esto ocurra.

Sin embargo la elevación de temperatura general de los últimos años no se ha podido explicar bajo este enfoque. Con lo que nació la teoría de los gases de invernadero para poder entender este fenómeno.

El siguiente gráfico muestra la estacionalidad de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera de la tierra en sus últimos 400 mil años. Se ve claramente que la misma nunca ha sobrepasado el valor de 300 ppmv en todo este período.

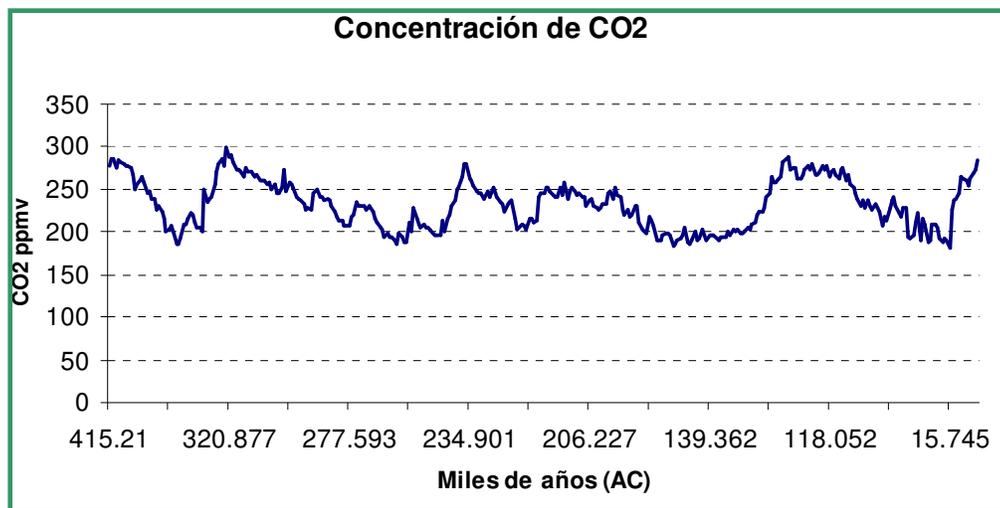


Figura 1. Evolución de la concentración de CO2 en la atmósfera.¹

Luego, se puede observar en el siguiente gráfico la evolución de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera en los últimos años de la tierra (desde el año 1832 DC hasta el 1978 DC).

A partir del año 1911 la concentración de este gas ha superado el límite natural de 300 ppmv y desde entonces no hace otra cosa que crecer, superándose año a año.

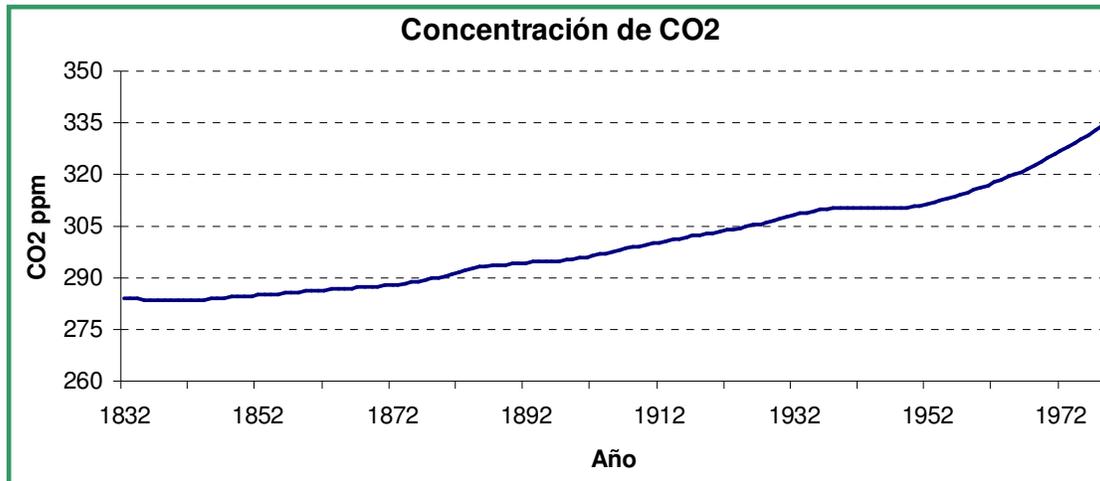


Figura 2. Evolución de la concentración de CO2 en la atmósfera.²

Desde entonces gran cantidad de países han intentado disminuir sus emisiones de gases de invernadero (dióxido de carbono principalmente), a fin de reducir el efecto que estos generan y tratar de revertir la situación actual.

Las industrias generadoras de energía consumen combustibles como carbón, gas oil, fuel oil, gas natural y otros derivados del petróleo, cuyos residuos de combustión presentan altos porcentajes de CO2. Y mientras esta forma de generación siga siendo la más económica (considerando un análisis al corto plazo) las empresas continuarán utilizándola.

Es por esto que muchos países se han propuesto encontrar alternativas para mejorar la imagen de las energías renovables, con el fin de comenzar a invertir la matriz energética mundial hacia una era de energías alternativas, explotando los recursos naturales inagotables como el viento, las mareas, el sol, las diferencias de temperatura en las profundidades de la tierra, etc. como medio de abastecimiento energético, sin perjudicar el medio ambiente.

2.2. Problema Local

La transición a energías renovables será gradual, y presentará a algunos países que lideren el cambio y otros que se irán acoplando en el tiempo conforme sus necesidades varíen.

Actualmente el problema energético local viene, más que por el recurso energético a explotar, asociado con la palabra *escasez*. La oferta del país parece no corresponderse con la creciente demanda en los últimos años, lo que ha traído (y sigue trayendo) grandes inconvenientes a la industria y el desarrollo de la economía.

La privatización de las empresas estatales en la década de los 90 contribuyó a la mejora en la competitividad del sector que, contando con una moneda equivalente al dólar, parecía atractivo a nuevas inversiones. Estas inversiones (traducidas en incremento de la oferta) acompañaron la demanda nacional hasta la caída de la convertibilidad, momento en que se congelaron los precios y el sector dejó de ser atractivo para capitales extranjeros.

Desde entonces la producción energética viene disminuyendo año a año, perjudicando al desarrollo de toda la economía. De hecho, hace pocos años la Argentina pasó de ser un país exportador de energía a tener la necesidad de comprar Gas Natural a Bolivia para poder operar sus centrales térmicas de ciclo combinado.

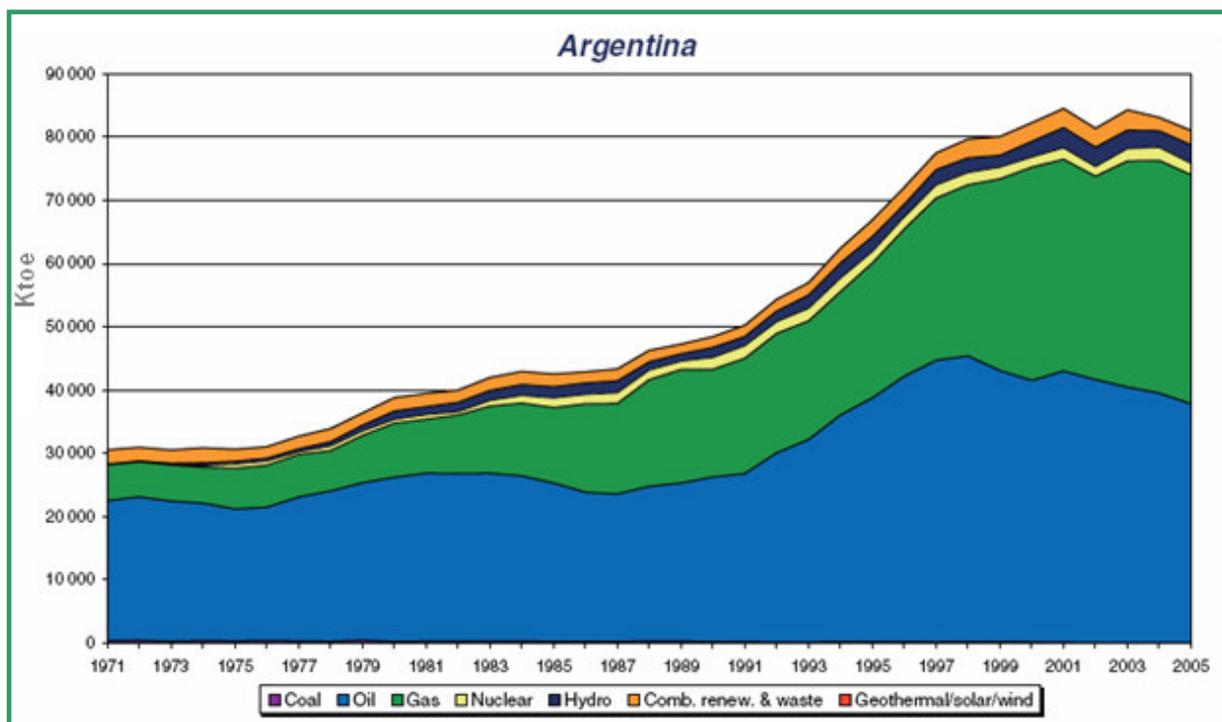


Figura 3. Evolución de la demanda energética argentina. FUENTE: CAMMESA

Ahora bien, es sabido que para que un país pueda crecer económicamente debe contar con un buen suministro energético. La curva de crecimiento económico y la de oferta energética tienen una alta correlación. “Existe una relación muy cercana entre la economía y la energía: la energía es el combustible de la economía. Por eso, disponer de fuentes de energías limpias, baratas e inagotables puede dar enormes beneficios”³.

De hecho, como se verá más adelante, una de las principales variables que ayudan a proyectar la demanda de energía de un país es la proyección de su PBI.

Si no logramos revertir la situación de escasez energética (curva de oferta) en los próximos años, tendremos una seria restricción de crecimiento general.

Por otro lado, es sabido que el país cuenta con innumerables ventajas para la explotación de energías alternativas que hoy parecen no ser consideradas. Con los famosos vientos en la Patagonia (que convierte a la región en una de las mejores zonas para desarrollar la energía eólica); grandes terrenos desérticos en el norte (energía solar); una costa de 6816 Kilómetros⁴ (energía mareomotriz), entre otras facilidades naturales.

Considerando ambos puntos toma enfoque esta tesis. Pudiendo encontrar beneficios no sólo de la obtención de energía por medios renovables, limpios e ilimitados; sino también siendo pioneros en la región Sudamericana en temas de energías alternativas. Esto sería de gran utilidad en el mediano y largo plazo, cuando otros países comiencen por acoplarse a este movimiento que parece no tener vuelta atrás, y necesiten de la ayuda de un país experimentado en esos asuntos.

2.3. Enfoque del trabajo

Antes de comenzar con el análisis es importante mencionar hacia dónde apunta el trabajo, bajo qué cristal deberá ser observado, cuál es el enfoque que se le desea otorgar.

Considero, personalmente, que el fin último de una empresa privada no es la rentabilidad económica, sino más bien un fin social. Debería orientarse en la mejora y bienestar de la sociedad, buscando brindar una solución a un problema real (o necesidad), mejorando así la calidad de vida de sus clientes y también de las personas que trabajan para y con ella (proveedores y empleados).

Sin embargo el día a día muestra muchas veces algo distinto a esto. Es una realidad que una empresa que no es rentable deja de ser una empresa en breve; por lo que entendemos, las empresas no son creadas para perder capital sino para ganarlo. La rentabilidad, el retorno, el valor creado a los accionistas son aspectos primordiales para analizar proyectos de inversión.

Por otro lado se encuentra la visión o enfoque del estado. El estado posee funciones indelegables y esenciales que debe cumplir para con la sociedad, como ser la seguridad, la justicia, la defensa nacional, las relaciones exteriores, entre otras.

Por otro lado, nos encontramos con muchos sectores, rubros, necesidades, en los que se encuentran empresas privadas brindando bienes y servicios. En los casos en que no existe una empresa privada que satisfaga la necesidad social, el estado debe intervenir bajo su acción subsidiaria (esta acción no sólo comprende los subsidios económicos a empresas privadas, sino también el ejercer de forma pública la actividad en cuestión para asegurar su cumplimiento).

De esta forma, vemos claramente que el estado posee una función más estratégica, sin detenerse inicialmente en la rentabilidad de los proyectos.

El mercado energético presenta una secuencia importante de años sin una inversión del sector privado que incremente la oferta para acompañar la demanda local. Esto es debido a su poco atractivo comercial luego de la caída de la convertibilidad, obligando al estado a subsidiar el sector (económicamente en este caso) para que siga operando sin pérdidas y así asegurar el abastecimiento del recurso a la población.

Las políticas de subvención económica son consideradas soluciones de corto plazo; y en la actualidad han querido mantenerse bajo este formato por varios años, sin solucionar el problema de raíz.

Este trabajo tiene como objetivo analizar una estrategia para solucionar el problema de abastecimiento energético nacional en el corto, mediano y largo plazo. Desde el enfoque del estado, el mismo no deberá ser medido necesariamente bajo parámetros económicos sino más bien estratégicos a nivel nacional. Sabiendo que el consumo de energía per capita de una población es considerado como uno de los parámetros para medir el bienestar social.

Se buscará, bajo subsidios económicos, políticas de estado, exenciones impositivas y otros recursos estatales fomentar el desarrollo de las energías alternativas; modificar y mejorar el formato de la red eléctrica nacional; convertir al país en líder de tecnologías de energías alternativas siendo referentes en la región (liderando el cambio sudamericano, exportando tecnologías y conocimientos en el futuro).

Parte II

Mercado

Capítulo 3

Mercado energético

3.1. Introducción

El mercado eléctrico se encuentra fuertemente relacionado con el mercado de las principales fuentes de generación, como ser el petróleo, la energía nuclear, hidroeléctrica, eólica, solar, etc.

El objetivo principal de este capítulo es el de interiorizar al lector en el sector energético. Para ello se hará una breve descripción y análisis de la evolución de las principales fuentes de generación de energía del mundo, en busca de alguna tendencia.

La energía juega un papel fundamental en las estrategias gubernamentales de todos los países, siendo considerada como “el combustible de la economía”. El consumo energético per capita de un país es un índice del nivel de vida que llevan los ciudadanos.

Ya sea debido a la aparición de nuevas tecnologías, mejora en los materiales ya existentes o algún otro motivo de índole global, históricamente la gama de energías con las cuales se generaba la electricidad se fue modificando en cuanto a tipo, forma y participación.

A continuación se puede observar un gráfico que demuestra la participación de las principales energías en la generación de electricidad para los países miembros de la OECD y de la IEA⁵, comparando los meses de enero-junio 2007 con el mismo periodo del año 2008.

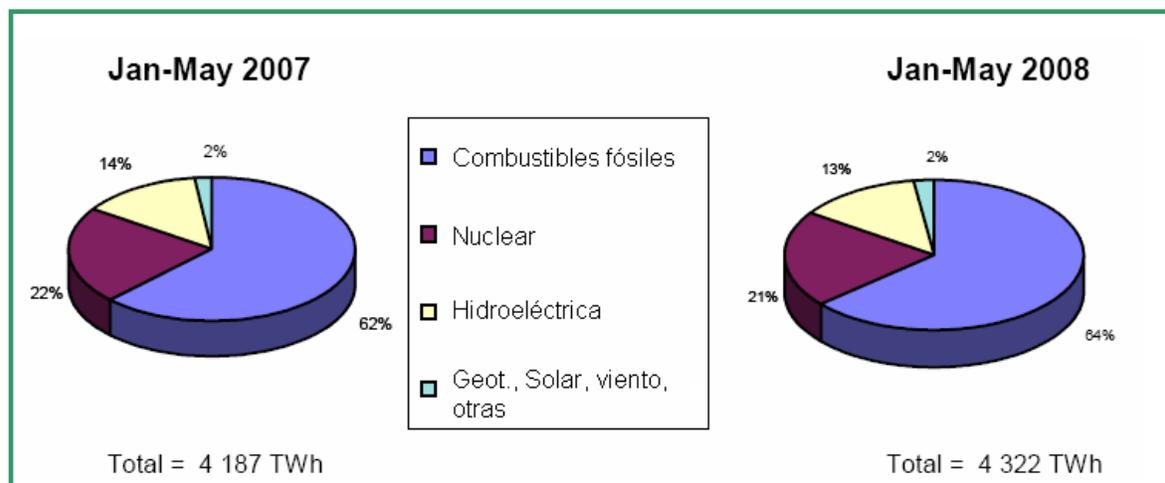


Figura 4. Comparación de matrices energéticas globales. FUENTE: IEA

Se observa que los combustibles fósiles componen más del 60 %; la energía nuclear juega un papel relativamente importante junto con la hidroeléctrica, y las llamadas “energías alternativas” quedan en un tercer plano.

3.2. Petróleo

La extracción / producción de petróleo ha crecido sostenidamente desde hace más de 20 años, acompañada siempre de un mayor consumo que la justifique como lo demuestra el gráfico a continuación.

Uno podría pensar, bajo este escenario, que las reservas mundiales disminuyen desde entonces ya que, al consumir cada vez más este recurso no renovable, su agotamiento es inevitable. La realidad es que las reservas también han crecido sostenidamente. Para aclarar el asunto, petróleo siempre habrá bajo la superficie de la tierra.

La viabilidad de la explotación de los pozos petroleros viene acompañada del precio al cual se encuentra el barril. Cuando el costo de extracción del mismo supera su precio de venta, ese pozo deja de ser rentable y de considerarse entre las “reservas”. De esta forma, las variaciones del precio del barril modifica el panorama de reservas.

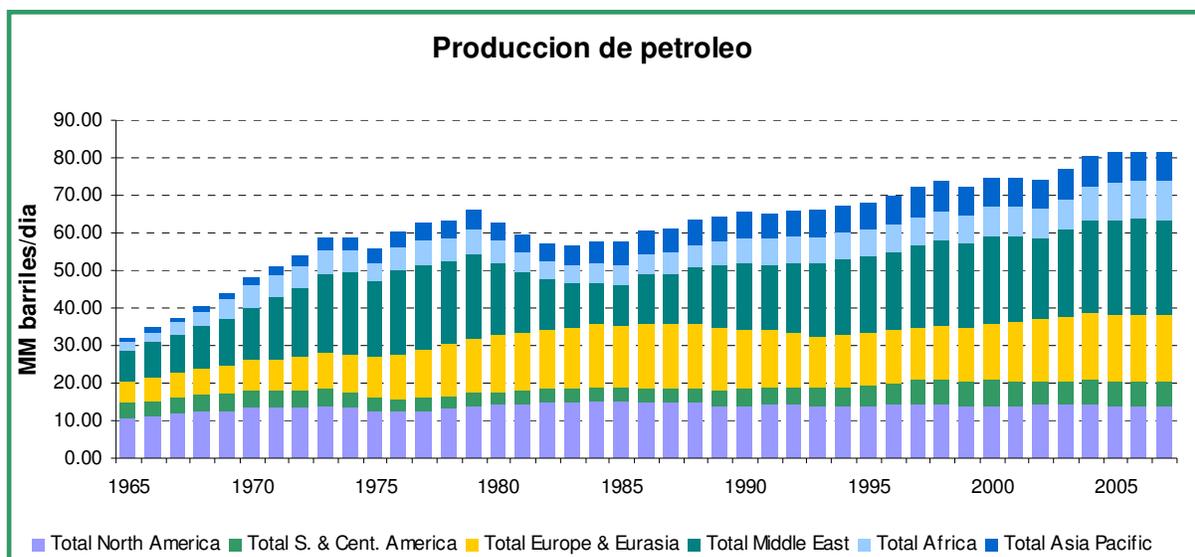


Figura 5. Evolución de la producción de petróleo. FUENTE: BP Statistical Review of World Energy June 2007

Tomando entonces las reservas actuales se podría calcular cuánto tiempo alcanzarían las mismas para abastecer la creciente demanda mundial al ritmo en que se encuentra. Sin embargo, a menor

oferta y creciente demanda, los precios subirán, abriendo nuevamente pozos no explotables a la fecha, aumentando las reservas y regulando nuevamente los precios internacionales.

Considerando una tasa lineal de crecimiento tanto en el consumo como en la producción, y sumando año a año los consumos, las reservas actuales podrían abastecernos aproximadamente hasta el año 2041. Pero todo esto no considera la variación de precios y la exploración de nuevos pozos ni otras fuentes energéticas.

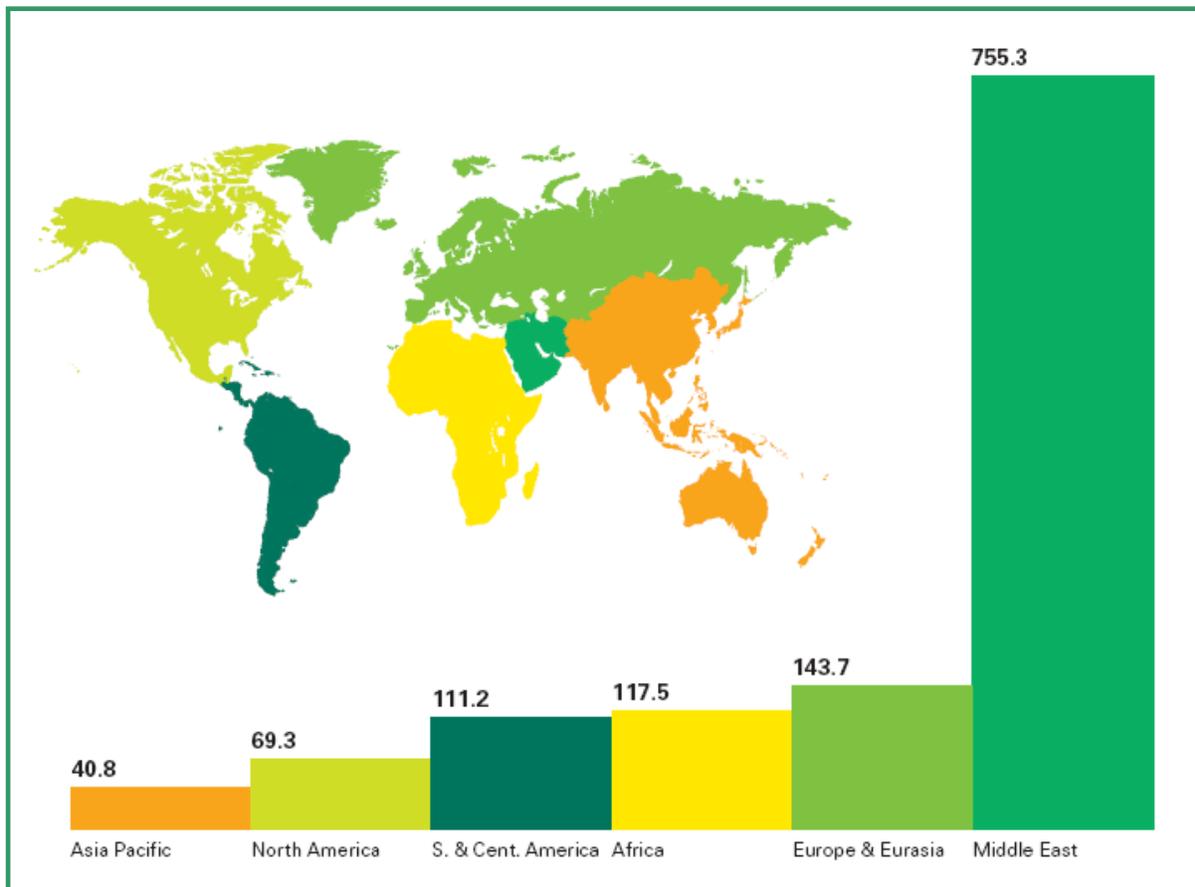


Figura 6. Reservas mundiales de petróleo (en millones de toe). FUENTE: BP Statistical Review of World Energy June 2007

Por esto, las estimaciones lineales a largo plazo para el consumo de petróleo nunca serán certeras. El problema es que, al consumir parte de las reservas la disponibilidad de recurso (oferta) disminuye y los precios del barril se incrementan, lo que encarece la generación de energía eléctrica por medio de los hidrocarburos.

Aquí aparecen dos fuerzas que tienden a regular el mercado. Los elevados precios por barril incitarán a las empresas a la búsqueda de nuevos yacimientos, lo que aumentará las reservas (oferta) y regulará nuevamente el precio.

Pero, si este valor supera los costos de generación de otra fuente de energía (menos riesgosa), indefectiblemente se incrementarán las inversiones en ésta última, modificando su participación en el mercado generador eléctrico.

Esto disminuye el crecimiento de la demanda del petróleo, puesto que parte del mercado ahora genera electricidad mediante otra fuente. Al disminuir entonces la demanda, los precios también lo harán.

Esta tensión que generan la demanda, oferta y precio del petróleo le confiere un gran riesgo al mercado y una fuerte variabilidad de precios. Pero del mismo modo esta es la razón por la cual podemos estar seguros que siempre habrá petróleo bajo la superficie. Su participación en la generación de electricidad disminuirá con el tiempo al incrementar sus costos (y bajar aquellos de las energías alternativas) hasta anularse. En el futuro, tendremos petróleo, pero no se utilizará puesto que no será rentable su explotación.

Lo que no se puede estimar con certeza son los tiempos que tomará este cambio de roles en la matriz energética. La velocidad de evolución de las tecnologías de cada fuente energética no es estimable de forma certera, y menos aún las respuestas sociales frente a fuertes variaciones de precios.

Como se observa en el gráfico siguiente, el precio del barril ha tenido amplias fluctuaciones a lo largo del tiempo, producto tanto del cambiante marco político-económico mundial como de la oferta, demanda y los hallazgos de nuevos pozos (incremento de las reservas).

Nótese las importantes variaciones de precios ante conflictos políticos relacionados con la zona de Medio Oriente (mayor productor del mundo). Esto le confiere al petróleo un enorme riesgo que alerta a los países a encontrar algún sustituto.

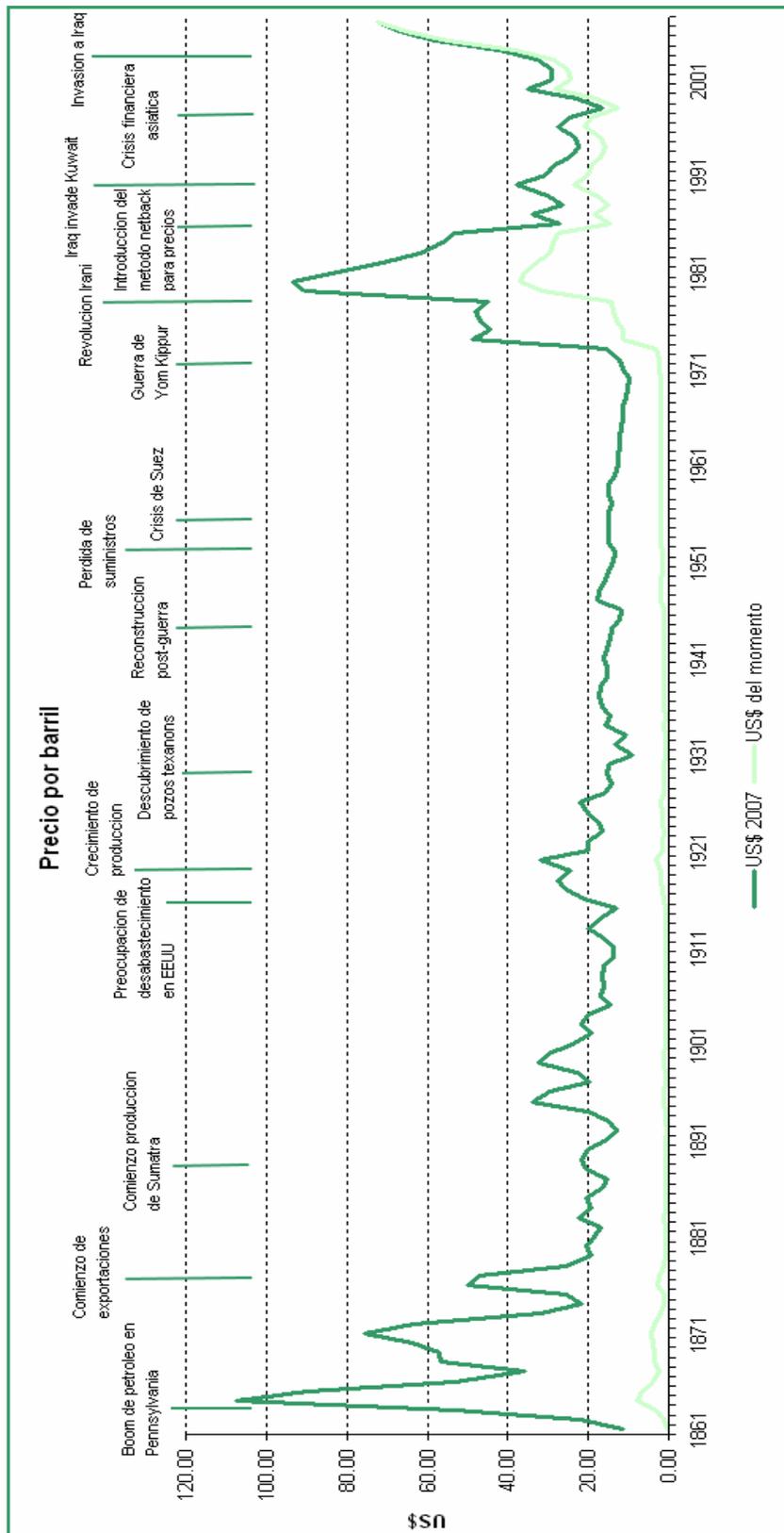


Figura 7. Evolución del precio del petróleo. FUENTE: BP Statistical Review of World Energy June 2007

3.3. Gas Natural

Tratándose de un hidrocarburo, el análisis de mercado específico será muy similar al efectuado para el petróleo.

La producción y consumo de este combustible también creció de forma sostenida en los últimos años, al mismo tiempo que sus reservas, cosa que puede observarse en los gráficos que siguen.

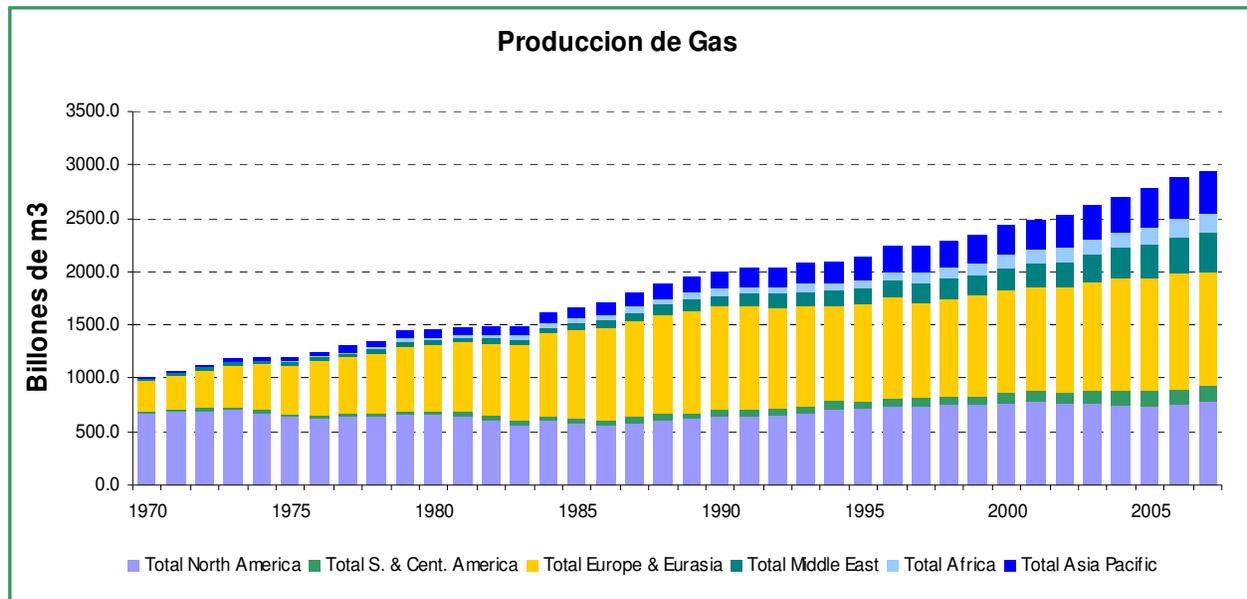


Figura 8. Evolución de la producción de Gas. FUENTE: BP Statistical Review of World Energy June 2007

La dependencia de la variación de sus reservas en relación al precio es muy similar al caso del petróleo. Por ello se piensa que las fluctuaciones principales y estimables que tendrá el precio del Gas serán similares a las que presente el Petróleo; los ciclos serán similares, aunque no necesariamente se darán en tiempos simultáneos.

El gráfico siguiente muestra las reservas de Gas mundiales a fines del año 2007, en trillones de metros cúbicos dividido por regiones geográficas; presentando una mejor distribución.

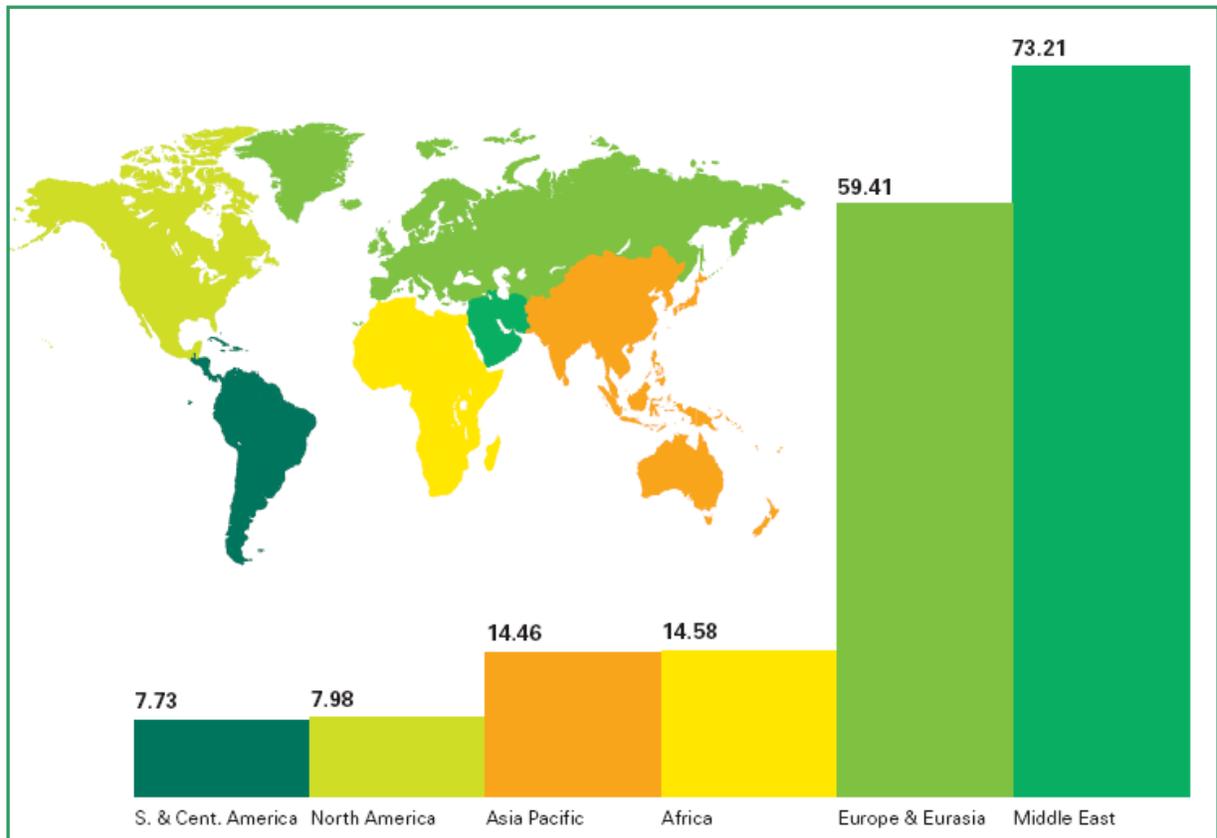


Figura 9. Distribución de las reservas de Gas en el mundo. FUENTE: BP Statistical Review of World Energy June 2007

3.4. Carbón

El carbón es, junto con el petróleo y el gas natural, un combustible fósil no renovable. Si bien en nuestro país prácticamente no se utiliza, el mundo aún continúa generando electricidad a través del mismo y sus reservas podrían abastecer de energía por muchos años a la humanidad.

Sin embargo, el mayor impedimento para su desarrollo actualmente parece venir de la mano de la contaminación. La combustión de carbón natural genera altas concentraciones de dióxido de carbono, cuyas emisiones se están tratando de disminuir globalmente debido al calentamiento global.

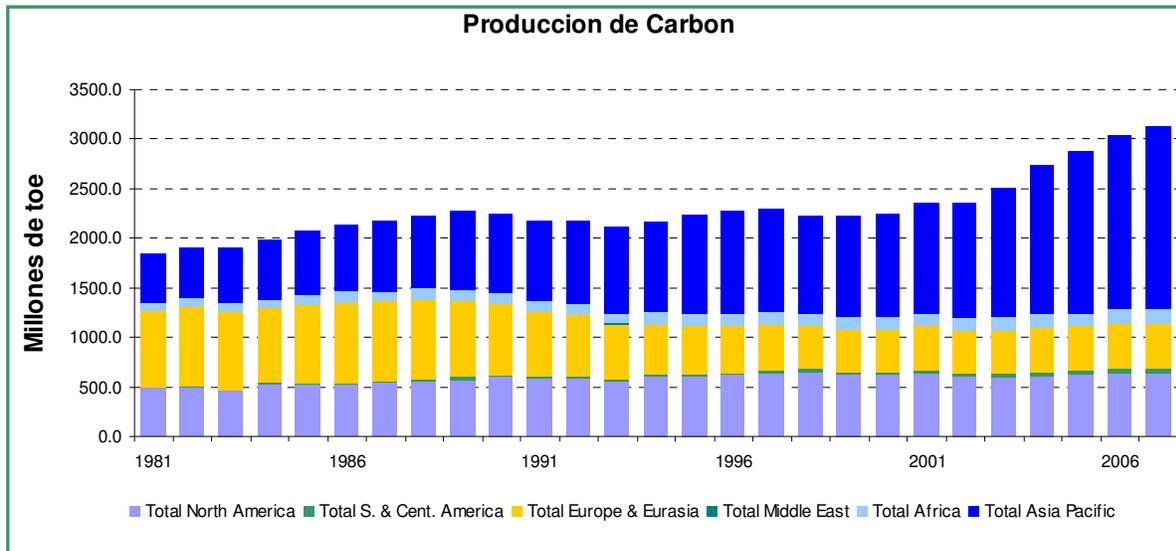


Figura 10. Evolución de la producción de carbón. FUENTE: BP Statistical Review of World Energy June 2007

Se puede ver que Europa disminuyó su consumo en los últimos años, producto de la sustitución de este insumo por energías alternativas limpias; mientras que Asia (China especialmente) incrementó fuertemente tanto la producción como el consumo, debido a la necesidad de generar electricidad de forma económica, para acompañar su importante crecimiento económico.

3.5. Nuclear

Si bien localmente la energía nuclear no se encuentra entre las más populares por razones ambientales, cierto es que se encuentra entre las principales fuentes de generación de energía eléctrica para muchas naciones del primer mundo, como ser Francia y Suecia, entre otras.

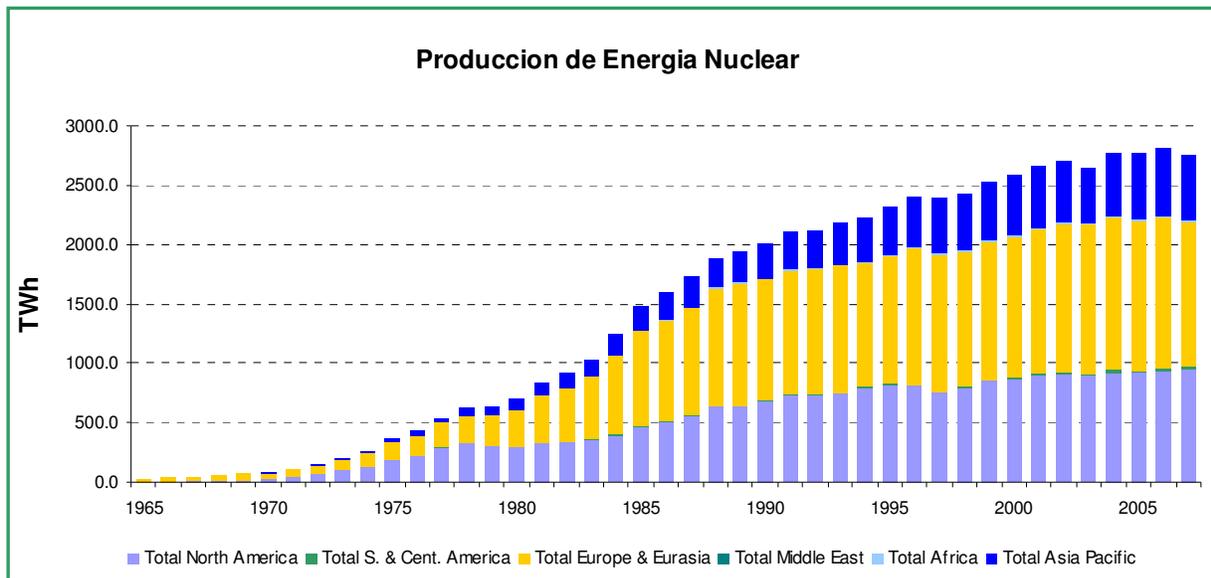


Figura 11. Evolución de la producción de energía nuclear. FUENTE: BP Statistical Review of World Energy June 2007

Se observa que el crecimiento de esta fuente energética fue exponencial los primeros años y, si bien continúa en aumento, parece haber encontrado un freno. Este fuerte crecimiento parece coincidir con un pico de precio del petróleo (cerca a la revolución Iraní del año 1979). Ya sea debido a la mejora en la competitividad (bajo costo relativo a otras fuentes) o la disminución del riesgo al distribuir la generación eléctrica en varias fuentes, la energía nuclear se vio favorecida.

Considerando que la matriz energética mundial aún depende fuertemente de los combustibles fósiles; que la energía nuclear es una de las fuentes de generación de electricidad más económica de la actualidad; y observando el nuevo pico en el precio del petróleo (máximo en la historia) de mediados del años 2008, es de esperar una segunda etapa exponencial en el crecimiento de esta energía.

3.6. Energías Alternativas

Las energías alternativas se encuentran muy bien posicionadas socialmente (energías verdes), pero su explotación a gran escala se dificulta debido a sus altos precios.

Entre las mismas se puede nombrar la energía hidráulica (la más desarrollada), solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, undimotriz, entre otras.

3.6.1 Energía Hidroeléctrica

Dentro de las llamadas *energías alternativas* la hidroeléctrica ha sido la de mayor explotación hasta la fecha ocupando un 13 % de la matriz de generación mundial.

Si bien las inversiones iniciales son muy elevadas, generando un alto costo por MWh y su explotación está limitada a encontrar sitios en dónde poder construir las grandes represas (sin mencionar los largos tiempos de puesta en marcha y los dilemas ambientales), es una energía segura y de muy buenas proyecciones.

No podremos saber con certeza cuándo soplará el viento (riesgo de la energía eólica) pero podemos controlar y monitorear de forma precisa la altura de agua de los diques y estimar la energía que se puede producir. Esto le otorga un carácter de seguridad que no poseen el resto de las energías alternativas.

3.6.2 Energía Eólica

Actualmente los costos la posicionan entre las energías más costosas y una de sus principales desventajas es la imposibilidad de proyectar los vientos y la energía que de ellos podremos extraer.

Sin embargo las mejoras tecnológicas y los incentivos gubernamentales reducen sus costos relativos año a año, otorgándole las mejores proyecciones rentables en escenarios futuros.

3.6.3 Energía Solar

La energía solar es una de las fuentes de generación de electricidad más limpias y costosas que existen, con excelentes proyecciones de capacidad en el futuro. Actualmente es rentable en algunas partes del planeta, aunque debido a medidas e incentivos de los gobiernos locales.

El crecimiento a nivel mundial de esta fuente ha sido del 30% anual en los últimos 10 años, lo que indica fuertes inversiones y la posibilidad de la reducción del costo de generación debido a la producción a mayor escala de paneles; a las mejoras tecnológicas encontradas en estos años y las que podrán surgir en los años venideros.

3.6.4 Biodiesel

Una de las mayores ventajas que presenta este combustible, además de ser renovable, es que funciona en motores de combustión interna a gas oil, sin necesidad de modificar el motor. Es un sustituto perfecto para el combustible Diesel. Otro dato no menor es su menor contaminación ambiental, emitiendo aproximadamente un 70% menos de CO₂ que el Diesel derivado del petróleo, aunque su rendimiento energético por litro es un 10% menor.

Sin embargo no posee buenas proyecciones ya que, más allá de su alto costo de obtención, lo que imposibilita la amplia explotación de este combustible alternativo es el famoso dilema Food for Oil. Si se toma todo el aceite que se produce hoy en el mundo y se transforma en bio-combustible, se podría reemplazar tan sólo el 7% del consumo del gas oil actual.

3.6.5 Bioetanol

Así como el Diesel encontró su combustible alternativo en el Biodiesel, la nafta lo hizo con el bioetanol.

En este caso ocurre lo mismo que con el Biodiesel. Una de las restricciones de crecimiento y explotación es su elevado precio de producción; pero la mayor restricción viene acompañada del dilema Food for Oil, puesto que si se utilizara toda la cosecha mundial de maíz y toda la cosecha mundial de caña de azúcar para fabricar bioetanol, tan sólo se alcanzaría a reemplazar el 20% de la nafta utilizada en el planeta.

3.7. Electricidad

El consumo de electricidad viene creciendo en los últimos años a una tasa global del 3% aproximadamente y probablemente continúe a este ritmo. La mayor participación de esta generación, como ya se observó, viene acompañada de los combustibles fósiles.

El problema que esto ha generado (debido a las fuertes fluctuaciones de precios del petróleo) despertó el interés de muchos países para redefinir sus matrices energéticas, distribuyendo la generación en varias fuentes y disminuyendo así el riesgo.

Se puede observar que, para abastecer la creciente demanda energética el mundo tendrá que invertir en centrales térmicas y nucleares, represas, paneles solares, molinos de viento. En fin, aumentar la capacidad instalada.

Solo considerando el manejo de estas inversiones futuras el perfil de participaciones de las energías puede modificarse radicalmente, destronando a los combustibles fósiles de una vez.

A continuación se muestra un grafico con la producción mundial, dividida en distintas regiones, de energía eléctrica desde el año 1990 hasta el 2007, con una proyección de crecimiento exponencial que ajusta los datos con un coeficiente de correlación de 0,98.

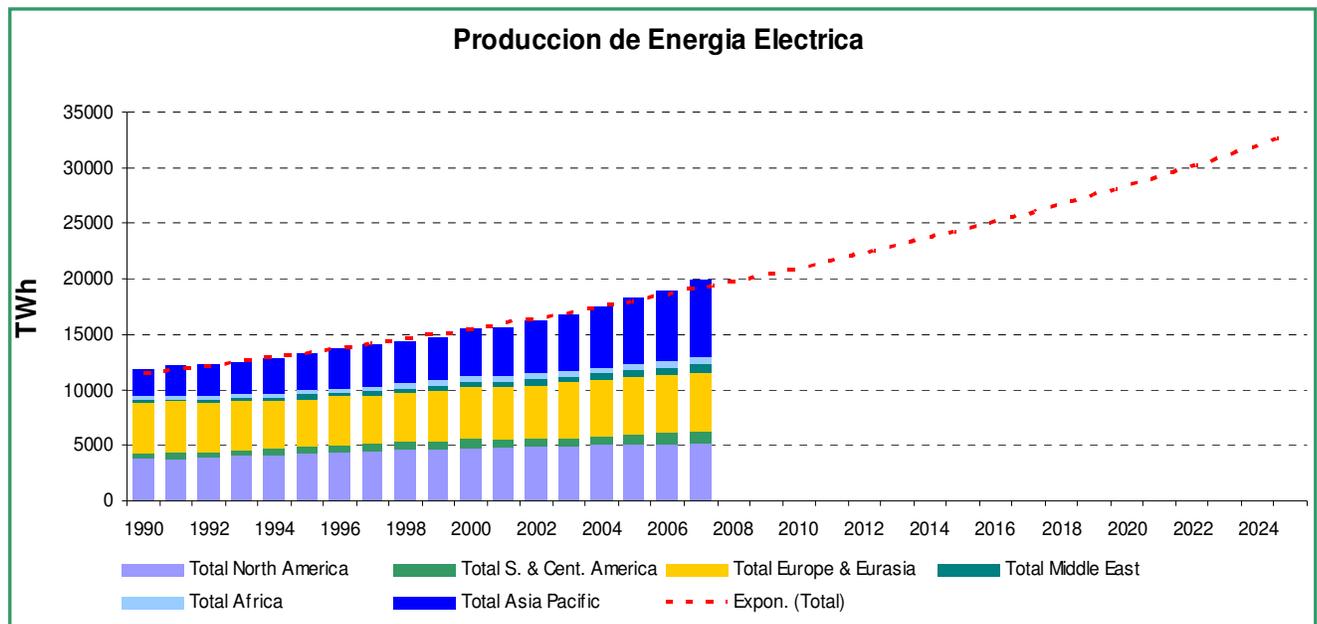


Figura 12. Evolución y proyección de la demanda eléctrica global. FUENTE: BP Statistical Review of World Energy June 2007

La siguiente figura muestra el consumo energético mundial en toneladas de petróleo equivalente sectorizada. Cabe remarcar que no solo se deben observar los países con altos consumos (los cuales seguramente seguirán consumiendo energía a una tasa similar a la actual) sino aquellos países que se encuentran en vías de desarrollo, las llamadas “*economías emergentes*”, las cuales se puede ver representan un bajo consumo per capita actualmente.

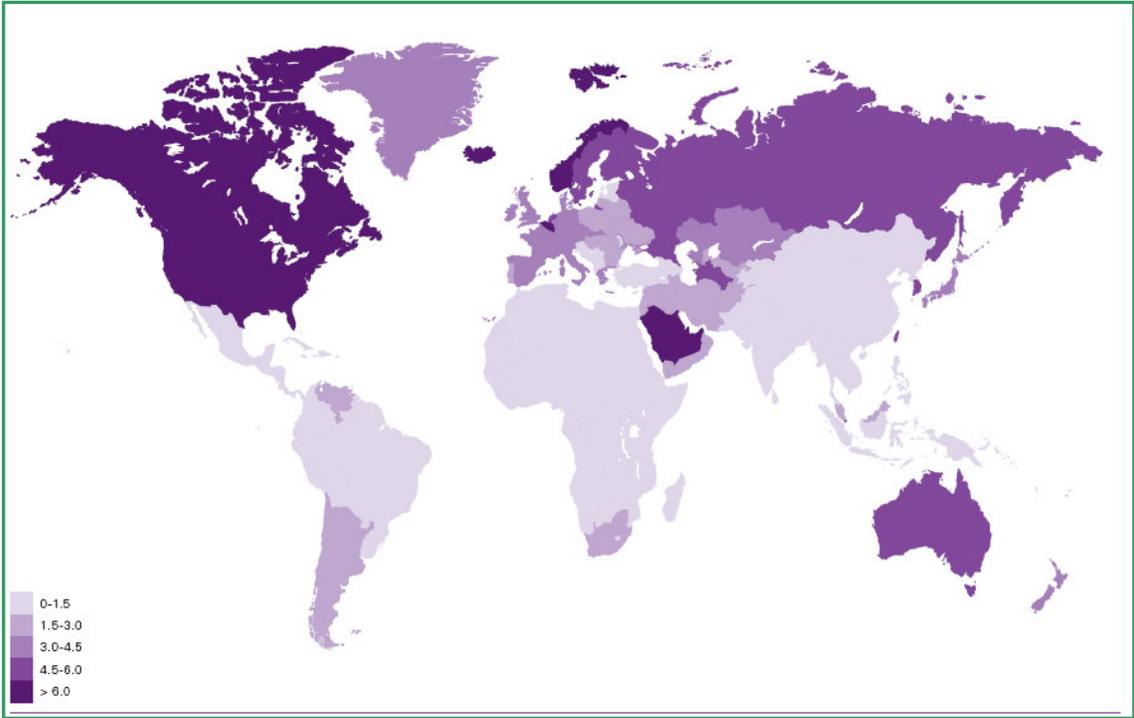


Figura 13. Consumo eléctrico per capita en toe. FUENTE: BP Statistical Review of World Energy June 2007

Capítulo 4

Tendencias

4.1. Introducción

Las proyecciones en base a datos pasados siempre han sido una herramienta útil para predecir, de alguna manera, el futuro al cual nos dirigimos.

Sin embargo, a lo largo del camino de la historia el mundo ha evolucionado en forma continua, presentando por momentos saltos discretos que modificaron las reglas del juego. En esos momentos en que la historia se re-escribe y los paradigmas globales se modifican, las proyecciones pierden un poco el sentido de ser hasta que todo vuelve a estabilizarse bajo una nueva forma de pensar, un nuevo mundo.

Es por esto que, antes de continuar con el trabajo, se tratará de visualizar tanto tendencias globales como posibles cambios de paradigmas que modifiquen las reglas del juego, de modo de poder anticiparnos al cambio y, de ser posible, liderarlo.

4.2. La energía y la crisis financiera internacional

El análisis del mercado energético del tercer capítulo comprende principalmente una visión histórica del sector a nivel global; utilizando datos del pasado se generan hipótesis en base a conjeturas que son efectuadas bajo los paradigmas de la época de la cual se ha extraído la información.

Ahora bien, estos datos no reflejan el cambio que sufrió el mundo a partir de la crisis financiera que está atravesando. Estimando una pérdida del 50% de las riquezas de todo el planeta en tan sólo 6 meses, parece prudente preguntarse si estos paradigmas seguirán siendo los mismos en el futuro.

Comenzando desde los consumidores finales y la reducción del límite de crédito, las mayores restricciones sobre préstamos de dinero en todo el mundo y los despidos masivos que generan cifras de desempleo que alcanzan los valores más altos vistos; hasta el impacto de falta de capital para inversiones importantes e inversiones de riesgo.

Sumado a esto nos encontramos con la gran dependencia del mercado energético a los combustibles fósiles y la enorme variación de precios del petróleo que, más allá que la OPEC

haya comentado recientemente que la recesión del mercado del petróleo haya terminado⁶, la realidad muestra un precio por barril que duplica su precio desde comienzos de año.

Con referencia a este tema, Alistair Darling (Ministro de hacienda del Reino Unido) comentó que los precios volátiles del petróleo, que alcanzaron el valor record de 147 dólares el barril en Julio del 2008 (justo antes de la recesión) tienen “el potencial para ser un enorme problema en cuanto al recupero de la crisis”⁷.

Como se ve, existe una gran relación entre los precios del petróleo (recordemos que los combustibles fósiles representan más de un 60% de la matriz energética global) y el recupero económico global. Y las fuertes fluctuaciones del primero ponen en riesgo este último objetivo.

Por otro lado, la mejora de la imagen del dólar como moneda y el aumento de la preocupación en cuanto al recupero de la crisis en el mundo han generado una disminución del precio del barril, cayendo a menos de 71 dólares. “Un dólar más fuerte tiende a deprimir los precios del petróleo y los metales”⁸.

Esto nos demuestra el enorme riesgo que significa depender energéticamente de un recurso con tanta volatilidad y variación de precios, más aún en momentos de crisis internacional.

Los estados deben garantizar la seguridad en el abastecimiento de la energía, y “al ser pocas y concentradas las fuentes fósiles energéticas por causas naturales o del hombre, la provisión en todo lugar y momento está condicionada”⁹.

Sin lugar a duda, un panorama de menores capitales y mayores riesgos en proyectos globales perjudicará radicalmente al sector energético global. Los estados buscarán obtener la energía que necesitan bajo sus propios medios con el fin de independizarse de otros países productores.

Cierto es que el petróleo y gas natural se encuentran entre las fuentes energéticas más económicas de la actualidad, pero las grandes fluctuaciones de su precio (alcanzando el valor de 147 dólares el barril) pueden desalentar las inversiones. El riesgo es doble, por un lado la posibilidad de un incremento de precios que iguale los costos de esta energía con las alternativas (hoy muy costosas), y por otro el riesgo en el abastecimiento de este recurso a un país que puede depender energéticamente de estos combustibles y no posee en su territorio nacional yacimiento alguno (o los que posee no son suficientes para suplir la demanda interna).

Entonces entrarán en escena las energías alternativas. Cada país intentará explotar sus recursos naturales, fuentes primarias de energía, tratando de ser ellos productores de la energía que necesitan para el crecimiento, modificando sus matrices energéticas, disminuyendo la participación del petróleo, así como también el riesgo.

4.3. Las energías alternativas en el nuevo mundo

Luego de hablar de la crisis financiera global, resta analizar el papel de las energías alternativas en el nuevo desarrollo.

Si se considera que, como se analizó anteriormente, los nuevos proyectos tenderán a alcances más regionales que globales, y que el doble riesgo presente en el abastecimiento energético a base de hidrocarburos disminuye el atractivo a inversiones en países sin grandes yacimientos, se observa un escenario muy propicio para el desarrollo de las energías alternativas.

Pero la energía nuclear ya ha jugado en otro momento el papel principal en la transición y modificación de la matriz energética, y aún sigue siendo relativamente más económica, lo que daría a pensar que seguirá tomando este papel principal.

Sin embargo existe un nuevo agregado en el escenario actual que se debe tomar en cuenta. Las centrales nucleares requieren de una fuerte inversión inicial y demoran mucho tiempo en desarrollarse hasta su fase productiva. Por otro lado, las energías alternativas son más flexibles, puesto que permiten menores tiempos de implementación e inversiones escaladas (por ejemplo, la unidad eólica puede ser un molino en comparación con la unidad nuclear, una central).

Esto último suma un atractivo importante para su desarrollo en el escenario actual. Pero, para que este cambio estructural se pueda llevar a cabo en todo el mundo, los precios de estas fuentes energéticas deben ser más atractivos a la vista de los inversores.

Los costos disminuyen gracias a las nuevas tecnologías; el riesgo se está teniendo mucho más en cuenta luego de la crisis financiera internacional; y los problemas que se debaten en cuanto al calentamiento global y el aumento de gases de invernadero generan nuevas políticas que benefician la utilización de energías limpias.

Con todo esto en marcha, el fuerte crecimiento de estas energías en los países del primer mundo en los últimos años, el escenario de menores capitales, y la posibilidad de generar inversiones escaladas en proyectos de energías alternativas (opciones reales) vemos una tendencia para el crecimiento exponencial del desarrollo de las mismas en el futuro a nivel global.

Capítulo 5

Mercado energético Local

5.1. Introducción

Una de las características principales del sector energético es su fuerte dependencia en el gas natural, el cual representa casi el 50 % del consumo (ya sea como generación de electricidad o combustible para automóviles). La Argentina contaba con una cantidad de gas natural considerable para autoabastecerse y exportar su excedente a los países limítrofes, pero debido a la poca exploración de nuevos pozos las reservas actuales son cada vez más escasas y existe un gran riesgo en que la producción decaiga considerablemente en los próximos 10 años.

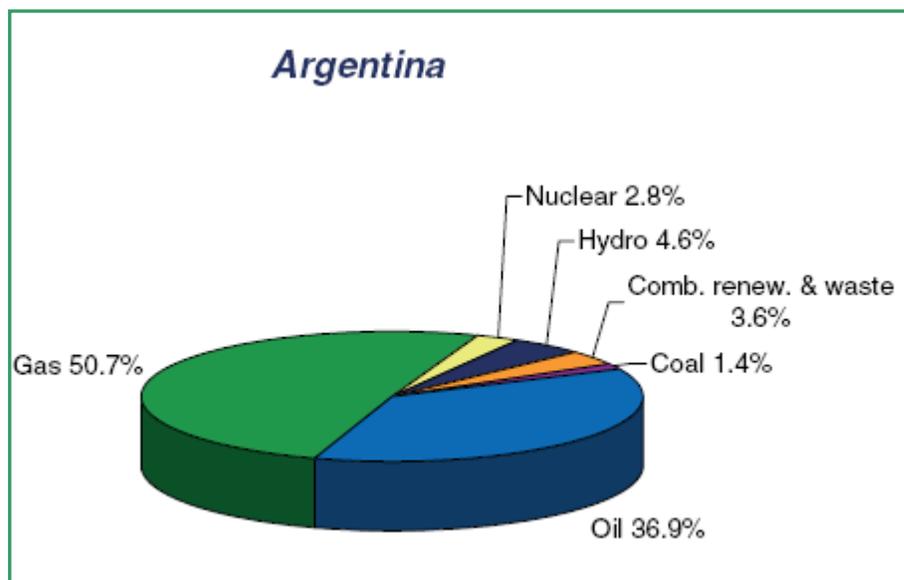


Figura 14. Matriz energética argentina. FUENTE: CAMMESA

Desde la crisis de finales del año 2001 el gobierno, buscando asegurarse los insumos para la generación de energía, ha impuesto recargos en las exportaciones de todos los productos derivados del petróleo. Sin embargo la demanda de energía para el sector doméstico sigue creciendo y, gracias a las medidas tomadas y la devaluación de la moneda, las inversiones privadas casi cesaron, disminuyendo la oferta.

Para prevenir crisis futuras el gobierno ha tomado medidas de emergencia, algunas de las cuales buscan reducir la demanda y otras asegurar el abastecimiento.

El aumento del precio del gas natural en más de un 40% o el lanzamiento del Programa de Uso Racional de la Energía (PURE) fueron medidas tomadas para reducir el consumo residencial e industrial de energía y gas natural en el año 2003 y extendido al año 2004.

Por otro lado, se rompió el contrato de exportación con Chile (lo que trajo fuertes tensiones temporales entre ambos países), se generaron cortes en el suministro a distintos sectores y diversas importaciones de combustibles fueron hechas, medidas altamente costosas para sustituir la falta de gas natural doméstico.

Luego de la crisis de abastecimiento del gas natural el gobierno lanzó un plan en el año 2004 con el fin de corregir la debilidad del sector acelerando las inversiones. (“Plan Energético 2004-2008”)

El plan consiste en la liberación del precio de la energía, crecientes inversiones en infraestructuras tanto en el sector privado como público, extensión del PURE y el comienzo de nuevas exploraciones petroleras.

Del mismo modo, una compañía de energía pública (Enarsa) fue creada para participar de la exploración y producción de petróleo y la generación de electricidad.

5.2. Panorama actual

Historia

Luego de un período de desarrollo del mercado energético entre los años 60 y 70, el sector entró en crisis debido principalmente a la inflación y a la inadecuada gestión de las empresas estatales por parte del gobierno.

Como solución al problema, en el año 1989 el estado lanzó una reforma a través de la ley #23.696/89 permitiendo la privatización de las empresas estatales. Esto llevó a una completa reestructuración del mercado energético en 1992, y a un mercado altamente competitivo abierto a inversores privados para la generación de electricidad y la exploración / producción del petróleo (aunque la transportación y distribución del gas y la electricidad se mantuvieron fuertemente reguladas por el estado debido a sus funciones públicas). Entre 1992 y 1998 esta reestructuración permitió que la producción de energía en el país creciera más rápidamente que la demanda, exportando el excedente a los países vecinos.

Actualmente la estructura del sector eléctrico esta basada en la separación de las actividades de generación, transmisión y distribución. Con excepción de las plantas nucleares y las grandes represas hidroeléctricas, el mercado de generación está en manos de un número de empresas privadas; mientras que unas pocas controlan las actividades de distribución y transmisión.

Situación Político-Económica

Junto con Chile y Brasil, la Argentina es una de las económicas más importantes de Sudamérica.

Luego de un período de dolarización de la moneda local en los años 90 (convertibilidad), el país sufrió una severa crisis a fines del año 2001 que impactó en todos los sectores socio-económicos y finalizó con la devaluación de la moneda, impuesta en el 2002.

El año 2003 comenzó con un período de relativa estabilidad política y la economía se recuperó de la fuerte caída con un creciente PBI de 8.7% y 8% en el año 2004. La deuda externa sigue vigente y pesa en las espaldas del estado, empeorando la imagen del país para inversores extranjeros. El gobierno trata de reestructurarla y generar nuevos planes de pago, y así recuperar la capacidad de préstamo para financiar programas nacionales y conseguir nuevas inversiones del sector privado.

Oferta y demanda

En una economía en desarrollo el abastecimiento energético es una de las variables principales. Es sabido que la demanda eléctrica crece en relación con la economía y, en los últimos años la demanda energética argentina lo hizo a una tasa aproximada del 5% anual y probablemente continuará a un ritmo similar.

Como puede observarse en el gráfico, la generación de energía creció considerablemente a partir de los años 90 debido a las inversiones del sector privado en la generación de electricidad y producción de petróleo. Sin embargo, la pérdida en la rentabilidad de las mismas resultó en una disminución en el año 1998; y la crisis de fines del 2001-2002, con su devaluación del peso llevó casi a un alto en las inversiones en el año 2003.

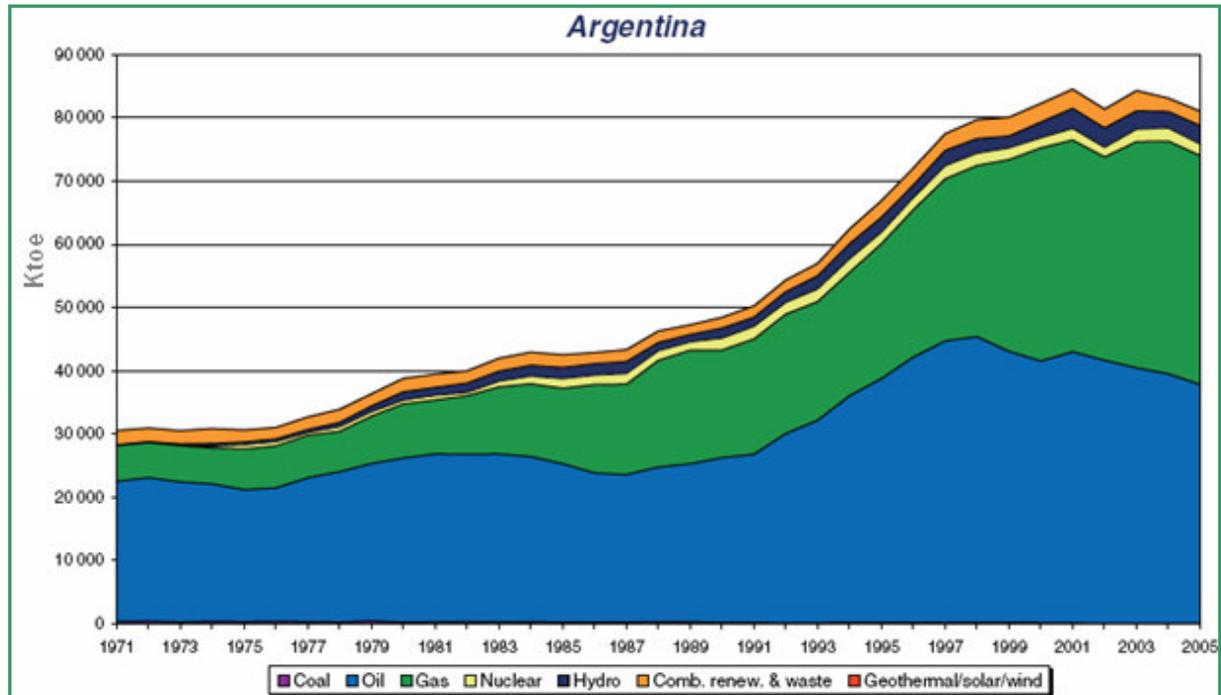


Figura 15. Evolución de la demanda energética argentina. FUENTE: CAMMESA

Estas energías son utilizadas, entre otras cosas, para generar electricidad. Actualmente la Argentina tiene una fuerte dependencia del Gas Natural para ello, lo que la hace muy vulnerable a los cambios de precios globales (más aún actualmente, que las reservas locales se estiman en 8 años).

A continuación se muestra una tabla donde se comparan las fuentes de energía utilizadas para generar electricidad por la Argentina en comparación con la media mundial, y luego un gráfico con la evolución de generación de electricidad abierta en las distintas fuentes.

	Argentina	Mundo
Petroleo	10%	10%
Gas Natural	45%	15%
Carbon	1%	40%
Hidro	38%	19%
Nuclear	6%	16%

Tabla 1. Comparación de matrices energéticas

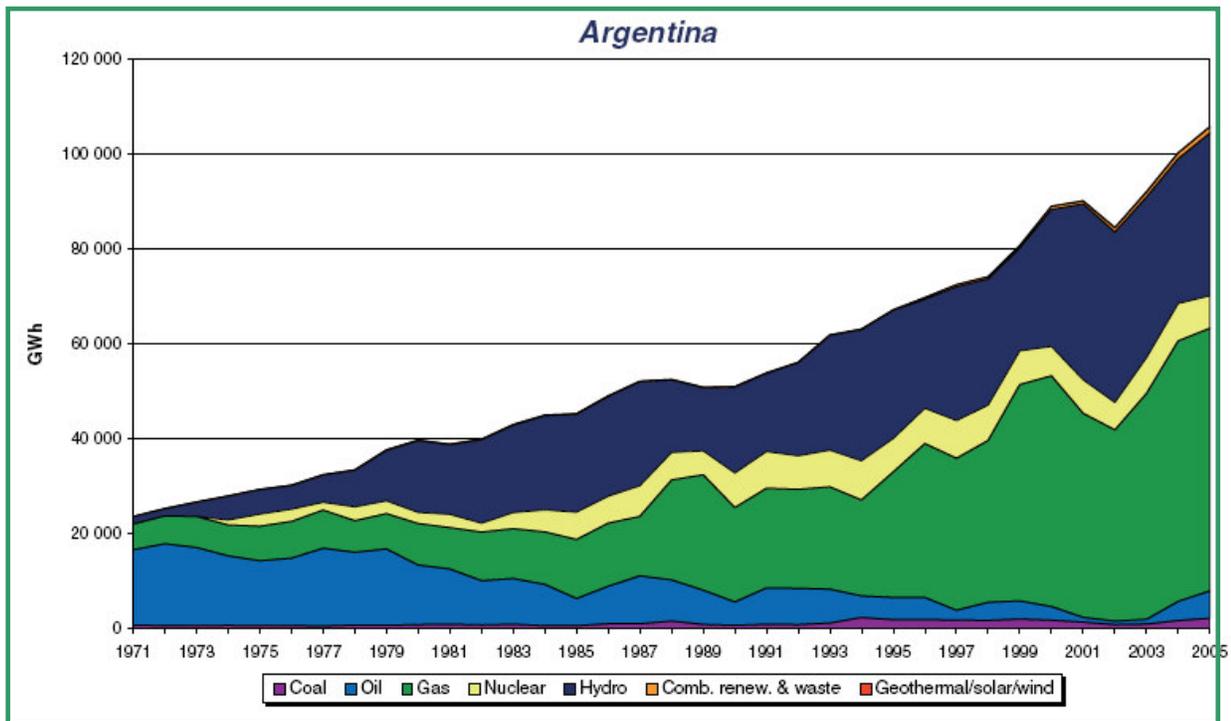


Figura 16. Evolución de la oferta eléctrica argentina. FUENTE: CMMESA

Si bien la producción de electricidad continúa creciendo, la disminución de producción energética general desde el año 2000 presentará inevitables consecuencias.

Perspectivas

Con el crecimiento económico argentino de los últimos años la demanda energética continuará aumentando. Si bien las medidas tomadas por el gobierno son muy costosas, se espera que los resultados sean apreciados luego del año 2008 (fechas fijadas por el plan energético nacional).

La estructura del sector se encuentra diseñada para producir la electricidad necesaria a base de Gas Natural mayormente y la reestructuración de la matriz energética es un plan que puede tomar varios años.

“Mientras esto ocurre, la solución de compromiso es la importación de combustibles, que muchas veces alcanzan valores de hasta 10 veces comparados con el gas natural local. Sin embargo, más allá de estas costosas alternativas, se estima que no puedan abastecerse los picos de demanda. Proyecciones tienden a mostrar que el sector energético argentino deberá racionar la alimentación de electricidad y su consumo por lo menos en los próximos 5 años.”¹⁰

En el largo plazo, la poca exploración de combustibles fósiles traerá aparejado un dramático desenlace. De hecho, muchos analistas del sector predicen que las reservas de gas natural actuales se agotarán ente el año 2013 y el 2017 (lo mismo para el petróleo, combustibles que tienen más de un 85% de participación en la producción de energía del país). Lo mismo ocurrirá con otros combustibles y productos derivados del petróleo, lo que resultará en una fuerte caída de la producción energética.

Esto generará un interesante escenario para aquellas compañías que promuevan y ofrezcan energías alternativas. Para esto deberá ganarse la expertise y capacidad necesaria para suplir todo este mercado que quedará desabastecido, más allá de las medidas que el gobierno pueda tomar en el mediano plazo.

5.3. Estructura del sector

El sector energético se define principalmente por 3 grandes actores; el Estado (ente regulador), los grandes consumidores y la industria eléctrica (seccionada en productores, transportadores y distribuidores de electricidad).

Dentro de este panorama, la Secretaría de energía es la entidad que define la estrategia y las políticas nacionales del sector; el ENRE debe controlar la calidad del servicio, definir regulaciones, prevenir monopolios, establecer precios y controlar las concesiones y contratos a nivel nacional y el Ministerio de energía posee una función similar a nivel provincial. El diagrama que sigue muestra la estructura del mercado eléctrico y sus regulaciones.

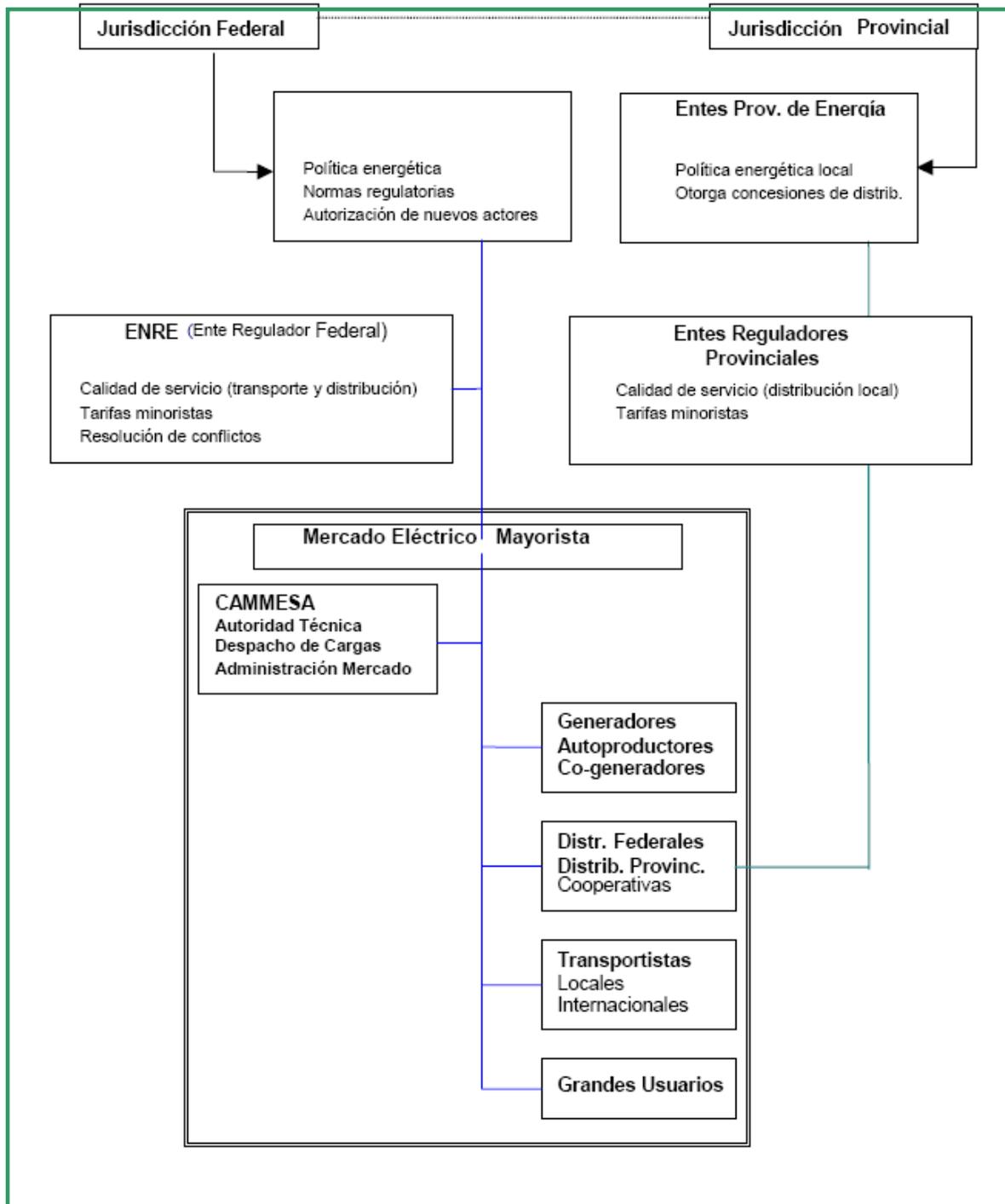


Figura 17. Estructura del mercado eléctrico argentino

Los grandes consumidores, por otro lado, se dividen a su vez en Grandes Usuarios Mayores (GUMA), Grandes Usuarios Menores (GUME) y Grandes Usuarios Particulares (GUPA). Los GUMA son todos aquellos cuya demanda excede 1 MW o si su demanda anual excede los 4.380 MWh; GUME son considerados aquellos que demandan 100 KW y GUPA si excede los 30 KW.

Consumidores residenciales no son considerados como grandes consumidores y no pueden ser clientes del mercado mayorista. Los distribuidores los representan de forma indirecta y los proveen de electricidad.

Por último, como ya se comentó, la industria está fragmentada en productores, transportadores y distribuidores, y cualquier ente que participe de una de las actividades no podrá hacerlo en ninguna otra.

El sector de distribución es considerado como un servicio público y de allí viene su fuerte regulación por parte del estado. Está dividido por contratos regionales y cada empresa tiene un poder monopolístico en su zona, debiendo abastecer a la demanda bajo estándares de calidad y precios fijados.

Este sector también creció entre los años 1992-2002 (+40%), alcanzando un total de 66 empresas privadas y estatales en el año 2005. Sin embargo son sólo 3 las que regulan el mercado de la provincia de Buenos Aires, y por ende, del país entero; estas empresas son Edenor, Edesur y Edelap.

Este trabajo se focaliza en estrategias gubernamentales con referencia a los sectores de generación y transporte dentro de este esquema, por lo que resulta importante hacer una breve explicación de su actualidad.

5.3.1 Generación

La producción se divide en variadas centrales térmicas, represas hidroeléctricas de alta capacidad, y dos plantas nucleares (incorporándose atucha II el año 2010). La participación del gas en este proceso ha evolucionado (siempre manteniendo valores elevados) hasta alcanzar un 45 % en el año 2005.

Existe también una gran cantidad de empresas de variadas industrias que generan electricidad para asegurar su abastecimiento, vendiendo su excedente a la red de distribución o comprando la poca que necesita de no alcanzar con la producción propia.

Por otro lado, aparecen nuevos proyectos para la generación de energía, alentados especialmente por el Plan Energético 2004-2008. Uno de ellos es el de aumentar la capacidad de la central hidroeléctrica Yaciretá (de 76 metros a 83 metros), la finalización de la tercer central nuclear Atucha II y la puesta en marcha de dos centrales térmicas de 800 MW cada una (como una inversión entre el gobierno y el sector privado).

Combustibles fósiles

El mercado de los combustibles fósiles no posee un ente regulador directo como el eléctrico. De hecho, no existe la restricción de que una misma compañía se desarrolle tanto en la extracción/producción, refinería y distribución. El estado, ocasionalmente, interfiere para garantizar los márgenes de las refinерías y adaptarse a las variaciones de precio del petróleo.

La Argentina se caracterizó siempre por estar entre los productores de petróleo más grandes de Sudamérica (después de Brasil y Venezuela).

Luego de la crisis de fines del 2001 el consumo del petróleo disminuyó, y con él la producción. Las empresas petroleras trataron de subir los precios internos para hacer rentable el negocio y seguir invirtiendo, pero no hubo una respuesta a tiempo.

Con esta declinación de la oferta y los altos precios del mercado, el estado promovió la utilización de GNC (Gas Natural Comprimido) en los automóviles; convirtiéndose así en uno de los países con mayor consumo de GNC del mundo.

Esto trajo una fuerte dependencia del mercado energético con el Gas Natural, no sólo en el transporte sino también en la generación de electricidad mediante centrales térmicas a Gas. Como consecuencia de esta medida, el consumo interno creció de 45.700 millones m³ en el 2002 a 50.600 en el 2003 y 52.300 en el 2004. La demanda superó finalmente a la oferta y generó la crisis del gas del año 2004, que trajo consigo el corte del contrato de exportación con Chile y un contrato nuevo de compra de gas al estado Boliviano.

El precio del petróleo (ya sea crudo, refinado o en bomba) es regulado por el mercado local mayorista, siendo la compañía Repsol-YPF la de mayor participación (aproximadamente el 50%) y la que marca el precio.

El precio viene subiendo desde el año 1993 de manera sostenida, con un fuerte aumento en el año 2001 debido a la crisis y la devaluación del peso.

Por otro lado, el gas también aumentó en los últimos años, aunque la crisis no lo afectó tan drásticamente debido a una congelación del precio por parte del Gobierno para mantener accesible la energía.

Con la suba de los precios del petróleo, el gobierno aplicó retenciones a todos los productos derivados del mismo para limitar exportaciones y controlar el precio interno. Esto protegió la economía local en el corto plazo.

Estas medidas tomadas por el gobierno pueden ser efectivas en el corto plazo, pero definitivamente no lo serán en el largo si el precio del petróleo a nivel internacional no disminuye. El mercado interno es menos atractivo para inversiones privadas debido a la poca rentabilidad y retorno a la inversión por los bajos precios en comparación con el mercado mundial.

Si bien el gobierno lanzó el Plan Energético 2004-2008, la mejora no alcanza para suplir la creciente demanda del mercado local y, aunque las reservas petrolíferas del país son de las mayores de Sudamérica, los pronósticos estiman un tiempo de vida de entre 8 a 12 años de las mismas.

Energía nuclear y Alternativas

La energía Nuclear no está bien vista localmente por cuestiones de contaminación, pero de todas las energías posibles (dejando de lado los hidrocarburos) es una de las más económicas y no se encuentra atada a una región geográfica específica. La creación de Atucha II demuestra que, más allá de los ideales ambientales, esta fuente sigue siendo una opción rentable para la generación de electricidad y seguramente, de funcionar correctamente, pueda traer consigo otra central en el futuro.

Por otro lado, las principales energías alternativas (y renovables) que se utilizan en la Argentina a excepción de la hidroeléctrica son el biodiesel, el bioetanol, la energía eólica y la solar, considerándose también el bagazo, y los residuos agropecuarios.

La mayoría de estas energías cuenta con la posibilidad de crecimiento en el país, aunque el problema principal son los costos, la inestabilidad político-económica local, y el conocimiento de las mismas por parte de la sociedad.

Las principales desventajas de la energía hidroeléctrica son su alta inversión inicial y el hecho de depender de una zona geográfica específica (se necesitan ríos con grandes caudales de agua para obtener cantidades significativas de energía).

Los biocombustibles presentan algún desarrollo en el país, pero su crecimiento es acotado por el hecho de necesitar vehículos preparados para utilizar los mismos, y por el dilema Food for Oil explicado anteriormente.

La utilización de residuos puede ser una fuente de generación de electricidad interesante para analizar en el país. El problema principal se da en las ciudades, pues los desechos deben ser separados en orgánicos e inorgánicos, ya que es mediante un proceso aplicado sobre los primeros por lo que podemos obtener Bio-Gas, y la separación de los desechos urbanos representa un cambio cultural importante. Sin embargo, es viable su aplicación en el interior, utilizando los excrementos de animales y desechos de cosechas para tal fin, pudiendo abastecer de energía a sitios donde la red eléctrica nacional no ha llegado al día de hoy.

Por último, la Argentina tiene grandes zonas de viento, en donde podrían obtenerse enormes cantidades de energía explotando este recurso. El problema es que el mercado energético tiene los precios congelados por el gobierno a un valor mucho menor que los internacionales, haciendo que, con o sin bonos de carbono, el negocio no sea atractivo a inversiones. Esto depende entonces

de las regulaciones estatales y los precios internos de la energía, que según los pronósticos aumentará en forma muy gradual, pero no se estima que alcance valores de competitividad internacional.

El sector eléctrico

El mercado se transformó luego de las medidas gubernamentales tomadas en el año 1992, privatizando el sector y aumentando su competitividad.

En los 10 años que siguieron (1992-2002) las inversiones se estimaron en USD 12.500 millones, el poder de generación instalado creció un 65%; la demanda un 61%; un 40% la red de distribución y los precios de electricidad cayeron de 40 USD/MWh en 1993 a 21 USD/MWh en julio del 2005.

La capacidad instalada de generación para el año 2003 era de 25.7 GW mientras que la producción de ese mismo año fue de 83,687.35 GWh.

Dependiendo de las lluvias anuales, la energía hidroeléctrica posee aproximadamente el 38% del mercado, el gas natural tiene una participación del 45%. También existen 2 plantas nucleares, produciendo alrededor del 6% de la electricidad nacional. Con excepción de grandes plantas hidroeléctricas, las energías renovables son muy poco explotadas, siendo utilizadas principalmente para abastecer de energía a regiones remotas las cuales tienen un difícil acceso para la red nacional de distribución.

Las industrias son los grandes consumidores energéticos, con una utilización del 41% sobre el total del consumo, mientras que el sector residencial utiliza un 31% y se estima que el resto es utilizado en la actividad comercial.

Como ya se observó, la producción fue creciendo en los años 1992-2002 junto con la demanda, con un alto en los años 2002-2003 debido a la fuerte crisis nacional sufrida. La generación de electricidad ahora no parece estar aumentando tanto como la demanda debido principalmente a la falta de inversiones privadas, producto de la devaluación y la congelación de los precios energéticos por parte del gobierno.

La capacidad instalada no alcanzará para abastecer al mercado y se esperan problemas de abastecimiento en los años venideros, sin importar las medidas que el gobierno tome para solucionar el problema a corto y mediano plazo.

Desde 1998 la importación de energía ronda entre 1 y 2 GWh anuales, y las exportaciones han disminuido nuevamente estos últimos años.

Debido a la fuerte transformación del sector energético nacional en los años 90 y a la devaluación de la moneda local en el año 2002 el precio de la electricidad disminuyó drásticamente de 40

USD/MWh en el año 1993 a 21 USD/MWh en el 2005 (pasando por 7 U\$/MWh en el año 2002). La crisis tuvo un efecto reverso en los precios de la energía expresada en pesos argentinos: se multiplicó por un factor de 2 en un año para alcanzar el valor de 50 AR\$ en el 2003.

Este precio subió progresivamente a 80 AR\$ en julio del 2005 (27.5 USD/MWh), que lo convierte en el precio más bajo de la región (actualmente ronda los 86AR\$/ MWh). A modo comparativo, el precio de la energía ese mismo mes en Estados Unidos fue de 68 USD/MWh.

Otro dato importante es el bajo precio de la energía para el sector doméstico, que en Abril del 2005 fue de 21.58 USD/MWh mientras que en Brasil y Estados Unidos fue de 112.72 USD/MWh y 91.8 USD/MWh respectivamente ese mismo mes.

Claramente este precio bajo es debido a las políticas de manipulación y control sobre los precios por parte del estado estos últimos años.

Costos

En la tabla siguiente pueden observarse un estimado de costos por tecnología, incluyendo costos de inversión (contemplando los tiempos de instalación y utilizando una tasa de descuento anual del 10%), costos de combustible, y de operación y mantenimiento.

	Inversion		Costo Combustible		O & M	Total
	U\$/KW	U\$/MWh	Unidad original	U\$/MWh	U\$/MWh	U\$/MWh
Gas Natural-CC	700	11.5	8 U\$/Mmbtu	56.8	4	72
Carbon-TV	1900	36.6	70 U\$/tn	25.5	7	69
Fuel Oil-TV	1400	25.3	323 U\$/tn	72.5	6	104
Gas Oil-CC	700	11.5	650 U\$/tn	103	4	119
Nuclear	2500	50.6	200 U\$/Kg	7	8	66
Hidro	2500	87.6			6	94
Eolica	1700	81.6			6	88
Solar	6000	402.3			14	416

CC: Ciclo Combinado
TV: Turbina Vapor

Tabla 2. Costos estimados por energía. ¹¹

De esta forma se puede entender el porqué de la elevada participación del carbón matriz energética mundial, y el Gas natural en la matriz argentina.

Ahora bien, los costos de importación de gas alcanzan valores, como ya se comentó, muy superiores a los del gas local. Y por otro lado la cantidad de combustible dispuesto actualmente no alcanza para abastecer la producción de las centrales térmicas al 100%, por lo que se deben utilizar combustibles alternativos (fuel oil por ejemplo) que encarecen la operación.

De esta forma, el Gas debería dejar de ser el combustible predilecto del estado, habiendo perdido su fuerte ventaja de bajo costo. Debemos comenzar a reestructurar la matriz energética hoy para disminuir el riesgo de abastecimiento futuro y mejorar la balanza de generación. La energía nuclear y el desarrollo de las energías alternativas son una buena opción a tener en cuenta.

5.3.2 Transmisión

La red eléctrica cumple la función de transportar energía desde el centro de generación hasta los puntos de consumo (muchas veces alejados considerablemente). Para ello se eleva la tensión de la energía generada debido a que, para un determinado nivel de potencia a transportar, mayor voltaje se traduce en menor corriente, reduciendo así las pérdidas producidas por el efecto Joule.

Las líneas de transporte utilizan voltajes del orden de los 220 KV y superiores, alcanzando los 500 KV en muchos casos.

Existen varias compañías privadas encargadas de la transmisión de la electricidad, pero Transener (una de ellas) controla aproximadamente el 95 % del mercado con una red de 8.800 Km aprox. de 500 KV de tensión. El resto se divide en empresas provinciales o privadas con tensiones de 230 KV y 132 KV. Dado que cada región de concesión posee tan sólo una empresa de transporte eléctrico (funcionando como un monopolio) el estado debe regular la tarifa, supervisar la calidad y cumplimiento del servicio, entre otras actividades.

Se cuenta con numerosos proyectos para continuar extendiendo la red eléctrica, aunque la tasa de crecimiento no es tan fuerte como la demanda. El estado desea integrar de manera más efectiva la Patagonia Argentina con la red eléctrica nacional. Sin embargo esto depende fuertemente de los grandes consumidores, quienes finalmente serán los encargados de absorber la inversión.

El estado, por su parte, puede obligar a los transportistas a ampliar sus instalaciones si considera que es una necesidad pública; siempre que los concesionarios puedan recuperar la inversión.

A continuación se muestra un gráfico de la red de transporte eléctrico nacional.

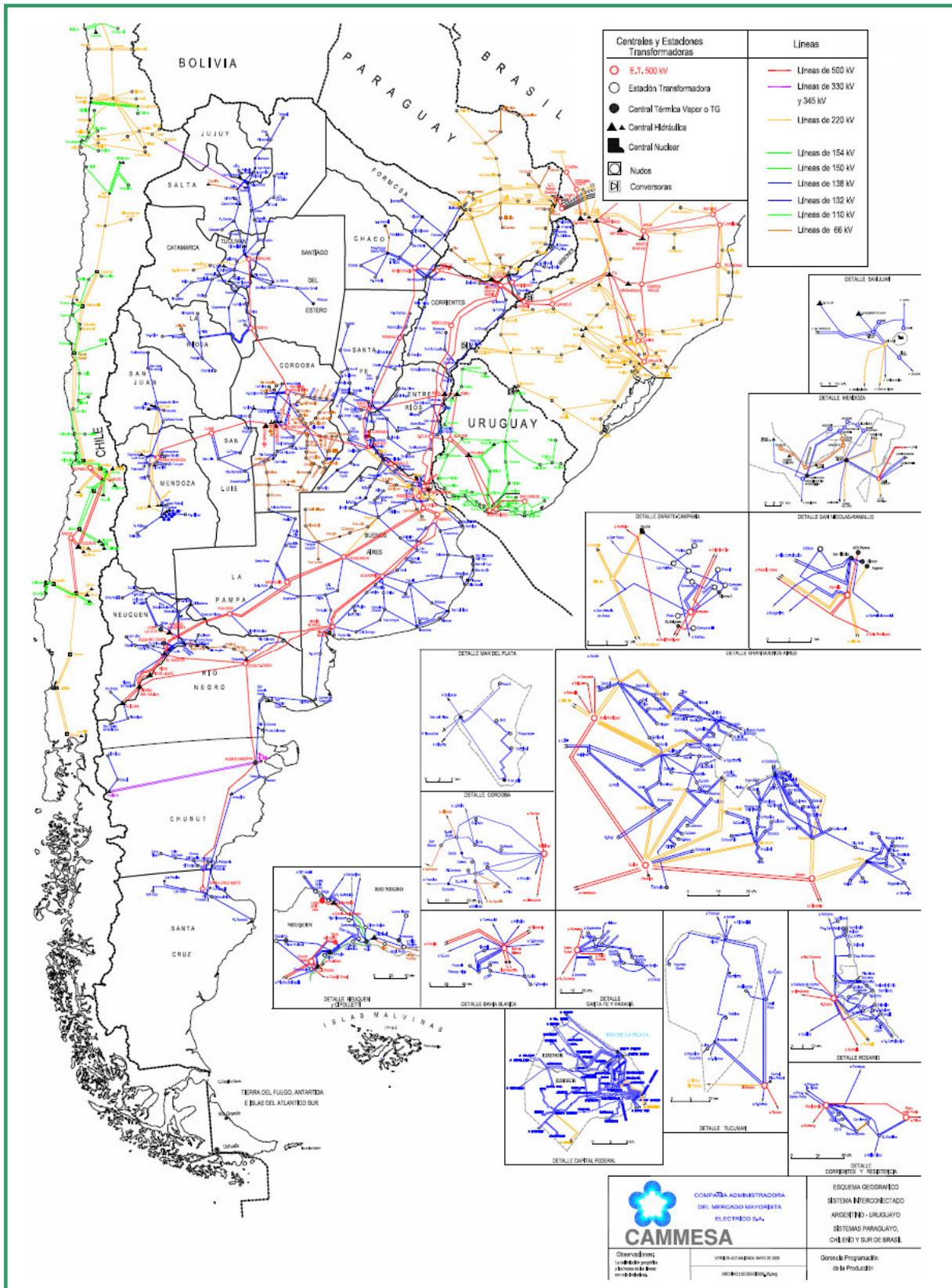


Figura 18. Red eléctrica interconectada nacional. FUENTE: CAMMESA

5.4. Proyecciones de demanda¹²

Para poder construir la curva de demanda energética proyectada de un país suelen considerarse algunas premisas básicas. Entre las mismas se pueden incluir el crecimiento económico anual; la elasticidad ingreso de la demanda por energía (1,2; 1,25; 1,40 generalmente); una productividad constante de las centrales y el hecho de que no haya cambios en los precios relativos.

Existen variados métodos para proyectar la demanda energética de un país, como ser una extrapolación de la curva de datos históricos mediante una función de ajuste; o un método que utiliza variables econométricas que se comentará a continuación y se utilizará para este trabajo.

5.4.1 Método de proyección econométrica de la demanda

La expresión utilizada relaciona la demanda eléctrica con la variable tiempo, el PBI y algunos coeficientes propios de cada país y sociedad (elasticidad, cómo crece la demanda energética con el incremento del PBI).

$$D_t = \alpha \cdot e^{\beta t} \cdot (PBI_{t-1})^\gamma \quad (1)$$

Siendo “t” el año; y “α”, “β” y “γ” coeficientes que se interpretarán a continuación.

La tasa de crecimiento de la demanda, diagramada bajo esta función, estaría dada por:

$$(D_{t+1}) / (D_t) = e^\beta * (PBI_{t+1} / PBI_t)^\gamma \quad (2)$$

Que se obtiene por comparación de la demanda de dos años consecutivos. Se observa que esta función (la variación de la demanda año a año), está compuesto de dos partes. Una de ellas representa el crecimiento vegetativo y la otra la variación de la demanda en función del crecimiento económico. De esta forma, el parámetro “γ” se lo conoce bajo el nombre de *coeficiente de elasticidad*.

Para hallar los coeficientes “α”, “β” y “γ”, se deben utilizar métodos de regresión y contrastar la consistencia de los valores bajo algún estadístico.

Los datos obtenidos del PBI se encuentran relacionados con el tiempo, junto con la demanda energética, con lo cual no será necesario realizar un análisis de multicolinealidad.

5.4.2 Cálculo de coeficientes

Se buscará modificar el modelo propuesto anteriormente de forma de que presente un carácter lineal para poder estimar así los parámetros mediante un modelo lineal de regresión.

Aplicando logaritmos naturales en ambos miembros, utilizando sus propiedades y ordenando la ecuación se obtiene la siguiente expresión lineal:

$$\text{LN}(D_t) = \text{LN}(\alpha) + \gamma \text{LN}(\text{PBI}_{t-1}) + \beta t \quad (3)$$

Ahora bien, la fórmula estándar para un modelo de regresión lineal de dos variables es:

$$Y_t = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad (4)$$

Que coincide en forma con la obtenida, siendo b_0 el coeficiente $\text{LN}(\alpha)$, b_1 el γ y b_2 el β . Con estos valores podremos calcular los estimadores que necesitamos para nuestro modelo original.

Los datos históricos presentados en la siguiente tabla serán los utilizados para resolver el problema y estimar los coeficientes:

Demanda (GWh t)	PBI (t)	Año (t)
58505	1182525	1993
62500	1251539	1994
64706	1215931	1995
68756	1283131	1996
73782	1387207	1997
76492	1440617	1998
75891	1391845	1999
83758	1380863	2000
86015	1319983	2001
81348	1176178	2002
86442	1280117	2003
93286	1395706	2004
98160	1523818	2005
104627	1652825	2006
108482	1795850	2007
112383	1921004	2008*

Tabla 3. Datos de la evolución de la demanda y del PBI argentino. FUENTE: CAMESA; PBI INDEC en millones de pesos a 1993, con valores del 2008 estimados

Con estos valores se desarrolla el modelo de regresión lineal antes expuesto, encontrando los siguientes valores de coeficientes.

b0	-64.2445
b1	0.206808
b2	0.036311

Tabla 4. Parámetros del modelo lineal

Antes de continuar y calcular los valores de los coeficientes del modelo original, se validarán los valores expuestos de la regresión lineal, buscando un buen ajuste del modelo a los datos.

El coeficiente de determinación múltiple (R^2) se calculó mediante la siguiente expresión

$$R^2 = 1 - \frac{Q}{\sum (Y_t - \hat{Y})^2}$$

obteniendo un resultado de 0.98, que demuestra un grado de ajuste elevado del modelo a los datos.

Por otro lado, las pruebas de significancia de los coeficientes b_1 y b_2 fueron efectuados bajo la hipótesis $H_0) b_i \neq 0$, contrastándose con el estimador t de Student.

Los estimadores calculados bajo este método arrojaron los siguientes valores

$$\frac{b_1}{\hat{D}(b_1)} = 2.34$$

$$\frac{b_2}{\hat{D}(b_2)} = 15.33$$

El valor de b_2 es fuertemente significativo, para una t de Student de 12 grados de libertad; mientras que el valor de b_1 es tiene un nivel de significación de aproximadamente $\alpha^* = 0.02$, que se considera aceptable.

De esta forma, los parámetros hallados para el modelo inicial de estimación de demanda son los siguientes

A	1.26E-28
B	0.0363
Γ	0.2068

Tabla 5. Parámetros del modelo econométrico

5.4.3 Escenarios futuros

Antes de continuar se debe proponer una evolución del PBI Argentino para los años de análisis, de forma de contar con los datos del modelo para poder estimar los valores de demanda energética futura.

Cabe aclarar que las proyecciones del PBI en el largo plazo son simples estimaciones de tendencia, para dar una idea del crecimiento económico general a lo largo del tiempo.

El gráfico siguiente muestra la evolución del PBI en miles de millones de pesos, a precios de mercado en series trimestrales desde el año 2002 hasta el 2008 (a moneda del año 1993) desestacionalizado.

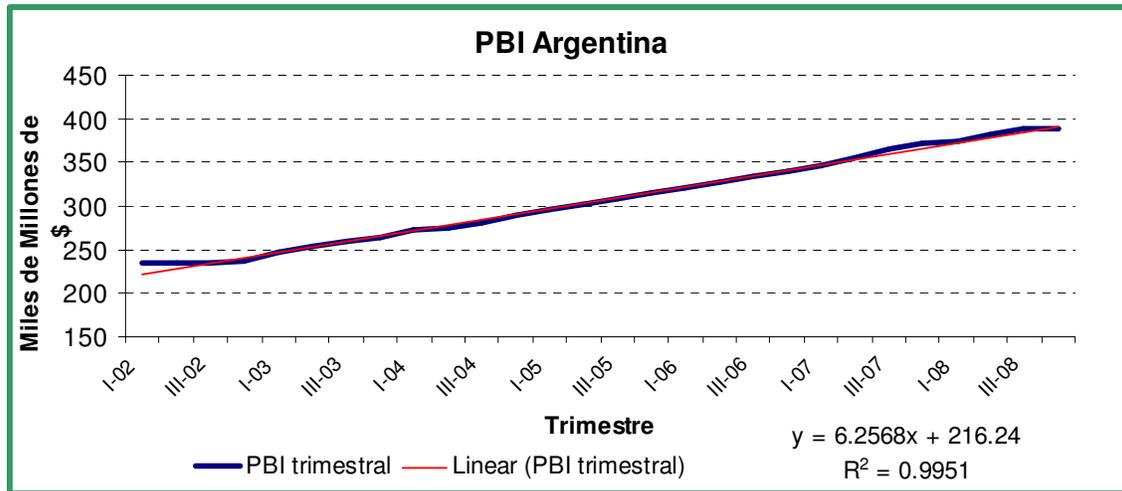


Figura 19. Evolución del PBI trimestral. FUENTE: INDEC.

Considerando la crisis del año 2001 como un suceso que se debe eliminar del análisis, se puede observar una tendencia de crecimiento del 6.3% aproximadamente. Sin embargo, más allá de los valores obtenidos por el gráfico, los mismos parecen ser extremadamente optimistas (considerando la crisis financiera internacional y las crisis cíclicas argentinas) para ser utilizados en proyecciones a largo plazo, con lo que se propone un crecimiento optimista de aproximadamente el 5% anual.

Por otro lado, de modo conservador podríamos tomar un crecimiento similar al promedio mundial, de 3.6% por ejemplo y bajo un escenario pesimista un crecimiento económico del 2%.

De esta forma se proyectará la demanda eléctrica bajo estos 3 escenarios. Si bien el trabajo analizará el escenario conservador, esto servirá para comparar la variación de la demanda del sector bajo distintas velocidades de crecimiento económico.

5.4.4 Proyección de la demanda

Utilizando el modelo analizado anteriormente y con las proyecciones de PBI propuestas se obtiene el siguiente resultado de demanda eléctrica nacional.

Año	Demanda (GWh)		
	Escenario I	Escenario II	Escenario III
2009	120166	120166	120166
2010	124220	124220	124220
2011	130120	129760	129343
2012	136300	135546	134676
2013	142774	141590	140229
2014	149555	147903	146011
2015	156658	154498	152032
2016	164098	161388	158301
2017	171892	168584	164828
2018	180056	176101	171625
2019	188608	183954	178701
2020	197566	192157	186070
2021	206949	200725	193742
2022	216778	209676	201731
2023	227074	219025	210049
2024	237858	228792	218710
2025	249155	238994	227729
2026	260989	249651	237119
2027	273385	260783	246896
2028	286369	272411	257076
2029	299970	284558	267677
2030	314217	297247	278714
2031	329141	310502	290206
2032	344773	324347	302173
2033	361148	338810	314633
2034	378300	353918	327606
2035	396268	369699	341115
2036	415088	386185	355180
2037	434803	403405	369825
2038	455454	421393	385075

Tabla 6. Demanda proyectada

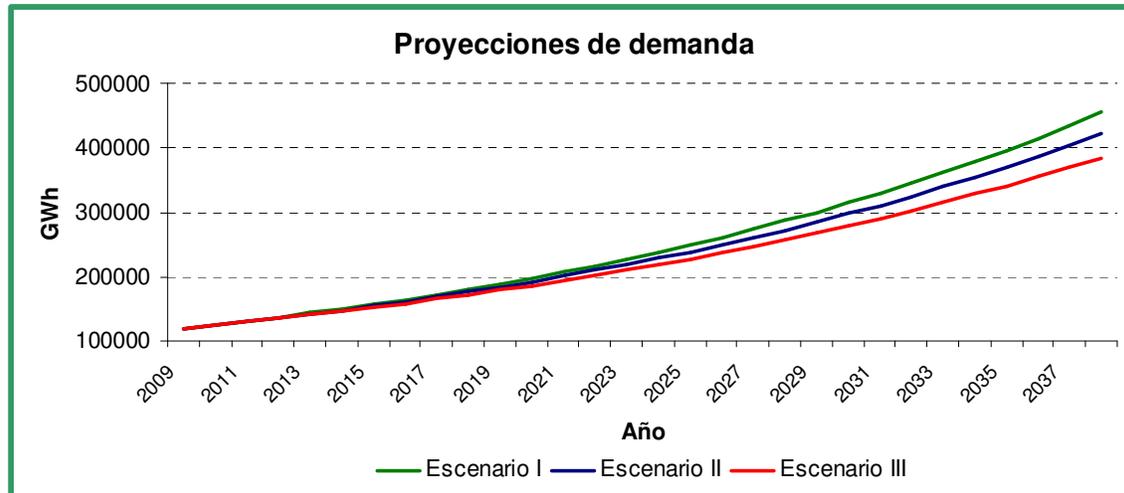


Figura 20. Evolución de la demanda eléctrica

Puede observarse que incluso un crecimiento económico pequeño (caso del escenario III) generará un fuerte incremento en la demanda energética en los próximos años.

En la construcción de las nuevas plantas generadoras de energía se encuentra el gran potencial de modificar la matriz energética nacional al mismo tiempo que aseguramos el abastecimiento de electricidad al país.

5.5. Conclusiones

El objetivo del plan energético 2004-2008 trata de fomentar las inversiones públicas, subir los precios de la energía gradualmente para controlar la demanda y hacer más atractivo el mercado para atraer inversiones privadas.

Sin embargo, las inversiones siguen siendo bajas y la compañía administradora del mercado mayorista eléctrico (CAMMESA) estima una disminución del servicio energético en los próximos años.

Asegurar el abastecimiento energético al sector doméstico es de vital importancia. De hecho, tan importante que el estado tuvo que romper el contrato de exportación con Chile, generando un conflicto diplomático y demostrando la importancia del sector energético a nivel internacional.

El crecimiento de la demanda de energía continuará en los próximos años y requerirá de una mayor infraestructura simplemente para suplir la necesidad existente, con mayores inversiones para poder aumentar la oferta al mismo ritmo que la demanda. En el año 2002, la Secretaría de Energía pronosticó un aumento del 34% en la demanda interna para el año 2012. Sin lugar a

dudas el abastecimiento de energía en el mediano plazo será clave para soportar el crecimiento de la industria Argentina.

“Para entendernos: se necesitan 2 años para desarrollar ciclos combinados a gas, 4 años para una planta de regasificación, 4 años para una usina de carbón, de 4 a 5 años para una hidroeléctrica y de 6 a 7 años para una central nuclear”¹³, con lo cual se debe analizar y proyectar con tiempo toda modificación.

Indudablemente será necesario importar gas, y finalizar el gasoducto con Bolivia es de gran importancia para ello. Esto permitirá abastecer las nuevas centrales de ciclo combinado de 800 MW. La finalización de Atucha II, la posible creación de una nueva central nuclear y el desarrollo de las energías alternativas son posibles soluciones al problema.

Sin embargo es seguro que los precios deberán aumentar hasta alcanzar valores competitivos a nivel internacional para atraer inversores de capital extranjero.

Luego de observar el gráfico de tendencia en la demanda energética nacional es razonable preguntar: ¿Es lógico proyectar esta variable en un horizonte temporal tan largo?

Las proyecciones han sido una útil herramienta para explicar y anticipar muchos fenómenos, aunque conforme tratan de entender sucesos más alejados en el tiempo pierden validez y utilidad. Las proyecciones energéticas no escapan a este fenómeno intrínseco de la estadística.

Tomemos el ejemplo de las proyecciones del Club de Roma, entre las cuales se encontraba el crecimiento demográfico (de 4500 a 6000 millones de habitantes a fines del siglo); el agotamiento del petróleo antes del año 2000; la incapacidad de alimentar a los 6000 millones de habitantes, etc. Y, como vemos, tan sólo las proyecciones de crecimiento demográfico han acertado.

Estas no tuvieron en cuenta cambios drásticos en el tiempo, como ser el cartel de la OPEP y el alza del precio del barril de crudo; las nuevas tecnologías que mejoraron los rendimientos y disminuyeron el consumo de combustibles derivados del petróleo tanto para los automóviles como para las turbinas; los descubrimientos de nuevos yacimientos; entre otros sucesos.

Este tipo de cambios históricos redefinen el mercado y modifican las variables con las que éste se rige. Las proyecciones, luego de estos hitos, deben modificarse casi por completo. Por todo esto no debemos olvidar las tendencias actuales y tener en cuenta toda modificación drástica que pueda redefinir el rumbo y futuro del sector.

Parte III

Recursos y tecnologías disponibles

Capítulo 6

Recursos naturales

6.1. Introducción

En el capítulo de mercado energético se pudo observar que, dentro de las energías alternativas se podían encontrar la solar, eólica, mareomotriz, hidroeléctrica, los biocombustibles, la biomasa, entre otras.

Es importante analizar los recursos naturales, las fuentes primarias de energía que se encuentran en las regiones de nuestro país, para poder estudiar la conveniencia de cada una y definir cuál o cuáles son las de mayor desarrollo potencial.

Por ello este capítulo se dividirá en el análisis de las fuentes naturales de las principales energías alternativas y su ubicación geográfica, concluyendo la energía más conveniente en cada región.

6.2. Recursos de energía solar

El sol irradia diariamente sobre nuestro planeta una energía que equivale a más de 5000 veces nuestra necesidad. Pero, si bien esta energía se distribuye por sobre toda la superficie, hay regiones que se ven más favorecidas que otras, horas del día y épocas del año que mejoran las condiciones para poder explotar esta energía.

La región del país comprende una mayor amplitud geográfica en su latitud, desde los 21° 46' hasta los 55°58', lo que deviene en una gran variedad climática que va desde el cálido tropical hasta el frío polar.

El siguiente gráfico muestra claramente un promedio anual de temperaturas por región.

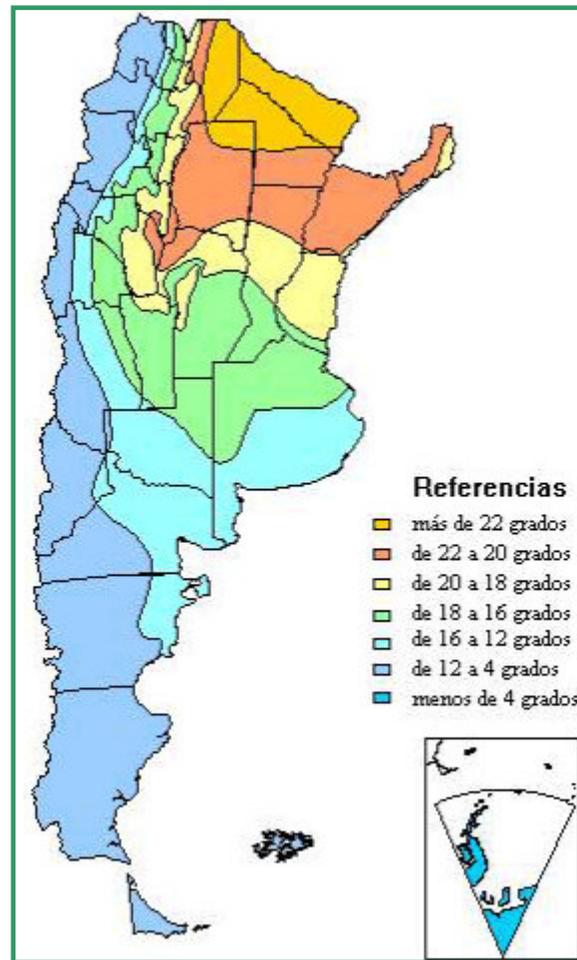


Figura 21. Promedio de temperaturas regionales. FUENTE: Sur del Sur

Se ve que la región del noreste es tal vez la más propicia para el desarrollo y explotación de la energía solar por sus elevadas temperaturas la mayor parte del año.

6.3. Recursos de energía Eólica

La Patagonia, según dicen, es una de las mejores regiones de la tierra para explotar y desarrollar la energía eólica. No sólo por los fuertes vientos que posee, sino también por la constancia de los mismos, que termina por otorgarle a los molinos uno de los factores de utilización más elevados del mundo.

Así como se ha presentado el mapa de las diferentes temperaturas dentro de la región de la república argentina, parece razonable hacer lo mismo con un mapa de vientos, de modo de justificar la región más propicia de forma más objetiva.

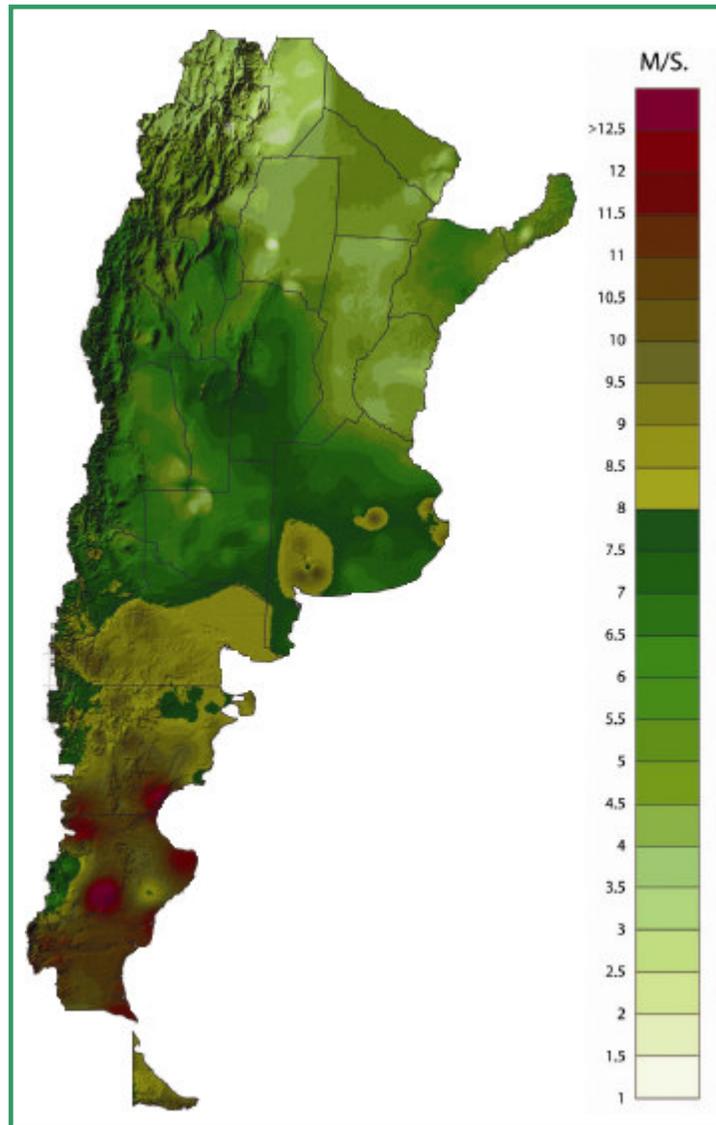


Figura 22. Promedio de vientos regionales. FUENTE: Ministerio de Planificación Federal Inversión Pública y Servicios. Centro regional de Energía Eólica.

Efectivamente, la Patagonia parece ser la región más favorable para desarrollar esta energía, con un coeficiente de utilización de los molinos entre el 40 y el 45%, dato que no puede observarse en el mapa pero de gran utilidad, si consideramos que el promedio es de 25%, con un mínimo rentable del 20%.

Veamos un poco más en detalle los vientos patagónicos, para estudiar localidades específicas dentro de la región.

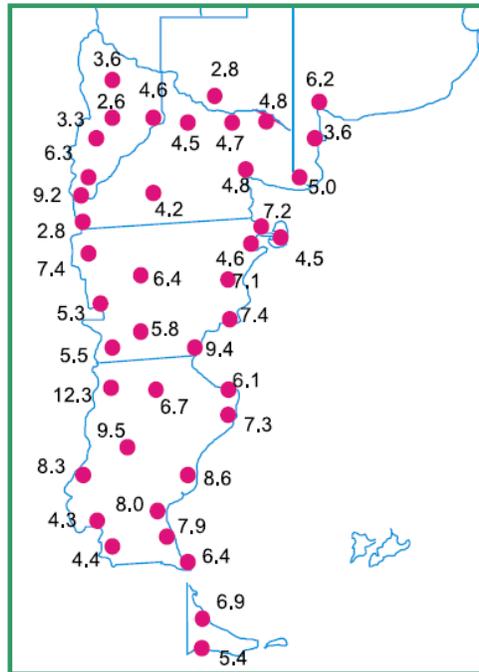


Figura 23. Vientos promedios de la Patagonia

Esta figura muestra las velocidades medias anuales en metros por segundo a 10 metros sobre el nivel de superficie.

6.4. Recursos de energía undimotriz

La energía undimotriz, poco conocido actualmente pero con un gran crecimiento y potencial, es la energía producida por las olas de los mares. El funcionamiento es muy sencillo y se explicará en el capítulo 7.

Entre la temperatura del norte y los vientos del sur (o el desconocimiento de esta tecnología), la energía undimotriz ha quedado relegada en un segundo o tercer plano todo este tiempo en nuestro país.

El hecho de poseer 6.816 kilómetros de costa parece suficiente para considerar esta fuente de energía como una de las principales.

Se presentará a continuación un mapa con la altura y dirección promedio de las olas de la plataforma continental Argentina.

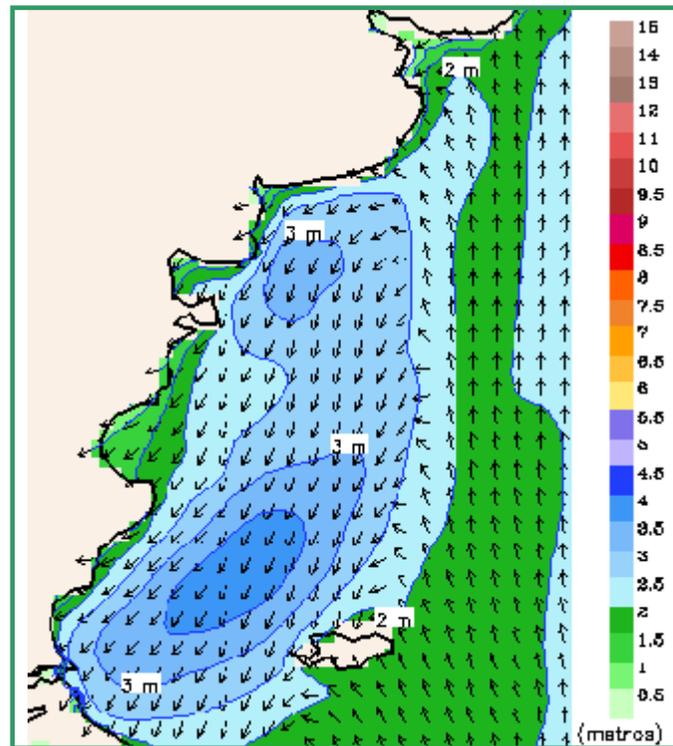


Figura 24. Promedio de altura de olas de la costa argentina. FUENTE: Servicio Meteorológico Nacional.

A continuación se presentan tablas con alturas promedio de olas de las principales regiones costeras de la república, para poder estudiar de forma más detallada las mejores regiones y definir regiones más pequeñas para explotar este recurso.

Las regiones de la tabla son:

- 1- **Fin del mundo:** Desde meridiano Cabo de Hornos hasta 200mn lateral cabo San Juan, 20mn a 200mn costa afuera.
- 2- **Patagonia Sur:** Desde cabo Blanco a 200mn lateral cabo San Juan, 20mn a 200mn costa afuera
- 3- **Golfo San Jorge:** Desde Puerto Santa Elena hasta Cabo Blanco, 10mn a 200mn cosa afuera.
- 4- **Península Valdez:** Desde Punta Rasa hasta puerto Sana Elena, 10mn a 200mn costa afuera.
- 5- **El Rincón:** Entre meridiano Puerto Quequen y paralelo Punta Rasa, desde 20mn costa afuera.
- 6- **Mar del Planta:** Desde Punta Medanos hasta Puerto Quequen, 10mn a 200mn costa afuera.

- 7- **Río de la Plata:** Desde Faro Chuy hasta Punta Medanos y desde 10mn de la costa o la línea Punta del este – Cabo San Antonio hasta 200mn costa afuera.

Región	Altura ola significativa (m)		Período (s)		Dirección del Máximo
	Promedio	Máximo	Medio	Pico	
Fin del mundo	4.25	5.35	9.3	10.7	WNW
Patagonia Sur	2.66	4.53	7.64	8.93	WNW
Golfo San Jorge	2.13	3.18	6.42	7.15	NW
Península Valdez	1.63	2.66	6.03	6.79	NW
El Rincón	0.99	1.71	5.52	6.68	NNW
Mar del Plata	1.43	2.23	5.93	6.53	NW
Río de la Plata	1.18	1.55	6.32	7.71	S

Tabla 7. Promedio de altura de olas por región

Se puede observar que todo el frente de costa Argentina parece ser bastante homogéneo, presentando mareas más fuertes en el sur, pero siendo igualmente interesante la costa bonaerense para el desarrollo de esta fuente.

6.5. Recursos hídricos

Esta energía es aquella que se obtiene por el aprovechamiento de la energía cinética y potencial del movimiento de las aguas. Siempre ha sido considerada como energía *verde* debido a su bajo nivel de contaminación, aunque la explotación de este recurso a gran escala (centrales hidroeléctricas) posee un gran impacto ambiental.

En la actualidad existen varias represas hidroeléctricas en el país, conformando casi el 5% de la matriz energética nacional; pero representa el 38 % de la generación de electricidad.

Comparando la matriz de generación eléctrica del país con la mundial (19%), se puede ver que el recurso se encuentra ampliamente explotado, debido a la basta cantidad de recursos hídricos que posee el territorio argentino, presentado en la figura siguiente.

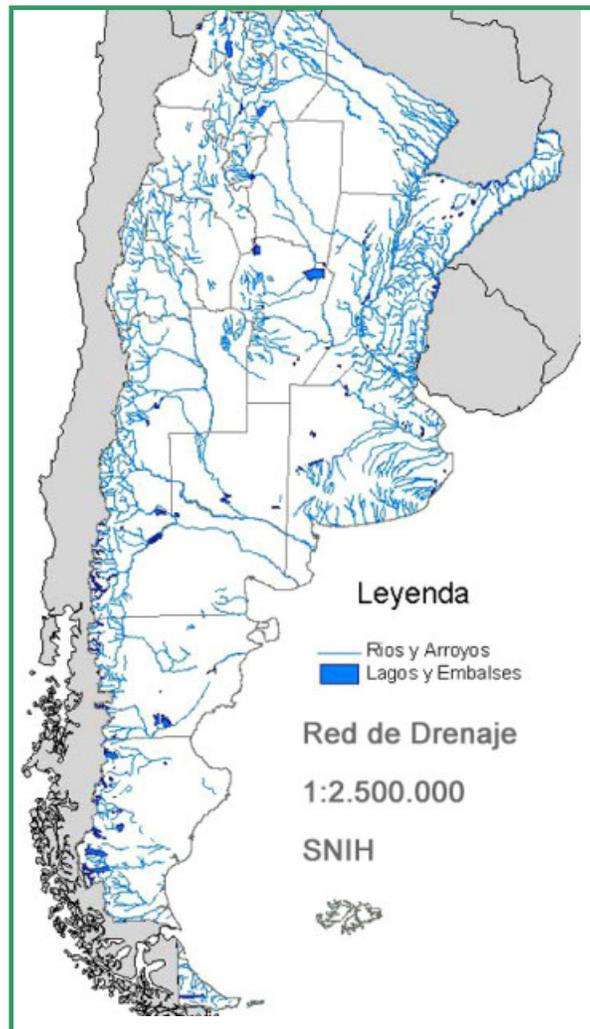


Figura 25. Mapa de recursos hídricos de la Argentina. FUENTE: Sur del Sur

Sin embargo, debido al gran impacto ambiental que conlleva explotar esta fuente energética a gran escala, considerando que su costo no se encuentra entre los más económicos y el hecho de que la misma ya se encuentra desarrollada en toda la región, dejaremos la misma en un segundo plano para el desarrollo.

6.6. Conclusiones

Actualmente el petróleo y el Gas son combustibles esenciales para la generación de energía eléctrica del país, y la energía nuclear es presentada como una muy buena solución a priori de la escasez de hidrocarburos.

Sin embargo, la Argentina presenta condiciones para explotar muchas de las llamadas energías alternativas renovables, poseyendo condiciones privilegiadas desde los vientos patagónicos, las elevadas temperaturas del norte hasta la cantidad de kilómetros de costa.

Cierto es que, junto con los altos potenciales de la energía solar, eólica y undimotriz que presenta la región, la Argentina cuenta con grandes cantidades de biomasa (producto tanto de los residuos orgánicos de los asentamientos urbanos, como del procesamiento de productos agrícolas en las zonas rurales); altos potenciales de yacimientos petrolíferos; y una extensa red hídrica que ha sido de gran ayuda para generar electricidad.

Sin embargo, estas últimas energías presentan un gran impacto ambiental, tanto por los gases de invernadero que emanan como por los cambios ambientales que producen en las regiones cercanas (represas hidroeléctricas).

A continuación se presenta un mapa el cual expone las regiones donde sería más factible el desarrollo de estas energías, para luego estudiar las tecnologías específicas que se podrían utilizar, sus costos, beneficios, ventajas y desventajas para, finalmente, analizar las necesidades estructurales y su viabilidad de desarrollo en el tiempo.

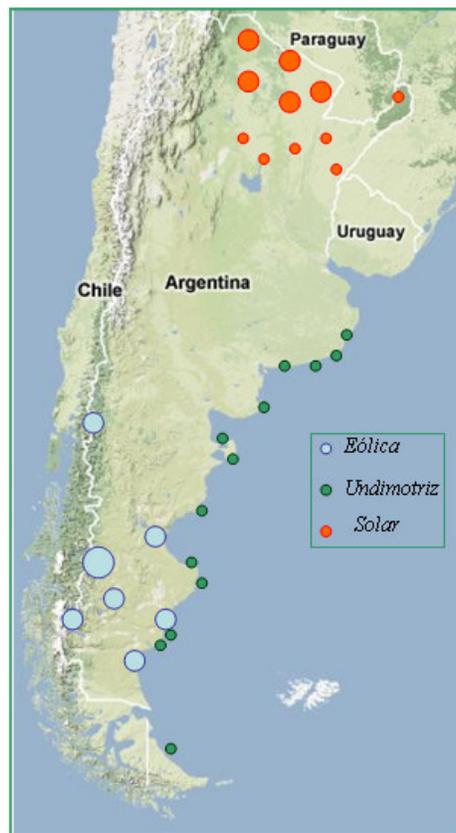


Figura 26. Fuentes energéticas predominantes por región

Este gráfico da una idea tan sólo de la potencialidad de desarrollo a nivel nacional. Esto no impediría generar proyectos locales de distintas fuentes en otras regiones que escapen a las expuestas.

Otras formas de aprovechamiento de estas fuentes es viable a nivel minorista, como ser la calefacción centralizada de un hogar a través de paneles solares (sistema muy utilizado en regiones europeas); alimentación de zonas rurales por molinos de viento, o por bio-digestores utilizando la biomasa que generan los deshechos orgánicos del campo; etc. Pero su análisis no se incluye en este trabajo.

Capítulo 7

Tecnologías disponibles

7.1. Introducción

Las energías alternativas se caracterizan por su menor efecto contaminante y por su posibilidad de renovación. Considerando que las energías por combustibles fósiles y la nuclear no son renovables, y la creciente demanda de energía que trata de acompañar al crecimiento económico mundial, surge la duda de hasta qué punto podrá, un sistema definido bajo estos parámetros, soportar dicho crecimiento.

Las fuentes de energía alternativa se encuentran en todo el mundo (aprovechables en mayor o menor medida) y, al ser renovables no se agotarán jamás, lo que aseguraría el abastecimiento. Por esto mismo se piensa que este tipo de energía será una de las claves del futuro.

Entre las mismas se pueden nombrar la energía solar, eólica, hidráulica, mareomotriz, undimotriz, geotérmica, biomasa, entre otras. Algunas de ellas serán analizadas en este capítulo debido a la conveniencia de las mismas estudiada en el capítulo sobre Recursos Naturales.

7.2. Energía Eólica

La energía eólica es la generada por las corrientes de aire. Históricamente se ha utilizado en molinos para extraer agua de las napas, moler granos, impulsar barcos mediante las velas, entre otros usos.

Actualmente también se utiliza para generar energía eléctrica mediante aerogeneradores. El viento hace girar las aspas del molino, las cuales hacen girar un generador que transforme este movimiento en energía eléctrica.

El principio es muy simple, pero presenta algunos inconvenientes a tener en cuenta. Para empezar, el viento no siempre sopla cuando uno quiere y donde uno quiere, lo que se traduce en un coeficiente de utilización promedio del 25% (el molino no siempre estará generando energía).

Por otro lado, la mayor parte de los lugares del planeta que poseen buenas propiedades para el desarrollo de estas tecnologías se encuentran alejados de los centros urbanos de consumo, y la conexión por redes de tendido eléctrico es muy costosa.

Si bien la Patagonia presenta un coeficiente de utilización de 43% aproximadamente (que la posiciona en una de las mejores regiones del mundo para su explotación), no escapa al problema de las distancias.

“Además, por la incertidumbre de cuándo va a estar disponible, el aporte eólico se limita en cualquier red eléctrica a un máximo del 15% de la participación.”¹⁴

El costo estimado, considerando el factor de carga promedio, es de 88 U\$\$/MWh. Costoso en comparación con los combustibles fósiles, pero este valor considera un factor de utilización del 25% contra el 43% que posee la región que estamos analizando.

Al mismo tiempo están surgiendo políticas y subsidios que benefician económicamente las fuentes de energía limpias (por no emanar gases de invernadero), y si se consideran posibles políticas de exención de impuestos en ciertas regiones y otros subsidios locales, este valor podría transformarse en uno altamente competitivo.

Tecnologías

Más allá de las diferentes tecnologías que puedan existir, desde molinos de ejes verticales u horizontales, modalidades offshore, entre otras, se expone a continuación una tabla demostrativa de algunos modelos de distintas empresas en el mundo, muchos de los cuales hoy se están utilizando en proyectos eólicos dentro del territorio argentino.

Empresa	Origen	Modelo	Potencia nominal (KW)	Diámetro del rotor (m)	Superficie (m ²)	Densidad de potencia(m ² /KW)
Neg Micon	Alemania	M530	250	26	531	2.12
Neg Micon	Alemania	M1500-750	750	44	1521	2.03
Neg Micon	Alemania	M1800-600	600	46	1662	2.77
Neg Micon	Alemania	M400	400	36	1017	2.54
Neg Micon	Alemania	NM92/2750	2750	92	6648	2.42
Vestas	Dinamarca	V80-2.0 MW	2000	80	5027	2.51
Vestas	Dinamarca	V90-2.0 MW	2000	90	6362	3.18
Vestas	Dinamarca	V100-1.8 MW	1800	100	7850	4.36
Vestas	Dinamarca	V90-3.0 MW	3000	90	6362	2.12
Enercon	Alemania	E40/600	600	40	2157	2.09
Enercon	Alemania	E70/2300	2300	70	3959	1.72

Tabla 8. Modelos de molinos eólicos

Dentro de los modelos mencionados anteriormente, los que presentan mejores características (debido a su densidad de potencia) para la utilización local parecen ser el V90-3.0 MW de la empresa Vestas; el E70/2300 de Enercon y el M1500-750 de Neg Micon (para nombrar algunos).

A continuación se puede observar un gráfico de la potencia en función de la velocidad de los vientos del primer modelo mencionado (similar a los otros dos).

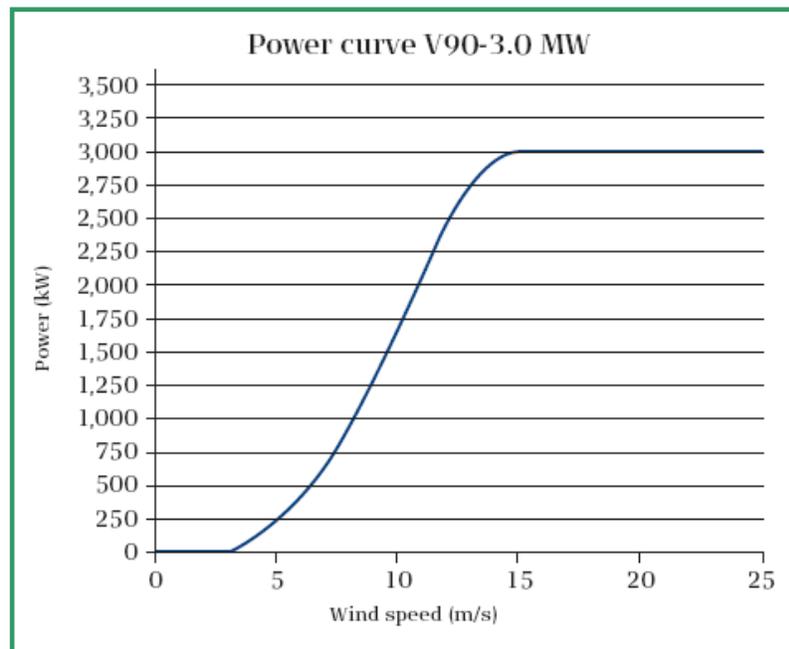


Figura 27. Curva de potencia del modelo V90-3.0 MW

La curva de potencia de un típico aerogenerador de eje horizontal se inicia a una velocidad del viento de unos 5 m/s, alcanza su máximo a unos 15 m/s, estabilizándose o descendiendo ligeramente hasta alcanzar los 25 m/s, cuando el aerogenerador es desconectado por no poder soportar velocidades superiores.

Factor de Carga

Como ya se comentó, el factor de carga es un indicador de la productividad. Surge de una simple ecuación que compara la cantidad de energía producida contra la que podría haber producido.

Este factor, en las regiones Patagónicas, se encuentra entre los más elevados del planeta, alcanzando picos de hasta 45%.

Confiabilidad – Disponibilidad

En los últimos años ha habido un gran avance tecnológico que contribuyó a la mejora en la confiabilidad de los molinos de viento. Esta mejora fue tanto en los materiales, diseños, un mejor conocimiento de los vientos y mejores sistemas de control.

La confiabilidad de los equipos se mide a través del tiempo medio entre fallas, el tiempo medio que toma reparar estas fallas, el costo de las mismas y, con todo esto, también se mide la disponibilidad del molino.

En muchos proyectos de la Argentina este coeficiente alcanza los valores del 98% y más aún.

Uno de los aspectos más importantes de las granjas eólicas es el pronóstico del viento. Con un pronóstico 100% exacto la energía eólica podría reemplazar a la convencional sin ningún problema causado por la intermitencia de los vientos, puesto que esta intermitencia sería anticipada en los pronósticos y subsanada mediante alguna estrategia antes de que ésta ocurra.

El problema es que no existen pronósticos 100% efectivos, y la potencia que extrae un molino de viento (por la resistencia que genera sobre él) viene asociada al cubo de su velocidad, una leve desviación en la estimación de la velocidad del viento desencadenaría en una fuerte disminución de la energía producida.

Como se planteo anteriormente, el costo estimado promedio de producir un MWh a través de molinos de viento es de 88 USD, si consideramos un factor de carga del 25%. La patagonia, teniendo un factor de carga del 43% promedio puede, probablemente, transformar este valor en más competitivo.

De todas formas, este valor es costoso si se lo compara con la producción de electricidad a través del Gas Natural (72 USD/MWh, a un costo de 8 USD/MMbtu), sin considerar ningún tipo de subsidios a las energías limpias.

7.3. Energía Solar

El sol irradia sobre la superficie de la tierra, diariamente, más de 5000 veces la energía que la sociedad necesita, con un valor aproximado de 1000 W/m^2 . Sabiendo esto cuesta creer que se hable en el mundo de “escasez energética”, pero el problema es un tanto más complejo.

La energía solar es considerada la más costosa hasta el momento, con un muy bajo rendimiento en comparación con el resto de las fuentes.

Actualmente existen 3 formas básicas de utilizar la energía solar:

- Sistemas térmicos domésticos o industriales. Los cuales utilizan la temperatura que genera el sol para calentar agua que terminan utilizando como sistema de calefacción o refrigeración.

- Sistemas de concentración solar que buscan captar la radiación mediante bandejas parabólicas, torres solares o discos, concentrar el calor y generar electricidad de forma directa o mediante turbinas de vapor.
- Paneles fotovoltaicos, generando una corriente eléctrica luego de que algunos fotones contenidos en el espectro solar reaccionen con los componentes del panel.

Si bien esta energía presenta altos costos; en algunas regiones del planeta, debido a exenciones impositivas e incentivos fiscales, ha alcanzado valores competitivos.

Gracias a esto ha presentado un crecimiento de más del 30% anual en los últimos 10 años, lo que genera mayor investigación sobre el tema y deviene en mejores factores de rendimiento y menores costos, fomentando nuevamente la utilización de esta energía.

Según el 21° estudio del World Energy Council, “para el año 2100 el 70% de la energía consumida será de origen solar” pero, mirando más en el mediano plazo Ernesto Macias, presidente de EPIA (European Photovoltaic Industry Association), señaló que “la electricidad fotovoltaica tiene el potencial de abastecer a más de 4 mil millones de personas para el año 2030 si se comienza hoy por tomar las medidas y políticas necesarias”.¹⁵

Algunas de las ventajas que presenta este tipo de energía son la gran ubicuidad; cero emisiones; cero costos de combustible; al poder generar energía localmente (en regiones de consumo) disminuyen las pérdidas energéticas de transporte eléctrico; entre otras.

Por otro lado, las desventajas ya las hemos nombrado, como ser su alto costo de instalación y baja eficiencia; la dificultad de generar proyectos a gran escala y la necesidad de solucionar el problema del almacenamiento (no siempre se tendrá la cantidad de radiación solar que necesitamos para abastecer la demanda spot, se deberá almacenar energía).

Si bien el precio de los paneles fotovoltaicos es un factor principal para la explotación masiva de esta fuente energética, el mismo viene disminuyendo desde hace algunos años. Ya sea encontrando formas de disminución de costos de fabricación, o por la creciente demanda que está generando economías de escala (que baja aún más los costos), año a año estas tecnologías se encuentran más competitivas.

Algunos países, para fomentar la utilización de energías alternativas en las regiones urbanas y residenciales, compran el excedente energético a valores similares a los que la venden (o mucho mayores en algunos casos, como en Alemania), lo que aumenta considerablemente la demanda de los mismos.

La inversión de esta energía comprende aproximadamente los 6000 USD/KW instalado, costando cerca de 400 USD/MWh. Solo se puede entender la magnitud de esta cifra comparándola con los 2500 USD/KW instalado que se requeriría para la construcción de una central nuclear o una represa hidroeléctrica. Esto sin mencionar los costos de operación y mantenimiento, que también se encuentran entre los más costosos de todas las energías.

Esta tabla muestra algunos modelos de empresas que ofrecen paneles solares a lo largo del mundo. De todas formas, la cantidad de proveedores de esta tecnología es muy amplia y se podría hacer un análisis completo sobre la conveniencia de cada panel en cada región del país, analizando así a qué empresa y qué modelo se debería comprar el panel dependiendo de cada región y tipo de proyecto, pero eso escapa a este análisis.

Empresa	Modelo	País	Potencia nominal (W)	Área (m ²)	Escala
Siemens	SM 50	Alemania	50	0.43	Residencial
Siemens	SM 50H	Alemania	50	0.40	Residencial
Siemens	SM 55	Alemania	55	0.43	Residencial
Siemens	SP 65	Alemania	65	0.63	Residencial
Siemens	SP 70	Alemania	70	0.63	Residencial
Siemens	SP 75	Alemania	75	0.63	Residencial
Sunpower	300	España	300	1.66	Comercial
Sunpower	225	España	225	1.24	Comercial

Tabla 9. Modelos de paneles solares

7.4. Energía Undimotriz

Uno de los principales beneficios de obtener la energía del movimiento de las olas es que el mayor porcentaje de la población de la tierra se ha asentado en ciudades cercanas a la costa.

De esta forma, la fuente generadora de energía se encuentra cercana al punto de demanda, disminuyendo los costos de transporte.

El principio de generación de esta energía es sencillo. Se necesita una boya que flote cercana a la costa, la cual se mueva libremente por la subida y bajada de las olas, accionando a su vez un generador que transforma la intermitencia de las olas en energía eléctrica.

Esta energía es enviada a través de un cable por debajo del agua hacia una central en la costa.

Una central de estas boyas que produzcan una potencia de 10 MW ocupa tan sólo 0.125 kilómetros cuadrados aproximadamente. Las mismas se localizan aproximadamente a 300 metros de la costa y en una profundidad de agua de entre los 30 y los 50 metros, lo que las hace prácticamente invisibles a la vista, sin generar impacto visual.

Una de las empresas que provee el servicio de venta, instalación y mantenimiento de este tipo de tecnología es OPT (Ocean Power Technologies), de la cual mostraremos a continuación imágenes del producto que ofrecen.



Figura 28. Imagen de boyas OPT

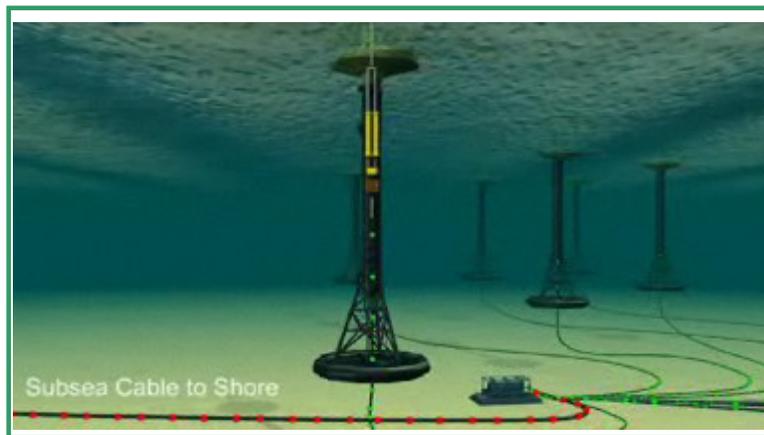


Figura 29. Mecanismo de generación eléctrica de OPT

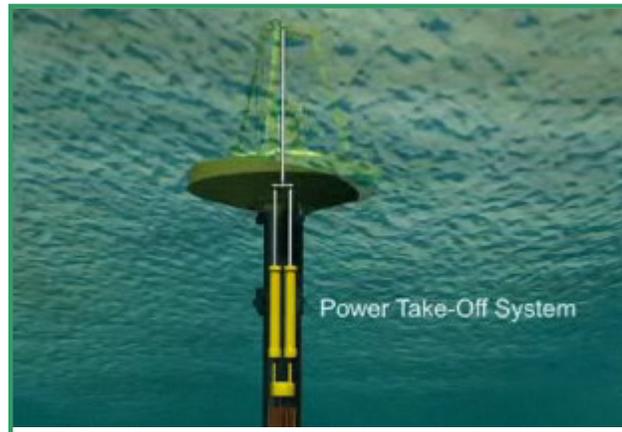


Figura 30. Mecanismo de generación eléctrica de OPT

El uso que se le puede dar a estas boyas es más amplio que la generación de energía. Entre algunos de los beneficios que podemos encontrar se encuentra:

- Generación de plantas de energía de gran capacidad (100MW)
- Instalaciones remotas a pequeña escala con capacidades de 3MW
- Plantas de desalinización para transformar el agua de mar en agua potable
- Producción de hidrógeno
- Piscicultura
- Control a distancia de parámetros del mar (monitoreo oceanográfico)

Esta tecnología presenta una alta densidad energética (1000 veces más densa que la energía eólica aproximadamente); los pronósticos de mareas son mucho más exactos, precisos comparados con los pronósticos de vientos; presenta un factor de carga/utilización elevado (entre un 30 y un 45%) y los costos de operación y mantenimiento son relativamente bajos (en comparación con otras energías).

A continuación se muestra una tabla comparativa de Ocean Power Technologies sobre los costos de operación de distintos tipos de energías

	OPT Power Buoy®	Fossil Fuel	Onshore Wind	Offshore Wind	Solar
Cost* Per Kilowatt Hour – Remote Power	7 - 10¢	N/A	9 - 10¢	16¢	25 - 50¢
Cost* Per Kilowatt Hour – Utility Power	5¢**	4¢	4 - 5¢	7 - 9¢	10 - 25¢

Tabla 10. Costos estimados por fuente energética. FUENTE: OPT

* Estos costos asumen altos volúmenes de producción. Subsidios, créditos y garantías pueden reducirlos aún más.

** Basado en costos proyectados para plantas de 500KW, en volúmenes de escala comercial.

Parte IV

Estrategias y Conclusiones

Capítulo 8

Estrategias gubernamentales

8.1. Introducción

“Aunque el valor agregado de la energía representa sólo un 5 o 6% del producto, casi todo el restante 95% depende de cómo funciona ese 5%” (Robert Samuelson).

Asegurar el abastecimiento energético es de vital importancia para todos los países, siendo un enorme limitante para el crecimiento de la economía. Por ello la estrategia energética gubernamental ha sido siempre, y seguirá siendo, un tema delicado a tratar.

A continuación se presentarán algunas posibles estrategias que tratan de transformar las energías alternativas en energías estratégicas nacionales (como lo puede ser la energía nuclear por razones de dominio tecnológico).

Fomentando el crecimiento en la utilización de energías alternativas como generadores de electricidad, ampliando y reestructurando la red eléctrica nacional y enfocando investigaciones en mejoras de actuales y futuras energías (como ser el hidrógeno y todo lo que ello conlleva) se tratará de disminuir el riesgo del abastecimiento, asegurar el mismo, y retomar nuevamente la posición de exportadores de energía de la región que hemos perdido hace algunos años.

Las proyecciones de nuevas centrales energéticas expuestas a continuación incluyen su tiempo de vida útil característico. Considerando 40 años para una central nuclear, y 25 años aproximadamente para centrales eólicas, solares y undimotrices.

8.2. Estrategias Generales

Actualmente los precios energéticos se encuentran altamente subsidiados, lo que degrada el atractivo del sector para inversiones privadas. Como se ha podido observar en el gráfico de producción energética nacional del capítulo 5, las inversiones del sector privado fueron el principal motor del crecimiento en la generación y su consiguiente aumento de oferta, que nos posicionó como país exportador de energía en la región.

Esta política subsidiaria fue, luego de la crisis de fines del año 2001 y su siguiente devaluación de la moneda, una medida para solucionar la problemática encontrada en el corto plazo.

Mientras el gobierno estiró esta política subsidiaria los precios de energía y sus fuentes se mantuvieron en alto a lo largo del mundo, con un precio de barril de petróleo que alcanzó sus valores más altos históricos.

Esto perjudicó la imagen (poco rentable) del sector energético por más tiempo del que debía, disminuyendo sus inversiones y por ende la oferta general. Al mismo tiempo, la demanda se mantuvo y continuó en crecimiento, sin ajustarse al nuevo escenario de crisis y escasez debido a los bajos precios.

Sin lugar a dudas el gobierno deberá modificar esta situación en el corto plazo, liberando paulatinamente los precios de los combustibles en general (el Gas Natural en particular) y de la energía eléctrica.

Con esto los consumidores deberán hacerse cargo de la situación, adaptando su consumo al nuevo escenario planteado por el mercado internacional. Esto ocurrirá tarde o temprano (es inevitable), y es mejor que sea mediante un plan estratégico ideado oportunamente antes de dejarlo librado al azar.

Esto mejorará también la rentabilidad del sector, aumentando el atractivo para las inversiones privadas y con ello acoplando nuevamente la oferta con la demanda. Este aumento de la oferta podrá ser manejado en parte por el gobierno, fomentando la creación de proyectos específicos (de energías alternativas, por ejemplo) mediante políticas e incentivos.

Una de las medidas a tomar es la de comenzar con excavaciones y búsqueda de nuevos yacimientos de Gas y Petróleo. Ciertamente el objetivo es el de modificar la matriz energética nacional disminuyendo la participación del gas natural para disminuir así el riesgo de abastecimiento eléctrico, pero debemos considerar que a la fecha, la estructura de generación está dimensionada para producir el 50% de la electricidad necesaria en el país mediante la utilización de este combustible, y esta modificación estructural planteada llevará su tiempo.

De esta forma nos aseguraremos el abastecimiento de las turbinas a gas natural de ciclo combinado en el mediano plazo a través de combustible local.

Los proyectos y estrategias presentadas a continuación implicarán, en su mayoría, un costo para el gobierno. ¿De dónde entonces se pueden obtener los capitales necesarios para tal fin? El gráfico siguiente muestra la evolución de los subsidios regionales en tarifas de usuarios finales; lo que se traduce en el dinero de subsidios destinado a mantener los precios bajos. Véase el aumento exponencial ocurrido a partir de la crisis de fines del 2001.

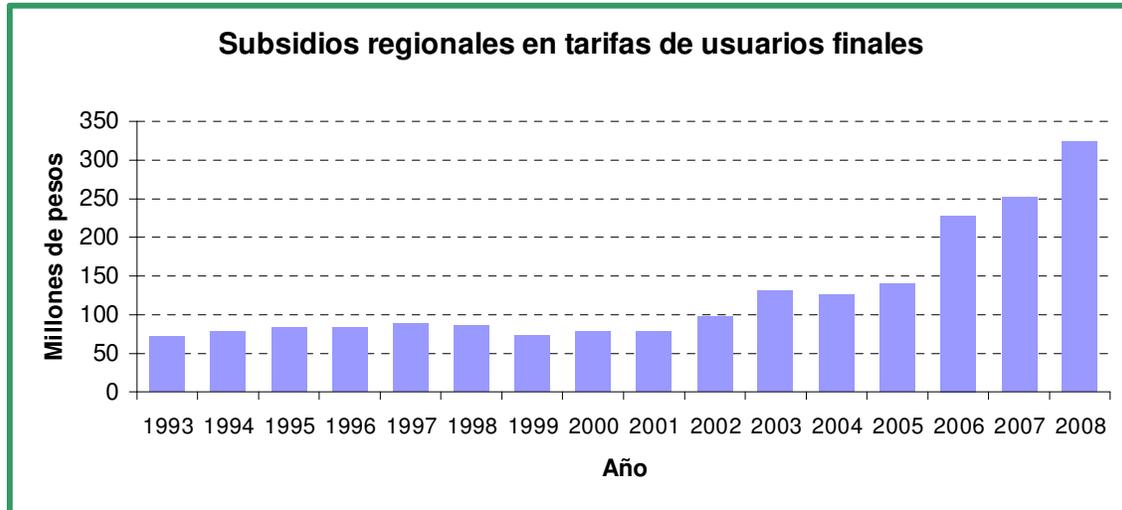


Figura 31. Evolución de los subsidios regionales en tarifas de usuarios finales. FUENTE: Ministerio de Economía

Los valores han alcanzado el monto de 325 millones de pesos aproximadamente en el año 2008.

Se puede observar aquí una muy potencial fuente de financiamiento para muchos de los proyectos energéticos futuros. Que los subsidios deben eliminarse paulatinamente para convertir al sector energético en un mercado más competitivo y atraer nuevas inversiones privadas es un hecho, por lo que abriría la puerta a la idea de utilizar este dinero de subsidios para acompañar el plan estratégico de crecimiento energético argentino.

8.3. Estrategias de Generación

Toda estrategia de esta magnitud debe considerar el horizonte temporal bajo el cual será útil. Así, existen diferentes necesidades para distintos horizontes temporales (corto, mediano y largo plazo) y lo que es un problema para un plazo puede no serlo para otro. Consideraremos dentro del presente trabajo un horizonte de corto plazo de 3 a 5 años, un mediano plazo de 10 a 15 años y un largo plazo de 25 a 30 años aproximadamente (recordar los extensos plazos de creación y puesta en marcha de una central de generación energética promedio).

Como se ha observado a lo largo del trabajo, actualmente el país presenta una fuerte dependencia de los hidrocarburos para generar electricidad. Esto lo hace vulnerable considerando que sus reservas se estiman para pocos años (8 aproximadamente), y más aún si la exploración ha disminuido considerablemente desde el año 1998.

En todo plazo de tiempo, el abastecimiento a la demanda energética es un objetivo indiscutido. Se analizará luego la mejor manera de satisfacerlo.

8.3.1 Potencia Instalada

Las estrategias de generación se basarán en la potencia instalada, que se traduce en infraestructura energética (nuevos proyectos) para satisfacer la creciente demanda.

De esta forma se analizará la necesidad de potencia instalada a desarrollar en cada horizonte temporal, proponiendo un plan de proyectos con tiempos de implementación y operación de forma de satisfacer las necesidades generadas bajo el segundo escenario de crecimiento económico.

A continuación puede observarse el gráfico del aumento de potencia instalada en el tiempo en comparación con la capacidad de generación actual. Para transformar la curva de demanda obtenida en el capítulo 5 se utilizó el factor de 3500 horas de producción; valor promedio de los últimos 10 años.

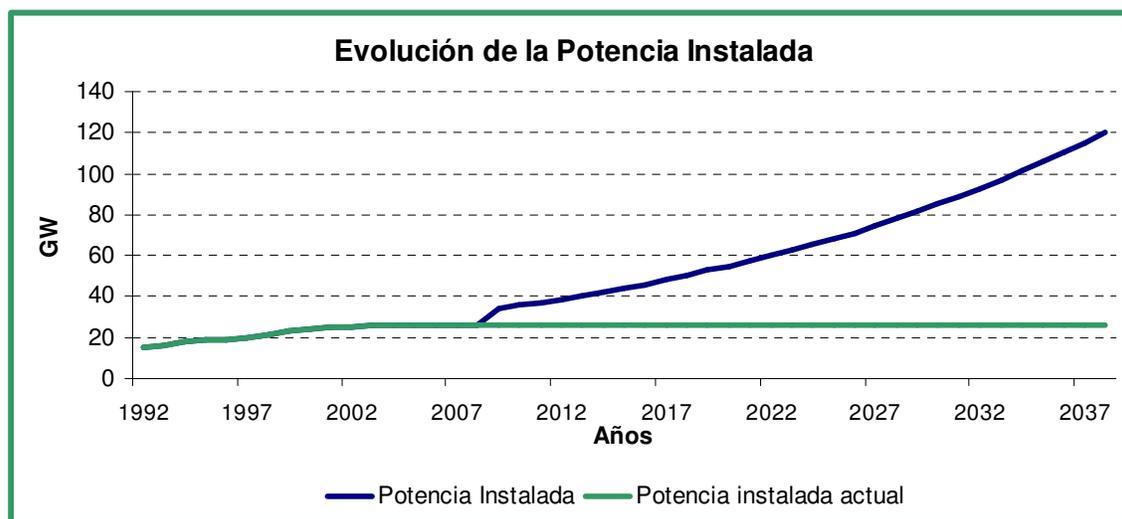


Figura 32. Evolución de la potencia instalada

Se puede observar que el salto inicial es importante. Esto es debido a que el gráfico considera el autoabastecimiento energético, buscando eliminar las importaciones. Este punto podrá lograrse en el mediano y largo plazo, pero no en el corto. Por ello proponemos la siguiente curva de evolución de potencia instalada, y la curva de importación energética que acompañe el crecimiento.

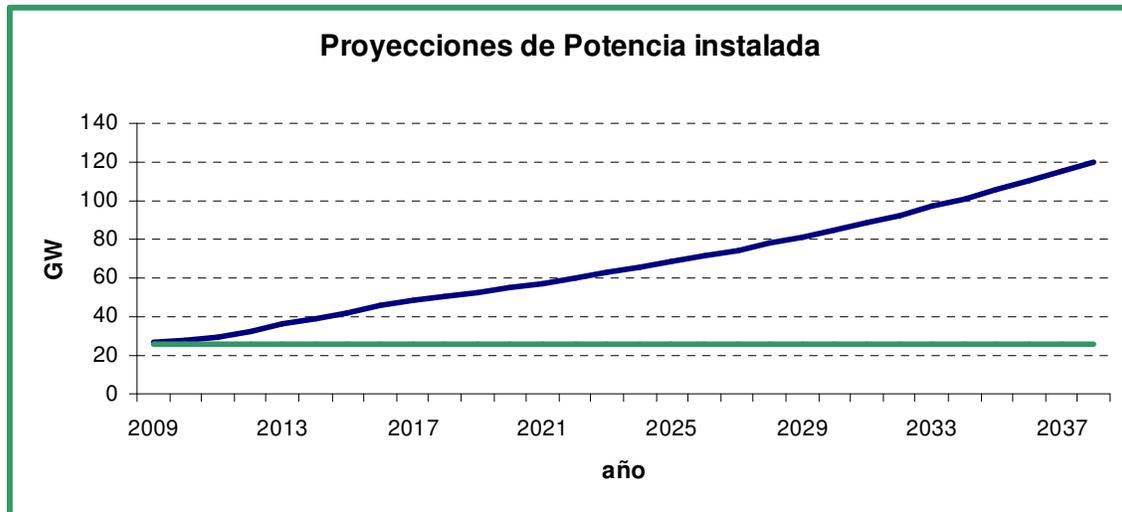


Figura 33. Proyecciones de potencia instalada

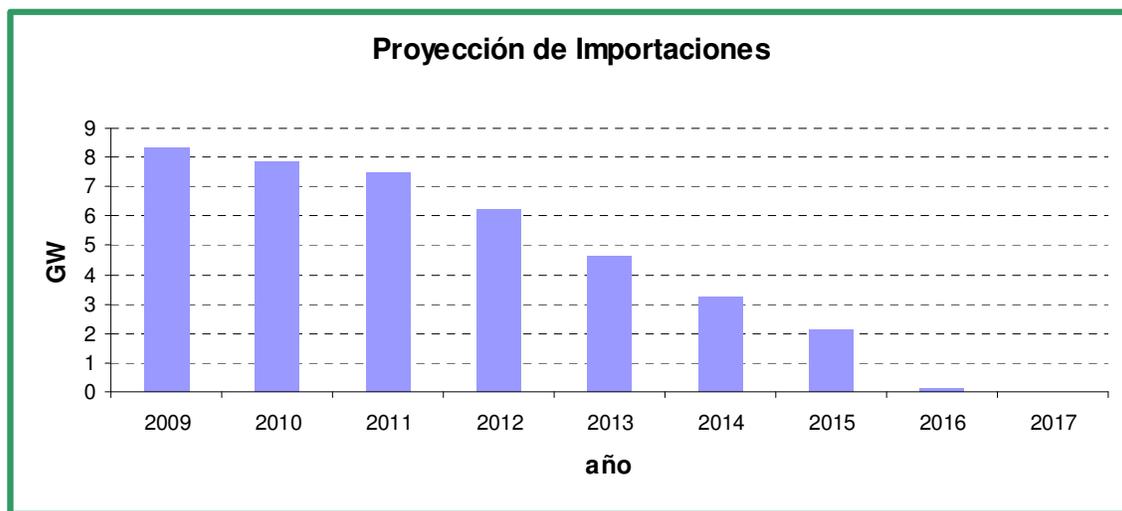


Figura 34. Proyección de importaciones eléctricas

8.3.2 Corto Plazo

Proyectos actuales

La infraestructura nacional se encuentra preparada para abastecer la demanda mediante la utilización de Gas Natural, y no se puede desestimar este punto en el corto plazo, puesto que modificar la estructura llevará un tiempo considerable.

Así, finalizar el gasoducto del NOA para importar Gas de Bolivia es de vital importancia para abastecer a las centrales térmicas de ciclo combinado y mantenerlas en funcionamiento (mejorando así las operaciones actuales, utilizando al máximo las mismas).

Por otro lado, la finalización de la central nuclear Atucha II (para el año 2010) ayudará a abastecer la creciente demanda funcionando como la máquina de mayor potencia unitaria del sistema interconectado nacional (aportando aproximadamente 692 MW eléctricos netos).

Estos son proyectos que, a la fecha, se encuentran en marcha. Sin embargo parece importante destacar esta necesidad luego del análisis efectuado, que ayudó a comprender realmente la importancia de los mismos para el país.

Del mismo modo, el estado deberá fomentar las investigaciones científicas sobre las energías alternativas, en busca de mejoras tecnológicas, reducciones de costo y nuevas formas de transporte (para el caso del hidrógeno por ejemplo).

Petróleo y Gas

Comenzar con la búsqueda de nuevos pozos petrolíferos bajo la empresa estatal ENARSA es un factor clave en la estrategia nacional. El gas seguirá siendo una necesidad para la producción eléctrica, y el petróleo para la obtención de combustibles y el abastecimiento de la industria petroquímica. La empresa que posea la mayor participación dentro de la industria de los hidrocarburos liderará el mercado local (regulando los precios, cosa muy importante para el gobierno). Actualmente las empresas no han efectuado búsquedas de nuevos pozos desde hace algún tiempo, lo que las posiciona localmente con pocas reservas. Si se comienza hoy con un plan de crecimiento para la empresa local, el estado se asegurará un papel estratégico de la misma en el sector en el mediano plazo.

Disminución de la demanda

Una medida inicial importante, considerando la paulatina reducción de los subsidios y el aumento gradual del precio de la energía sería tratar de disminuir la demanda.

Para lograrlo se puede comenzar a fomentar la utilización de energías alternativas tanto en el sector residencial como rural (política muy utilizada en varios países del primer mundo). De esta forma se deberá comenzar por educar a la sociedad en cuanto a las energías alternativas y la importancia del autoabastecimiento eléctrico.

Si bien los paneles solares son algo costoso en la actualidad, la idea sería tomar dinero de los subsidios (que se comenzarán a dejar de pagar no sólo por una necesidad de disminuir costos por

parte del estado, sino para mejorar el atractivo del mercado) y emplearlo para subsidiar la venta de los primeros paneles. Del mismo modo, se puede fomentar su utilización mediante la compra del excedente eléctrico generado por una vivienda conectada a la red (para ser vendida y utilizada por otro cliente) a precios similares o superiores a los de venta al público (política muy utilizada en países europeos).

Por otro lado, existe otra alternativa energética para la población rural, la cual no siempre se encuentra conectada a la red nacional; la energía obtenida de la biomasa. Los residuos rurales (excremento de animal, residuos del proceso de cereales, soja, pasturas, etc.) son excelentes productores de Bio-Gas. Esta biomasa, procesada bajo el tratamiento adecuado, en sitios adecuados (bio-digestores) genera grandes cantidades de Gas Natural denominado Bio-Gas. El mismo puede ser almacenado y luego utilizado como combustibles en equipos generadores eléctricos independientes. Así, se podrá autoabastecer energéticamente a una población rural, tambo, campo, etc. que puede no contar con la posibilidad de acceso a electricidad en la actualidad.

De esta forma, la alternativa de autoabastecimiento al alcance de todos y una energía costosa, acompañado de un buen plan de educación ciudadana al respecto, serán los factores iniciales de la medida.

Analicemos la primera propuesta de reducción de demanda y su posible impacto en la curva de necesidad de potencia instalada, considerando un 31% del consumo total eléctrico del país destinado al sector residencial.

La idea de esta política es la de disminuir en un 15% la demanda residencial (que se traduciría en un 4.65% de la demanda eléctrica total aproximadamente). Esta medida no disminuirá la demanda en forma automática, sino progresiva, estimando alcanzar el 15% al quinto año de comenzado el proyecto.

Para que esta medida sea atractiva a ojos del consumidor residencial, se destinarán gradualmente parte de los subsidios que hoy mantienen el precio eléctrico bajo para disminuir el costo de los paneles solares al sector residencial. De esta forma, conforme la energía aumente de precio, los paneles solares pasarán a ser una opción económica de autoabastecimiento.

Por otro lado, muchos países que comenzaron con este proceso hace ya tiempo compran el excedente producido por los paneles residenciales (conectados a la red de distribución) a un valor similar al precio de venta, o incluso valores muy superiores (caso de Alemania). Esto podría ser otro incentivo que soporte la medida y contribuya al desarrollo de esta nueva forma de abastecimiento.

Lo interesante de esta propuesta no es tan sólo la reducción de la demanda y el autoabastecimiento de gran parte del mercado residencial, sino que el dinero destinado a estos subsidios será de mayor eficiencia que bajo la política de mantener los precios bajos. Esto es

debido a que cada panel comprado, será comprado por vivienda una y sólo una vez. La inversión es única por vivienda, mientras que mantener el precio bajo de la energía perjudica mensualmente y puede ser prorrateado sobre todos los consumidores (siendo todos responsables, todos los meses).

Bajo esta política la demanda se vería disminuida, obteniendo el siguiente gráfico de necesidad de potencia instalada.

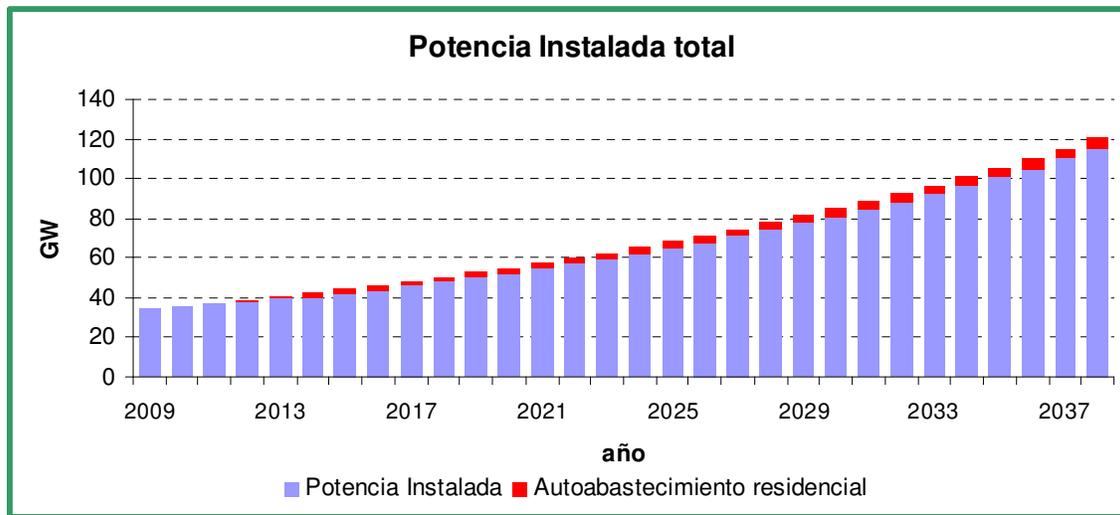


Figura 35. Necesidad de potencia instalada

Nuevos Proyectos

Estas medidas son necesarias, pero no suficientes bajo el escenario antes descrito. Por ello se deberá comenzar con los primeros pequeños proyectos (prototipos) de centrales de generación a energías alternativas, buscando abastecer ciudades puntuales (como Pinamar, por ejemplo), disminuyendo así también la demanda general, aumentando la capacidad instalada aún más y dando los primeros pasos en la generación de electricidad por medios alternativos a gran escala.

Para comenzar la iniciativa se propone efectuar el autoabastecimiento de la ciudad de Pinamar, provincia de Buenos Aires, mediante la energía Undimotriz; Puerto Deseado, provincia de Santa Cruz, mediante la energía eólica y las ciudades de Corrientes (provincia de Corrientes) y Concordia (provincia de Entre Ríos) mediante la energía solar. Estas ciudades representan el 0.07%, 0.025% y un valor cercano al 0.035% entre Corrientes y Concordia del consumo total del país, requiriendo centrales de 23 MW; 7.5 MW y 11 MW respectivamente.

Con estos proyectos la curva de potencia instalada en el corto plazo se vería de la siguiente forma. Se observa que satisface los requerimientos energéticos estimados (considerando las importaciones antes mencionadas).

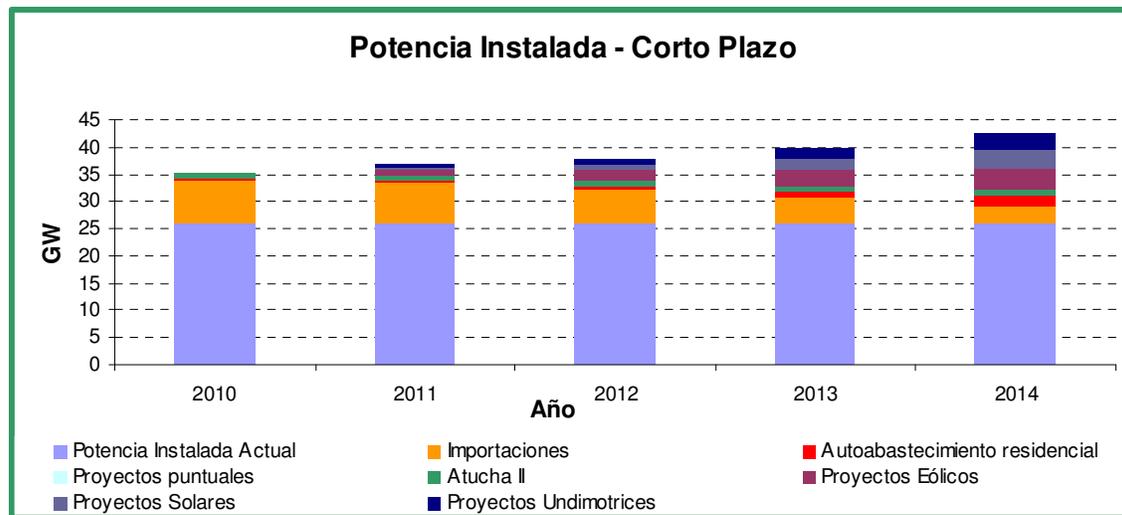


Figura 36. Evolución de proyectos energéticos y potencia instalada en el corto plazo

En resumen, en el corto plazo las estrategias básicas a seguir serían:

- Continuar con todos los proyectos pasados y actuales, sin desestimar ni rechazar ningún de ellos.
- Fomentar y patrocinar investigaciones científicas en busca de mejoras tecnológicas y nuevas formas de transporte de hidrógeno.
- Comenzar con búsqueda de nuevos yacimientos petrolíferos.
- Plan de educación ciudadana. Entrar en conciencia en cuestiones de escasez y métodos alternativos de autoabastecimiento.
- Subsidios para el autoabastecimiento residencial por vía solar. Disminución de la demanda.
- Nuevos proyectos de abastecimiento eléctrico por medio de centrales de energía alternativa a poblados particulares (disminución de la demanda general).

8.3.3 Mediano Plazo

Las estrategias del corto plazo implicaban, entre otras, destinar dinero a subsidios para disminuir la demanda (en lugar de destinarlos a mantener el precio bajo y aumentar la demanda), con lo cual el dinero utilizado aquí rendiría mejor que bajo la política subsidiaria actual.

En el mediano plazo el dinero destinado al sector energético deberá tomar otros caminos. Se buscará por un lado aumentar considerablemente la oferta mediante la puesta en marcha de centrales eólicas, solares y undimotrices de dimensiones y capacidades de producción considerables (junto con la creación de nuevas centrales nucleares).

Por otro lado, el gobierno deberá implementar políticas que beneficien el desarrollo local de las energías alternativas, e impacten en forma positiva en el mercado tecnológico que abastece al generador.

Algunos de estos incentivos podrían ser la exención impositiva para proyectos de energías alternativas en ciertas regiones geográficas, la reducción de barreras para la importación de tecnologías necesarias para las mismas y para fabricarlas localmente, motivar mediante premios económicos a los municipios para que utilicen energías verdes generando autoabastecimientos locales, fomentar el autoabastecimiento eléctrico mediante energías alternativas al sector industrial, entre otras.

Es razonable pensar que las exenciones impositivas deberían efectuarse para todo proyecto y no en proyectos de sectores específicos del país. Sin embargo, las regiones que se encuentren dentro de este panorama impositivo serán aquellas con mejores propiedades para la explotación de estas energías, y se busca confinar las centrales generadoras de forma de disminuir la inversión en redes de transporte.

Al mismo tiempo deberán desarrollarse dos centrales nucleares a lo largo de este período de tiempo, contribuyendo de forma estratégica al desarrollo de esta tecnología y know how estratégicos para el país. Contribuyendo al mismo tiempo con la cuota energética correspondiente.

Como estrategia paralela se buscará reducir la demanda energética general fomentando al autoabastecimiento del sector industrial. De forma similar a lo efectuado en el corto plazo para el sector residencial, se buscará disminuir en un 10% la demanda industrial (con el objetivo de alcanzar este valor para el año 2023; último año del considerado horizonte de mediano plazo).

A continuación se expone un gráfico de la necesidad de potencia instalada para este horizonte temporal, en comparación con la potencia instalada actual y los proyectos que ayudarán a

satisfacer la demanda local. Los mismos tienen en cuenta el tiempo de construcción y vida útil de cada tecnología.

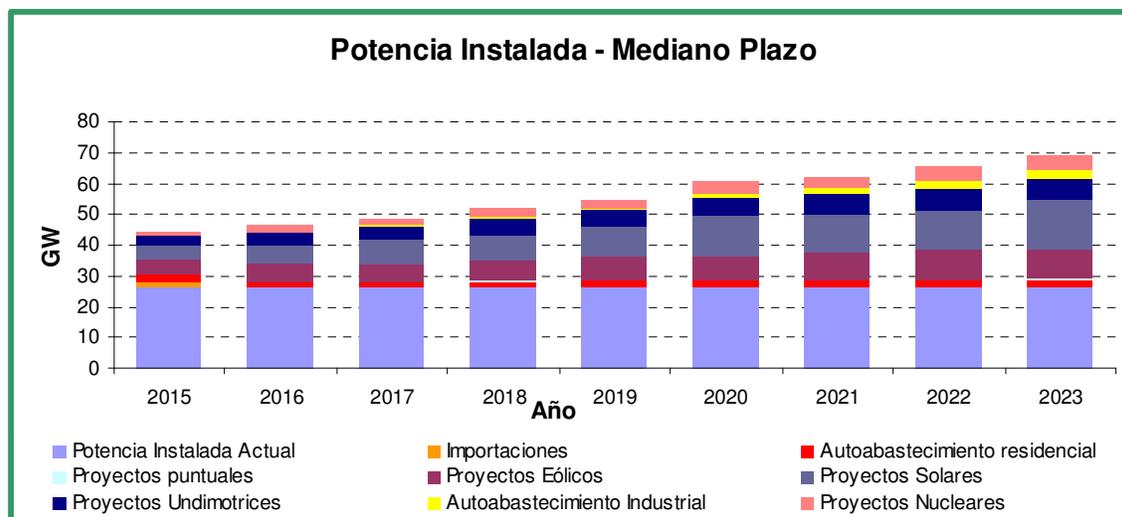


Figura 37. Evolución de proyectos energéticos y potencia instalada en el mediano plazo

En resumen, en el mediano plazo las estrategias básicas a seguir serían:

- Ampliar a gran escala la producción de electricidad mediante centrales de energía alternativa con inversiones públicas.
- Generar políticas estatales que favorezcan las inversiones privadas en estos sectores, tanto para el mercado generador como para el tecnológico que lo abastece.
- Cambiar el enfoque de la política de disminución de la demanda. Buscar ahora que la reducción no sea por hogares sino por municipios.
- Comenzar con la disminución de la demanda por el autoabastecimiento del sector industrial.
-

8.3.4 Largo Plazo

El largo plazo siempre es más complejo de entender, más aún de planificar. La variable tiempo le agrega un factor de varianza y desconocimiento difícil de interpretar y anticipar. Es por ello que, como toda estrategia a largo plazo, deberá ser muy flexible y adaptarse a los cambios que se presenten (con la posibilidad de ser modificada por completo).

Continuar con la construcción de grandes centrales de generación con capital privado y público para asegurar el abastecimiento de la demanda sería la medida a continuar aplicando.

Junto con la estrategia de transporte que se expondrá a continuación, se buscará generar un aumento de la oferta que la posiciona por sobre la demanda, pudiendo exportar el excedente eléctrico a los países vecinos, obteniendo un nuevo beneficio y mercado altamente potencial.

Para ello, el estado poseerá, así como posee grandes instalaciones de generación de energía hidroeléctrica, nuclear y térmica actualmente; centrales eólicas, solares y de energía undimotriz que le ayudarán a abastecer de energía al país, equilibrando la balanza energética y disminuyendo el riesgo.

A continuación se presenta un gráfico con proyectos y años de construcción de proyectos de generación de energía que asegurarán el abastecimiento de la demanda.

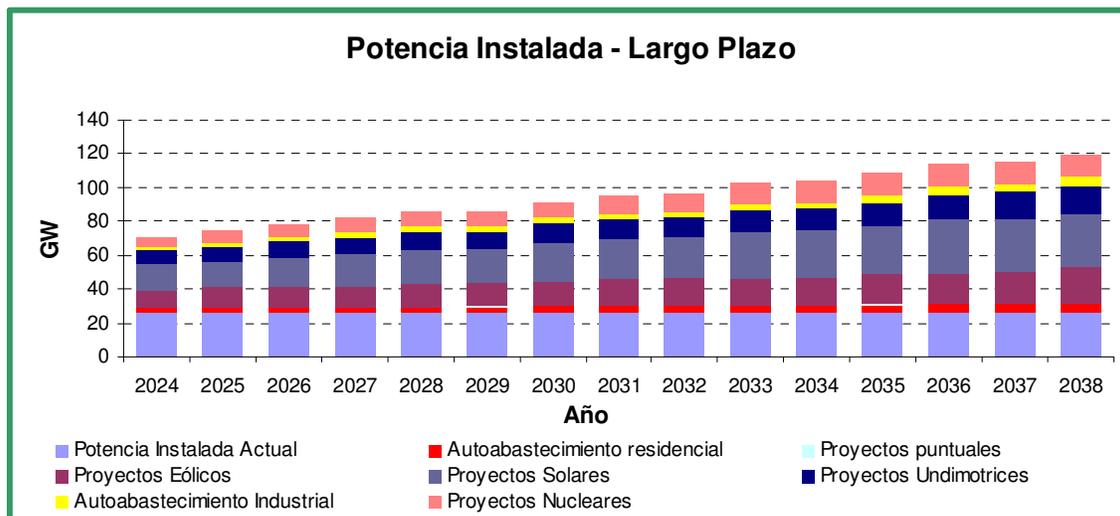


Figura 38. Evolución de proyectos energéticos y potencia instalada en el largo plazo

Bajo este escenario, y luego de todas las políticas y medidas tomadas a lo largo de los años, la matriz eléctrica se habrá modificado drásticamente disminuyendo el riesgo. A continuación se presentan tanto la matriz actual como la obtenida luego de todo lo expuesto anteriormente.

Fuente	Participación Actual	Participación Final
Petróleo	10%	2%
Gas Natural	45%	10%
Carbón	1%	0%
Hidroeléctrica	38%	8%
Nuclear	6%	12%
Eólica	0%	17%
Solar	0%	37%
Undimotriz	0%	14%

Tabla 10. Comparación de la matriz energética actual vs la obtenida luego de las modificaciones estructurales

8.4. Estrategias de Transporte

Las estrategias de transporte eléctrico deben acompañar el crecimiento de la estructura del sector de generación. Así, los tiempos y sitios de construcción de tendido eléctrico están acotados a los tiempos y construcciones de centrales de generación.

A continuación se expone el mapa del tendido de la red interconectada argentina actual, mostrando los agregados de redes de 500KV (y bajo qué horizonte temporal deben ser construidas) necesarios para transportar la energía que se generará luego de las estrategias antes descriptas.

Así, las líneas que aparecen en forma punteada hacen referencia a las nuevas líneas de alta tensión, siendo verde el color para las de corto plazo, rojo para mediano y azul para largo plazo.

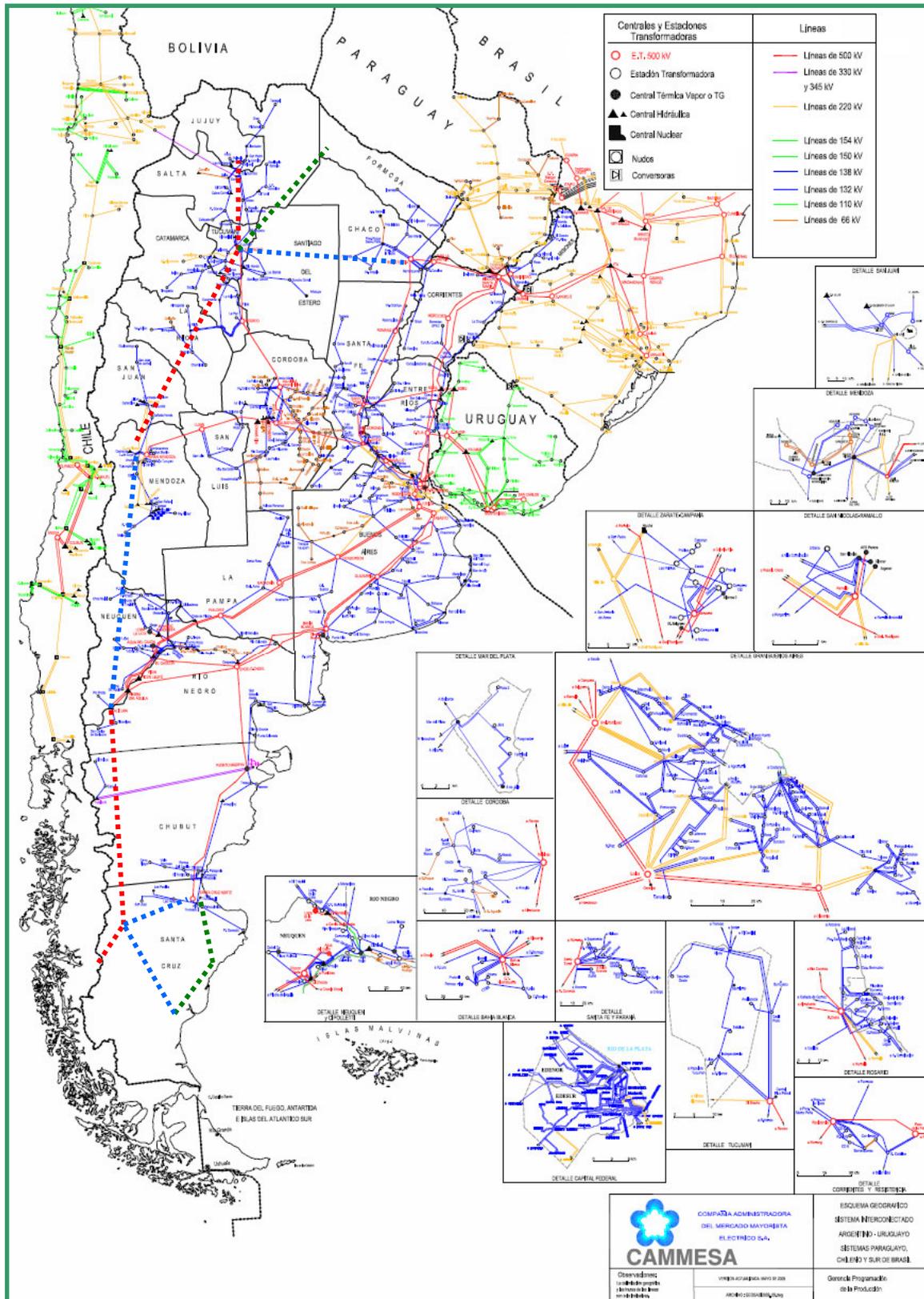


Figura 39. Propuesta de evolución de la red interconectada nacional

Se puede observar que, luego de las ampliaciones efectuadas, la red contará con variadas rutas de transporte energético, pudiendo abastecer la demanda a través de más de un camino (descomprimiendo así la utilización de las pocas líneas actuales).

Esto disminuirá también el riesgo de abastecimiento eléctrico (riesgo en el transporte, claro está). Al mismo tiempo, contribuirá a las exportaciones de energía, pudiendo abastecer la demanda local y terminar vendiendo el excedente producido en la Patagonia, en un país lejano a esta región como Bolivia, transportando la electricidad a través de la línea de alta tensión que conecta toda la cordillera, sin necesidad de saturar aquella que se dirige a Buenos Aires (punto de mayor consumo local).

Ahora bien, estas medidas representan básicamente una ampliación de la red actual, de forma de completar la misma y crear literalmente una red que conecte a todos los puntos del país.

Sin embargo la estrategia que se esconde en este punto es la de descentralizar el transporte de electricidad, y brindar la posibilidad de exportar el excedente eléctrico de cualquier región argentina a cualquier país limítrofe, sin saturar las líneas de transporte que abastecen los puntos de demanda local. Las estrategias de generación darán la posibilidad de contar con excedente para exportar, pero de no tener una estrategia de transporte acorde, no se podrá efectuar la venta debido a no poder enviar la electricidad al punto requerido por el cliente (por no tener la capacidad necesaria).

Para esto también deben preverse centrales de transformación de la señal eléctrica en puntos cercanos a la frontera, para modificar la misma a los parámetros que el país cliente.

Capítulo 9

Conclusiones

Las propuestas antes descriptas funcionan de modo estratégico para abastecer la demanda eléctrica nacional en el corto, mediano y largo plazo. La idea inicial es la de homogeneizando la matriz energética, con una fuerte dependencia en los hidrocarburos actualmente, y transformar las energías alternativas en fuentes estratégicas de generación. Esto trae aparejado una serie de beneficios adicionales que trataremos de expresar en el presente capítulo.

Mercado Tecnológico

Para soportar el crecimiento de la utilización de fuentes de energía alternativa propuesto será necesario un crecimiento del mercado tecnológico que abastecerá a las empresas de generación (molinos de viento, paneles solares, boyas, centrales nucleares, y todo tipo de aparatos tecnológicos y de infraestructura necesaria) que, inicialmente se podrán conseguir en el exterior de ser necesarios, pero con el tiempo deberá fomentarse la producción de los mismos en forma nacional.

Esto generará un nuevo mercado para la Argentina, comenzando con ventas locales en los proyectos antes descriptos.

Es sabido que todos los países subdesarrollados y en vías de desarrollo tienden a imitar las políticas y modificaciones tomadas por los países del primer mundo, aunque esto les suele llevar un tiempo. Así, muchos futurólogos estiman el futuro de los países en vías de desarrollo analizando la actualidad de los desarrollados.

Cuando los países restantes de la región Sudamericana se integren a la cultura de energías alternativas (que el primer mundo está fomentando) necesitarán de estas tecnologías y del Know-how específico. Aquí se abrirán nuevos mercados altamente potenciales, buscando exportar tanto tecnologías como conocimiento (dos productos de alto valor agregado).

Hidrógeno

La ventaja principal del Petróleo por sobre otras energías en el desarrollo industrial histórico, y el poder que por ello obtuvo a lo largo del tiempo, se debe principalmente a la facilidad de transportarlo y almacenarlo. El petróleo podría considerarse como energía líquida, lo que permite

cargarla en buques y transportar energía a cualquier parte del mundo, sin importar su lugar de extracción.

Al mismo tiempo esta capacidad de almacenaje general aportó enormemente en el desarrollo del transporte del hombre, pudiendo movilizarse utilizando este combustible en tanques que alimentaron motores específicos. Estas propiedades han sido difíciles de imitar hasta el momento.

Actualmente se están desarrollando numerosos estudios con referencias a la utilización del hidrógeno en la generación de energía, y como un producto sustituto del Gas Natural. Para muchas personas este gas es considerado el combustible del futuro, puesto que tiene las posibilidades de equiparar al petróleo en estas propiedades tan interesantes y extrañas, al mismo tiempo de no contaminar el medio ambiente. La problemática aún se analiza, debido a la complejidad de almacenar un gas de moléculas tan pequeñas.

Algunos de los estudios en esta materia relacionan la energía eólica con la generación de hidrógeno. La idea principal es obtener la energía para efectuar la hidrólisis y luego comprimir el hidrógeno generado.

Estas investigaciones buscan mejorar las propiedades de los tanques de almacenamiento. Con suerte, en un futuro cercano se podrá transportar hidrógeno comprimido a cualquier parte de planeta, comenzando a sustituirse el petróleo.

Poseyendo un número significativo de molinos de viento en ciudades costeras de la patagonia se puede utilizar la energía de los mismos (sobrante) para producir y comprimir hidrógeno, exportando el mismo en barcos especialmente diseñados, abriendo el mercado energético a todo el mundo.

Por otro lado, como se comentara en el capítulo 7, las boyas también tienen la capacidad de producir hidrógeno, pudiendo aumentar la cuota de producción.

Haciendo hincapié en el desarrollo del hidrógeno, contribuyendo y apoyando la sustitución de los combustibles fósiles por éste gas, efectuando investigaciones en nuevas tecnologías, etc. podemos pensar en un nuevo mercado altamente potencial...exportar energía en forma de gas a todo el mundo.

Si bien la idea parece un tanto descabellada en la actualidad, la posibilidad de suplantar los hidrocarburos con el hidrógeno es real, así como también la obtención y compresión del gas a través de la energía eólica. De esta forma, considerando un gobierno orientado al crecimiento de las energías alternativas y una región con excelentes factores de utilización, restaría tan sólo planear (conforme los avances científicos muestren su fruto) la construcción de centrales y puertos especialmente diseñados para exportar este producto, considerando las instalaciones existentes a la fecha de generación energética eólica y undimotriz.

Hasta aquí se pensaba en abastecer el mercado local y exportar el excedente a los países limítrofes. Con este nuevo enfoque, puede pensarse en la posibilidad de exportar energía a cualquier parte del mundo que la requiera...eliminando todo tipo de fronteras para éste mercado, posicionando a la Argentina como uno de los principales exportadores energéticos, uno de los mercados más estratégicos e importantes del mundo.

Bibliografía

¹ J.-M. BARNOLA, D. RAYNAUD, C. LORIUS & N.I. BARKOV: Historical carbon dioxide record from de Vostok ice core.

<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/vostok.htm>

² D.M. ETHERIDGE, L.P. STEELE, R.L. LANGENFELDS & R.J. FRANCEY: Historical CO2 records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores.

<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/lawdome.html>

³ N.T. VEZIROGLU, Presidente Asociación Internacional de Energía del Hidrógeno (IAHE)

⁴ C. GALVAN. Diario Clarín, 21-05-05.

<http://www.clarin.com/diario/2005/05/21/sociedad/s-04215.htm>

⁵ (OECD) Organisation for Economic Co-operation and Development; (IEA) International Energy Agency

⁶ P. STIFF. Times Online. June 12, 2009.

http://business.timesonline.co.uk/tol/business/industry_sectors/natural_resources/article6486020.ece

⁷ C. MORTISHED. Times Online. June 15, 2009

http://business.timesonline.co.uk/tol/business/industry_sectors/natural_resources/article6501680.ece

⁸ C. MORTISHED. Times Online. June 15, 2009

http://business.timesonline.co.uk/tol/business/industry_sectors/natural_resources/article6501680.ece

⁹ J.C. BOLCICH: Perspectivas del hidrógeno.

¹⁰ M. MARTINEZ MOSQUERA: Energía en el mundo, la era de la escasez.

¹¹ M. MARTINEZ MOSQUERA: Energía en el mundo, la era de la escasez.

¹² Comité Nacional de Despacho de Carga. Bolivia

http://www.cndc.bo/media/archivos/normas/proc_proyecdem160306.pdf

¹³ M. MARTINEZ MOSQUERA: Energía en el mundo, la era de la escasez.

¹⁴ M. MARTINEZ MOSQUERA: Energía en el mundo, la era de la escasez.

¹⁵ E. MACIAS. Septiembre 01, 2009. Greenpeace.

<http://www.greenpeace.org/espana/news/la-energ-a-solar-puede-dar-ele>