



CAPÍTULO 3

LA ENERGÍA EÓLICA EN ESPAÑA Y ANDALUCÍA: SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS



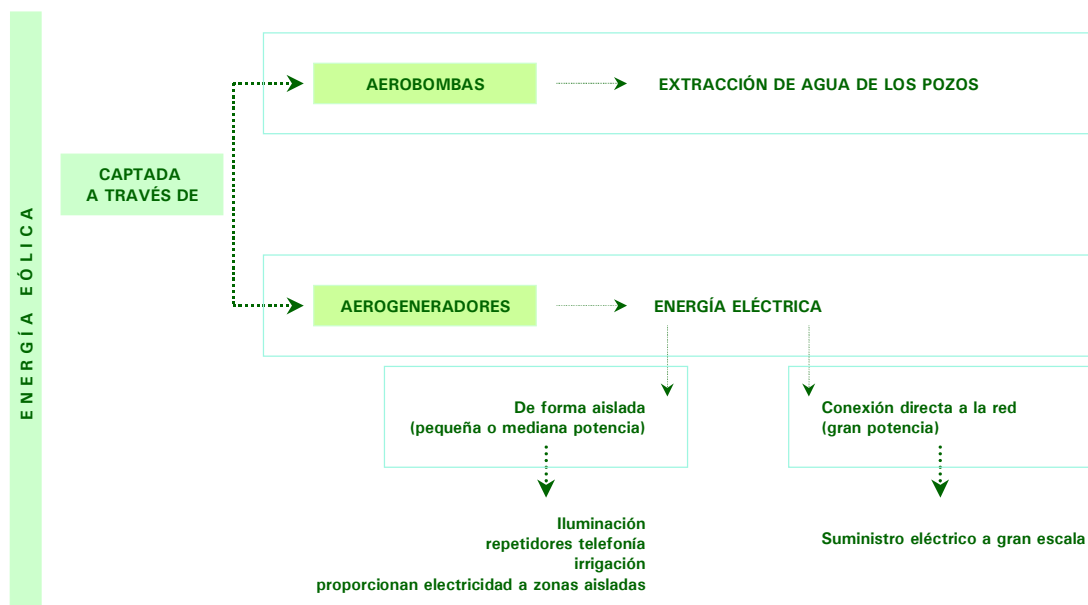


3. LA ENERGÍA EÓLICA EN ESPAÑA Y ANDALUCÍA: SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS

3.1. Aspectos generales del sector eólico: conceptos y características

Los motivos que han llevado a potenciar la investigación, desarrollo y aplicaciones de las energías renovables, especialmente en el campo de la energía eólica, surgen de la preocupación por la degradación del medio ambiente y la conveniencia de disminuir la dependencia energética, así como aumentar la seguridad del suministro. Entre las fuentes energéticas renovables, la eólica constituye en la actualidad una de las más importantes, por ser el viento un recurso disponible, ecológico, sostenible y más barato, con elevados crecimientos anuales de potencia instalada en los últimos años.

ESQUEMA 3.1. Aprovechamiento de la energía eólica



Fuente: *Analistas Económicos de Andalucía*.

El aprovechamiento actual que se hace de la energía eólica, o energía cinética contenida en el viento, se concreta de dos formas: por una parte se utiliza un tipo de eólica que se conoce como aerobomba y se emplea para la extracción de agua de los pozos mediante la utilización de unos molinos a través de la energía mecánica, sin más ayuda que la del viento. El modelo de máquina más generalizado actualmente es el molino multipala de tipo americano. Por otra, se encuentran las instalaciones eólicas que llevan unidas un generador eléctrico y producen corriente cuando sopla el viento, que reciben el nombre de aerogeneradores. Los aerogeneradores pueden producir energía eléctrica de dos formas: de forma aislada o en conexión directa a la red de distribución convencional.

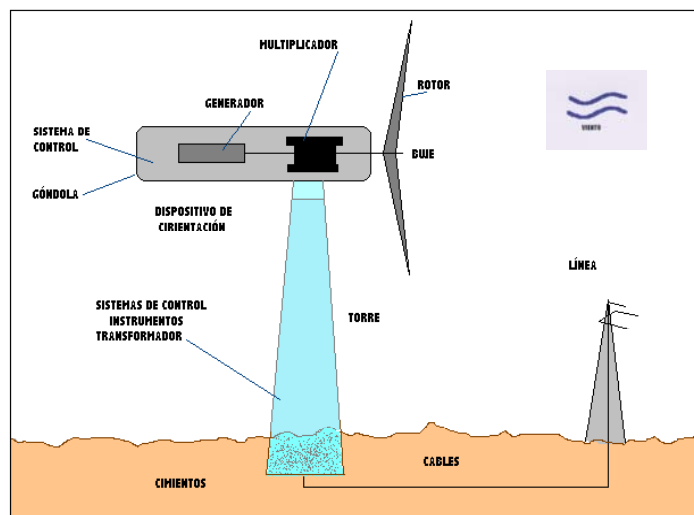
Las aplicaciones aisladas por medio de pequeña o mediana potencia se utilizan para usos domésticos o agrícolas (iluminación, pequeños electrodomésticos, bombeo, irrigación, etc.; en instalaciones industriales para desalación, repetidores aislados de telefonía, TV, instalaciones turísticas y deportivas, etc. En caso de estar condicionados por un horario o una continuidad se precisa introducir sistemas de baterías de acumulación o combinaciones con otro tipo de generadores eléctricos (grupos diesel, placas solares fotovoltaicas, centrales minihidráulicas, etc.). También se utilizan aerogeneradores de gran potencia en instalaciones aisladas, desalinización de agua marina, producción de hidrógeno, etc.

Las instalaciones eólicas de pequeño tamaño tienen un impacto visual y medioambiental prácticamente nulo, con un tamaño poco superior al de una antena parabólica. Además de poder utilizarse de forma aislada también pueden instalarse junto a paneles fotovoltaicos para proporcionar electricidad a zonas difícilmente alcanzables por la red eléctrica (viviendas aisladas, reservas naturales, estaciones meteorológicas, refugios alpinos, etc.). Los generadores eólicos de pequeño tamaño se utilizan también para alimentar los elementos de barcos de recreo (nevera, cuadro de control, luces, etc.). Conectados a la red nacional, finalmente, pueden integrar la energía necesaria a las infraestructuras turísticas (camping, hotel, puertos deportivos, turismo rural, etc.) y a todos los usuarios cercanos a zonas con viento. Con las microinstalaciones eólicas hay por lo tanto un espacio significativo para producir energía eléctrica en pequeña escala, de forma sostenible y compatible con el medioambiente.



La conexión directa a la red viene representada por la utilización de aerogeneradores de potencias grandes (más de 600 kW), aunque en determinados casos y gracias al apoyo de los Estados a las energías renovables, es factible la conexión de modelos más pequeños, siempre teniendo en cuenta los costes de enganche a la red (equipos y permisos). La mayor rentabilidad se obtiene a través de agrupaciones de máquinas de potencia conectadas entre sí y que vierten su energía conjuntamente a la red eléctrica, conformando unos sistemas que se denominan parques eólicos.

Una instalación eólica de tamaño industrial consta de una o más máquinas colocadas a una distancia adecuada las unas de las otras, para que no interfieran desde el punto de vista aerodinámico entre ellas. En la captación de la energía del viento se emplean turbinas adaptadas a cada aplicación en particular y a las condiciones energéticas del viento existente en cada emplazamiento seleccionado. Estas turbinas realizan, además de la captación, la transformación de la energía hasta dejarla en condiciones de poder ser utilizada, normalmente en forma de energía eléctrica o mecánica.



El proceso que siguen los aerogeneradores en su funcionamiento se inicia con la fuerza del viento que acciona las palas de la máquina (normalmente tres). Éstas se encuentran fijadas a un buje, que está conectado a un primer eje (llamado eje de baja velocidad) y gira a la misma velocidad angular

que el rotor. El eje de baja velocidad está conectado a un multiplicador del que sale un eje de alta velocidad e incorpora un generador eléctrico que produce la energía eléctrica canalizada por los cables a la red. Todos estos elementos se encuentran en la llamada góndola que se puede orientar según la dirección del viento y a su vez está situada sobre un soporte o torre anclada al terreno con cimientos de hormigón armado.

La góndola se completa con un sistema de control de la potencia y otro de control de la orientación. El primero tiene la doble función de regular la potencia en función de la velocidad del viento instantánea (haciendo funcionar la turbina lo más cerca posible de su potencia nominal) y de interrumpir el funcionamiento de la máquina en caso de viento excesivo. El segundo, en cambio, consta de un control continuo del paralelismo entre el eje de la máquina y la dirección del viento.

Los resultados obtenidos por el conjunto de aerogeneradores que configuran un parque eólico quedarán determinados por algunos factores que inciden en los procesos de captación de energía, transporte de la misma, control, etc.

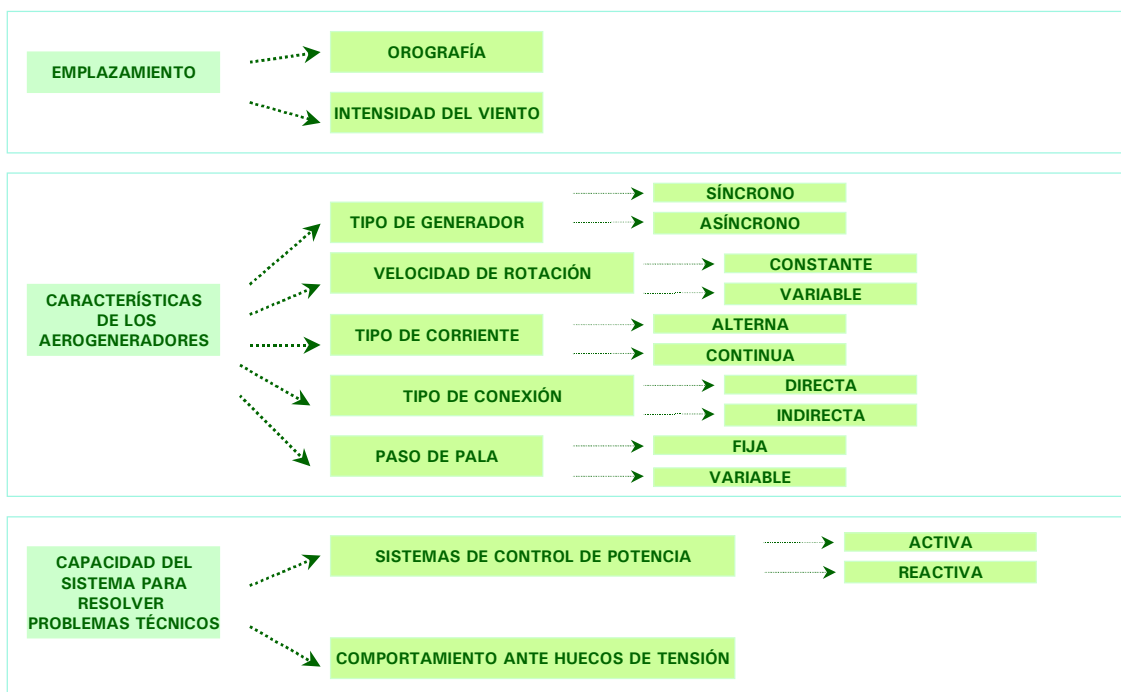
En primer lugar hay que señalar que la ubicación del parque responde a un diseño sobre el territorio condicionado por la exposición al viento y el impacto visual, por lo que antes de decidir sobre la instalación de un sistema eólico es indispensable conocer adecuadamente las características del viento en el emplazamiento, para lo que será conveniente realizar estudios sobre la frecuencia, velocidad, duración y dirección del viento. Esto es así debido a que el rendimiento de las máquinas eólicas depende de la intensidad del viento: a igualdad de diámetro de las palas, al aumentar la velocidad del viento, la potencia teóricamente extraíble aumenta con el cubo de esta magnitud. A su vez, el factor de la intensidad se encuentra determinado por las características orográficas del terreno entre las que cabe destacar la rugosidad del mismo: en el mar el viento sopla con intensidad mayor al disminuir el rozamiento. Otro elemento a tener en cuenta es la orografía ya que en las zonas altas de las colinas se incrementa la velocidad del viento.

El aerogenerador tiene una potencia de generación variable en función de la velocidad del viento y las limitaciones provienen de dos aspectos distintos: por un lado, existe una potencia máxima generable para cada velocidad de viento y por otro, a velocidades altas de viento, la potencia nominal



del aerogenerador representa el límite. Una central eólica genera una potencia dependiente del viento instantáneo en cada aerogenerador y, si bien puede reducirse la potencia generada, se trata de una pérdida de generación que no podrá recuperarse en otro momento.

ESQUEMA 3.2. Factores que influyen en el funcionamiento de un Parque Eólico



Fuente: *Analistas Económicos de Andalucía*.

Estos factores físicos condicionan los requerimientos técnicos de las máquinas eólicas, limitando su funcionamiento y los períodos de activación de las mismas. Especial influencia tiene la velocidad del viento, en la que los parámetros de referencia son:

- ⇒ Pueden ser activados con viento variable de 2 a 4 m/s (*velocidad de cut-in*)
- ⇒ Cuando el viento alcanza la velocidad de 10–14 m/s (*velocidad nominal*), se activa un dispositivo de control de la potencia.
- ⇒ Se paran cuando la velocidad del viento supera los 20-25 m/s (*velocidad de cut-off*).

En segundo lugar, ciertas características del aerogenerador pueden tener una repercusión en la eficiencia de su actividad. El progreso tecnológico ha dado lugar a la incorporación de mejoras en los sistemas para la captación de energía, localizadas en la estructura de los aerogeneradores y las características de los mismos. Como aproximación podemos destacar algunos conceptos como:

- El tipo de generador. El generador podrá ser de tipo síncrono, o asíncrono¹, cuya diferencia reside en que este último, también conocido como de inducción, posee un rotor de jaula, lo que le convierte en un aerogenerador muy fiable, comparativamente no muy caro y posee una propiedad mecánica muy útil: el deslizamiento del generador, que constituye la razón de su uso por delante del síncrono, en turbinas eólicas directamente conectadas a la red eléctrica, ya que la velocidad de un generador asíncrono variará con la fuerza de giro que se le aplique, lo que ocasiona una menor rotura y desgaste de la caja multiplicadora.
- El sistema de velocidad. Se distingue entre velocidad constante y variable y generalmente está asociado al tipo de conexión. La conexión indirecta a red permite hacer funcionar la turbina eólica a velocidad variable puesto que el rotor puede girar más rápidamente durante las ráfagas de viento y almacenar parte del exceso de energía, superando la limitación que aparece vinculada a la conexión directa. La velocidad variable además supone una ligera ventaja en términos de producción anual porque hace funcionar una máquina a la velocidad óptima de giro, dependiendo de la intensidad del viento.
- Tipo de corriente. El tipo de corriente utilizada (alterna o continua) determinará la necesidad de su conversión. Por ejemplo, las turbinas eólicas que utilizan generadores síncronos suelen usar imanes en el rotor alimentados por corriente continua de la red eléctrica. Dado que la red suministra corriente alterna, habrá que convertirla en continua por medio de transistores de potencia.

La operación de la red eléctrica se basa en tres ámbitos que aportan la estabilidad al sistema, ya referida anteriormente. El requisito principal es que la generación iguale al consumo en todo momento, por lo que se realiza una previsión del consumo, asegurando que se dispone de todas las



centrales necesarias para abastecer el consumo instantáneo. En tiempo real, la regulación de las centrales mantiene las variables de suministro (tensión y frecuencia) y en caso de faltas o anomalías en el sistema, las protecciones aseguran la limitación geográfica de los defectos y, por tanto, la estabilidad general del resto de la red eléctrica. La energía eólica es la primera fuente de energía que se desarrolla de forma distribuida y en la que la electrónica de potencia y los sistemas de control y de comunicaciones representan un elemento de gestión importante.

En el caso español, esta evolución ha motivado un cambio en la consideración de la energía eólica desde que se inició en 1985. El marcado carácter experimental de la misma hasta ese momento, ante la posición de las compañías eléctricas que la consideraban como una carga negativa que debía desconectarse de la red ante cualquier perturbación, se transformó en el inicio de una relación más estrecha entre las empresas eléctricas y la eólica a raíz de la publicación en el Boletín Oficial del Estado de una orden ministerial reguladora de las condiciones técnicas de conexión a la red de varias instalaciones. Esto se tradujo en un crecimiento de la energía tanto por volumen de potencia instalada, capacidad de producción, nivel de tensión a los que se conecta o potencia unitaria.

La búsqueda de la eficiencia y las posibilidades de negocio han contribuido al importante desarrollo de la energía eólica en Europa en la última década mediante las mejoras tecnológicas y la reducción de costes de la maquinaria eólica. De hecho actualmente se encuentran en el mercado máquinas eólicas de distintos tamaños, seguras y tecnológicamente fiables. De este modo, las instalaciones eólicas favorecen una mayor flexibilidad del suministro en nuestro país, contribuyendo por un lado a diversificar los recursos utilizados y por otro a paliar el alto déficit energético a partir del uso de fuentes propias, tratando de alcanzar una menor dependencia en nuestro balance energético.

Todo ello ha supuesto un importante reto para los fabricantes de aerogeneradores que tiene como resultado un salto cualitativo en la tecnología de uso y un cambio conceptual de la generación eólica dentro y por parte del sistema eléctrico. En los últimos años esto se ha traducido en un incremento de la potencia instalada y en la búsqueda de soluciones ante los problemas que han ido apareciendo en un sector emergente y con grandes perspectivas para el futuro.

¹

El generador síncrono dispone de un imán en el centro que girará a una velocidad constante síncrona con la rotación del campo magnético, y el asíncrono girará ligeramente a menor velocidad que la síncrona del campo magnético.

3.2. Evolución histórica de la energía eólica en España

El impulso definitivo para el aprovechamiento del viento como fuente energética tiene su origen en la crisis energética de 1973 y el encarecimiento del precio del petróleo en el período 1973-1986. Este es el punto de inflexión para la aparición de una tecnología capaz de producir electricidad a precios competitivos con las fuentes energéticas tradicionales, partiendo de un medio caracterizado por ser natural, renovable y no contaminante.

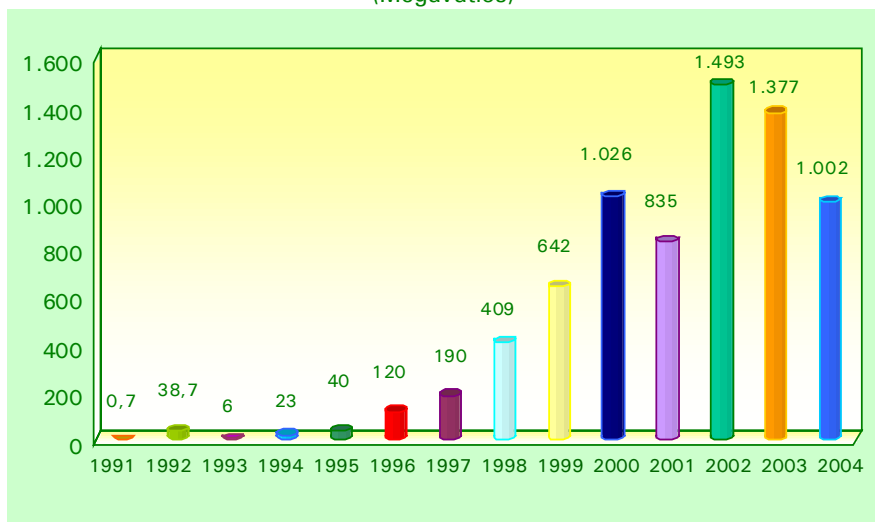
En 1979, como se recoge en el Manual de Energía Eólica, el Ministerio de Industria y Energía, a través del Centro de Estudios de la Energía, puso en marcha el primer programa de investigación y desarrollo encaminado al aprovechamiento de la energía eólica para la obtención de electricidad. Un año más tarde se promulgó la Ley sobre Conservación de la Energía, de gran repercusión en el sector, dando lugar, entre los años 1981 y 1986, al desarrollo e instalación de máquinas de pequeña y mediana potencia. El primer paso fue el diseño y fabricación de una máquina experimental de 100 kW de potencia con un doble objetivo: utilizar la experiencia para facilitar su proyección a máquinas de mayor potencial (MW) y, por otra parte, que sirviera como prueba para el ensayo de nuevos diseños de componentes. Este primer generador estaba constituido por una turbina tripala de eje horizontal, de veinte metros de diámetro, que estaba diseñado para girar a 48 revoluciones por minuto y que fue emplazado, dadas las óptimas condiciones eólicas de la zona, en el Cerro del Cabrito, en Tarifa, tras un estudio previo de las curvas de potencial eólico en España, realizado por el Instituto de Técnica Aeroespacial (INTA). Esta región se eligió por presentar un mayor número de horas de viento al año con un régimen de gran uniformidad y una intensidad de más de 500 W/m² de media anual.

La actividad de la Planta Experimental de Tarifa se inició en agosto de 1985, funcionando satisfactoriamente conectada a la red eléctrica pese a las limitaciones tecnológicas correspondientes a ese primer desarrollo nacional. Tenía algunos buenos criterios de diseño (como se ha demostrado posteriormente): palas de paso variable, revoluciones variables ante incremento del par torsor y asiento flexible del equipo motor sobre el bastidor. Fruto del interés de los estamentos públicos por el desarrollo de la energía eólica se puso en marcha en esos momentos el denominado Programa Energético UNESA-INI, que permitió el inicio del desarrollo tecnológico de los aerogeneradores



españoles con algunos de baja potencia (5, 14 y 30 kW), pero también con otros de una potencia mayor (150, 300 y 1250 kW), cuya consecuencia inmediata fue la fabricación de cinco máquinas de 20 kW que se ubicaron en el Ampurdán, dando lugar al primer parque eólico español, aunque este duraría pocos años. Entre 1986 y 1988 la Administración Española inició un programa de promoción institucional de pequeños parques eólicos configurados con máquinas de 30 kW, repartidos por toda la geografía española. Estas máquinas no contaban con ninguna novedad tecnológica, ya que eran turbinas tripalas según el concepto danés y no se planteó la posibilidad de adquirir conocimientos a partir del programa experimental ubicado en Tarifa.

Gráfico 3.1
Crecimiento de la Potencia eólica en España entre 1991-2004
(Megavatios)



Fuente: APPA.

Iniciada la década de los 90, se desarrollaron aerogeneradores españoles de 150 kW y 180 kW, dando comienzo a la competencia entre fabricantes españoles y a la implantación de las primeras instalaciones españolas de gran potencia. La aprobación en 1991 del Plan Energético Nacional recoge el objetivo de incrementar la producción realizada con energías renovables y propone una potencia instalada en el sector eólico de 168 MW para el año 2000. Desde los 7 MW instalados a finales de 1990, la potencia instalada ha crecido sustancialmente y durante los últimos años hay un creciente interés en el sector por parte de promotores, inversores e instituciones financieras en clara consonancia

con el mayor conocimiento de los recursos disponibles, la disminución del coste de las instalaciones, el avance de la tecnología y, principalmente debido a una legislación eléctrica muy favorable. Los primeros parques comerciales de España fueron promovidos en Andalucía por las sociedades “Plantas Eólicas del Sur” y “Energía Eólica del Estrecho”.

Dentro de este clima de desarrollo, en 1993 se instalaron las primeras unidades de 250 kW y 300 kW, de carácter nacional, que al año siguiente motivaron la creación de parques eólicos de mayor tamaño. Las iniciativas de apoyo de la Administración en este momento, en forma de legislación y tarifas adecuadas, unido al empuje de la empresa privada española y extranjera, permitió disponer de tecnologías desarrolladas al nivel de la industria internacional y también de precios más bajos.

El punto de inflexión definitivo para el sector tuvo lugar en este momento, cuando tras años de estudios tecnológicos y tímidas incursiones en el desarrollo de proyectos, la andadura eólica persigue claros objetivos de rentabilidad, y se ve motivada por la elevada presencia de promotores, inversores y financiadores, y la casi total desaparición de subvenciones a fondo perdido. El avance tecnológico a partir de este momento fue extraordinario, así como la iniciativa inversora y el acondicionamiento y puesta en marcha de instalaciones eficientes. La colaboración entre empresas españolas, europeas y americanas ha permitido el desarrollo de una potente industria de aerogeneradores tanto con tecnologías foráneas como nacionales y su posterior implantación en los parques eólicos de todo el mundo. Como resultado de este proceso España se ha colocado a la vanguardia internacional tanto en tecnología como en potencia instalada, pese a algunos fracasos iniciales en las primeras tecnologías desarrolladas.

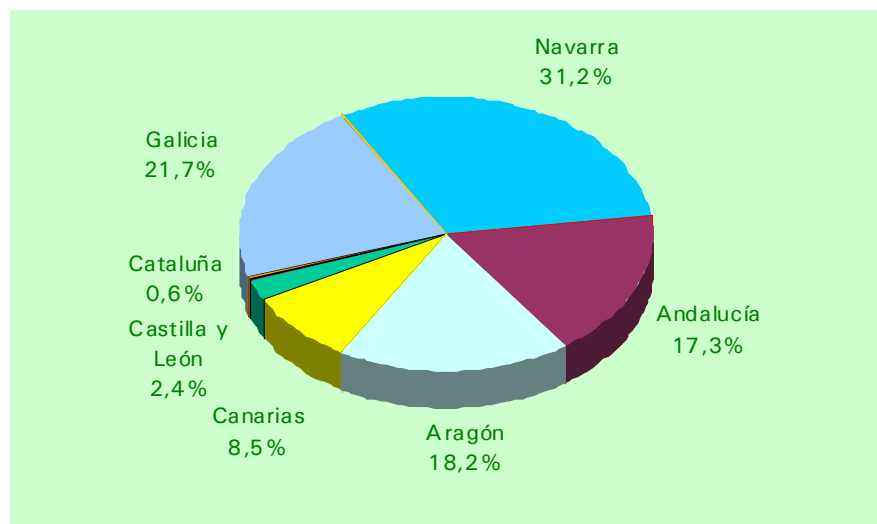
El Libro Blanco de la UE en 1996, resultado de los debates suscitados por el Libro Verde, fue el impulso definitivo para la energía eólica al establecer una estrategia y un plan de acción comunitarios para el uso de las fuentes de energía renovables. Las medidas que se incluyen pretenden reducir el consumo de las fuentes tradicionales teniendo como punto de partida que el 12 por ciento de la energía primaria y el 22,1 por ciento de la electricidad consumida en la Unión Europea proceda de fuentes renovables. Resulta innegable que esta aportación sólo se producirá con una mayor contribución de la energía eólica, que se convertirá en la auténtica protagonista de este proceso, lo que requiere el impulso de los proyectos de inversión destinados a la instalación de parques eólicos en



España. El objetivo concreto para la energía eólica es alcanzar 40.000 MW en el año 2020 en la Unión Europea, lo que significa producir el 3 por ciento de la generación eléctrica total prevista para ese año. La planificación propuesta se define en el marco de la UE, un contexto de liberación creciente hacia un Mercado único de la energía, donde se otorga a las energías renovables un tratamiento diferenciado.

El interés europeo por el fomento de las energías renovables se concretó en una contribución de 114 millones de euros en 1996, a través de inversiones directas del IDAE. Como consecuencia de esta situación, en abril de ese año había instalados en España 36 parques, con una potencia de 115 MW y en 1998, el sector eólico español empezaba a adquirir cierta relevancia, que se reflejaba en el empleo nacional proporcionando trabajo directo e indirecto en los sectores de promoción, implantación, fabricación, operación y mantenimiento de parques eólicos.

Gráfico 3.2
Energía eólica por CCAA en 1998



Fuente: Plataforma Empresarial Eólica.

Una de las carencias del área eólica en esos momentos era su concentración. Si bien la industria eólica comenzaba su desarrollo, éste se localizaba de forma significativa en apenas cuatro regiones y, por el momento, el resto aún no mostraba indicios de introducirse con garantías en el sector pese a su potencial disponible para esta actividad. La contribución de las Comunidades

Autónomas a la producción de energía eólica mostraba datos importantes en la zona norte, donde Navarra, con un 31,2 por ciento del total, Galicia y Aragón ostentan el liderazgo. Andalucía, perdida la hegemonía de los primeros años, se mantiene en cuarto lugar con un 17,3 por ciento de la energía eólica producida (ver gráfico).

A partir de este año se producen dos novedades en materia reguladora de gran significación para el futuro del sector eólico. En primer lugar la entrada en vigor del Real Decreto sobre producción de energía eléctrica con recursos renovables, en un momento en el que la energía eólica representaba el 2 por ciento de la producción de energías renovables. En segundo lugar, la aprobación a finales de 1999 del **Plan de Fomento de la Energías Renovables para el período 2000-2010**. El Plan constituye una planificación de carácter indicativo que recoge los principales elementos y orientaciones para la articulación de una estrategia que logre que el crecimiento de cada una de las áreas de energías renovables pueda cubrir, en su conjunto, al menos el 12 por ciento del consumo de energía primaria en España en el año 2010, objetivo ya recogido por la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico, lo que en términos absolutos supondría alcanzar, según el Plan, los 8.974 MW de potencia eólica instalada en ese año. La meta fijada, como ya se ha señalado, se encuentra en concordancia con lo establecido por la Unión Europea en el denominado Libro Blanco de las Energías Renovables.

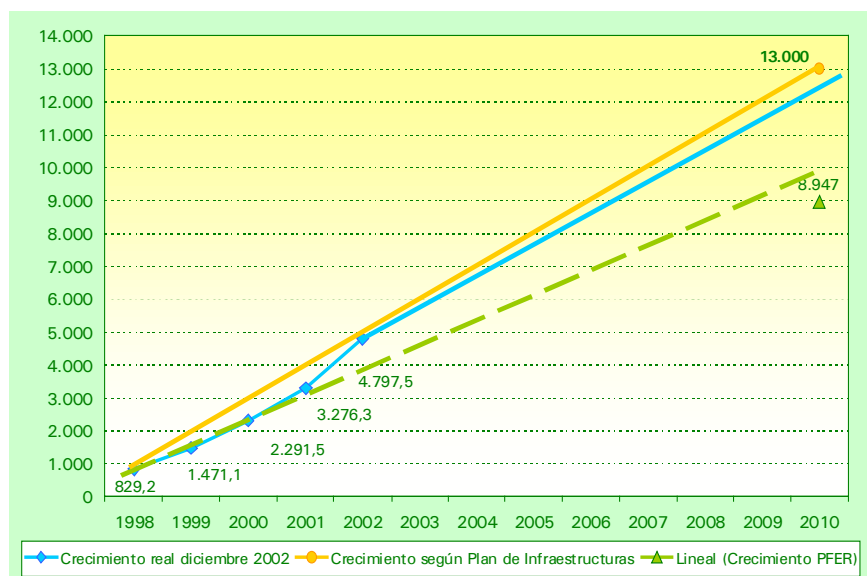
El documento persigue por un lado una meta energética, ya que con la ejecución de este plan, además de cubrirse el 12,3 por ciento de la demanda total de energía en España con renovables, se busca alcanzar los principales objetivos trazados para la política energética nacional: la diversificación de las fuentes primarias para garantizar la seguridad en el suministro energético y la eficiencia en su utilización. Por otro lado, el Plan de Fomento se revela como un instrumento indispensable para alcanzar los compromisos adquiridos por España en el campo medioambiental, en concreto en materia de limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero. El Libro Verde marca la regulación sobre el comercio de los derechos de la emisión de estos gases en la UE y forma parte del conjunto de medidas encaminadas a cumplir los compromisos adoptados en el Protocolo de Kyoto, cuyo objetivo es doblar la cuota de consumo de energía primaria proveniente de energías renovables.

La puesta en marcha de las actuaciones para el desarrollo de este plan establece una base firme para el desarrollo de un nuevo panorama en el sector eólico en España. El análisis de la evolución de



algunos indicadores como la producción de energía y el nivel de inversiones en este campo constituyen una buena aproximación para valorar el comportamiento de la energía eólica ante estas nuevas políticas destinadas a fomentar las energías renovables. Por ello, considerando los resultados emitidos por la Administración referidos al primer tramo de aplicación del Plan de Fomento, que comprende el período 1999-2002, se concluye que la trayectoria seguida por la eólica es la que ha supuesto un mayor avance hasta el año 2002. Pese a que, desde una perspectiva general, no es posible adoptar una postura de optimismo sobre el grado de cumplimiento de las expectativas y del buen desarrollo de las actuaciones en el sector de las renovables, las previsiones en el sector eólico se han visto superadas ampliamente en aspectos como la potencia instalada, el número de parques eólicos establecidos o la energía generada en los mismos. Sobre el horizonte de las metas establecidas para el año 2006, con el fin de orientar el sector de las renovables a alcanzar los objetivos finales en el año 2010, el grado de cumplimiento de la energía eólica se encuentra por encima del resto de fuentes de energía y de la media del sector. En el período 1999-2002 la energía eólica ha alcanzado un 83,8 por ciento de los objetivos energéticos para el año 2006 (sólo superado por el área del biogás), así como un 74,2 por ciento en materia de inversiones, con un total acumulado hasta ese instante de 3.375 millones de euros.

Gráfico 3.3
Crecimiento real a diciembre de 2002 y comparativa con los objetivos del Plan de Fomento (Megavatios)



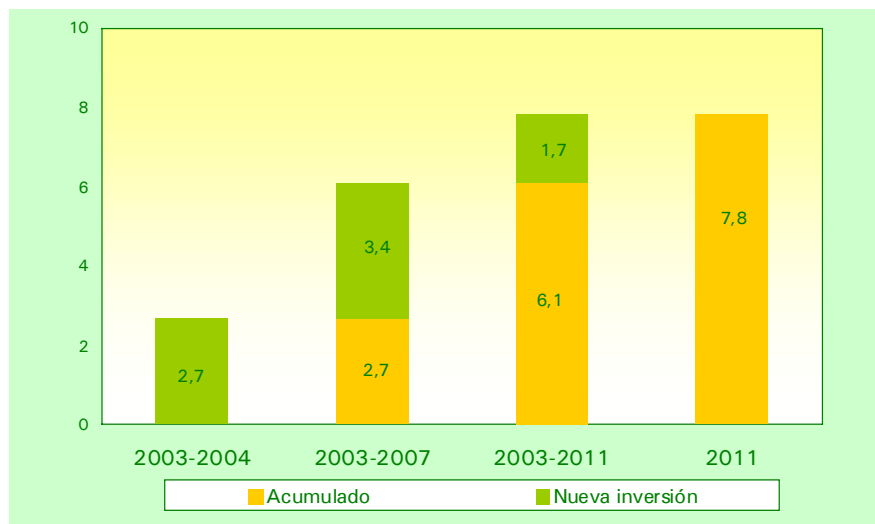
Fuente: IDAE y APPA.

Cuadro 3.1
Resultados sobre objetivos de energía eólica del Plan de Fomento de las energías renovables

Área tecnológica	Objetivos 1999-2006	Realizado 2002 s/obj 2006 (%)	Acumulado 1999-2002	% s/ objetivo 2006
(Millones de €)	4.549	28,9%	3.375	74,2%
(ktep)	986	33,6%	826,3	83,8%

Fuente: DGPEM.

Gráfico 3.4
Inversión estimada en generación eólica
2003-2011 (Miles de millones de €)



Fuente: MINECO, REE Y BCG.

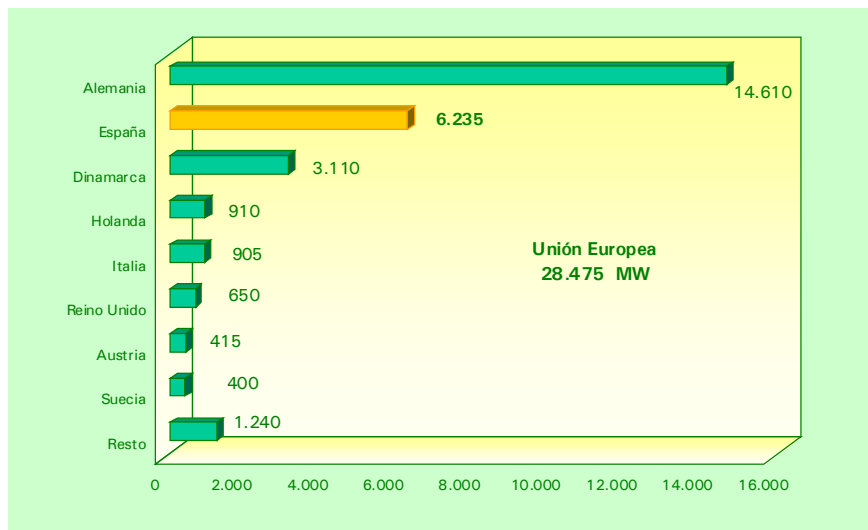
A la luz de estos datos se confirma la importancia de la energía eólica para impulsar el sector de las energías renovables en el cumplimiento de sus objetivos a largo plazo. El objetivo es movilizar una inversión de 4.549 millones de euros, según el Estado, en el desarrollo eólico desde que se puso en marcha el Plan hasta el año 2006, cuya financiación corresponde en un 70 por ciento a fuentes privadas, un 17 por ciento a los propios promotores y el 13 por ciento restante a la concesión de ayudas públicas de procedencia nacional y comunitaria. Estos recursos contribuyen al fortalecimiento y conformación de un moderno tejido industrial para el sector a través del desarrollo y la puesta en el mercado de tecnologías propias que producirán unos efectos de importancia creciente sobre la



exportación, favoreciendo también de forma efectiva a la creación de empleo. En los años siguientes se pretende mantener ese nivel de inversiones para la industria eólica hasta el horizonte temporal marcado por los planes de desarrollo y fomento de las energías renovables. Así, las estimaciones en materia de inversión para el período 2003-2011 arrojan una cuantía total de 7.800 millones de euros distribuidos, de forma que se potencie con mayor intensidad el sector en el presente y con un menor peso de la inversión en los últimos años (ver gráfico).

En esta línea de análisis del sector hasta el momento, datos más recientes ofrecidos por APREAN a diciembre de 2004, señalan que España, con 8.263 MW instalados, es la segunda potencia mundial en energía eólica por detrás de Alemania con 16.600 MW y desbancando a los Estados Unidos con sus 6.800 MW que ocupa el tercer lugar. Esos 8.263 MW suponen más del 24 por ciento de lo que hay en toda la UE-15.

Gráfico 3.5
Potencia eólica instalada en la UE-15 a 31/12/2003
(Megavatios)

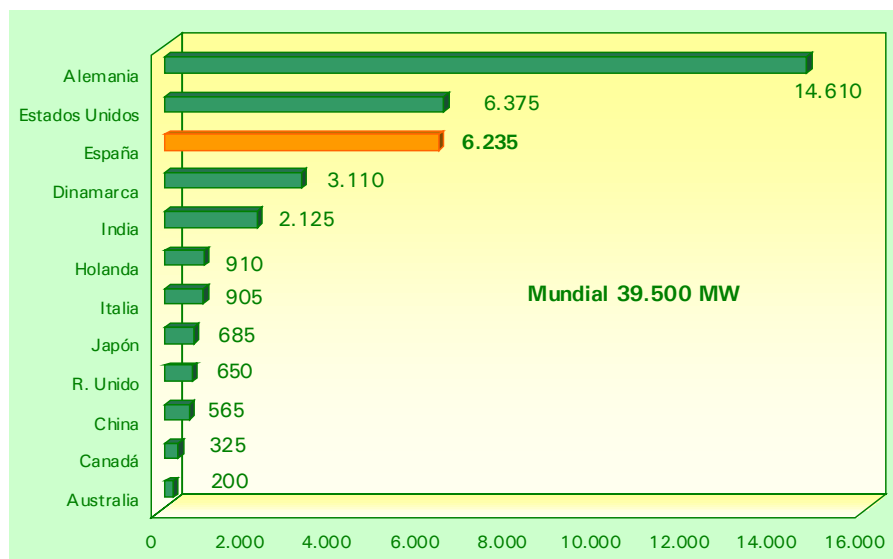


Fuente: IDAE Y EWEA.

Los parques eólicos españoles aportan un 6 por ciento de la electricidad que se consume, cuya significación se traduce en la capacidad para abastecer las necesidades domésticas de 3,4 millones de hogares de media aproximadamente, acompañada de un ritmo de crecimiento muy importante puesto

que la potencia eólica aumentó el último año en un 28 por ciento. El gobierno español espera que en el 2006 el 8 por ciento de la energía consumida en España sea renovable, y que en el 2010 la cifra llegue al 15 por ciento, superando las pretensiones europeas.

Gráfico 3.6
Potencia eólica instalada en el mundo a 31/12/2003
(Megavatios)



Fuente: IDAE Y EWEA.

En esta línea de desarrollo del sector de la energía eólica, también en fabricación España es uno de los referentes mundiales y, del mismo modo que sucede con el número de aerogeneradores instalados, se sitúa junto a la industria alemana y la estadounidense entre las tres más importantes. El trabajo pionero de las pequeñas y medianas empresas que apostaron por esta tecnología se ha visto apoyado por la inversión en I+D (según la Plataforma Empresarial Eólica, el sector invierte en investigación y desarrollo el 11 por ciento del valor añadido bruto de las empresas, cuando en España la media empresarial ronda el 1 por ciento). La continuidad en las medidas del Plan Energético propuestas por los partidos políticos gobernantes en los últimos años, centradas en las legislaciones de 1994 y 1997 favorecieron también este desarrollo, logrando alcanzar los 2.500 MW en el año 2000 cuando las primeras previsiones eran de 190.

Desde el punto de vista regional, en los primeros años de desarrollo del sector, las comunidades con proyectos más ambiciosos se encontraban en Galicia, Andalucía, Canarias, Navarra



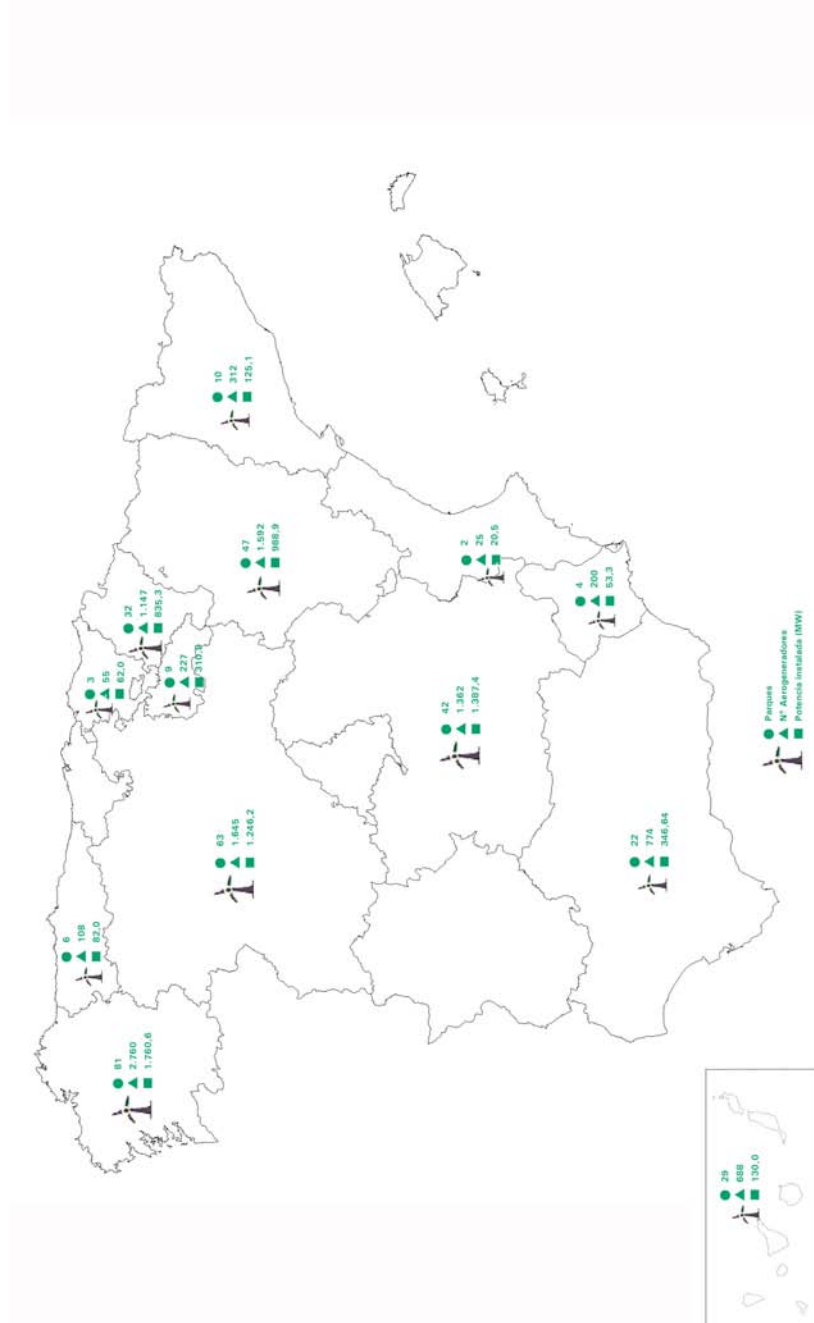
y Aragón, mientras que otras como Castilla La Mancha, Castilla y León y el País Vasco se ampararon en las subvenciones estatales debido a la pobre rentabilidad de las instalaciones proyectadas. Actualmente, el protagonismo de la eólica se reparte entre Galicia, Castilla-La Mancha, Castilla y León y Aragón (ver gráfico), resaltando como dato significativo que entre las tres primeras acaparan más del 50 por ciento de la energía eólica instalada en España.

Por tanto, puede concluirse que el impulso de España a la energía eólica, clara protagonista en el proceso de desarrollo de las energías renovables si se consideran las numerosas iniciativas que se han completado y los proyectos aún por realizar, ha sido muy importante. El desarrollo de las vías adecuadas en materia de regulación por parte de los países y regiones para tratar de cumplir los compromisos adquiridos con relación al ahorro de energía y al medioambiente, han marcado el camino para alcanzar los objetivos señalados. En este sentido es muy significativo el hecho de que en 1990 en España sólo había instalados 6 MW, cifra que se ha multiplicado por 1.000 en 14 años, destacando la progresión a partir de 1996, año en que se contaba sólo con 235 MW y a partir del cual se fue doblando la potencia, hasta alcanzar los 1.476 MW en 1999 (según datos de la APPA).

El éxito de la eólica, más allá del buen planteamiento del Plan realizado por parte del Gobierno, tiene tras de sí algunos otros factores destacables. Las autonomías, en el marco de cumplimiento de los objetivos acordados por la UE, el Estado español y el Protocolo de Kyoto han elaborado sus planes de desarrollo energético incidiendo especialmente en este tipo de energía y, conscientes de las posibilidades que se presentan en el sector, se han sumado al progreso de la energía eólica mediante medidas e iniciativas destinadas a reducir la dependencia energética, incrementando la potencia instalada y tratando de conseguir unos mayores niveles de producción eléctrica. Los objetivos establecidos por muchos de estos planes autonómicos han superado las previsiones del Plan Nacional en materia eólica, lo que ha llevado a realizar un planteamiento de revisión del mismo al alza, aprovechando la buena disposición de medidas y normativas que favorecen su evolución y el potencial eólico del que dispone España. Por otro lado, el rápido avance tecnológico y las posibilidades económicas que ofrece el sector, despiertan el interés de los inversores, dando lugar a la superación de los objetivos en unos niveles muy por encima de los marcados. Especialmente la participación de grandes empresas nacionales en el área de la energía, a través de inversiones en las regiones de



MAPA 3.1. MAPA EÓLICO NACIONAL (Diciembre 2004)



Fuente: Infopower, APREAN.



mayores posibilidades de instalación de aerogeneradores, contribuye en gran medida al aprovechamiento de esta fuente energética.

Esta situación se concretó en una revisión del Plan de Fomento de Energías Renovables, que se recoge en la Planificación Energética de los Sectores de la Electricidad y el Gas 2002-2011, donde cabe destacar la nueva distribución por regiones que se establece en materia de potencia eólica instalada prevista para el año 2011. El protagonismo de regiones como Castilla y León, Castilla-La Mancha, Andalucía y Galicia, que acaparan un importante número de proyectos se ve acompañado por el desarrollo de otras que por el momento no tenían una presencia relevante en esta industria como Madrid o la Comunidad Valenciana y que ya plantean un aumento en la instalación de parques eólicos.

Cuadro 3.2
Potencia instalada eólica prevista por CCAA. Año 2011

Comunidad Autónoma	Potencia Total (MW)
Andalucía	4.000
Aragón	3.200
Asturias	500
Cantabria	300
Castilla y León	6.579
Castilla La Mancha	4.452
Cataluña	1.073
Extremadura	-
Galicia	4.000
La Rioja	665
Madrid	50
Murcia	600
Navarra	1.536
País Vasco	250
Valencia	2.820
Total Peninsular año 2011	30.025

Fuente: Planificación de los sectores de la Electricidad y el Gas 2002-2011.

Más recientemente, el Gobierno ha hecho pública su intención de tener dispuesta, en el final de 2004 o al principio de 2005, una revisión completa y detallada del Plan de Fomento de Energías Renovables, emprendida por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio con la finalidad de revitalizarlo y dotarlo de mayor eficacia, al comprobar el bajo nivel de consecución de algunos de sus

objetivos. Esta reforma, se encuentra motivada por la percepción de que sin una modificación en el planteamiento establecido sobre determinadas áreas como la solar o la biomasa, no será posible el cumplimiento del objetivo primordial que se marcaba en que el 12 por ciento del consumo de energía primaria de España proceda de fuentes de energía renovables. La repercusión sobre los objetivos para determinadas energías como la eólica que continúa con su buen momento, será la de realizar una revisión al alza de los mismo, de manera que se elevará a 20.000 MW la potencia eólica instalada, desde los actuales 13.000 MW, cuando finalice la revisión de la estrategia, concretando la meta de multiplicar en más de tres veces la actual potencia eólica instalada en España. Como medida para impulsar el mayor desarrollo eólico, el Ministerio revisará el actual sistema de incentivos económicos a las energías verdes, que permite a sus productores vender su electricidad sumando una prima al precio de generación, posibilitando un mayor beneficio para los fabricantes de aerogeneradores y los grupos eléctricos nacionales. Además, este nuevo planteamiento en el documento, se encuentra respaldado por la reciente evolución al alza de los precios internacionales del crudo, que refuerzan la necesidad de trabajar en la promoción del consumo de energía alternativas. En las primeras consideraciones sobre la revisión se incluyen la identificación de agentes públicos y privados responsables de las medidas del Plan y la cuantificación de los recursos e inversiones que habrá que realizar para sacar adelante esta nueva estrategia.

Este planteamiento muestra la continuidad en el conjunto de actuaciones y proyectos, tanto presentes como futuros, destinadas a dotar a nuestro país de unas tecnologías limpias y autóctonas para generar energía, impulsando la reducción de emisiones contaminantes, además de reducir la dependencia exterior en el ámbito energético y contribuyendo a la construcción de un modelo energético sostenible.

3.3. El progreso tecnológico de la energía eólica en España

La evolución que ha experimentado la tecnología eólica para la producción de energía eléctrica en las dos últimas décadas ha seguido un camino esencialmente basado en la optimización de los desarrollos tecnológicos existentes en los años ochenta y la aplicación de nuevas herramientas de diseño desarrolladas en los programas de I+D+i.



El progreso en la tecnología aplicada para la captación de energía eólica es perceptible, sobre todo, a través de la mejora de los aerogeneradores. Con la superación de unos inicios caracterizados por máquinas simples, de escasa potencia y con poca fiabilidad, se dio paso a aerogeneradores de una potencia nominal en torno a los 650 kW y un diámetro de rotor de mayores dimensiones, alcanzando los 45 metros. Este camino seguido durante veinte años ha desarrollado una tecnología eólica, tanto nacional como proveniente de transferencia extranjera, claramente madura para máquinas de media potencia, lo que ha permitido que España empezara a competir con garantía suficiente al nivel tecnológico de los países más avanzados en el sector. Esta situación de competencia entre fabricantes hizo que se trabajara especialmente en aspectos como la reducción de la emisión de ruido, la calidad de la energía entregada a la red, la búsqueda de nuevos materiales y, sobre todo, el desarrollo de máquinas de potencia superior a los 1.000 kW como objetivo inmediato de las tecnologías nacionales.



ESQUEMA 3.3. Evolución tecnológica de los aerogeneradores



Fuente: *Analistas Económicos de Andalucía.*

En la actualidad, el paso de los prototipos instalados con una potencia de 1,5 MW, los más vendidos en el año 2001, ha ido dejando su sitio a proyectos de máquinas de 2 MW. La tecnología más usada en las actuales instalaciones está constituida por aerogeneradores tripala a barlovento (más del 80 por ciento del total), con torre tubular y pudiendo alcanzar entre 60-90 m. de diámetro de rotor. Desde un enfoque técnico, se caracterizan también por ser de eje horizontal, de alta calidad de suministro eléctrico, bajo mantenimiento y una vida operativa superior a los 20 años. Estos diseños actuales de los aerogeneradores buscan la optimización del rendimiento energético de los emplazamientos con unos recursos eólicos concretos, por lo que el mercado admite modificaciones de altura de torre y diámetro de rotor, además de otras variaciones destinadas a la reducción del impacto visual y la disminución del ruido aerodinámico.

Hay que añadir que las investigaciones destinadas a alcanzar mejoras técnicas han motivado la incorporación de nuevos materiales en el proceso de fabricación. En el caso de las grandes máquinas se ha dejado a un lado la aplicación de madera, acero y aluminio para las palas de los aerogeneradores y se utilizan otros elementos como plásticos y resinas. Existe una tendencia clara hacia el uso de epoxy (generalmente resina de poliéster) reforzado de carbono o de fibra de vidrio, cuyo uso se ha extendido en los últimos años. En cuanto a las turbinas pequeñas, es muy frecuente el uso de materiales plásticos, la mayoría inyectados, y solo algún fabricante usa madera.

La utilización en los últimos años de máquinas de gran tamaño ha permitido que se incremente la energía específica (kWh/m^2) por disponer de un mayor diámetro rotor y de una mayor altura de la torre (incremento de viento). Los cambios producidos en el tipo de generador permiten que hoy se hable de generadores doblemente inducidos y velocidad variable, dejando atrás los generadores síncronos, y de estudios sobre generadores de imanes permanentes multipolares. El control de la potencia generada por el aerogenerador se realiza esencialmente por dos métodos: control por pérdida aerodinámica y control por cambio de paso. A medida que aumenta el tamaño del mismo se va adoptando la tendencia de incorporar el cambio de paso y va desapareciendo la fabricación de paso fijo controlados por pérdida aerodinámica.

Asociada al tipo de generador tenemos sistemas de velocidad constante, de dos velocidades, de velocidad variable, y lo que se denomina como velocidad semivariable que se corresponde con



variaciones de velocidad en el entorno de un 10 por ciento respecto al valor nominal. Los sistemas que más han progresado en este sentido son los de velocidad variable, que suponen diseños con mejores características de comportamiento ante las bruscas variaciones de velocidad de viento, limitando el par y las cargas, reduciendo el ruido aerodinámico y mejorando la captura energética. Dentro de las diferentes opciones de velocidad variable, las dos más utilizadas son los generadores de inducción bobinados con doble alimentación y generadores síncronos multipolo de conexión directa.

El proceso de desarrollo de la tecnología eólica ha seguido un camino adecuado de adaptación a las necesidades de un sector en expansión. Prueba de ello es la situación que ocupa el sector eólico en nuestro país, que se encuentra entre los primeros a escala mundial por potencia eólica instalada, además de que las empresas de origen español dedicadas a la fabricación de aerogeneradores mantienen un elevado nivel competitivo frente a empresas extranjeras y desarrollan proyectos de relevancia en otros países. La mejora en las características de los aerogeneradores ha seguido una evolución basada sobre todo en el incremento de la potencia de los mismos desde los años 80, si bien se ha visto acompañada de mejoras en aspectos vinculados a éste como los sistemas de velocidad o los materiales empleados. Pero la trayectoria de progresión tecnológica, pese a ser un pilar fundamental, no puede asumir todo el peso para impulsar la energía eólica, por lo que debe ser acompañada de medidas reguladoras adecuadas.

La fabricación de máquinas más grandes y potentes, fruto de la investigación y mejora de los diseños, han aportado a la industria eólica algunos aspectos positivos para su desarrollo. En primer lugar, las economías de escala derivadas del incremento del tamaño de los aerogeneradores han dado lugar a una disminución del coste de los mismos a lo largo de los años con un precio por kW instalado que ha seguido una tendencia decreciente, situándose en la actualidad en torno a los 950 €/kW (cuando en el año 1984 ascendía a 1.800 € con máquinas de menor potencia) y acompañado por un incremento de la potencia de las máquinas y los parques eólicos. Este dato es más significativo si consideramos que dentro de la estructura de costes de inversión de un parque eólico, el asociado a los aerogeneradores supone en torno al 75 por ciento del total.

Los futuros desarrollos tecnológicos buscan la reducción de costes mediante la elección de conceptos simplificados como, por ejemplo, el uso de trenes de potencia modulares, diseños sin caja

de multiplicación, la reducción de cargas y desgastes mecánicos mediante articulaciones y sistemas de velocidad variable para reducir las fluctuaciones y mejorar la sincronización a la red. Se sigue una tendencia encaminada a conseguir trenes de potencia más ligeros y baratos.

Por otro lado, la investigación tecnológica contribuye al aumento del rendimiento pero no sólo por el uso de máquinas de una potencia mayor, sino porque el progreso en el estudio de factores como la ubicación o los avances en la aerodinámica han conseguido mejorarlo entre un 10 y un 45 por ciento. En España, el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) colabora con las investigaciones a través de varios proyectos con el apoyo institucional y económico del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), encargándose de desarrollar fuentes energéticas alternativas, mejorar la utilización de los recursos y sistemas de generación de la energía y resolver los problemas de las empresas españolas en el ámbito de la energía y su repercusión en el medio ambiente.

Por último, podemos afirmar que el alto grado de desarrollo alcanzado por la energía eólica en España ha sido posible por los aceptables niveles de rentabilidad que reporta la puesta en marcha de los proyectos de parques eólicos, aspecto en el que confluyen los dos puntos ya mencionados acerca de la disminución del coste y el incremento del rendimiento. Es indudable que el progreso en este sector se ha visto apoyado en los planteamientos establecidos por normativas nacionales, europeas y de carácter ambiental para cumplir objetivos como la protección de nuestro entorno o el ahorro de energía, pero las posibilidades de negocio que se desprenden del potencial existente en nuestro país ha sido un elemento determinante para su desarrollo.

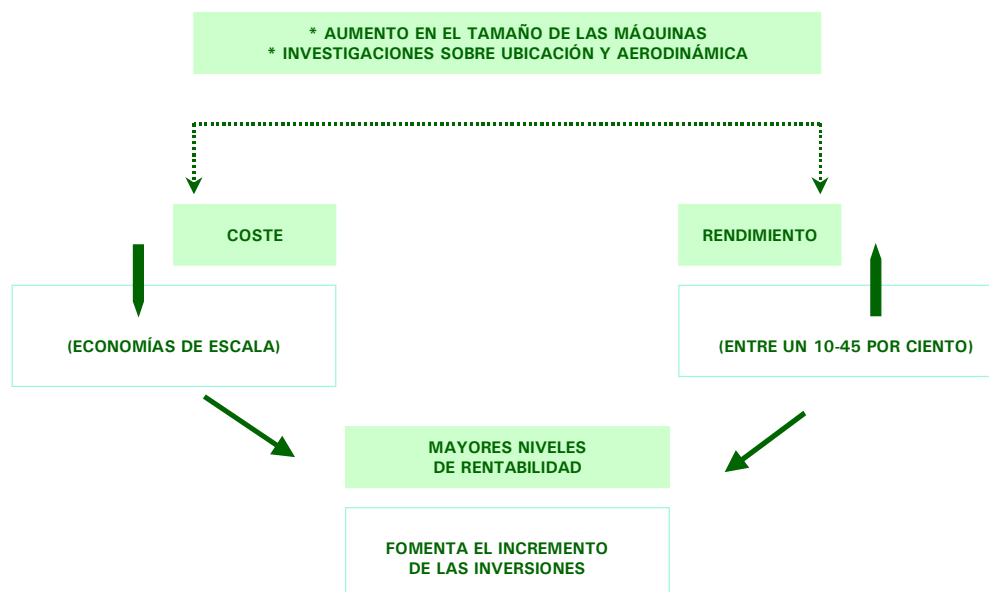
La confianza depositada por personas y empresas en la obtención de beneficios mediante la producción de energía eléctrica a través de la eólica, han contribuido a que los objetivos establecidos en los planes energéticos nacionales y regionales de acuerdo con esta fuente renovable, se hayan visto sobrepasados con creces. Asimismo, se abren nuevas opciones de mercado con este tipo de energía, ya que la rentabilidad de las fuentes renovables ha animado a compañías como Iberdrola y Endesa a comercializar la electricidad procedente de estos recursos, que están libres de emisiones de dióxido de carbono y gases de efecto invernadero. De este modo se contribuye en cierta medida al proceso de



liberalización eléctrica a través de una oferta de electricidad generada a partir de energías renovables, y dirigida a cualquier consumidor interesado en contribuir con el medio ambiente.

Sin embargo, algunos datos muestran que pese a todo pueden existir casos en los que realizar inversiones en energía eólica no sea tan rentable. La información que se desprende de un estudio realizado por la Asociación de Productores de Energías Renovables así lo constata (Boletín APPA INFO N°9 de diciembre de 2002), donde se pone de manifiesto que es falsa la idea instalada en ciertos ámbitos de que la energía eólica es una actividad con tasas de rentabilidad muy altas. Si bien es posible afirmar que determinadas instalaciones, que en su día pudieron elegir los mejores emplazamientos, tengan una buena rentabilidad, queda claro con este informe que la mayor parte de lo que se está instalando y, sobre todo, lo que debe instalarse todavía tendrá una rentabilidad muy moderada y los proyectos estarán permanentemente sometidos al riesgo de cambios regulatorios, subidas de tipos de interés e incógnitas, aún por despejar, como los gastos de mantenimiento cuando las máquinas vayan cumpliendo años.

ESQUEMA 3.4. Efectos del progreso tecnológico en energía eólica



Fuente: *Analistas Económicos de Andalucía*.

La obtención de rentabilidad a través de la explotación de un parque eólico se encuentra determinada por factores de diversa índole. En primer lugar, el progreso tecnológico ha repercutido en la eficiencia y el rendimiento en la manera en que permite la fabricación de aerogeneradores de mayor potencia, que tendrán la capacidad necesaria para sustituir a varios aerogeneradores más pequeños en su tarea de producción de energía, y contribuyendo a conseguir mejores resultados con un menor número de máquinas instaladas. Por otro lado, permite un mayor aprovechamiento de la energía mejorando las condiciones para el transporte hasta su destino final: el sistema de conexión a la red, ampliando las zonas de evacuación, reduciendo las pérdidas, etc.

Además, favorece la competitividad en el mercado de empresas españolas fabricantes de aerogeneradores que podrán posicionarse frente a las extranjeras con mayores garantías, aspirando a mayores beneficios y a una mayor cuota de mercado. También permite ampliar el número de localizaciones eólicas, ya que las máquinas más sofisticadas podrán captar los recursos eólicos de zonas aparentemente con menor potencial o de difícil acceso (por ejemplo los parques eólicos offshore).

Otro aspecto relacionado con la rentabilidad desde el punto de vista técnico, en este caso negativo, reside en la finalización del primer quinquenio de funcionamiento en muchos de los parques ya instalados, que pone de manifiesto el encarecimiento de los costes de mantenimiento para años sucesivos y la incertidumbre asociada a dichos costes, puesto que los fabricantes garantizan el mantenimiento a un precio cerrado hasta el quinto año pero no a partir del sexto.

En segundo lugar, los factores de localización inciden de manera importante en el rendimiento y el coste de un parque eólico, condicionando, por tanto, la rentabilidad del mismo. Especial relevancia tiene la disminución progresiva del recurso eólico en los emplazamientos libres en los que puedan instalarse nuevos parques, que se ve determinada por la orografía del terreno, y hace necesaria la utilización de aerogeneradores con mayores prestaciones, y por tanto más caros, con el fin de rentabilizar las inversiones. De esto se desprende que de un parque eólico con menor intensidad de viento, no sólo se producen menos kWh al año sino que las máquinas a utilizar son más caras y la inversión requerida será mayor, lo que repercute de un modo negativo en el objetivo de maximizar la rentabilidad.



Por último, haremos referencia a una serie de aspectos legales y de carácter administrativo que, pese a que se han contemplado de modo más exhaustivo en el capítulo inicial, por su influencia en la rentabilidad de los proyectos deben ser reflejados ahora.

En primer lugar hay que señalar que tras la incertidumbre retributiva existente en el sector para la generación en régimen especial en los últimos años, la entrada en vigor del R.D. 436/2004 ha dado lugar a un marco más favorable para el fomento de la industria eólica, con la vinculación de la evolución de los precios de las renovables, primas y precios fijos, a la Tarifa Media de Referencia. La estabilidad económica y retributiva, objetivo perseguido por los agentes vinculados al sector eólico que desde tiempo atrás vienen demandando un cambio regulatorio en este sentido, va a contribuir en gran medida para dar el impulso definitivo a esta actividad, que ahora contempla mayores posibilidades de eficiencia y tiene incentivos para la integración en el mercado y en la red eléctrica.

En segundo lugar, la política iniciada con el Plan Estratégico Regional de Educación Ambiental (PEREA) y seguida por las Autonomías de repercutir los costes de infraestructuras eléctricas a los promotores eólicos, además de los costes directos de conexión, no favorece los intereses de los inversores ante la implicación de un importante incremento de los costes de inversión y puede resultar un tema importante cuando los mejores emplazamientos den paso a otros de menor calidad de recurso eólico.

Por último, el retraso en los procedimientos administrativos relacionados con la conexión de los parques a las redes y necesarios para la obtención de las autorizaciones introduce incertidumbres adicionales e incrementa los costes asociados a los parques eólicos. También contribuyen a este retraso las diferencias entre las distintas normativas autonómicas, provocando que el tiempo medio para poner en marcha un proyecto eólico supere ya los cinco años.

Dejando a un lado la rentabilidad y retomando la importancia de la tecnología para la industria eólica, el futuro se encuentra marcado por el estímulo en el desarrollo del nuevo y ambicioso mercado de plantas eólicas en el mar, conocido como “offshore” o “mar adentro”, con unas perspectivas de instalación de más de 30 GW en la UE en los próximos años. Las previsiones incluidas en un estudio elaborado por Greenpeace indican que en el año 2020 España podría disponer de un potencial eólico

offshore de 25.520 MW instalados, lo que supondría una producción de electricidad equivalente al 35 por ciento de la demanda del año 2003 y un 16 por ciento superior a la producción de todas las centrales nucleares españolas en el mismo año. No obstante, no debe olvidarse que esta hipótesis de generación pasa inexorablemente por la mejora y rediseño de la capacidad de evacuación existente. El desarrollo de esta tecnología en los últimos años ha permitido que estas instalaciones se hayan convertido en una seria alternativa a tener en cuenta en el ámbito del fomento de las energías renovables.

Cuadro 3.3
Factores que influyen en la rentabilidad de un Parque Eólico

	POSITIVO	NEGATIVO
PROGRESO TECNOLÓGICO	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor potencia de los aerogeneradores - Mejor aprovechamiento de la energía - Posibilita la instalación de proyectos en nuevas localizaciones - Mejora la competitividad de las empresas 	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de los costes de mantenimiento
FACTORES DE LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Proximidad de las zonas de evacuación - Condiciones óptimas en cuanto a la orografía y altitud 	<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de zonas con escaso recurso eólico, que requieren maquinaria de mayor coste
ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Planes de fomento de las energías renovables en el ámbito regional, nacional e internacional. - Nuevo marco retributivo (R.D. 436/2004) 	<ul style="list-style-type: none"> - PEREA: aumento de costes de infraestructuras eléctricas a cargo de los promotores - Costes y retrasos administrativos

Fuente: *Analistas Económicos de Andalucía.*

A escala nacional se han elaborado varias propuestas de instalación de este tipo de parques eólicos marinos, como el proyectado entre Benicarló y Vinarós (Castellón) o la iniciativa planteada en el Delta del Ebro. Por otra parte existe un proyecto experimental de energía eólica mediante la



implantación de parques offshore en las islas Canarias, lugar idóneo por contar con unos vientos óptimos para el desarrollo de esta tecnología. El objetivo es comprobar como responden las máquinas ante condiciones de vientos constantes, moderados o fuertes, y así poder optimizar y ajustar las tecnologías.

En el ámbito autonómico, algunos estudios indican que la costa atlántica andaluza cuenta con áreas idóneas para la ejecución de proyectos offshore, tanto por recurso como por profundidad y características de los fondos, que podrían albergar una potencia notable en los próximos años. Esto ha motivado que cada vez aparezcan más propuestas de proyectos de parques eólicos de este tipo, entre los que pueden destacarse algunos recientes como el parque eólico marítimo del Cabo de Trafalgar, que ha sufrido alguna oposición basada en la idea de que la instalación de aerogeneradores en el mar acabaría con los caladeros, afectando concretamente a la ruta de los atunes durante su entrada al Mediterráneo. Por otro lado se encuentra el proyecto de parque eólico en el dique Juan Carlos I de Huelva, una ambiciosa obra de ingeniería compuesta por 58 aerogeneradores que irán instalados en espigones sobre el agua, paralelos al dique en una longitud de 10,5 kilómetros, con una potencia de 49,3 megavatios, y capaz de producir energía doméstica para toda la ciudad de Huelva. Este proyecto tiene la declaración de impacto ambiental favorable y la autorización administrativa de la Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico y del Ministerio de Fomento, además de estar dentro de la Zona de Evacuación de Energía Eléctrica de Huelva.

Para que la aplicación de esta nueva tecnología alcance el éxito deseado hay que tener en cuenta algunas situaciones hipotéticas y efectos potenciales que pueden condicionarla (ver cuadro). Se trata de aspectos como la afección a la fauna marina, terrestre o aérea; la calidad del paisaje; el ruido de los aerogeneradores; los impactos de la instalación y la presencia de la línea de evacuación de electricidad en tierra; la restricción del tráfico marítimo de las embarcaciones de recreo; la eventual contaminación del agua por accidente; las zonas de mayor sensibilidad como rutas de navegación, pesca o valor ambiental o defensa; o las compensaciones económicas para actividades afectadas como la pesca, en definitiva factores que pueden influir en otros sectores y que pueden suponer un incremento en el coste de la explotación eólica. También se valoran aspectos positivos como son la producción de electricidad de forma más limpia, el menor impacto visual o el ahorro en la compra de espacio, pese a que se baraja un canon del agua y la inversión en conductos de evacuación es cara.

Cuadro 3.4
Repercusión del desarrollo de parques eólicos Offshore

Ventajas	Inconvenientes
Producción de electricidad de forma más limpia	Afección a la fauna
Mayor recurso eólico	Mayor inversión y costes de mantenimiento
Menor impacto visual	Restricción al tráfico marino
Ahorro en la compra de espacio	Posible contaminación
	Compensaciones económicas sectores afectados

3.4. La conexión a red de la generación eólica

3.4.1. Descripción del sistema eléctrico y adaptación de la generación eólica

La conexión a la red es un aspecto determinante en el proceso de integración de la generación eólica al sistema eléctrico, pero hay que tener en cuenta que el carácter aleatorio del viento impide la garantía de potencia, si bien sí puede garantizar niveles de producción en rangos de tiempo, lo que hace que este proceso en la energía eólica sea diferente al de otras fuentes energéticas. La importancia de los factores técnicos para el correcto funcionamiento del sistema, revela la necesidad de actuar con previsión para superar las dificultades que puedan aparecer en un contexto marcado por los objetivos de incremento en la aportación que debe realizar esta fuente al consumo de energía eléctrica.

Para conseguir identificar los problemas que pueden plantearse en relación con esta integración, será necesario en primer lugar, destacar las peculiaridades del sistema eléctrico para posteriormente considerar en qué manera puede verse afectado por una energía como la eólica, con sus características propias. Un rasgo esencial del sistema es que se tiene que cumplir en cada momento la igualdad entre la demanda y la generación, limitación debida a que, con los medios tecnológicos de



que se dispone en la actualidad, la energía eléctrica no se puede almacenar. En este sentido, el carácter variable de la demanda dificulta su predicción. A pesar de que se han logrado unos márgenes de acierto muy aceptables, es imposible hacer una predicción exacta, ya que la evolución diaria de la demanda y la generación se ve afectada por variaciones lentas y determinados picos a ciertas horas del día. Con objeto de corregir estas leves fluctuaciones, el ordenador del sistema automático de generación envía órdenes a ciertos generadores que están en generación secundaria (funcionan a media potencia) para conseguir que generen más o menos y compensar los desajustes.

Dada la lentitud de los cambios de la demanda, que permitirán el arranque y parada de los grupos de generadores, es imprescindible la utilización de generadores que sean los más adecuados desde el punto de vista de la eficiencia, y al realizar la elección de los mismos habrá que tener en cuenta que necesitarán un tiempo para desarrollar estas paradas y arranques, que dependerá de la tecnología. De acuerdo con lo anterior, el programa de generación se prepara con al menos un día de antelación teniendo en cuenta la demanda prevista, realizando un cálculo basado en el mismo día de la semana de años anteriores, corregida por la laboralidad y la temperatura.

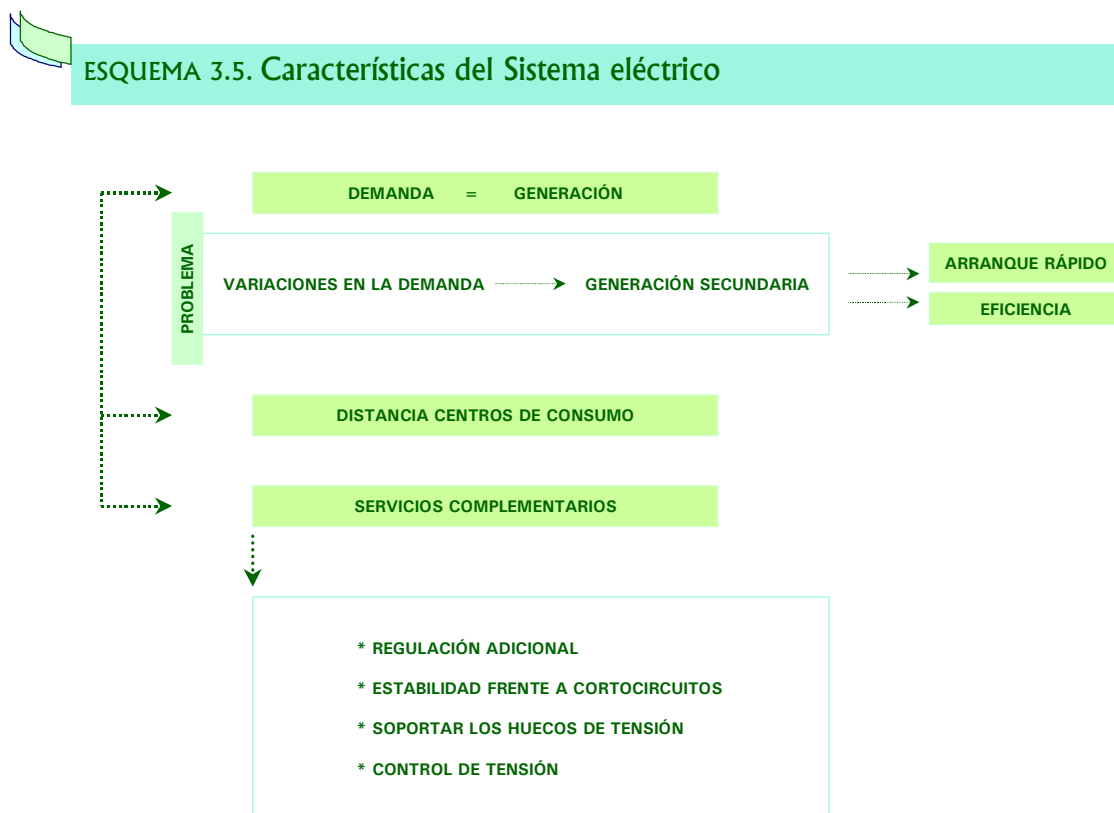
Otra característica del sector eléctrico a tener en cuenta es que un 70 por ciento de la generación se hace con grupos de 500 MW de potencia y superiores, alejados de los centros de consumo bien por estar el recurso lejos (carbón e hidráulicas), bien por seguridad. Esta situación provoca el aumento de las pérdidas de transporte y una mayor fragilidad del sistema, al poder verse afectado gravemente por la pérdida de un grupo o una central.

Por otro lado, además de la producción de energía, los generadores aportan otros servicios necesarios para la estabilidad y la seguridad del sistema, que son los que tendrían que aportar los aerogeneradores eólicos si participaran en un régimen de igualdad con respecto al resto de los productores.

En primer lugar, la participación de los servicios complementarios de regulación primaria, secundaria y terciaria se hacen muy necesarios frente al carácter variable de la demanda. La operación del sistema eléctrico consiste en entregar una energía controlada al consumidor manteniendo constante la frecuencia, que mide la igualdad entre generación y consumo. Para mantenerla estable es necesario

conseguir un perfecto balance entre la potencia generada y la potencia consumida, pero dado que las previsiones de ambas no se van a corresponder con la realidad, habrá que disponer de una reserva de generación que pueda absorber las variaciones de demanda que tengan lugar en el sistema.

En segundo lugar, el suministro de energía eléctrica a los consumidores se realiza a un rango de tensión fijado. El control de tensión de los nudos del sistema eléctrico, pese a tener unos límites menos estrictos que en el caso de la frecuencia, tiene que mantener constante la tensión de alimentación a los usuarios del sistema, lo cual depende en gran medida de la gestión de las redes de distribución.



Fuente: *Analistas Económicos de Andalucía*.

En tercer lugar, la estabilidad del sistema se ve afectada cuando se produce un cortocircuito o falta en la red, ya que la corriente suministrada por los generadores aumenta de forma importante. Esto



pone en peligro a los propios generadores y otros equipos conectados a la red, por lo que tendrá que reducirse cuanto antes la corriente hasta valores cercanos al nominal desconectando los equipos en falta de la red y abriendo los interruptores de potencia que están a ambos lados del equipo en falta.

Por último encontramos otro servicio relacionado con la estabilidad que está referido a la aptitud del generador para soportar huecos de tensión. En las redes de transmisión se producen de forma habitual cortocircuitos con distinto grado de severidad, produciendo una caída de tensión brusca que se propaga por todo el sistema. Esto constituye un hueco de tensión que aumenta la velocidad del generador, pudiendo incrementar el ángulo de potencia del generador con la red y provocando la pérdida del sincronismo, lo que genera que actúen las protecciones y se desconecte del sistema.

Tras esta aproximación a las características del sistema eléctrico y a las situaciones más relevantes de su funcionamiento, nos centraremos en la manera en que la energía eólica se adapta a ellas para concretar su integración a la red. En este contexto, hay que matizar la percepción negativa que se tiene acerca de la participación de la energía eólica en la generación del sistema eléctrico por su impredecibilidad, puesto que la propia demanda eléctrica es también de naturaleza aleatoria, sujeta a variaciones impredecibles, disparo de grupos, averías no programadas, etc. Además en lo que al transporte se refiere es frecuente la aparición de disparos de líneas que hacen de la operación del sistema eléctrico un asunto altamente complejo.

Respecto al desarrollo de la propia energía eólica en este campo, hay que destacar los esfuerzos por reducir la impredecibilidad con el empleo de programas cada vez más fiables y con menores errores. Por otra parte, al estar distribuida, a este tipo de energía le afectan menos las faltas de líneas y su amplia implantación geográfica suaviza las variaciones de energía. Ante dificultades como posibles disparos de centrales eólicas, su reducido tamaño minimiza el impacto sobre la generación, aún en el caso de varias centrales acopladas a un mismo nudo.

Pese a estos factores positivos, hay que tener en consideración una serie de problemas de la eólica con relación a la conexión a la red. En lo referente a las dificultades que plantean las turbinas eólicas, cabe destacar que hasta hace poco las unidades eólicas eran tratadas por el gestor de la red como pequeños generadores que había que retirar en cuanto hubiera alguna perturbación en la misma

para no perjudicar su recuperación, pudiendo provocar la inestabilidad del sistema. Los códigos eléctricos de conexión de hace algunos años, entre ellos el vigente código español del año 1985, establecían que ante una tensión del 85 por ciento de su valor, los aerogeneradores tenían que desconectarse. Sin embargo, ante el aumento de la potencia eólica conectada, ello supondría que al producirse una falta, y con ello un hueco de tensión, si ésta era inferior al 85 por ciento de la nominal dispararían un número importante de parques eólicos conectados. Esta situación llevó a las compañías eléctricas a variar completamente su estrategia respecto a la generación, imponiendo que tenían que soportar los huecos de tensión, previamente establecidos, permaneciendo conectados y contribuyendo a la estabilidad de la red, lo cual supuso un enorme cambio de política respecto a las prestaciones de la eólica.

Se puede hablar en los mismos términos de la regulación de tensión, dado que, según los códigos de conexión existentes, actualmente se obliga a todos los generadores eólicos a participar en el control de potencia reactiva, cuyo objeto es mantener la tensión en un nivel estable que asegure una adecuada calidad de potencia. En cuanto a la participación de los parques en la regulación de frecuencia hay que señalar que la estrategia de explotación es la de obtener el máximo de potencia, lo que impide el control de la frecuencia, ocasionando que sólo sacrificando parte de la producción quede margen para la regulación. Por ello se debería evitar el uso de los parques para la regulación de la frecuencia, utilizando para ello las centrales hidráulicas o de gas.

Otro aspecto ampliamente expuesto por los gestores de la red y las compañías eléctricas es la dificultad de predecir y poder tener preparada la energía eólica necesaria un día antes para poder confeccionar los programas de producción. Este hecho se traduce en la imposibilidad de garantizar la potencia y que la explotación del sistema no pueda contar con su disponibilidad previa. Ante esto los promotores preparan junto a las compañías los programas de predictibilidad eólica que permitan indicar la producción que se puede conseguir para horizontes de 24 horas y superiores.

Por último, se buscan soluciones para incrementar la disponibilidad de la energía eólica, en torno al 20 por ciento de media anual sobre la potencia instalada, como las planteadas acerca de la ampliación de los intercambios entre redes nacionales posibilitando que exista un excedente de



energía eólica en otra parte de Europa, aunque para ello se hace necesario disponer de capacidad ociosa.

Da la impresión de que la energía eólica tiene unas características que la hacen altamente incontrolable y que tiene que reducir su crecimiento bajo el riesgo de poner en peligro la seguridad del sistema, pero es posible alcanzar un marco de estabilidad con el esfuerzo de los promotores, la industria eólica y la implantación de las medidas correctoras adecuadas para aprovechar plenamente las ventajas de la eólica sin causar problemas a la explotación de la red.

La mayor participación de la energía eólica en el sistema eléctrico es fruto de la adaptación de los planes nacionales a las directrices establecidas por la Unión Europea para tratar de conseguir que las fuentes de energía renovables tengan un mayor protagonismo en la generación de electricidad. El éxito de la energía eólica ha producido un espectacular incremento del número y potencia de sus instalaciones, con ambiciosas y prometedoras expectativas y ya se piensa en tener 50.000 MW instalados en Europa en 2010. La meta de tener un 12 por ciento de la producción de electricidad procedente de renovables se podría cumplir en España para el horizonte temporal establecido de acuerdo con el plan concretado en el informe de “Planificación de los sectores de la electricidad y el Gas” del Ministerio de Economía.

Este informe estima unos resultados acerca del potencial máximo de generación eólica para nuestro país en el horizonte temporal del año 2011. El estudio se lleva a cabo sometiendo el planteamiento inicial sobre la situación eólica nacional a una serie de perturbaciones como los cortocircuitos, la pérdida de generación síncrona o la variación en la velocidad del viento, teniendo en cuenta los criterios de funcionamiento de las protecciones del sistema. Se consideran además otras hipótesis que tienen influencia sobre el análisis: la distribución geográfica de los parques eólicos, la tecnología o características de los aerogeneradores y el intercambio previo con Francia en lo referente a importación de energía.

Como resultado del estudio, tras considerar las simulaciones y perturbaciones, se han determinado unas cantidades máximas de generación eólica vertida a la red tales que no reduzcan la

seguridad del sistema. Éstas dependen de la situación de demanda y de la temporización de la protección de mínima tensión asociada a los parques eólicos:

- ⇒ Situación de punta: se considera que el límite de generación eólica inyectada en el sistema es de 10.000 MW (siempre que se temporice el disparo de los generadores eólicos por mínima tensión hasta 500 ms.).
- ⇒ Situación de valle: dependiendo de la temporización de los relés de mínima tensión de los generadores eólicos, se considera admisible para una temporización de 500 ms un límite de generación eólica inyectada en el sistema de 3.000 MW, y para una temporización de 1s un límite de 5.000 MW.

La necesidad de salvaguardar la garantía de suministro, y especialmente la de no perder la interconexión eléctrica con Europa, exige la limitación de la producción eólica en las distintas situaciones horarias de operación. La consideración de dichas posibilidades de producción permiten dimensionar de forma preliminar la generación eólica admisible en el sistema eléctrico peninsular español en una potencia instalada máxima del orden de 13.000 MW, además de dotar a los parques eólicos del equipamiento que sea necesario para que su respuesta ante las perturbaciones de tensión en el sistema sea adecuada y no se produzcan desconexiones intempestivas.

Cuadro 3.5		
Aporte de la energía eólica sobre la demanda total de energía para Andalucía y España		
	2003	2010
ANDALUCÍA	237 MW x 2.300 horas = 0,5451 tWh 0,5451 tWh / 30,516 Twh = 1,8%	4.000 MW x 2.300 horas = 9,2 tWh 9,2 tWh / 35,48 tWh = 25,9 %
ESPAÑA	6.235 MW x 2.300 horas = 14,34 tWh 14,34 tWh / 237 tWh = 6,05%	13.000 MW x 2.300 horas = 29,9 tWh 29,9 tWh / 276 tWh = 10,8%

Fuente: IDAE, CNE y *Analistas Económicos de Andalucía*.



Con la potencia instalada que se pretende conseguir y se ajusta a las posibilidades de evacuación, de 13.000 MW para España y 4.000 para Andalucía en el horizonte del año 2010, y considerando un tiempo medio equivalente de funcionamiento de todos los parques de 2.300 horas al año, podemos estimar la contribución de la energía eólica al consumo de energía eléctrica para ese año. Si comparamos esos datos con los disponibles actualmente, observamos la evolución positiva de la eólica en materia de aporte energético bajo la hipótesis de cumplimiento de los mencionados objetivos de potencia instalada, establecidos en los Planes Energéticos nacional y regional.

El 10,8 por ciento a escala nacional, completado con la aportación de otras energías renovables, podría llegar al objetivo marcado por la Unión Europea de que el 12 por ciento de la energía consumida en ese año sea generada por fuentes renovables. Para el caso andaluz, el aporte de energía superaría con creces las previsiones consideradas, ya que si se logra el reto planteado de alcanzar los 4.000 MW de potencia instalada podría cubrirse la cuarta parte del consumo de energía eléctrica de la región. Aunque por el momento esta situación no parece fácil de conseguir, las metas recogidas en el LEAN son más ambiciosas que las marcadas en el ámbito europeo y nacional puesto que el objetivo andaluz es alcanzar que el 15 por ciento de la demanda proceda de fuentes renovables, superando la previsión de España y la UE ya mencionada, lo que permitiría a la región recuperar el liderazgo que ostentaba durante los inicios de la energía eólica en España.

Retomando la importancia de conocer los niveles de evacuación que el sistema puede tolerar, hay que señalar que la predicción no sólo se convierte en un requisito de los parques eólicos conectados a red, tanto si optan por participar en el mercado como si no lo hacen, sino que además contribuye a la mejora de la gestión de los mismos. Si se dispone de la previsión del viento de los próximos días es posible optimizar las tareas de operación y mantenimiento, evitando los costes asociados a las paradas en momentos de mucho viento. Se trata de uno de los elementos clave que minimiza algunas de las barreras técnicas que pueden condicionar el futuro desarrollo de la energía eólica y que será analizado por todos los agentes del sector.

Hasta el momento, REE planifica la generación y el consumo sin contar con la eólica. Toda la energía generada por la fuerza del viento que se produce se consume, pero no hay previsiones de cuánta se va a generar cada día en el futuro. Esta situación queda modificada a raíz de la entrada en

vigor del R.D. 436/2004 que obligará a los parques a anunciar con antelación cuántos kW van a producir (con una desviación máxima del 20 por ciento) para que su electricidad pueda ser ofertada en OMEL (Operador del Mercado Ibérico de Energía) y entre a formar parte de la planificación de REE.

3.4.2. Capacidad de suministro y evacuación en España y Andalucía: problemas de la red de transporte

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el sector eólico es la evacuación de la energía eléctrica producida, agudizado por la falta de una infraestructura eléctrica adecuada que incrementa gravemente los costes de muchas instalaciones. La capacidad necesaria de la red de transporte debe evaluarse a través de criterios de seguridad, regularidad y calidad del suministro, valoración que no debe referirse únicamente a la capacidad actual de dicha red, sino que también contempla la posibilidad de que se refuerce la misma cuando el acceso de terceros así lo requiera.

El análisis sobre la capacidad de la red de transporte que recoge el documento de “Planificación de los Sectores de la Electricidad y el Gas 2002-2011” se centra en estudios de flujo de cargas, de cortocircuitos o de estabilidad, mediante los cuales se determinan las características básicas de la red. Estos análisis consideran escenarios sometidos a diversas condiciones, factores estacionales, hidrológicos, puntas horarias más representativas, planteando tanto la disponibilidad de todos los elementos del sistema como las indisponibilidades por fallo de equipos o mantenimiento, es decir, casos desfavorables pero razonablemente de aplicación. Los resultados de estos estudios hacen concluir que, debido a la variada casuística relacionada con la capacidad de red de transporte para asumir nueva generación y nueva demanda, las conclusiones deben tomarse con carácter general, no excluyendo la necesidad de realizar un análisis particular para cada solicitud de acceso a la red de transporte.

El estudio mencionado, que se recoge en el documento de planificación, se centra en el análisis de seis zonas para determinar los incrementos admisibles en la capacidad de evacuación y suministro previstos para el año 2002-2003, tratando de alcanzar mejoras en el funcionamiento de una red de mayores garantías para cubrir el consumo eléctrico. Se muestran para cada zona los valores medios de esos incrementos en el ámbito de 400 y 220 kW y un valor medio de los escenarios



considerados. Siguiendo esta estructura puede observarse que la Zona Sur, con sus trece nudos para una tensión de 400 kW, no se encuentra entre las mejores en cuanto a niveles adicionales de evacuación y suministro, del mismo modo que sucede con los 45 nudos de 200 kW en cuanto a capacidad adicional de suministro, si bien presenta mejores niveles con relación a otras zonas en cuanto a evacuación.

Cuadro 3.6
Capacidad de evacuación y suministro adicional media (MW)

Tensión	Zona (nº nudos)	Evacuación		Suministro
		Media de los escenarios		Media escenarios
		Sin TD	Con TD	
400 kW	Noroeste (18)	1.002	1.547	1.474
	Norte (21)	1.197	1.646	1.322
	Nordeste(21)	1.038	1.750	1.242
	Centro(15)	1.039	1.963	1.201
	Levante(17)	1.963	2.482	1.423
	Sur(13)	754	1.528	957
	Media 400 kW	1.178	1.816	1.286
200 kW	Noroeste (68)	344	466	426
	Norte (88)	538	686	423
	Nordeste (92)	453	567	333
	Centro (76)	424	642	194
	Levante (31)	645	791	419
	Sur (45)	495	643	169
	Media 200 kW	467	616	330

TD: teledisparo

Fuente: Planificación de los Sectores de la Electricidad y el Gas 2002-2011.

Al considerar la capacidad de evacuación se tiene en cuenta la posible introducción de un sistema conocido como teledisparo de generación, que permite el desacoplamiento instantáneo, parcial o total, de una central como actuación automática asociada a un eventual fallo de red de transporte y en prevención de sobrecargas en otros elementos de la misma.

Del estudio se desprende que, en el ámbito nacional, la capacidad de evacuación de nueva generación se sitúa en el entorno de los 1180 MW para 400 kW y de los 470 MW para 220 kW sin consideración de teledisparo, si bien la inclusión de este sistema permitiría aumentar esta capacidad de evacuación de generación en un 54 por ciento para los nudos de 400 kW y en un 325 para los nudos de 220 kW.

La comparación absoluta entre zonas arroja unos resultados desiguales que muestran que la zona Sur es la que resulta con menor capacidad de evacuación, especialmente en verano con valores medios inferiores a 750 MW en 400 kW y 500 MW en 220 kW, aunque las situaciones extremas de verano descienden a 400 MW en 400 kW. La diferenciación estacional permite concluir que el margen adicional del invierno con respecto al verano, es como promedio del orden del 50 por ciento.

Respecto a la capacidad de suministro suplementaria, se sitúa en el entorno de los 1280 MW para 400 kW y del orden de 330 MW para 220 kW. Estos valores promedio reflejan una capacidad del nivel de los 400 kW aún mayor que en evacuación y los resultados arrojan que las zonas de Levante, Norte y Noroeste son las que admiten un mayor crecimiento, mientras que la zona Sur, dado el elevado déficit energético existente, sería la que presentaría menos posibilidades.

En términos generales, considerando el promedio nacional peninsular, la red de 400 kW presenta una capacidad de evacuación de 2,5 veces la registrada en la red de 220 kW. Este ratio asciende a 3,5 veces para la valoración de la capacidad de suministro.

El desarrollo de las instalaciones eólicas en Andalucía se encuentra condicionado en este sentido por el límite de evacuación eléctrica para la región, que ronda una potencia de 2.500 MW, frente a los más de 6.000 que suman los proyectos propuestos o los 4.000 MW que se prevé instalar. Recientemente la Junta de Andalucía ha solicitado a Red Eléctrica Española (REE) un incremento en la capacidad de evacuación eléctrica de la comunidad que permita acoger a un mayor número de solicitudes para la instalación de parques eólicos y solares en la región. De este modo se puede facilitar la consecución de los objetivos establecidos por el Plan Energético de Andalucía en materia de renovables: conseguir que en el año 2010 el 15 por ciento de la energía total demandada por los andaluces tenga su origen en fuentes renovables, obteniendo en 2006 la cifra significativa de un 10,6



por ciento. Por otro lado también favorece que se pueda dar una mayor atención a los promotores que pretenden instalar parques eólicos en la región andaluza que cuentan con un gran número de solicitudes.

Para completar el estudio de los elementos relevantes que influyen en el funcionamiento de la red se hace una referencia a la red básica modelada, que incorpora a la red actual un conjunto de instalaciones que comprenden: las instalaciones decididas y en curso de ejecución, los desarrollos derivados de estudios precedentes y los derivados de necesidades de apoyo a la red de distribución y acceso a la red de transporte de nuevos consumidores y generadores, previstas por Red Eléctrica y los distintos gestores de distribución. De forma complementaria son evaluadas mediante estudios zonales particulares otras situaciones energéticas más desequilibradas geográficamente, que pueden dar lugar a mayores exigencias para la red y a la necesidad de refuerzos adicionales.

A partir de lo anterior se establece la evolución prevista en cuanto a demanda y generación para Andalucía y España para el período considerado por el documento de planificación:

		Cuadro 3.7 Demanda y Generación de Energía en Andalucía y España 2002-2011							
		2002		2004		2007		2011	
		Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Demanda Neta (MW)	Andalucía	5.084	5.333	5.349	5.585	5.847	6.172	6.440	6.813
	España	36.157	35.030	38.285	36.944	41.409	40.763	44.972	44.819
Potencia Generada (MW)	Andalucía	3.559	3.609	5.128	5.081	5.671	5.929	6.912	7.808
	España	36.337	35.237	38.374	37.098	40.647	40.453	44.356	44.604

Fuente: Planificación de los Sectores de la Electricidad y el Gas 2002-2011.

Debido a la elevada incertidumbre en la generación, se manifiesta un elevado equilibrio energético regional, que se traduce en una progresiva disminución relativa de las pérdidas de transporte a lo largo del horizonte de estudio. Así, la ratio entre las pérdidas y la demanda modelada evoluciona desde valores del 2,6 por ciento al inicio del horizonte hasta un 1,3 por ciento al final del mismo.

El análisis de la red básica hasta el momento proporciona la primera valoración sobre el comportamiento del sistema eléctrico en los escenarios de referencia. Cabe destacar los siguientes resultados:

- La red de transporte de 400 kW tiene un comportamiento generalmente adecuado a lo largo del horizonte de estudio.
- La transformación 400/220 presenta en líneas generales un comportamiento correcto, pese a que se observan problemas en algunas zonas que apuntan a la necesidad de transformación.
En la zona de Andalucía, las sobrecargas aparecen en las unidades de D. Rodrigo, Caparacena, Tajo, Guillena y Guadame debido a la necesidad de evacuación de la nueva generación instalada en la zona oeste de Andalucía, con gran dependencia del perfil de generación.
- La red de 220 kW presenta en distintas zonas puntos débiles en áreas con grandes contingentes de generación y especialmente al suministro en áreas de fuerte concentración de consumos. Estas situaciones se presentan sobre todo en verano y en la segunda mitad del horizonte de estudio, por lo que el planteamiento de su resolución, que se llevará a cabo en estudios regionales, resulta pendiente de la configuración de la evolución energética en los próximos años. En concreto, los problemas detectados en Andalucía se resumen en: Alcores-Don Rodrigo, Algeciras-Casares/P.Real, Algeciras-Pinar, D.Hermanas – Quintos, Guadame-lancha, Tajo-Los Ramos/Polígono, Los Montes-Los Ramos, Alhaurín-Pinar, Costasol-Pinar/Alhaurín, Andújar-Guadame, Atarfe-Caparacena, Cartuja-D. Rodrigo/Paterna, Cádiz-P.Real/Pinar, D. Rodrigo-Dps Hermanas y D.Rodrigo-Quintos.

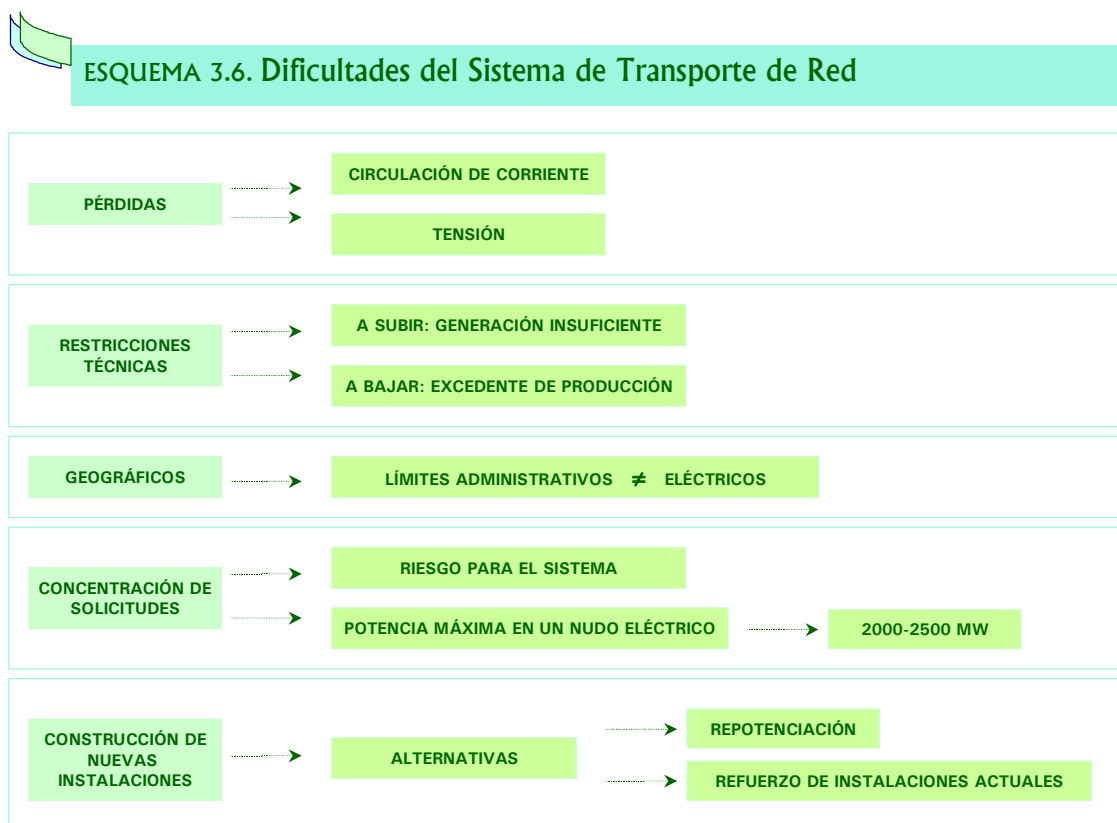


Con objeto de alcanzar cierta estabilidad en la red del sistema eléctrico, de modo que pueda afrontar con mayores garantías su labor de evacuación y suministro, se realizan estudios para evaluar la capacidad del mismo para soportar perturbaciones, sin que éstas provoquen graves repercusiones en su funcionamiento. Suelen analizarse frecuentemente las condiciones de estabilidad transitoria de las redes futuras previstas en los programas de desarrollo, teniendo en cuenta la respuesta del mismo ante dificultades como la pérdida de grupos generadores sin falta previa o los cortocircuitos trifásicos en las líneas de evacuación de grupos de generación importantes o bien en líneas de transporte con carga elevada. Además se evalúan las condiciones de estabilidad oscilatoria de las redes futuras previstas en los planes de desarrollo, pudiéndose limitar los flujos para garantizar una operación segura o bien proponer dispositivos estabilizadores del sistema eléctrico, considerando el sistema integrado europeo.

Al evaluar la capacidad de la red de transporte, en términos de capacidad de suministro y de evacuación, es importante tener presente la existencia de una serie de dificultades o deficiencias del sistema que llevan a tomar medidas tratando de actuar con previsión y rapidez para poder mejorar el funcionamiento del mismo. Algunas tienen relación con limitaciones en el sistema eléctrico dentro del ámbito material como las pérdidas de transporte, la construcción de nuevas instalaciones y las restricciones de carácter técnico. Por otra parte se encuentran aspectos formales como la no identificación de las áreas eléctricas con las administrativas (Comunidades Autónomas) o el gran número de solicitudes que se han de evaluar para tomar las decisiones definitivas de asignación e instalación de parques eólicos.

Como decíamos al considerar las limitaciones físicas, si valoramos el modo en que la eficiencia se ve afectada tanto por la ubicación de la generación como por el diseño general del sistema eléctrico, hay que considerar en primer lugar las pérdidas de energía registradas en la red de transporte desde una perspectiva técnica y económica. Se consideran significativas las pérdidas derivadas de la circulación de corriente por los conductores, pero no se tienen en cuenta las derivadas de la tensión a que están sometidos por ser de un orden de magnitud sensiblemente inferior en los diseños de líneas habituales en el sistema eléctrico peninsular español. La minimización de las pérdidas puede ser un criterio adicional a tener en cuenta en la planificación de la red de transporte que puede implicar la elección de una alternativa de desarrollo entre un conjunto de opciones.

Los factores más significativos que afectan a las pérdidas de transporte en relación con la ubicación de nueva generación son la zona eléctrica, el nivel de tensión y el perfil de generación de referencia. El estudio de planificación considera dos métodos para la estimación de estas pérdidas: el método marginal (a través de un procedimiento diferencial que se basa en el cálculo de coeficientes de sensibilidad de la potencia activa neta inyectada en cada nudo de la red) y el incremental (basado en el cálculo del incremento de pérdidas en la red de transporte al aumentar la generación en ciertos nudos de la red y disminuir la generación en el resto).



Fuente: *Analistas Económicos de Andalucía.*

En segundo lugar, las restricciones que la operación del sistema eléctrico impone a la generación se basan en argumentos de índole técnica (funcionamiento seguro del sistema), y suponen un mayor coste global derivado del mayor precio del mercado. Conviene diferenciar entre las restricciones “a subir”, generalmente por insuficiencia de generación local y en particular por falta de



recursos de generación de potencia reactiva, y las restricciones “a bajar” o congestiones, cuando se produce una incapacidad local o regional de evacuación de excedentes de producción.

Tradicionalmente, las restricciones técnicas han sido mayoritariamente del tipo “a subir”. Estas circunstancias se han concentrado en zonas de carácter sensiblemente deficitario (zona de Madrid, Barcelona, Andalucía, Levante) y en menor medida en zonas con alta dependencia de los recursos hidráulicos locales (sur de Galicia). Por ello, sería preferible que la ubicación de nueva generación se dirigiese a esas zonas, de manera que se asegure un mayor apoyo al perfil de tensión local, lo que en términos de mercado se traduce en fomentar una competencia local o zonal. Esto es especialmente relevante en las zonas de marcado carácter deficitario y margen razonable antes de que aparezcan las restricciones opuestas. Por tales motivos, y con carácter orientativo, las zonas preferentes son: Andalucía, Madrid, Levante (Com.Valenciana y Región de Murcia) y Barcelona.

La importancia de que el total de potencia instalada sea la adecuada reside en evitar que el problema se traslade al extremo opuesto, es decir, que un esfuerzo excesivo en el alivio de las restricciones “a subir” en una zona puede hacer surgir restricciones “a bajar”. La consideración de horizontes temporales más amplios y las elevadas expectativas de instalación de nueva generación requiere el reconocimiento de zonas geográficamente más extensas y el planteamiento de márgenes previsible de intercambio entre ellas. Debido a la previsible expansión de la mayoría de las zonas, las limitaciones se establecen de acuerdo a los máximos excedentes previsible en determinadas zonas o conjuntos de ellas.

En este sentido, el Gobierno andaluz reguló el procedimiento para autorizar la conexión a la red de transporte de nuevas instalaciones de producción de energías renovables mediante la Orden de las Zonas Eléctricas de Evacuación (ZEDE), que estableció la prioridad del acceso a las redes de distribución y suministro eléctrico en el territorio de la comunidad en las ZEDE de Huelva, Huéneja, Tajo, Arcos y Granada ajustándose a las limitaciones que estableció Red Eléctrica Española que impuso para la suma de las cinco una potencia máxima de 2.485,65 MW.

La identificación de estas zonas, su graduación o cuantificación de los márgenes de validez no es sencilla, ya que las eventuales limitaciones previsible resultan variables, tanto con los perfiles

energéticos como con los numerosos escenarios futuros de evolución del parque de generación y de la red de transporte. A la incertidumbre derivada de la nueva generación de régimen ordinario hay que añadir la asociada a la generación eólica, teniendo ambas que compartir las eventuales limitaciones de la red de transporte.

Con objeto de maximizar las posibilidades de funcionamiento del mercado y de evitar en lo posible la aparición de eventuales congestiones de producción se considera la posibilidad de mecanismos automáticos de teledisparo o reducción de carga de grupos de generadores. Es una alternativa de actuación en los procedimientos de operación, permite una operación más flexible por cuanto que evita significativamente que la producción de los grupos esté condicionada previamente a la ocasional ocurrencia de un fallo de red.

Por último, para concluir con las limitaciones que se derivan de cuestiones físicas, hay que destacar que las crecientes dificultades que presenta la construcción de nuevas instalaciones, plantean como alternativa la repotenciación o refuerzo de instalaciones actuales (particularmente líneas eléctricas) con objeto de aumentar sus prestaciones. Estas mejoras se orientan a la transformación de las instalaciones para proveer una tensión de funcionamiento superior o bien a la consecución de una mayor capacidad de transporte.

La repotenciación de una línea requiere las necesarias actuaciones sobre la misma orientadas a la superación de la parte de la instalación que resulte limitativa:

- ⇒ Renovación de la aparatada que resulte limitativa en las posiciones extremas de la línea.
- ⇒ Aumento de la temperatura de diseño (máxima de funcionamiento) de los conductores, lo que a su vez puede requerir el aumento de la altura (“recrecido”) de los apoyos o el “retensado” de los conductores.

Esto afecta sobre todo a líneas de transporte que se encuentran ubicada en zonas de alta concentración de generación de régimen ordinario o especial (presente o futura), alta concentración de demanda y a ejes de conexión entre comunidades.



En comparación con la construcción de nuevas líneas, este tipo de actuaciones representa una menor envergadura (tanto desde el punto de vista económico como de dificultad de ejecución), por lo que complementan el desarrollo de la red de transporte mejorando las prestaciones globales del sistema.

Por otra parte, desde una perspectiva formal, el primer problema de relevancia reside en la no coincidencia de los límites administrativos de las comunidades autónomas con los límites eléctricos de las zonas, supone una dificultad adicional porque genera problemas al definir las capacidades admisibles en escenarios actuales o futuros por zonas administrativas.

Hay que tener en cuenta que entre las distintas zonas eléctricas en el sistema peninsular español hay una fuerte interrelación, sin embargo las solicitudes de acceso por parte de nueva generación son claramente excedentarias desde la perspectiva de las previsiones de los agentes y de las Comunidades Autónomas. Existe la posibilidad de establecer limitaciones regionales de generación en algunas zonas, de carácter puntual y con minimización previsible mediante el desarrollo de la red y la aplicación de mecanismos de operación.

Concretamente la zona Sur, con carácter energético deficitario, presenta posibilidades de expansión del equipo de generación muy elevadas, que podrían llegar a plantear restricciones de evacuación regional en el largo plazo. En lo referente a las condiciones locales, y en relación con las previsiones, destacan las restricciones que la zona de Huelva presenta para la nueva generación como consecuencia del déficit de red de transporte que permanece hasta la realización de nuevos ejes de transporte, y en especial con un nuevo eje de 400 kW. Asimismo, la zona oriental presenta limitaciones estructurales para la conexión de generación eólica en el corto y medio plazo, que requiere un mallado adicional de la red de transporte.

La superación de esa situación deficitaria que sufre la región en la actualidad y su evolución hacia excedentes elevados exige el desarrollo de la red de transporte de 400 kW sur-centro. La valoración de las localizaciones geográficas preferentes de la nueva generación se muestra en la tabla adjunta, donde se evalúan los criterios que debe cumplir una zona apta en la instalación de nueva generación, estableciendo un orden de preferencia:

Cuadro 3.8
Localización geográfica preferente de la nueva generación

Zona	Subzona	Potencia solicitada (MW)	Proridad Resultante
Noroeste	Galicia	1.600	Baja
	Asturias	1.200	Baja
	Castilla y León	1.600	Media
	Cantabria	1.220	Media
Norte	País Vasco	2.750	Media
	Navarra	800	Media
	Rioja	800	Media
Nordeste	Aragón	3.200	Media
	Cataluña	5.200	Alta
	C.Valenciana	4.400	Alta
Levante	Murcia	3.600	Alta
	Extremadura	-	Alta
Centro	Madrid	2.000	Muy Alta
	Castilla-La Mancha	800	Muy Alta
Sur	Andalucía	9.210	Muy Alta

Fuente: Planificación de los sectores de la Electricidad y el Gas 2002-2011.

La Zona Sur, Andalucía, se sitúa como líder en cuanto a potencia solicitada con una considerable diferencia sobre el resto de zonas, situación motivada por su elevado potencial en el sector. La prioridad resultante una vez analizados los criterios coloca a la región como uno de los puntos con mayores perspectivas de desarrollo en el futuro.

Hay que resaltar, por tanto, la necesidad de fomentar los mecanismos de coordinación entre las Comunidades Autónomas que permitan conseguir soluciones de desarrollo de red de la mayor eficiencia, incidiendo en las actuaciones orientadas a la evacuación de generación especial, destacando por su envergadura y previsión de evolución el desarrollo de la energía eólica. En este sentido, tanto la gestión por parte de Red Eléctrica de las solicitudes de acceso a la red de transporte como la participación en los distintos planes regionales, se enmarcan en un contexto de apoyo a la nueva generación y adecuación a los estudios locales y regionales llevados a cabo.



Dado que la utilidad de la red de transporte trasciende a los usuarios de una Comunidad Autónoma, los estudios regionales requieren ser complementados con una coordinación posterior que permita una asignación de posibilidades de evacuación con independencia de la localización administrativa de la subestaciones o infraestructuras de evacuación, sino teniendo en cuenta las posibilidades conjuntas.

El resto se presenta especialmente en dos frentes complementarios:

- ⇒ En el corto plazo, la adopción de soluciones comunes y la adecuada asignación de posibilidades existentes y previstas de evacuación en una zona.
- ⇒ En el medio plazo, la racionalización de los planes regionales en función de las posibilidades del sistema eléctrico peninsular.

En segundo lugar, es necesario plantear la elevada concentración de solicitudes de nueva generación que se desprenden de los estudios de previsiones en el sistema español. La concentración de generación en un nudo eléctrico supone un cierto riesgo para el sistema y, aunque la probabilidad de ocurrencia puede considerarse como reducida, la posibilidad real de dichos incidentes y especialmente la envergadura de las consecuencias aconsejan la limitación de dicha concentración como criterio de desarrollo. Sobre este tema, las limitaciones razonables que deberían establecerse para la producción máxima simultánea en un nudo eléctrico se sitúan en el margen 2000-2.500 MW según el informe de “Planificación de los sectores de la Electricidad y el Gas 2002-2011”, aunque la definición concreta de dicho máximo se encuentra sujeta a la ubicación del nudo eléctrico en cuestión.

Dentro de las zonas sensibles a esta situación cabe destacar en el ámbito andaluz la zona de Huelva, donde las solicitudes formales alcanzan los 2.000 MW en 400 kW, además de peticiones de información para potenciales solicitudes adicionales de más de 1.000 MW; Arcos de la frontera, donde sobre el mismo eje de doble circuito de 400 kW (Pinar-Tajo), y en emplazamientos muy próximos, confluyen solicitudes de 2.400 MW; y Pinar del Rey, en cuyo nudo de 400 kW confluye la solicitud de 800 MW y la generación actual de Los Barrios (más de 500 MW) así como la posibilidad de importación desde Marruecos (la instalación del segundo circuito en cable permitiría del orden de 900 MW). Hay que tener en cuenta la presencia adicional de más de 700 MW conectados actualmente en

Algeciras de 220 kW y 800 MW previstos de manera inminente en Pinar de 220 kW. En algunos de estos emplazamientos existen previsiones para la instalación de nueva generación eólica de una magnitud muy significativa, en particular la zona de Arcos de la Frontera - Pinar del Rey.

En este sentido hay que señalar que las elevadas previsiones de instalación de nuevos grupos de ciclo combinado tanto en la Bahía de Algeciras como en otras zonas de la provincia de Cádiz, así como Málaga, Sevilla y Huelva motivan la propuesta del refuerzo de los ejes de 400 kW en algunas de ellas.

Además se requiere el esfuerzo de la red de 220 kW de la zona sudoccidental con objeto de posibilitar la evacuación de generación eólica. En concreto, las actuaciones previstas, de acuerdo a lo contenido en el documento de “Planificación de los Sectores de la Electricidad y el Gas 2002 – 2011”, son:

Pinar – San Roque 220 kW (1/2), Cartuja – Cádiz – P. Real 220 kW, P. Real – D. Rodrigo 220 kW, Cartuja – P.Real – Casares 220 kW, Pinar – Paterna – Cartuja 220 kW, Paterna – Parralejo 220 kW y Cartuja – P. Sta. María – P. Real 220 kW (1/2).

Las previsiones de nueva generación de ciclo combinado se traducen en nuevas subestaciones de evacuación (Arcos de la Frontera Norte y Sur conectadas a la línea D. Rodrigo – Pinar 400 kW), así como nuevos ejes de 400 kW (Palos – Guillena y arcos - Lucena) y nuevas líneas de 220 kW (Alhaurín – Tajo 220 kW (2º circuito)), Málaga – polígono 220 kW y entrada / salida en Polígono de Ramos – Tajo 220 kW, Quintos – Guadaira 220 kW, Torrearenillas – Rocío – Aljarafe 220 kW, entrada / salida en Colón de Santiponce – Torrearenillas 220 kW).

Por otra parte, las previsiones de nueva generación eólica apuntan a nuevas subestaciones en Huéneja (Caparacena – Litoral 400 kW), Lucena (Guadame – Tajo 400 kW), Campillos (Arcos – Lucena 400 kW), Berja (Orgiva – Benahadux 220 kW) y Huéneja – Baza – Úbeda / Vera 220 kW.



El previsible excedente de generación exige el refuerzo de los corredores actuales de 400 kW (2º circuito Guadame – Valdecaballeros, Litoral – Rocamora y Litoral – Hueneja- Caparacena- Tajo), así como la creación de nuevos ejes de 400 kW (previsible conexión del eje Guillen – Almaraz 220).

Las previsiones de generación eólica en la zona de Tarifa, exigen la creación de la nueva subestación de Puerto de la Cruz, con transformación 400/200 kW, cuya conexión se realiza desde la línea Pinar- Estrecho a 400 kW. Esta subestación puede permitir a su vez que se lleven a cabo los refuerzos previamente presentados asociados a la subestación de Pinar, en la que existen restricciones de viabilidad física. Además existe un programa de desarrollo en 220 kW para incrementar el mallado de Cádiz, ya comentado. Al que hay que añadir una nueva línea P.Cruz – Casares 220 kW y la instalación del segundo circuito Pinar – Estrecho.

Las instalaciones anteriores están asociadas en mayor medida a la evacuación de generación en régimen especial, pero también tienen influencia favorable en la alimentación de mercados. Sin embargo, están previstas algunas actuaciones cuya principal finalidad es dar apoyo al mercado como:

- Nuevas subestaciones conectadas a líneas existentes: Villanueva del rey & Casillas (Santiponce – Lanchas 220 kW), Orgiva (Benahadux - Gabias 220 kW), Aljarafe (Santiponce – Quintos 220 kW) y Olivares (Guadame – Atarfe 220 kW).
- Nuevas líneas Olivares – Úbeda 220 kW, Atarfe – Fargue – Orgiva 220 kW, Fargue – Caparacena 220 kW, Onuba – N. Tharsis 220 kW, Carboneras – Benahadux 220 kW (1/2) y Alcores - Sta. Elvira 220 kW.
- Nuevas conexiones de Casares (conectada a la línea Algeciras – Los Ramos 220 kW) y D. Rodrigo (conectado a la línea Aljarafe – Quintos 220 kW).

3.5. La energía eólica en Andalucía: condiciones para el desarrollo

Andalucía es una región con gran recurso eólico. La gran extensión de su costa, así como sus amplias zonas de montaña, permiten encontrar a lo largo de toda su geografía áreas con unas características climatológicas adecuadas para el aprovechamiento energético del viento. Existen además determinadas comarcas en las que, debido a sus especiales condiciones, el recurso eólico se extiende a grandes superficies, permitiendo la concentración de gran número de instalaciones en ellas. No obstante, la instalación de parques eólicos debe ser ordenada para la optimización del aprovechamiento del recurso, atendiendo a restricciones tales como los trazados de las redes eléctricas, la distribución de los centros de transformación, las capacidades de estas infraestructuras, los usos del suelo y sus limitaciones, y el interés público en general.

Andalucía produce hoy un escaso 3,8 por ciento de la energía eólica generada en España, una situación preocupante teniendo en cuenta que hace una década la región representaba el 73 por ciento del sector. A pesar de que Andalucía fue la región española pionera en la implantación de esta tecnología energética (Tarifa), la potencia eólica instalada a día de hoy alcanza cifras muy bajas, en comparación con las aportadas por el resto de Comunidades Autónomas, sobre todo si se compara a Andalucía con las CCAA de gran tamaño territorial.

La primera de las causas que han originado esta situación tiene que ver con la concesión de autorizaciones administrativas de parques eólicos. Cada Comunidad tiene autonomía en este aspecto, por tanto, aquellas CCAA que sean más ágiles en la concesión tendrán mayor probabilidad de que la implantación real de MW eólicos en su territorio se aproxime más a sus objetivos regionales que aquellas otras que presenten un ritmo de concesión de autorizaciones más lento. Andalucía se ha caracterizado por presentar un ritmo muy lento, sobre la base de una extrema cautela, ante los posibles conflictos que podrían surgir entre los intereses de desarrollo socioeconómico, los de conservación del medio natural y los de ordenación del territorio, entre otros.

La coordinación de la defensa de todos estos intereses es sin duda más compleja en una Comunidad Autónoma de gran extensión y población, como el caso de Andalucía, pero no imposible,



como lo prueba el hecho de que en otras CC.AA. de tamaño similar, aunque menos pobladas, se ha conseguido un elevado consenso entre todas las fuerzas sociales interesadas en la materia, alcanzando un desarrollo eólico más que notable. De ahí, que sea necesaria, por parte de la Administración, realizar un esfuerzo suplementario en aras de reducir la lentitud administrativa; racionalizar e integrar los requisitos que se exigen en las distintas Consejerías, unificando los criterios y coordinando las actuaciones; adecuar los recursos materiales y humanos a la urgencia extrema en la que se encuentra el sector para cumplir los objetivos del PLEAN y; por último, mantener una atención prioritaria en los asuntos de la energía eólica mediante la creación de comisiones mixtas, Administración-Promotores, que permitan resolver los impedimentos u obstáculos que se presenten.

Otro problema presente en Andalucía que está frenando el desarrollo de la energía eólica es la insuficiencia de las redes eléctricas y centros de transformación actuales, diseñados para la evacuación de la energía eléctrica producida en los parques eólicos de las comarcas de mayor recurso. La estimación sobre la capacidad de evacuación eólica en Andalucía realizada por Red Eléctrica Española apunta a un total de 2155 MW en el total de la región en el escenario temporal del año 2007, realizando para ello una serie de fuertes inversiones en el desarrollo de estas infraestructuras. Esta cifra contrasta con las previsiones realizadas desde la Junta de Andalucía (2700 MW en 2006 y 4000 MW en 2010), por lo que se plantean problemas a medio plazo en torno a la coordinación entre la potencia instalada y la capacidad de evacuación de la energía procedente del recurso eólico. Para paliar esta situación, se está trabajando conjuntamente entre APREAN, Junta de Andalucía, REE y Sevillana Endesa, a fin de acometer de inmediato las inversiones necesarias, con el ofrecimiento de los promotores eólicos reunidos en APREAN de anticipar una parte importante de los recursos financieros.

Por último hay que destacar las dificultades que originan las opiniones contrarias al desarrollo eólico que emanan tanto de individuos como de colectivos y están basadas en su impacto medioambiental. El sentido de estas manifestaciones surge de la falta información existente y cambia al conocer un parque eólico, cuando se adquiere el convencimiento de que el uso de la energía eólica es una de las maneras más eficaces de contribuir al desarrollo de nuestra sociedad con un mínimo impacto sobre la conservación del medio natural.

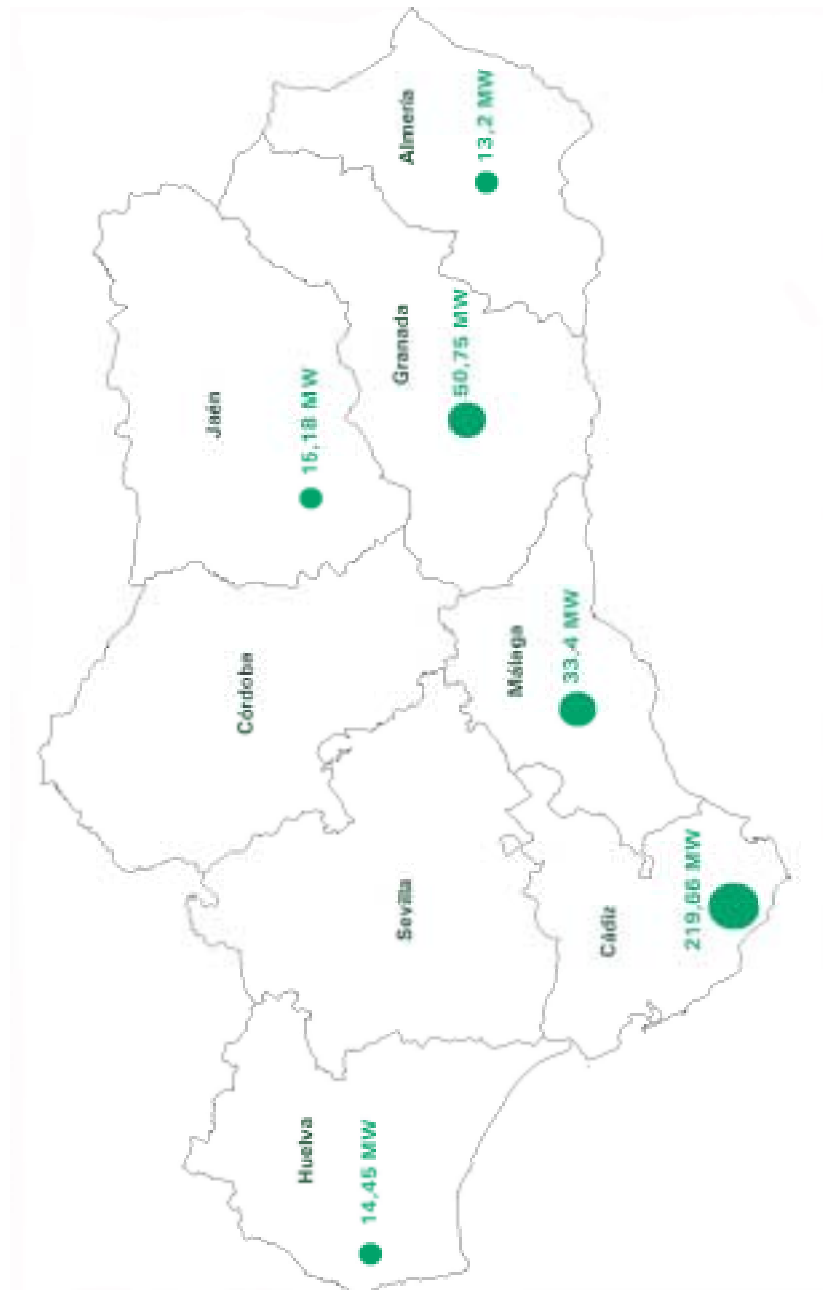
Cuadro 3.8
Cumplimiento del PLEAN en eólica (MW)

	Objetivos PLEAN		Instalados real		Cumplimiento Real/PLEAN%	
	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado	Anual	Acumulado
2000	-	-	-	147	-	-
2001	24	171	7,8	154,8	32,5	90,5
2002	157	328	28,8	183,6	18,3	56,0
2003	705	1.033	50,0	233,7	7,1	22,6
2004	750	1.783	112,6	346,3	15,0	19,4

Fuente: Plan Energético de Andalucía (PLEAN), APREAN y SODEAN.

Dejando atrás el déficit de infraestructuras (líneas de evacuación) y los recelos medioambientales acerca de los parques eólicos de otra época, el momento actual es el adecuado para la reactivación de este sector, puesto que se ve incentivado por el Plan Energético de Andalucía 2003-2006 con una clara apuesta por las fuentes renovables. Dadas las características geográficas y climatológicas de la región para el aprovechamiento energético del viento, este plan propone un objetivo para el sector de 2.700 MW instalados en el año 2006 y de 4.000 MW en 2010, objetivos que en la actualidad se presentan como lejanos, ya que, a final de 2004 hay 346,3 MW instalados, lo que representa un 19 por ciento de las previsiones efectuadas en el PLEAN. En cualquier caso, si se logran los niveles de potencia instalada se traducirían en una producción de energía en el año 2006 en torno a los 6.345 GWh. Aunque se ha señalado en el capítulo precedente, conviene recordar que la segunda fase del proyecto energético elaborado para Andalucía, que abarca el período 2003-2006, fue aprobada por el Consejo de Gobierno andaluz en abril de 2003, y recoge unas inversiones totales de 6.012,68 millones de euros (5.670,51 de carácter privado y 342,17 de ayudas públicas) con el objetivo de aumentar la aportación de las energías renovables al consumo energético desde el 5,7 hasta el 15 por ciento y alcanzar un ahorro del 7,5 por ciento sobre el consumo de energía primaria.

MAPA 3.2. MAPA EÓLICO ANDALUCÍA 2004 (Potencia instalada Diciembre 2004)



Fuente: APREAN.

Potencia total Andalucía: 346,64 MW



Cuadro 3.9			
Parque Eólico en Andalucía – diciembre 2004			
	Nº Parques Eólicos Andaluces	Nº Aerogeneradores instalados	Total MW
CADIZ	15	596	219,66
Tarifa	14	570	211,86
Barbate	1	26	7,8
MALAGA	1	46	33,4
Casares	1	46	33,4
ALMERIA	1	40	13,2
Enix	1	40	13,2
GRANADA	3	52	50,75
Loja	2	42	35,75
Lanjarón	1	10	15
JAÉN	1	23	15,18
Noalejo, Campillo de A, Valdepeñas	1	23	15,18
HUELVA	1	17	14,45
El Granado	1	17	14,45
TOTAL	22	774	346,64

Fuente: APREAN.

Entre las principales motivaciones que han llevado a establecer una política concreta para fomentar el uso de las renovables en la región, dando una clara importancia a la energía eólica en particular, se encuentra el alto grado de dependencia energética que sufre Andalucía. Al ser mayor la demanda que la oferta, debe importarse el 30 por ciento de la electricidad que se consume, razón por la que el Plan Energético de Andalucía pretende subsanar esta situación y ha fijado en 2010 la tasa de autogeneración eléctrica andaluza en el 118 por ciento, de modo que la Comunidad tenga capacidad exportadora. Para conseguir la meta de la autosuficiencia eléctrica, Andalucía debe explotar sus recursos, y en este sentido uno de los ejes básicos del PLEAN es la diversificación de fuentes (reducir la dependencia del petróleo incorporando energías renovables para garantizar el suministro), objetivo que se encuentra en concordancia con los dictados del Libro Blanco de la UE de aumentar la energía producida por fuentes renovables, de modo que representen el 15 por ciento de la energía primaria consumida en la región.

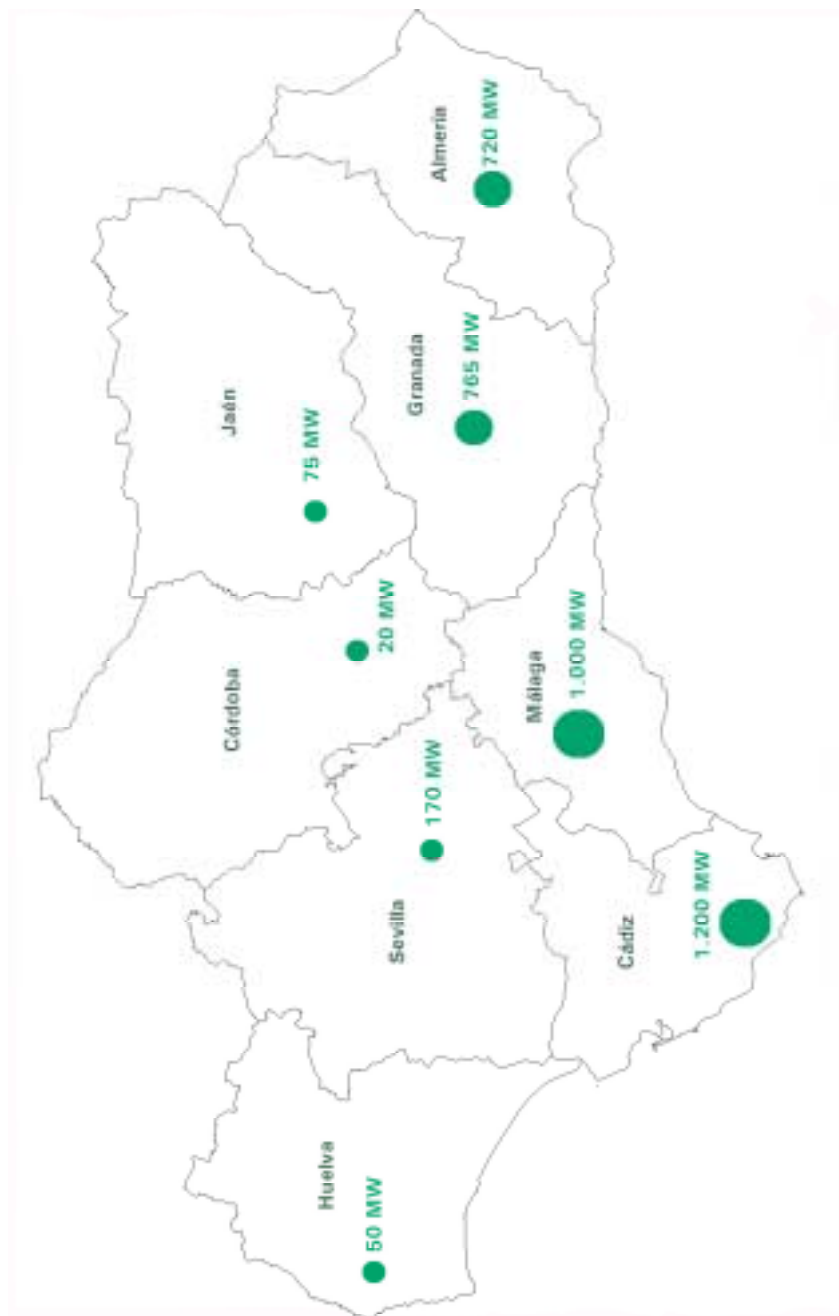


Estos objetivos de desarrollo parecen desmesurados ante la actual situación de la región andaluza, donde cada vez con más frecuencia se sufren cortes en el suministro eléctrico, si recordamos los casos acontecidos recientemente en Sevilla, Cádiz y Málaga. Es indudable que la contribución de energía producida a partir de renovables a la electricidad generada ayudaría a paliar esta situación, pero los datos que se desprenden del sector sobre el año 2003 no permiten ser muy optimistas puesto que la energía eólica, que debe convertirse en el pilar del aporte energético procedente de las fuentes renovables, sólo suministró el 1,9 por ciento de toda la energía generada en Andalucía, cuando el promedio nacional se situó en el 4,9 por ciento.

Por otra parte la importancia que cobra la energía eólica en Andalucía se acrecienta si consideramos el compromiso en el cumplimiento de los acuerdos del Protocolo de Kyoto por parte de España, que convierte a Andalucía, por su carácter de región más poblada y una de las más extensas, en protagonista para la consecución de los objetivos contraídos ante el gran potencial disponible en materia de energías renovables.

En definitiva, estas motivaciones convierten los objetivos establecidos en una necesidad que ayude al funcionamiento del sistema eléctrico regional, reduzca la dependencia energética y contribuya a evitar las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Al conjunto de medidas promovidas para alcanzar esa situación de futuro para la comunidad andaluza antes señalada, con relación a la eólica se han sumado cerca de 400 proyectos que supondrían la instalación de más de 6.000 MW. El desarrollo y aprovechamiento de esas iniciativas se ve limitado por las carencias existentes en la capacidad de evacuar la electricidad generada a la red de transporte con garantías de calidad y seguridad en el servicio, ya que la instalación de estos parques eólicos casi triplicaría la capacidad de evacuación disponible.

MAPA 3.3. MAPA EÓLICO ANDALUCÍA 2010 (Potencia instalada prevista)



Fuente: PLEAN, 2003-2006.

Potencia total Andalucía: 4.000 MW



El límite de evacuación eléctrica para Andalucía ronda una potencia de 2.500 MW y recientemente la Junta de Andalucía ha solicitado a Red Eléctrica Española (REE) un incremento en la capacidad de evacuación eléctrica de la comunidad que permita acoger a un mayor número de solicitudes para la instalación de parques eólicos y solares en la región, contribuyendo a la consecución de que el 15 por ciento de la energía total demandada por los andaluces tenga su origen en fuentes renovables y proporcionando una mayor atención a los promotores que pretenden instalar parques eólicos en la región andaluza. Con las solicitudes consideradas por la Junta de Andalucía, el PLEAN prevé la siguiente estructura de potencia eólica instalada en el año 2010, basada en la tecnología de aerogeneradores actualmente disponible y en los prototipos en desarrollo, que presentan gamas de potencia unitaria entre 600 kW y 3.000 kW:

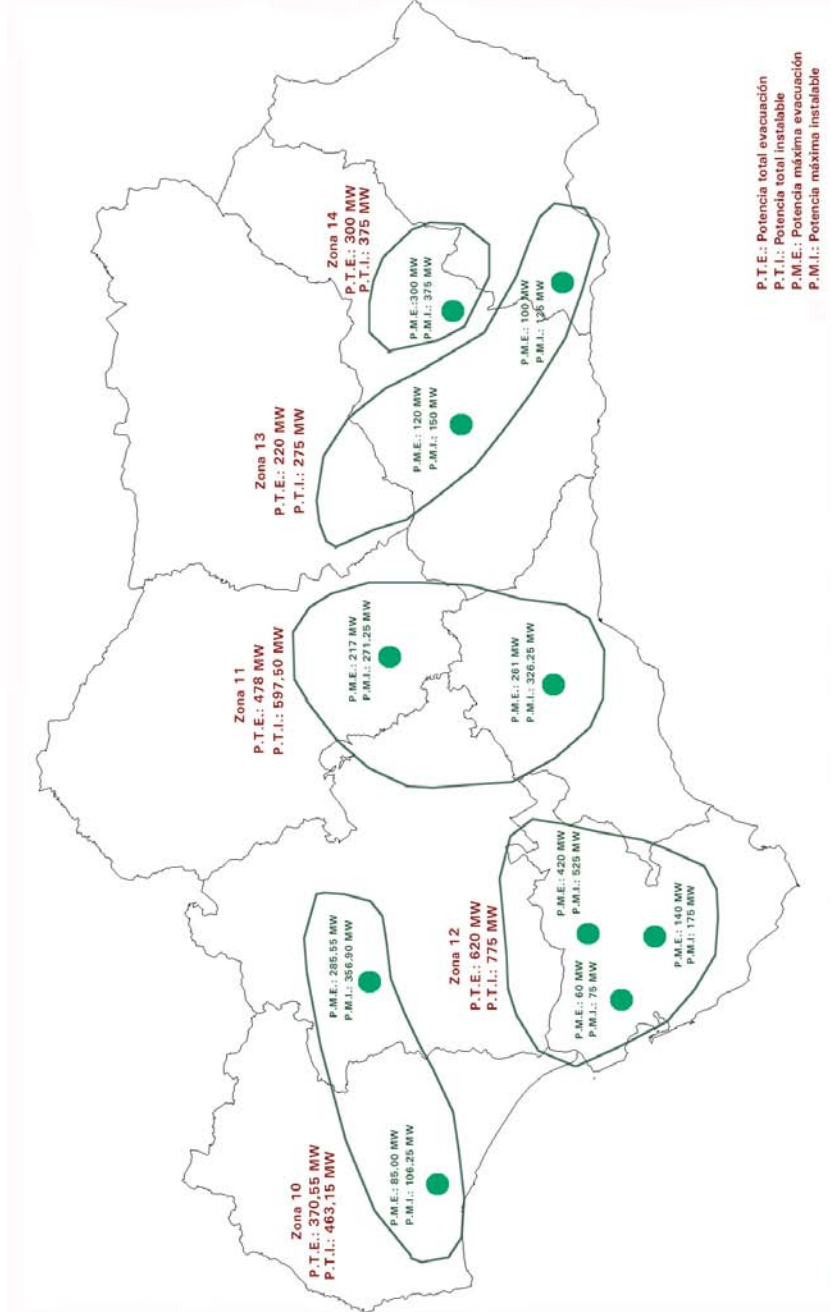
Cuadro 3.10
Potencia estimada en Andalucía. Año 2010

Provincia y Zonas	Potencia Estimada (MW)
Almería	720
Campo de Níjar	40
Filabres – Nacimiento	400
Las Estancias – Norte	250
Otros	30
Cádiz	1.200
Tarifa	575
Janda	450
Otros	175
Córdoba	20
Sierra Sur	20
Granada	765
Loja – Alhama	80
Guadix	325
Baza – Huescar	200
Motril – Guajares – Contraviesa	60
Resto	100
Huelva	50
El Granado	50
Jaén	75
Guadiana Menor – Sierra del Trigo	75
Málaga	1.000
Antequera – Guadalteba	700
Gaucín – Casares	75
Otros	225
Sevilla	170
Comarca Osuna – Sierra Sur	100
Otros	70
Total	4.000

Fuente: Plan Energético de Andalucía 2003 – 2006.



MAPA 3.4. ZONAS DE EVACUACIÓN DE ANDALUCÍA



Fuente: BOJA nº 116, 16 de Junio de 2003, APREAN.



La Junta de Andalucía ha puesto en marcha el procedimiento administrativo para la tramitación de los proyectos de parques eólicos de la Comunidad Autónoma mediante un proceso que requiere la concesión de permisos por parte de la Dirección General de Industria, Energía y Minas para los accesos de las instalaciones a la red. En este proceso se da la circunstancia de que aunque el Ministerio de Medio Ambiente tenga ya configurado el mapa eólico de varias provincias andaluzas y aprobados los estudios de impacto ambiental de algunos proyectos, puede ralentizarse el desarrollo de la energía eólica en Andalucía y la consecución de los objetivos fijados por el Plan de Fomento de las Energías Renovables debido a la delimitación de unas áreas denominadas Zonas Eléctricas de Evacuación (ZEDE) como resultado del sistema de priorización llevado a cabo por parte de la Consejería de Desarrollo Tecnológico. Las cinco zonas de evacuación permiten la instalación de 2.485,65 MW, aunque la capacidad máxima de evacuación a red queda limitada a 1988,55 MW (ver cuadro). Por tanto, dada la disponibilidad de infraestructuras de evacuación actual no parece posible que la Junta de Andalucía pueda alcanzar los objetivos previstos en el Plan Energético.

Cuadro 3.11
Potencia máxima de Evacuación en las Zonas Eléctricas de Evacuación en Andalucía

Zona Eléctrica de Evacuación	Potencia Max. Evacuación (MW)	Potencia Max. Instalable (MW)
Huelva	370,55	463,15
Huéneja	300	375
Granada	220	275
Arcos de la Frontera	620	775
Tajo de la Encantada – Campillos	478	597,50
Total	1.988,55	2.485,65

Fuente: Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, nº 116 de junio de 2003.

Con relación a la limitación que supone ajustar las instalaciones a la conexión a la red eléctrica, el PLEAN ha proyectado una serie de medidas encaminadas a solucionar los problemas relacionados con la infraestructura, centrandose su atención en cuatro zonas por su elevada concentración de instalaciones y teniendo en cuenta las previsiones de potencia instalada por provincias señaladas anteriormente.

La primera, la zona de Tarifa, ya ha encontrado una solución de evacuación, a través de una nueva línea de 400 kV que utilizará los apoyos de la línea Pinar del Rey – Estrecho, punto desde el que se podrían evacuar hasta 750 MW.

En la comarca de La Janda existe un proyecto en ejecución de una línea de 220 kV, conectada a la línea Pinar del Rey – Cartuja, aunque esta línea, con capacidad para un máximo de 250 MW, será insuficiente para la evacuación del conjunto de la potencia prevista en la zona. Una alternativa a esta línea sería la evacuación a 400 kV en la subestación prevista al sur de Arcos de la Frontera.

Para la zona de Antequera – Guadalteba existen dos soluciones de evacuación, que en función de la potencia final instalada se podrán utilizar como alternativas o de forma simultánea. Estas soluciones son la subestación de 400 kV de El Tajo de la Encantada (máximo de 375 MW), y una nueva línea prevista de 400 kV Arcos de la Frontera – Lucena, que podrá atender, además, a las promociones propuestas en la zona de Osuna (sur de Sevilla), con una capacidad máxima en torno a los 500 MW, compartida con la potencia eólica que se conectase en Arcos.

Por último, la zona de Huéneja – Guadix, plantea como única solución de evacuación la línea de 400 kV Caparacena – Litoral, que admitirá un máximo de 375 MW, lo que supone un límite para las instalaciones en la zona de las Hoyas de Baza y Guadix y de las áreas colindantes de Almería.

Para concluir, al hilo de lo ya comentado en el epígrafe anterior sobre la conexión a red, se recogen las actuaciones incluidas en la Propuesta de Desarrollo de la región para mejorar la capacidad de evacuación y suministro y dar un impulso más que necesario a la explotación eólica:

En 400 kV, se centra en el apoyo a la evacuación de nueva generación de régimen ordinario y especial mediante:

- Instalación de los segundos circuitos en las líneas Litoral – Rocamora y Pinar – Estrecho.
- Conversión a doble circuito de Lucena – Guadame (tramo norte de tajo – Guadame)
- Nuevos eje: Palos /Torrearenillas – Guillena y ArcosSur – Lucena



- Nuevas subestaciones conectadas a líneas existentes: Arcos Norte & Arcos Sur (Pinar – Cartuja), Lucena (Guadame – Tajo), Huéneja (Caparacena – Litoral), Puerto de la Cruz (Pinar Estrecho). Asimismo, nueva subestación Huelva (Palos/Torrearenillas).
- Instalación del segundo circuito en Valdecaballeros – Guadame 400 kV
- Transformación a 400 kV de la línea Almaraz – Mérida – Guillena 220kV
- Transformación a doble circuito de Litoral - Huéneja – Caparacena 400 kV
- Nueva subestación de Baza con 400 kV conectada mediante un nuevo eje a Hueneja 400 kV
- Conexión de Baza con Úbeda y Vera mediante sendos ejes en 220 kV
- Refuerzo de la interconexión con Marruecos con la construcción de un segundo cable submarino entre las subestaciones de Estrecho y Fardioua.

En 220 kV:

- Apoyo a zonas de mercado de andalucía por medio de:
 - Nuevas subestaciones conectadas a líneas existentes: Villanueva del rey & Casillas (Santiponce – Lanchas) y Olivares (Guadame – Atarfe).
 - Nuevas líneas: Olivares – Úbeda, atarfe – Fargue – Orgiva, Carboneras – Benahadux, Fargue – Caparacena y nueva conexión de Casares conectada a la línea Algeciras – Los Ramos mediante una entrada/salida.
- Refuerzo del suministro y evacuación de Huelva con el nuevo eje Torrearenillas – Rocio – Aljarafe y la entrada /salida en Colón de Santiponce – Torrearenillas.
- Apoyo a la evacuación de nueva generación eólica y apoyo a la distribución mediante:
 - Nuevos ejes: Cartuja – P. Real – Casares, Cartuja – P.Sta. María – P. Real, Pinar – Paterna – Cartuja y Paterna – Parralejo.
 - Nueva subestación de Berja conectada a la línea Orgiva – Bennahadux.

Cuadro 3.12
Estimación económica de las actuaciones previstas en la red de transporte eléctrico
 (Coste total en €)

	Coste Líneas (Millones €)					Coste Subestaciones (Millones €)					Coste Total Millones €
	Tipo A	Tipo B1	Tipo B2	Tipo C	Tipo Ponderado	Tipo A	Tipo B1	Tipo B2	Tipo C	Tipo Ponderado	
Andalucía	91,39	164,66	75,68	50,11	178,15	97,22	128,21	52,52	18,66	157,636	335,78
España	945,06	818,01	286,92	638,3	1.251,13	1.159,73	904,83	297,61	197,97	1.469,48	2.720,61

Actuaciones tipo A: aprobadas sin ningún tipo de condicionante
Actuaciones tipo B1: condicionadas al cumplimiento de un solo hito para su aprobación definitiva
Actuaciones tipo B2: condicionadas al cumplimiento de dos o más hitos
Actuaciones tipo C: no se ha justificado la demanda que deben atender
 Fuente: Planificación de los sectores de la Electricidad y el Gas 2002-2011.

Las perspectivas de desarrollo eólico para la región andaluza vienen respaldadas por el alto dinamismo, especialmente en los aspectos tecnológicos, que el sector ha mostrado en los últimos años y por el trabajo desarrollado durante el período de vigencia del anterior PLEAN (1995-2000). Los avances en los sistemas, las mejoras en eficiencia y las reducciones en los costes por aplicación de nuevos materiales podrían variar las previsiones realizadas, así como el desarrollo cada vez más firme de proyectos offshore, ya comentados en un apartado anterior, si bien en este caso habría que prever un aumento de la evacuación de la energía generada a través de subestaciones terrestres en Andalucía.

3.6. Conclusiones

El sector de la energía eólica en España ha seguido una evolución muy positiva a lo largo de los últimos años y sigue manteniendo un paso firme hacia la consecución de los diversos objetivos que se han planteado en el cumplimiento de los compromisos adquiridos en el campo medioambiental.

Por un lado hay que destacar que dentro del clima reinante de fomento de la utilización de las energías renovables, la energía eólica se erige como principal protagonista y asume un peso cada vez mayor en el cumplimiento de las expectativas que todo el sector debe desarrollar. En este sentido, el impulso que para las renovables ha supuesto la puesta en marcha de diversos planes energéticos a escala europea, nacional y regional, ha tenido una mayor incidencia en la industria eólica fruto del enorme potencial del que España dispone. Los inicios inciertos en el desarrollo de la actividad eólica,



hace ya unos veinte años, han dado paso a un sector cada vez más consolidado y de relevancia no ya sólo en materia medioambiental, sino también desde una perspectiva económica, por un lado reduciendo el grado de dependencia en el abastecimiento de fuentes de energía y por otro contribuyendo en la generación de energía eléctrica a un nivel mayor.

Es innegable que el compromiso con el medioambiente adoptado en el Protocolo de Kyoto sentó una base importante para que países y regiones desarrollaran planes energéticos encaminados a la reducción de gases contaminantes y a una mayor utilización de las fuentes renovables, entre ellas la eólica. La contribución de la UE se concretó en el Libro Blanco y el Libro Verde que establecen las pautas a seguir por los países miembros y tienen como eje principal el objetivo de que el 12 por ciento de la energía consumida en el año 2010 proceda de fuentes renovables. A nivel nacional, el Plan de Fomento de las Energías Renovables concreta las actuaciones a desarrollar para alcanzar ese objetivo en España y se ve apoyado por los planes regionales, como el PLEAN 2003-2006 en el caso de Andalucía. La implantación del Plan Nacional para el período 2000-2010 ha posibilitado que la energía eólica esté creciendo por encima de las demás fuentes de energía, adaptándose a los objetivos previstos y, aunque el comportamiento de las renovables no ha sido todo lo positivo que cabía esperar, la eólica en particular ha superado ampliamente las expectativas en materia de instalación, número de parques y aerogeneradores. La previsión de potencia instalada para el año 2006 era de 5.550 MW y a finales de 2004 la cifra ya se situaba en 7.885,64 MW, lo que refuerza la opinión de que se superará con seguridad la previsión para el año 2011 que se establece en 13.000 MW. Tanto es así, que hay un firme proyecto de revisión de estas cifras para ese horizonte temporal de manera casi inmediata, para introducir objetivos más ambiciosos elevando las pretensiones de potencia instalada hasta los 20.000 MW.

En lo referente al entorno cercano, España es el segundo país con mayor potencia instalada en la UE, únicamente superada por Alemania y se ha colocado a la vanguardia internacional tanto en tecnología como en potencia instalada. Este crecimiento de la energía eólica está soportado en un elevado volumen de inversiones que, en el contexto del nuevo marco que regula las energías de régimen especial, hacen que las nuevas tecnologías asociadas a esta fuente de energía estén en continuo proceso de desarrollo e innovación. En torno a esto se están llevando a cabo adelantos en aspectos como la mejora de los diseños para reducir el mantenimiento, la búsqueda de la potencia

unitaria óptima, los equipos para instalaciones offshore o la predicción meteorológica. Por otro lado, la adecuada política tarifaria contribuye a la consideración de que serán herramientas útiles para mejorar la competitividad de la energía eólica frente a las fuentes de energía tradicionales.

Más allá del aspecto energético, la búsqueda de rentabilidad por parte de empresas y promotores de parques eólicos ha encontrado en este campo una buena oportunidad de negocio. Actualmente, la entrada en vigor de una legislación acorde a las necesidades de un sector cambiante, se ha constituido en la base para que los agentes puedan desarrollar su actividad con mayores garantías. Es necesario ser prudente en este aspecto y no puede generalizarse la idea de alcanzar la máxima rentabilidad en cualquier explotación eólica, puesto que, como ha quedado claro, los proyectos de nueva instalación deben adaptarse a nuevos emplazamientos y circunstancias de diversa índole que condicionan su éxito, pudiendo presentar niveles menores de beneficio. Pese a ello, es cierto que la nueva situación que ofrece el R.D. 436/2004, reduce la incertidumbre en la rentabilidad de las explotaciones eólicas e impulsa que nuevos agentes se interesen por esta actividad.

Por otra parte, hemos analizado como el progreso tecnológico ha contribuido de forma decisiva en el proceso que la energía eólica está viviendo. Los altos niveles de inversión en I+D+i por parte de las empresas han generado resultados importantes hasta el punto de colocar a las empresas españolas a la vanguardia del sector, compitiendo con fabricantes de primer nivel internacional. Estas mejoras tecnológicas han contribuido al incremento en el rendimiento de los parques, lo que unido a la reducción del coste de las máquinas ocasionado por el desarrollo de economías de escala, ha posibilitado un incremento en las cotas de rentabilidad de la industria eólica.

Además, la energía eólica tiene un peso importante en la economía española, ya que contribuye de manera considerable al crecimiento económico español al tratarse de una industria líder mundial, con un gran potencial exportador, generadora de empleo, y que contribuye intensamente a la inversión en I+D en España y a la formación de capital productivo.

Pese a este momento de bonanza, un límite importante se encuentra, en la conexión de la generación eólica a la red del sistema eléctrico. En este sentido, se trabaja desde diversos frentes para tratar de mejorar el transporte de la energía, condicionado por la capacidad del sistema para resolver



los problemas que se puedan plantear y que generalmente están asociados a la estabilidad del mismo. El trabajo conjunto de la Administración, Red Eléctrica Española y los responsables de las instalaciones tiene como reto alcanzar esa estabilidad de forma que se pueda conseguir no sólo incrementar la potencia de evacuación sino también favorecer la internacionalización de las empresas nacionales. La solución reside en la capacidad de los agentes para actuar en los momentos críticos y lograr que las características de las máquinas contribuyan a prestar apoyo al sistema, sobre todo en los períodos críticos de baja demanda. Siguiendo esta línea se trabaja en sistemas de alimentación que permitan que el sistema siga operando durante los huecos de tensión. Esta situación confirma el mayor protagonismo de la red de transporte, que se consolida ante la importancia de obtener generación eléctrica a partir de nuevas fuentes de energía para favorecer una mayor flexibilidad del suministro en nuestro país, diversificando los recursos utilizados y reduciendo el déficit energético.

Hay que destacar de acuerdo con lo anterior, que el problema de los límites en la capacidad de evacuación y suministro exigen la necesidad de trabajar en la mejora de la coordinación entre las comunidades autónomas. Como se ha destacado con anterioridad la no coincidencia de los límites geográficos y los administrativos establecen zonas de evacuación comunes y crean vínculos respecto a la red eléctrica, por lo que será necesario superar esas dificultades de forma conjunta. La consecuencia fundamental es que esos límites ponen freno al desarrollo del gran número de iniciativas planteadas en el sector, un problema que afecta de manera especial a Andalucía ubicada en la zona Sur, con cinco nudos de evacuación y una potencia cercana a los 2.500 MW pero insuficiente para las metas de desarrollo y para aprovechar su potencial.

Esta situación se agudizará especialmente en Andalucía con la próxima instalación de parques eólicos en el mar, una industria emergente, que pese a dificultades relacionadas con su ubicación, hasta el momento tiene como limitación principal la relacionada con la evacuación de la energía generada. En este contexto, la Junta de Andalucía está realizando esfuerzos para conseguir una mayor concesión en la capacidad de evacuación por parte de Red Eléctrica Española, un aspecto fundamental para impulsar de forma definitiva el papel de las renovables en Andalucía para que la región se incorpore de un modo definitivo a las primeras posiciones en el ámbito nacional.

Los últimos datos procedentes de la Plataforma empresarial Eólica confirman el camino seguido por el sector eólico y auguran la consolidación de los objetivos marcados. Según esto, la producción eólica habrá abastecido al 6,5 por ciento de la demanda eléctrica española durante 2004 y la relevancia económica de este sector se cuantifica en la concesión de empleo directo a 25.000 personas y un incremento de 34.000 más hasta el horizonte del Plan Nacional, marcado en el año 2011. Dada la capacidad productiva y el ritmo inversor existente, el sector puede asumir la instalación de 2.500 MW anuales y hacer frente al potencial eólico terrestre de España con la tecnología actual, cifrado en 30.000 MW. De este modo, las expectativas que ofrece la energía eólica y los resultados esperanzadores que se están obteniendo desde el punto de vista empresarial, ahora sí apoyados por una regulación favorable, aseguran un buen futuro para el sector en España, donde cada vez más regiones se inician en su desarrollo gracias al desarrollo tecnológico y la capacidad inversora.

Desde el punto de vista de Andalucía, el marco establecido por el actual PLEAN, 2003-2006 junto al camino marcado por el anterior PLEAN 1995-2000, ha sentado las bases para reimpulsar la industria eólica en la región, y aunque no se han cumplido los ambiciosos objetivos hasta el momento, el plan propone un objetivo para el sector de 2.700 MW instalados en el año 2006 y de 4.000 MW en 2010, objetivos que en la actualidad se presentan como lejanos, ya que, a final de 2004 hay 346,3 MW instalados, lo que representa un 19 por ciento de las previsiones efectuadas en el PLEAN, el sector está dotado de una base adecuada para alcanzarlos, tanto por el potencial existente en la región como por la contribución del sector privado.

Como ya se ha destacado la superación de los límites de evacuación y los retrasos administrativos se sitúan como la principal dificultad para el desarrollo. De ahí, que sea necesaria, por parte de la Administración para resolver las trabas e impedimentos que atenazan el desarrollo de la energía eólica en Andalucía. El avance en este sentido, el impulso de la actividad inversora apoyado en la regulación actual y la localización de nuevas zonas de recurso eólico (mediante la tecnología offshore) son el fundamento para alcanzar los objetivos de Andalucía en el campo de las fuentes renovables, donde, como sucede en el plano nacional, la energía eólica debe jugar su papel de liderazgo.