

## 3. - LA ENERGÍA EÓLICA. VENTAJAS E INCONVENIENTES

### 1. LA ENERGÍA EÓLICA. APLICACIONES. PARQUES EÓLICOS

El calentamiento desigual de la tierra produce zonas de altas y bajas presiones. Como consecuencia de este desequilibrio, se originan desplazamientos del aire que rodea a la tierra, dando origen al viento.

La energía eólica es la energía cinética contenida en el viento. Tradicionalmente se ha utilizado para la navegación, la molturación y el bombeo de agua. Actualmente se utiliza fundamentalmente para su transformación en energía eléctrica por medio de aerogeneradores. Dentro de las aplicaciones de la energía eólica pueden distinguirse varios tipos:

- a) Parques eólicos para producción eléctrica con el objetivo de verter energía a la red de distribución. En general se trata de instalaciones de varios Megavatios (MW) que utilizan máquinas de distinto tamaño siguiendo la tendencia tecnológica de incrementar la potencia unitaria de las máquinas empleadas.
- b) Instalaciones eólicas concebidas como proyecto de apoyo al suministro energético para todo tipo de centros de consumo. Estas instalaciones, conectadas al propio sistema de distribución energética del consumidor, incorporan aerogeneradores que suministran potencia habitualmente en forma eléctrica. La dimensión energética de estos proyectos suele depender de la potencia consumidora a la que se da servicio.
- c) Instalaciones cuyo objetivo es el suministro de energía a equipos de desalación o bombas de elevación de agua en pozos. En ambos casos, la energía eólica puede ser el único suministro de energía o bien, actuar como sistema de apoyo, cuando el equipo consumidor deba actuar permanentemente.
- d) Finalmente y como instalaciones no conectadas a la red y de pequeño tamaño se contemplan los minigeneradores, cuyo servicio es la electrificación de viviendas aisladas, u otros consumos, bien por sí mismos o acompañados de otros sistemas: fotovoltaicos o diesel.

De entre todas las aplicaciones existentes de la energía eólica, la más extendida, de mayor crecimiento, y a la que se refiere este Plan Territorial Sectorial es la de los parques eólicos para producción eléctrica.

Un parque eólico conectado a la red se configura mediante la instalación integrada de un conjunto de aerogeneradores, interconectados eléctricamente mediante redes propias y compartiendo una misma infraestructura de acceso y control. La conexión a la red eléctrica de distribución se realiza mediante la correspondiente transformación de tensión dependiendo de la capacidad técnica de las redes existentes y de la propia instalación.

Los elementos principales que componen un parque eólico son los siguientes: los aerogeneradores, las canalizaciones eléctricas dentro del parque, la subestación eléctrica, la línea eléctrica para su conexión a la red así como los accesos y caminos interiores del Parque. Además se necesita efectuar la obra civil necesaria de cimentación sobre la que se instalan los aerogeneradores.

- **Los aerogeneradores**

Son los elementos clave de la instalación. A lo largo del tiempo han ido apareciendo diferentes sistemas para el aprovechamiento de la energía contenida en el viento. En general han sido máquinas rotativas de muy diverso tamaño en las que el elemento de captación (rotor) está unido a un eje.

La clasificación básica de estas máquinas ha sido por la posición de su eje: vertical u horizontal.

El aerogenerador de eje horizontal es el sistema de captación eólica más desarrollado, utilizándose desde tamaños del orden de vatios a grandes aerogeneradores por encima del MW de potencia.

En general estos aerogeneradores constan de un rotor que capta la energía del viento y un sistema de conversión de energía, que mediante un multiplicador y un generador transforma la energía mecánica en eléctrica. El conjunto se completa con un bastidor y una carcasa, que alberga los mecanismos, así como una torre sobre la que va montado todo el sistema y los correspondientes subsistemas hidráulicos, eléctricos de control e infraestructura eléctrica.

La altura de los aerogeneradores variará con la orografía del lugar, y aunque suele ser de unos 40-50 metros pueden ser incluso más altos.

Además constan de un conjunto de palas, normalmente tres (de unos 20-25 metros de longitud), que van unidas al rotor.

En las máquinas más habituales, el arranque de los aerogeneradores suele producirse cuando el viento supera los 4 m/s (14,4 km/h). A partir de ese instante, la potencia asciende hasta que alcanza un valor nominal que suele ser a 16 m/s (57,6 km/h). A partir de ahí la potencia se mantiene constante hasta 25 m/s (90 km/h) velocidad a partir de la cual se para la instalación por medidas de seguridad. El funcionamiento de la instalación es totalmente automático. La tensión de generación en el generador suele ser de 690 voltios (V) y cada aerogenerador lleva interiormente un transformador de 690 V/20 kV.

- **Canalizaciones eléctricas**

Los aerogeneradores suelen ir conectados entre sí a través de una línea de media tensión (20 kV). La conducción es subterránea dentro del parque.

- **Subestación eléctrica**

Lugar donde se eleva la tensión de la energía procedente de los aerogeneradores (20 kV) a la requerida por la Compañía Eléctrica.

- **Línea eléctrica**

De cada parque o grupo de parques saldrá una línea eléctrica hasta su posterior conexión a la red. Su longitud dependerá del trazado elegido.

## 2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA EÓLICA

### 2.1. Ventajas medioambientales

El gran beneficio medioambiental que reporta el aprovechamiento del viento para la generación de energía eléctrica viene dado, en primer lugar, por los niveles de emisiones gaseosas evitados, en comparación con los producidos en centrales térmicas. Esto afecta tanto a elementos contaminantes como dióxidos de azufre, partículas, etc., como a la emisión de CO<sub>2</sub>, que en este caso es inexistente, con lo que contribuye a la estabilidad climática del planeta.

Junto a este efecto positivo, presenta otras ventajas medioambientales como:

- a) No contribuye al agotamiento de reservas de combustibles fósiles, porque se trata de una energía renovable derivada del sol y por lo tanto se renueva de forma continua y es, en consecuencia, inagotable.
- b) La construcción de parques eólicos no requiere grandes movimientos de tierra ya que las obras civiles que deben realizarse son mínimas.
- c) No genera ningún tipo de residuos que necesite un tratamiento posterior.
- d) Produce una ocupación de terreno reducida y es compatible con otras actividades (agrícolas, ganaderas, ...) que habitualmente se dan en el área de emplazamiento.
- e) Las instalaciones son fácilmente reversibles, pudiéndose retirar sin dejar rastro.

Se analizan a continuación, de manera más específica, algunas de las ventajas medioambientales más significativas de la utilización de la energía eólica.

#### 2.1.1. Contribución a la estabilidad climática

La vida en la tierra, tal como hoy la conocemos, ha sido posible gracias a la existencia de la capa de gases que la rodea y que denominamos atmósfera. Produce un efecto térmico regulador, limitando las radiaciones solares que llegan a la superficie y reteniendo parte de las reflejadas. Este comportamiento de la atmósfera como conservador del calor es análogo a lo que ocurre en un invernadero, por lo cual se alude a él como efecto invernadero, que deja pasar la radiación de onda corta emitida por el sol y retiene gran parte de la radiación reflejada, a causa de su mayor longitud de onda.

Desde principios del pasado siglo, como consecuencia de la revolución industrial, se han quemado enormes cantidades primero de carbón y después de petróleo, que han ido elevando el nivel de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera, como resultado de las emisiones de gases derivadas de dicha combustión. El CO<sub>2</sub> es uno de los principales causantes del efecto invernadero, por lo que se ha ido alterando el equilibrio natural, dando lugar a un calentamiento continuado del planeta. Actualmente el 78% de las emisiones de CO<sub>2</sub> procede de la combustión de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) lo que obliga a orientar los esfuerzos encaminados a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero al campo de la eficiencia energética y al desarrollo de las energías renovables, cuyo impacto ambiental es nulo o muy reducido en comparación con las fuentes de energía convencionales.



Según los estudios realizados, de no tomarse medidas y de seguir aumentando el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, podría llegar a producirse un cambio climático a nivel planetario, con efectos de enorme importancia. Se registraría una elevación de la temperatura de unos 3° C y existe el riesgo de que se produjese un desequilibrio de todo el sistema climático, modificándose los movimientos generales de los vientos y de las corrientes marinas, lo que daría lugar a una alteración sustancial del régimen de lluvias.

A efectos orientativos, hay que tener en cuenta que la temperatura media de la Tierra es de unos 15°, por lo que un aumento de 3 grados supone un elevado porcentaje de variación. También es indicativo el hecho de que la diferencia de temperatura entre los períodos glaciales e interglaciares es de sólo 6 grados.

Se trata, por tanto, de un problema de enorme importancia que afecta a todo el globo terráqueo. Ha sido provocado principalmente por los países desarrollados, pero su solución requiere un acuerdo mundial, ya que se va a ver agravado por el desarrollo de países del llamado Tercer Mundo, tanto por el incremento de emisiones de CO<sub>2</sub> que provoque su industrialización, como por las deforestaciones que puedan realizarse.

La gravedad del problema ha motivado que las Naciones Unidas adoptasen en 1.992 un Convenio Marco con el objetivo de lograr “(...) *la estabilización de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas para el cambio climático (...)*” para lo que se pretende volver a finales del siglo a los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> existentes en 1.990.

La consecución de este objetivo es muy dudosa, a tenor de las estimaciones realizadas por el Consejo Mundial de la Energía. Aun en el supuesto más “ecológico” de evolución de la demanda energética a nivel mundial considerado, se prevé un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre 1.990 y el año 2.020 del 14 por ciento. Dicho incremento de emisiones sería, para ese mismo período, del 22% en el supuesto menos conservador de crecimiento de la demanda energética.

En la cumbre del Clima celebrada en 1997 en Kioto se volvió a poner de manifiesto la enorme gravedad del problema; en ella los 160 países presentes en la cumbre suscribieron un protocolo final- el Protocolo de Kioto- jurídicamente vinculante (tachado de tragedia por organizaciones sociales y ecologistas que lo consideran totalmente insuficiente) por el que, entre otras cosas, los países industrializados deberán disminuir en conjunto un 5,2% sus emisiones de gases dañinos para el clima, en tasas individuales de entre el 8 y 10% por países. El objetivo debe ser alcanzado en promedio entre los años 2.008 y 2.012.

En este sentido, la Unión Europea ha adoptado criterios de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> sobre la base de propiciar, entre otras medidas, el desarrollo de energías renovables.

En su Libro Blanco *Energía para el Futuro: Fuentes de Energía Renovable*, aprobado por la Comisión Europea en noviembre de 1997, la UE se traza como objetivo duplicar la aportación de las energías renovables al consumo energético de la

Unión, pasando de un 6% en 1995 a un 12% en el año 2010, un objetivo enormemente ambicioso si se tiene en cuenta que la mayor parte del aporte renovable actual procede de grandes centrales hidroeléctricas, que se van a construir ya en muy escaso número, y de la biomasa para calefacción doméstica.

Así las cosas, ese 6% adicional deberá ir cubierto por otras renovables, y muy especialmente por la biomasa para producción de electricidad y calor en plantas industriales y por las instalaciones de energía eólica.

En esta misma línea, se inscriben el Libro Verde hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético, y la Propuesta de la Directiva de Energías Renovables del Parlamento Europeo y del Consejo, elaborada por la Comisión Europea.

Una de las principales ventajas medioambientales de la energía eólica radica precisamente en la ausencia de emisiones de CO<sub>2</sub> por lo que su extensión paulatina en sustitución de fuentes convencionales tendrá como consecuencia directa el descenso de dichas emisiones contaminantes a la atmósfera y la prevención del cambio climático. En tal sentido, los beneficios medioambientales derivados del Proyecto eólico serán inmediatos a su puesta en marcha.

Con el sistema de operación del parque eléctrico español, cada kWh que se genera en parques eólicos sustituye a otro que se habría producido en centrales térmicas de carbón, con lo que se evita la contaminación atmosférica correspondiente, que supone, aparte de otros componentes, la emisión aproximadamente de 0,9 kg de CO<sub>2</sub>.

A efectos de órdenes de magnitud, hay que considerar que la instalación de 175 MW de energía eólica en Euskadi supondría evitar la emisión de 393.750 ton/año de CO<sub>2</sub>. Considerando que, por el proceso de fotosíntesis, un árbol elimina de la atmósfera unos 20 kg de CO<sub>2</sub> al año, la actuación que se pretende tendría un efecto equivalente en este aspecto al de casi 20 millones de árboles, que ocuparían unas 103.500 ha, superficie equivalente a un 14% de la superficie de Euskadi.

Un desarrollo importante de la energía eléctrica de origen eólico puede ser, por tanto, una de las medidas más eficaces para evitar el efecto invernadero ya que, a nivel mundial, se considera que el sector eléctrico es responsable del 29% de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 2.1.2. Agotamiento de reservas de combustibles fósiles

El carácter *renovable* de la energía eólica, es decir, prácticamente inagotable al provenir en última instancia del sol, representa una importante ventaja ecológica: contribuye a frenar el proceso de agotamiento de las reservas de combustibles fósiles y de uranio conocidas y a mantener el equilibrio entre recursos naturales existentes y aprovechamiento de los mismos.

Según estadísticas del BP se indican como reservas probadas de combustibles fósiles, las cantidades siguientes:

**Fig. III. 1. Reservas de combustibles fósiles en el mundo**

Combustibles fósiles	Producción anual (Mtep)	Reservas probadas (Gtep) <sup>1</sup>	Reservas / Producción (años)
Petróleo (1998)	3.519	143,4	41
Carbón (1998)	2.231	486,4	218
Gas natural (1998)	2.045	129,7	63
<b>TOTAL</b>	<b>7.795</b>	<b>759,5</b>	<b>322</b>

Se indican en la Fig. III. 1 las cantidades acumuladas consumidas hasta 1998 y los años de duración de las reservas.

A fin de fijar órdenes de magnitud, se puede indicar que el consumo mundial anual de energía en 1999 ha sido de 9,6 Gtep según fuentes de la Agencia Internacional de Energía y que la previsión para el año 2020, considerando el aumento de población y la industrialización de los países en desarrollo, es de 16 Gtep, de los que 1,3 Gtep corresponderán a energías renovables.

Es bien sabido que muchas prognosis realizadas sobre el agotamiento rápido de las reservas de carbón y petróleo han sido erróneas; así, por ejemplo, a mediados de los años setenta se consideraba que habría dificultades en el suministro de petróleo en 1.990. Pese a ese antecedente es incuestionable que las cantidades existentes son limitadas e incluso, en petróleo reducidas, lo que aconseja la mayor utilización de energías renovables.

<sup>1</sup> (Gtps)Gigatoneladas equivalentes de petroleo

Además habría de tenerse en cuenta los efectos medioambientales negativos producidos en la extracción y transporte de estas fuentes de energía.



## 2.2. Ventajas sociales y económicas

La energía eólica comporta mayores beneficios sociales que las energías convencionales. El desarrollo de este tipo de energía puede reforzar la competitividad general de la industria y tener efectos positivos y tangibles en el desarrollo regional, la cohesión económica y social, y el empleo.

El Libro Blanco de la Comisión Europea sobre crecimiento, competitividad y empleo arguye que las tecnologías limpias son una clave para la prosperidad económica futura y que el actual sistema impositivo general no conduce a una óptima asignación de recursos. Sobre esta base, y ante la perspectiva de una futura internalización de los costes externos (ambientales, ...), las energías renovables, y entre ellas la eólica, podrían aportar una poderosa contribución a un sistema energético europeo sostenible y competitivo.

Por otro lado, a escala mundial, el potencial de crecimiento del mercado energético renovable, en particular en los países en desarrollo, es impresionante y ha sido calculado en más de 1.700 millardos de euros en el año 2020, lo que ofrece interesantes posibilidades comerciales en términos de exportación y de expansión de la industria de las tecnologías renovables, en general, y de la eólica, en particular.

Dentro de los impactos de índole socioeconómica, se podrían citar como más significativos los que se detallan a continuación:

- a) De todas las fuentes de generación de energía eléctrica, la eólica es la que genera más puestos de trabajo por unidad energética producida. En Octubre de 1999, la Asociación Europea de la Energía Eólica, el Foro para la Energía y el Desarrollo, y Greenpeace Internacional publicaron un estudio, Viento fuerza 10 (Windforce 10), que en su valoración del número de empleos que podrían crearse durante las dos próximas décadas, concluía que están creándose 17 empleos-año por cada megavatio de capacidad de energía eólica fabricado y cinco empleos-año adicionales por cada megavatio instalado, o un total de 22 empleos-año megavatio. Asumiendo que estas tasas se mantendrán, el estudio prevé que el total de empleo en el sector eólico crecerá de algo menos de los 100.000 empleos de hoy, a casi 2 millones durante las dos próximas décadas.

Teniendo en cuenta que la industria eólica crea más empleos por unidad energética producida y que se está ante un sector con indudable futuro, las repercusiones que en materia de empleo está teniendo y va a tener en el futuro esta dinámica inversora son sin duda importantes.

La EWEA (Asociación de Promotores Eólicos Europeos) estima que los 36.000 MW adicionales de implantación prevista en la UE entre 1996 y el año 2010 pueden crear entre 190.000 y 320.000 empleos en el territorio de la Unión, una parte importante de los cuales debe radicarse en España a tenor del ritmo de implantación eólica y del desarrollo del tejido industrial asociado que se viene dando.

Por otra parte, en el año 2000 el sector eólico español dio trabajo directo o indirecto a más de 50.000 personas, en los sectores de promoción, implantación, fabricación, operación y mantenimiento de parques eólicos. Teniendo en cuenta que la industria eólica crea más empleos por unidad energética producida y que se está ante un sector con indudable futuro, las repercusiones que en materia de empleo está teniendo y va a tener en el futuro esta dinámica inversora son sin duda importantes.

- (b) El fomento de la energía eólica produce un efecto sobre la industria de bienes de equipo que debe responder a los incrementos de la demanda inducidos sobre el propio sector y que se trasladarán de manera indirecta al resto de los sectores económicos.
- (c) El despliegue de las fuentes de energía renovables puede ser una característica clave del desarrollo regional con el objetivo de lograr mayor cohesión social y eco-

nómica. Los fondos invertidos a escala regional en el desarrollo de las fuentes de energía renovables pueden contribuir a elevar los niveles de vida y de renta de las regiones menos favorecidas o en declive mediante la utilización de recursos locales, generando empleos permanentes a nivel local y creando nuevas oportunidades para la agricultura y la silvicultura. Las energías renovables contribuyen de esta forma al desarrollo del potencial endógeno de las regiones menos favorecidas, cuyos recursos naturales encuentran así una oportunidad de fomento que, de lo contrario, su viabilidad económica haría difícil aprovechar, y, de esta forma, a la reducción de las disparidades regionales.

- (d) La ocupación de espacio que produce la energía eólica es muy reducida. Además, la eólica es compatible con los usos que se producen en los terrenos antes de su implantación.
- (e) La instalación de parques eólicos mejora la garantía de abastecimiento y la infraestructura eléctrica de la zona donde se implantan, además de que puede conllevar la mejora de redes de acceso rodado, caminos, etc.
- (f) La generación de impuestos locales y cánones por cesión de terrenos puede convertirse en uno de los principales ingresos de muchas entidades locales afectadas por la construcción de parques eólicos.
- (g) Los terrenos más ventosos suelen tener escasa riqueza para otros usos, y en muchas ocasiones se encuentran desprovistos de vegetación. La obtención de recursos para las comunidades locales es de ordinario inesperada y no lesiona otras opciones de desarrollo.
- (h) Los parques eólicos constituyen en la actualidad un signo de sensibilidad medioambiental y suponen una evidente acción de educación ambiental hacia el consumidor, al establecer una clara relación entre producción y consumo, que no es percibida de igual manera con un reducido número de grandes centrales, de las que el público desconoce mayoritariamente su existencia.

### 2.3. Ventajas energéticas

La energía eólica supone una evidente contribución al autoabastecimiento energético. Este punto tiene especial relevancia en la Comunidad Autónoma del País Vasco ya que, en la actualidad, sólo el 4,2% de la energía primaria procede de las renovables, según datos del Ente Vasco de la Energía (EVE). Promover esta fuente de energía en el propio territorio, constituye una actuación positiva, que mejora el autoabastecimiento propio y disminuye la dependencia del exterior en materia energética.

Por otra parte, el sistema eléctrico español está basado, principalmente, en grandes centrales térmicas, nucleares o hidroeléctricas situadas en lugares condicionados por las características propias de cada central. Así las hidroeléctricas se encuentran en grandes ríos, las térmicas junto a minas de carbón y las nucleares en lugares en que estén asegurados los caudales de refrigeración necesarios.

Ello motiva que, en general, se encuentren alejadas de los centros de consumo, por lo que se requieren líneas eléctricas de gran longitud y potencia, que dan lugar a impactos ambientales y pérdidas de energía importantes. Se suele considerar, como media nacional, que las pérdidas en producción y transporte en alta suponen un 7% del consumo. En este sentido, el potencial eólico estimado en Euskadi permite la implantación de un importante parque de generación próximo a los lugares de consumo, lo que supone reducir las pérdidas de energía derivadas del transporte.

La implantación de 175 MW de potencia eléctrica de origen eólico en Euskadi, supone evitar la generación fuera de la Comunidad de 393,7 GWh/año, cuyas pérdidas de generación y transporte equivaldrían a 30,6 GWh anuales.

La energía eólica contribuye también a reforzar el autoabastecimiento de energía mediante recursos autóctonos y a frenar el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles (carbón, petróleo o gas) en el mundo.

La energía eólica se produce en el propio territorio, y al cubrir una parte del consumo energético global, nos hace menos dependientes de suministros energéticos, fundamentalmente petróleo o gas, procedentes de países inestables políticamente. De esta manera nos situamos en mejor posición para evitar, en su caso, problemas de abastecimiento o de encarecimiento de esas materias primas.

Es evidente también que las reservas de combustibles fósiles son limitadas. Aunque las existencias probadas de carbón y petróleo en el Planeta se han ido incrementando conforme pasaban los años, es bien cierto que un consumo energético del tipo que se viene dando en los países desarrollados, extendiendo al conjunto de la población mundial, puede situar al Planeta en una situación delicada en un futuro no excesivamente lejano, en especial por lo que se refiere al abastecimiento de petróleo.

Al nivel de la UE todas las previsiones apuntan a una mayor dependencia energética (del 50 al 70% en los próximos 25 años), y a escala planetaria las previsiones señalan a un fuerte crecimiento de la demanda mundial lo que puede afectar a los mercados energéticos, no descartándose restricciones y fuertes incrementos de precio. El desarrollo de las energías renovables, principalmente la eólica, disminuirá las necesidades de importación.

---

## 2.4. Inconvenientes de la energía eólica

---

A pesar de que las ventajas medioambientales de la energía eólica son incuestionables, y de que existe un amplio consenso en nuestra sociedad sobre el alto grado de compatibilidad entre las instalaciones eólicas y el respeto por el medio ambiente, es preciso reconocer que la instalación concreta de un parque eólico puede producir impactos ambientales negativos, que dependerán, fundamentalmente, del emplazamiento elegido.

El impacto paisajístico, los efectos sobre la avifauna y el ruido, suelen ser los efectos negativos que generalmente se citan como inconvenientes medioambientales de los parques eólicos; sobre ellos se pueden hacer las siguientes consideraciones.

### 2.4.1. Alteraciones paisajísticas

Este es sin duda el principal factor a cuidar en la implantación de parques eólicos, a fin de minimizar sus efectos ambientales negativos.

El impacto paisajístico puede definirse como la pérdida de calidad que experimenta un entorno como consecuencia de la realización de una actividad. A la dificultad inherente de la valoración del paisaje, se añade en el caso de los parques eólicos la complejidad que supone definir el significado de la variación de la calidad del paisaje resultante de su implantación, puesto que depende de la interpretación que haga el espectador de la presencia de los aerogeneradores. Se suele considerar que la valoración del paisaje es un acto creativo de interpretación del espectador. Ello implica que, junto a una serie de factores físicos, emocionales, de familiaridad con el entorno, etc., existen otros básicos para dicha evaluación, como son los culturales.

Los parques eólicos son instalaciones de producción de energía renovable y limpia. La actitud ante la contemplación de estas infraestructuras puede ser, por tanto, más positiva que ante otras que pudieran ocasionar impactos paisajísticos comparables, pero que pudieran considerarse con menor justificación ecológica.

En cualquier caso, parece claro que la presencia de parques eólicos con un gran número de aerogeneradores en cada uno de ellos puede suponer un detrimento de la calidad del paisaje, por el contraste y pérdida de naturalidad que implicarían (variable según el emplazamiento), teniendo en cuenta además que la posición de los parques en zonas altas acrecienta su incidencia visual.

Los estudios realizados a nivel mundial sobre la cuestión, arrojan los siguientes resultados:

- No deben ni pueden enmascararse los aerogeneradores en el paisaje sino, antes bien, han de ganarse su lugar en el mismo, cuando su implantación es correcta.
- Son preferidas las turbinas de torre tubular, rotor de tres palas y pinturas no llamativas. Asimismo es conveniente que la potencia de cada aerogenerador sea elevada, para disminuir así su número. Los parques eólicos se han de colocar lejos de las ciudades, fuera de espacios de gran belleza o de contenido cultural y seleccionando sus emplazamientos mediante estudios rigurosos de alternativas entre aquellos espacios que hagan rentable la instalación de un parque. Son preferibles los emplazamientos en espacios humanizados por cultivos o pastos, así como las tierras estériles.
- Dependiendo de lo poblado que sea un territorio, puede variar sensiblemente la pérdida de potencial eólico aprovechable de aplicar restricciones a la ubicación de turbinas eólicas.
- La energía eólica conlleva una fuerte carga de sensibilización medioambiental, al evidenciar ante el ciudadano la relación existente entre su consumo de energía y la necesidad de producirla por medios que no dañen gravemente el equilibrio ecológico.

De lo anteriormente expuesto se deduce que la limitación en lo posible del impacto paisajístico de la energía eólica pasa por elegir cuidadosamente los emplazamientos y por cuidar extremadamente la realización de las infraestructuras de acceso, líneas de transporte, vertido de excavaciones y otras actuaciones necesarias susceptibles de afectar al entorno.

#### 2.4.2. Efectos sobre la avifauna

La construcción de parques eólicos para la generación de energía eléctrica es una actividad relativamente reciente, pero desde su principio se apuntó la posibilidad de que estas instalaciones produjeran impactos importantes sobre las aves.

Este es un aspecto difícil de prever, dadas las relativamente escasas experiencias existentes y lo arriesgado de su extrapolación.

En todo caso, quizás con la excepción de algunos trabajos realizados en Tarifa (Cádiz) y Altamont Pass (California) los datos existentes y los estudios realizados revelan que con carácter general el impacto de los aerogeneradores sobre la avifauna no es tan importante como pudiera parecer en un principio.

La gravedad de los efectos, en caso de haberlos, dependerá de las especies sobre las que se produzcan, es decir, del grado de amenaza en que se encuentren, de la fracción de la población de una especie sobre la que puedan tener lugar esos efectos y el

valor simbólico de la especie, concepto subjetivo que puede llegar a estar ligado más a la opinión pública, que a la consideración técnica o ecológica que se posea de ella.

Para detectar los efectos sobre la avifauna ha de tenerse en cuenta la gestión actual que se lleva a cabo con las especies, que tiende a ser global. Es decir, se intenta garantizar tanto el mantenimiento de los lugares de nidificación e invernada de las aves y el buen estado de sus vías migratorias, como el desarrollo de las distintas funciones que tienen que realizar aquéllas en sus territorios: alimentación, cría, descanso...

En todo caso, la posible afección concreta sobre las aves deberá ser analizada cuidadosamente a la hora de seleccionar los emplazamientos.

Dentro del contexto señalado, las afecciones negativas sobre la avifauna por parte de la presencia de aerogeneradores podrían llegar a ser las que se detallan a continuación:

- Colisión

Sería la afección posible de mayor importancia. En principio, todas las aves podrían ser susceptibles de colisión, pero sería de esperar una mayor probabilidad para las aves más abundantes, las veleras, que utilizaran el mismo recurso, el viento, que el aerogenerador y las migratorias cuando volasen a baja altura con viento en contra. También se considera que podría influir en esa probabilidad de colisión la altura usual de vuelo de las aves.

En el riesgo de colisión cabe mencionar también el que puede afectar a pequeñas aves en ciertos emplazamientos, originando un recurso trófico adicional para aves tales como milanos o córvidos, que explotan pequeñas carroñas mediante vuelos a baja altura. Ello podría traducirse en una probabilidad inducida de colisión para estas especies al intentar aprovechar ese recurso alimenticio adicional.

El vuelo planeado de algunas especies se complementa con vuelo batido, de tal manera que ciertas condiciones atmosféricas -niebla, lluvia, etc.-, pueden limitar la visibilidad de aerogeneradores en determinados lugares y momentos y, por consiguiente, incrementar el riesgo de colisión.

Respecto de los datos existentes, se cuenta con estudios realizados en otros lugares donde existe aprovechamiento de la energía eólica desde hace años. Los resultados de las investigaciones en Altamont Pass (California), por ejemplo, han arrojado una mortalidad media relativamente reducida, de un ave por aerogenerador cada veinticinco años.

En Navarra, donde se da una mayor proximidad geográfica y los parques y emplazamientos son de similares características a los proyectados en la Comunidad Autónoma del País Vasco, se ha realizado un seguimiento riguroso sobre su afección a la avifauna. Se realizan controles semanales consistentes en inspeccionar minuciosamente el parque eólico y sus inmediaciones, buscando aves accidentadas. Se han complementado con análisis de detectabilidad y permanencia de cadáveres en el medio para poder extrapolar a partir de las observaciones al número total de aves accidentado.

Entre 1995 y finales de 1998 se han localizado 20 aves muertas, doce de ellas buitres leonados, siete paseriformes y un milano real. Además se ha observado la colisión de dos murciélagos. Extrapolando estos datos con los porcentajes de detectabilidad y permanencia de los cadáveres, en 1998 las colisiones por aerogenerador y año variaron entre 0,08 y 0,11 accidentes en el caso de las aves grandes y medianas, y 0,47 y 3,03 accidentes para las aves pequeñas; dicha proporción se ha mantenido en parámetros similares en los años 1999 y 2000.

Estos valores son notablemente inferiores a la mortalidad producida por otras actividades humanas, como puede ser las carreteras, donde la Coordinadora de Organizaciones de Defensa Ambiental (CODA) estima que en España mueren anualmente atropellados 10 millones de vertebrados.

En Dinamarca, país en el que existe un aprovechamiento de la energía eólica muy descentralizado, y donde existen 111 ZEPAs con una superficie total de 9.601 ha, no se considera que la colisión de aves con los aerogeneradores sea un impacto significativo.

La excepción a estos datos parecen ser los relativos a Tarifa (Cádiz) donde el estudio realizado por la Sociedad Española de Ornitología revela un número de aves muertas relativamente muy superior al contabilizado en otros estudios realizados en Europa o Estados Unidos. En cualquier caso es preciso señalar que la mortalidad de la avifauna en aquella zona puede verse favorecida por las enormes concentraciones de aves que se forman junto al Estrecho de Gibraltar, punto obligado de paso en sus viajes migratorios y que, por otro lado, sirve como área de cría para algunas de estas especies migradoras que presentan efectivos reproductores en la zona. Tampoco es de descartar la frecuente presencia de carroña en la zona.

- Afección a la nidificación. Pérdida directa del hábitat, molestias durante la cría, molestias primeros vuelos de jóvenes

Se considera en este punto la pérdida directa de lugares de nidificación ya existentes por la colocación de aerogeneradores en esos mismos lugares, así como las in-

terferencias que éstos pudieran producir a la cría (puesta, incubación, cuidado y alimentación de los pollos, y salida de éstos del nido, al efectuar sus primeros vuelos).

- Alteración de las rutas migratorias

Distintas especies de aves abandonan los lugares donde crían debido a las fluctuaciones estacionales de los recursos alimenticios de los que dependen y se dirigen a áreas donde existan suficientes recursos tróficos. Este viaje lo realizan a través de rutas que, a gran escala, resultan ser bastante concretas.

Pueden distinguirse en la migración la altitudinal, que consiste en que algunas especies ocupan terrenos de menor altitud en invierno que en verano y latitudinal, con desplazamientos de norte a sur y en sentido contrario en otoño y primavera, respectivamente; estos viajes se denominan migración pre y postnupcial. Además hay otros tipos de migraciones: parcial, de muda, dispersiones,...

La migración que más interés tiene para el presente trabajo es la latitudinal, que se lleva a cabo principalmente a favor de viento o, en caso contrario, a baja altitud sobre los collados. La afección debida a los aerogeneradores tendría lugar en aquellos parques localizados en crestas por las que existe un paso migratorio notable, en aquellos momentos en que, por volar contra la dirección del viento, las aves se desplazaran a baja altura.

- Otros impactos

Entre otras posibles afecciones negativas de menor importancia que la instalación de parques eólicos puede generar en la avifauna, cabe destacar la disminución de la oferta alimenticia que la ocupación de espacio conlleva y que es de reducidas dimensiones, la pérdida de reposaderos o dormideros, la pérdida de vientos favorables en uso de térmicas o vientos de ladera, la alteración de las rutinas diarias de vuelo o la alteración de áreas de dispersión de individuos generalmente jóvenes.

### 2.4.3. Emisión de ruidos

Otro de los impactos negativos que a priori pudiera parecer importante es el ruido que originan los aerogeneradores en funcionamiento. No obstante, esta afección ha dejado de ser preocupante, debido a la evolución de la tecnología eólica en este terreno.

De las mediciones directas del ruido producido por aerogeneradores de 660 kW se concluye que a más de 400 metros de la instalación no se oye el ruido del parque; a 45 metros, con una velocidad del viento de 8 m/s, la sonoridad es de 57,2 decibelios,

disminuyendo a 51,6 dB(a) a 100 m de distancia y a 45,6 dB(a) a 200 metros. El nivel sonoro aumenta en 0,45 dB(a) por cada m/s que se incrementa la velocidad del viento. Como este gradiente es inferior al del ruido ambiental, a velocidades altas de viento (entorno de 15 m/s) y distancias cortas del aerogenerador, el ruido ambiente sobrepasa al producido por el molino. La instalación de aerogeneradores de mayor potencia, como consecuencia de la evolución tecnológica, no conlleva incrementos significativos del nivel de ruido.

### 3. OBSTÁCULOS QUE IMPIDEN UN USO MÁS EXTENDIDO DE LA ENERGÍA EÓLICA

Junto a los inconvenientes ambientales que hemos considerado, todas las energías renovables, y en consecuencia también la eólica, se encuentran con una serie de obstáculos que impiden que su uso esté más extendido.

Un ámbito de especial interés es la internalización del coste externo. En este sentido hay que señalar que los estudios muestran que la energía eólica, así como el resto de las renovables, tendría una cuota de mercado mucho mayor si, por ejemplo, el precio de los combustibles fósiles reflejara los costes totales de las externalidades, sobre todo el coste derivado del medio ambiente.

Por otro lado, la eólica plantea el problema de la variabilidad del suministro entre el día y la noche, así como entre las distintas estaciones. Es un problema que requiere soluciones creativas y que, debido a la discontinuidad del suministro, afectará a los precios del mercado en comparación con los de la electricidad producida a partir de combustibles fósiles, la hidroelectricidad o la energía nuclear. Sin embargo, existen soluciones para atajar dichos problemas como las aplicaciones telemáticas o los sistemas de almacenamiento de energías.

Generalmente los parques eólicos están situados en zonas en las que la electrificación no suele ser muy intensiva, por ello es necesario invertir cantidades apreciables de dinero en la modificación de la infraestructura eléctrica. En algunos casos, debido a la lejanía del punto de producción al de la conexión a la red, el promotor se ve obligado a invertir una cantidad elevada en la línea de conexión comprometiendo seriamente la rentabilidad del proyecto. Es importante destacar que este problema convierte a veces en irrealizables proyectos con buena calidad del recurso y poca o nula problemática de orden ambiental. En otros casos, el problema se encuentra en las modificaciones que deben hacerse en la línea existente de distribución de electricidad para permitir la absorción de la nueva potencia instalada.

Por tanto, en términos de eficiencia, coste y rendimiento, existen amplias posibilidades de mejora, tanto para las aplicaciones aisladas como para los sistemas conectados a red. Estas mejoras deberán apoyarse en el uso de nuevos materiales, mejoras en los procesos de transformación y reducciones en el precio de los componentes.

Por último en algunas zonas, las solicitudes de conexión pueden ser numerosas y requerir la agrupación de varios promotores para acometer las inversiones en las infraestructuras necesarias para la evacuación de energía hasta el punto de conexión a la red de distribución, lo que crea dificultades de gestión que con frecuencia son soportadas por las compañías eléctricas.