



Máster Profesional en Ingeniería y Gestión medio ambiental

Guía metodológica para la realización de un Estudio de impacto ambiental de un Parque eólico marino

**Presentado por
Carmen Ángel Rodríguez Arispón**

**Tutor
Luis Toscano Benavides**

**Sevilla – España
2011**

Índice

1. Capítulo 1
 - 1.1. Introducción
 - 1.2. Objetivos del proyecto
 - 1.3. Estructura del documento

2. Capítulo 2. El estudio de impacto ambiental
 - 2.1. Introducción.
 - 2.2. Distintas fases del estudio de impacto ambiental

3. Capítulo 3. Descripción de un parque eólico marino
 - 3.1. Tecnologías
 - 3.2. Esquema básico de un parque eólico marino
 - 3.3. Funcionamiento de un aerogenerador
 - 3.4. Tipos de cimentación
 - 3.5. Cable de conexión y subestación eléctrica
 - 3.6. Torre meteorológica

4. Capítulo 4. Vectores de impacto
 - 4.1. Fase de construcción
 - 4.2. Fase de funcionamiento
 - 4.3. Fase de desmantelamiento
 - 4.4. Matriz de causa-efecto

5. Capítulo 5. Factores susceptibles de sufrir impacto
 - 5.1. Potenciales impactos en el medio físico
 - 5.2. Potenciales impactos en el medio biótico
 - 5.3. Potenciales impactos en el medio socioeconómico

6. Capítulo 6. Caracterización y valoración de impactos
 - 6.1. Caracterización de impactos
 - 6.2. Valoración de impactos
 - 6.2.1. Medio físico
 - 6.2.2. Medio biótico
 - 6.2.3. Medio socioeconómico
 - 6.3. Ejemplo de método de evaluación de los efectos sobre las aves

7. Capítulo 7. Medidas correctoras

8. Capítulo 8. Programa de vigilancia ambiental

Anexos

Anexo 1. Legislación aplicable. Organismos afectados. Procedimiento administrativo

Anexo 2. Ciclo de vida de un Parque eólico marino

Anexo 3. Estructura y contenido de un Estudio de Impacto Ambiental de un Parque eólico marino

Anexo 4. Certificado de valoración del proyecto

Índice de tablas y figuras

Bibliografía

Capítulo 1

Introducción. Objetivos del proyecto. Estructura del documento

1.1. Introducción

En las últimas décadas, las energías renovables han ganado terreno a las denominadas energías convencionales. Entre ellas, el aprovechamiento del potencial eólico ha sido uno de los sectores de mayor desarrollo de manera que la energía generada por la fuerza del viento supone ya una proporción nada desdeñable del “mix” de energías de cualquier país desarrollado y en concreto del “mix” energético español. De esta manera, cualquier proyecto de energía eólica, y en concreto uno de eólica marina, contribuye al cumplimiento de los objetivos del Plan de Energías Renovables y del Protocolo de Kioto en materia de reducción de emisiones de CO₂.

La limitación de la ubicación de estas plantas industriales, necesariamente vinculada a zonas de alto potencial eólico y la creciente dificultad para encontrar zonas en tierra para su instalación hace que se investigue en nuevas formas de aprovechamiento, entre ellas la energía eólica marina (también llamada offshore). En una comparación con los parques eólicos terrestres, se observa que los marinos son técnicamente más complejos y costosos, pero por otro lado, hay que tener en cuenta el gran avance tecnológico que ha tenido lugar en estos últimos años, tales como el aumento de tamaño y eficacia de las turbinas, la introducción de nuevos materiales (fibra de vidrio, fibra de carbono), lo que ha permitido un descenso en los costes de instalación de los Parques eólicos marinos.

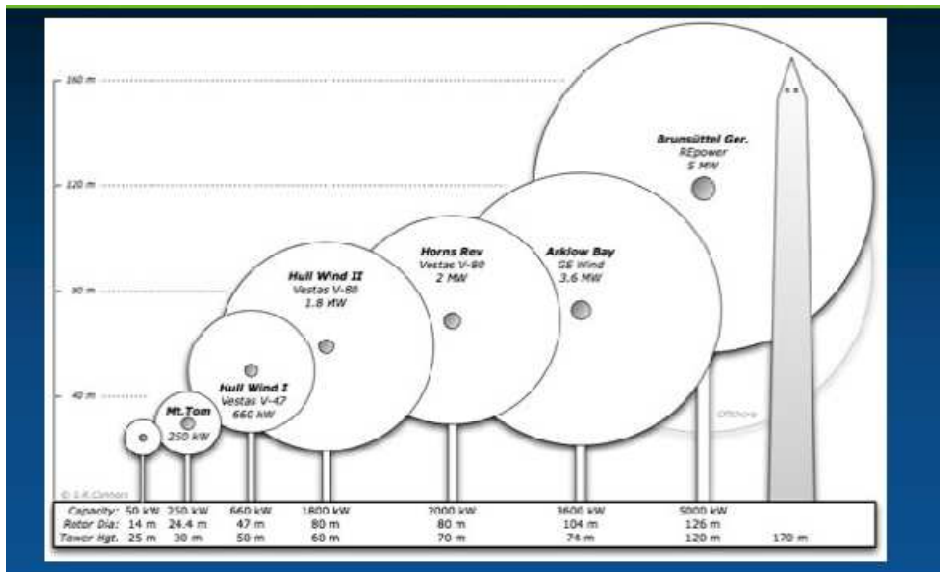


Ilustración 1. Evolución del tamaño de aerogeneradores

Unos de los primeros parques en construirse fue Irene Borrink, en los Países Bajos en 1996, con 28 aerogeneradores con una capacidad de 16.8Mw. Antes de 2002 el parque de Horns Reef en la costa oeste de Dinamarca tenía capacidad de 160 Mw a partir de 80 aerogeneradores.

Hoy en día los fabricantes están probando aerogeneradores más grandes con el fin de producir más energía. Como el principal problema era el coste del parque eólico, se ha optado por producir aerogeneradores más grandes, con lo que se reduciría el coste de construcción, de operación y de mantenimiento.

Por tanto, debido al auge de los Parques eólicos marinos y las perspectivas de que su número irá en aumento, se hace necesario la realización de un estudio en profundidad de los potenciales impactos que este tipo de proyectos pueden causar sobre el medio marino, así como establecer unas directrices básicas que faciliten el proceso del estudio de impacto ambiental de este tipo de instalaciones.

1.2. Objetivos del proyecto

En este proyecto intentaremos sentar unas bases respecto a los aspectos fundamentales a tener en cuenta durante la realización de un estudio de impacto ambiental de un parque eólico marino, haciendo especial hincapié en los principales impactos asociados a todo el proceso necesario para la instalación del mismo así como los asociados al funcionamiento de un parque eólico marino, para lo que habrá que tener en cuenta todo el ciclo de vida de la instalación, desde los estudios previos, las fases de construcción, funcionamiento (incluyendo las labores de mantenimiento y reparación), y desmantelamiento de la instalación. También se intentará, en último lugar, establecer una serie de medidas correctoras encaminadas a minimizar dichos impactos. La información contenida en este documento proviene de la revisión de diversos estudios y publicaciones científicas.

Al existir una gran variabilidad en las características de los distintos emplazamientos en los que se puede instalar un parque eólico marino, tanto de tipo geomorfológico, hidrodinámico, de clima, flora, paisaje,...así como en el tipo de construcción empleado, dimensionamiento del parque eólico, existirá una gran variabilidad en los efectos que puede causar la instalación.

No es el objetivo de este proyecto el realizar un estudio de impacto ambiental de un parque eólico marino, ni un estudio en profundidad de los efectos sobre el medio ambiente de la construcción de un parque eólico marino en un emplazamiento concreto, sino el definir en qué puntos del estudio de impacto ambiental se debe tener especial consideración, cuáles serían los principales aspectos que pueden causar deterioro en el medio ambiente afectado, así como explicar de forma breve cómo pueden impactar dichos aspectos en el medio.

Por tanto, el alcance de este proyecto es conocer cómo se realiza un estudio de impacto ambiental de un parque eólico marino, enfocándonos a la identificación de los llamados vectores de impacto, la posterior concreción de los factores ambientales que pueden ser afectados por dichos vectores, y la definición de los puntos más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar la valoración de los impactos producidos.

1.3. Estructura del documento

Primer capítulo: en el que se realiza una introducción al proyecto y se establecen los objetivos del mismo. Presentación de la estructura del documento.

Segundo capítulo: en el que se hace una descripción de los principales puntos que debe contener un estudio de impacto ambiental de un parque eólico marino , especificando en los que nos detendremos con más detenimiento en este proyecto.

Tercer capítulo: en el que se hace una descripción de los principales componentes de un parque eólico marino encaminada a una mayor comprensión de la instalación. Se describen los tipos de cimentación de las estructuras más usados en la actualidad y las principales diferencias entre ellas.

Cuarto capítulo: en este capítulo se intentarán definir cuáles son los vectores de impacto de la instalación, es decir, intentaremos definir qué acciones del proyecto pueden causar impacto, tanto negativo como positivo, sobre el medio ambiente del entorno. Para su descripción se clasificarán en función de cada fase del proyecto, de la siguiente manera: fase de construcción (en la que también englobaremos la fase de estudios previos), fase de funcionamiento (que incluirá las labores de reparación y mantenimiento), y fase de desmantelamiento. Dentro de cada fase veremos qué actividad o actividades pueden causar un impacto en el medio. Por último se presentará una primera aproximación a qué factores del medio se pueden ver afectados por dichos vectores mediante la realización de una matriz causa efecto.

Quinto capítulo: una vez definidos los vectores de impacto con posible incidencia ambiental, se verá qué elementos del medio pueden sufrir un impacto por estos vectores. La descripción se hará en líneas generales, dividiendo el medio en distintos factores ambientales como son: medio físico, medio biótico y medio socioeconómico. A continuación, basándonos en las acciones del proyecto que pueden

ejercer un impacto sobre estos factores haremos una descripción general de la forma en que los distintos vectores pueden impactar sobre el medio, teniendo en cuenta que las respuestas de los ecosistemas van a ser muy distintas en función de la localización de la instalación.

Sexto capítulo: en el que se define en qué consisten los procesos de caracterización y valoración de impacto, y se indican factores que se consideran importantes a la hora de realizar ambos procesos.

Séptimo capítulo: se hará una propuesta de alternativas para minimizar los impactos generados por el parque eólico marino.

Octavo capítulo: factores principales que se deberían tener en cuenta en la realización de un plan de vigilancia ambiental de la instalación.

En el anexo 1 se presenta una relación de la legislación aplicable a la que está sujeto este tipo de proyectos, así como los organismos afectados y el procedimiento administrativo necesario para obtener la autorización ambiental.

En el anexo 2 se presenta un esquema del Ciclo de vida de un Parque eólico marino.

En el anexo 3 se presenta una propuesta del contenido que debe tener un Estudio de impacto ambiental de un Parque eólico marino.

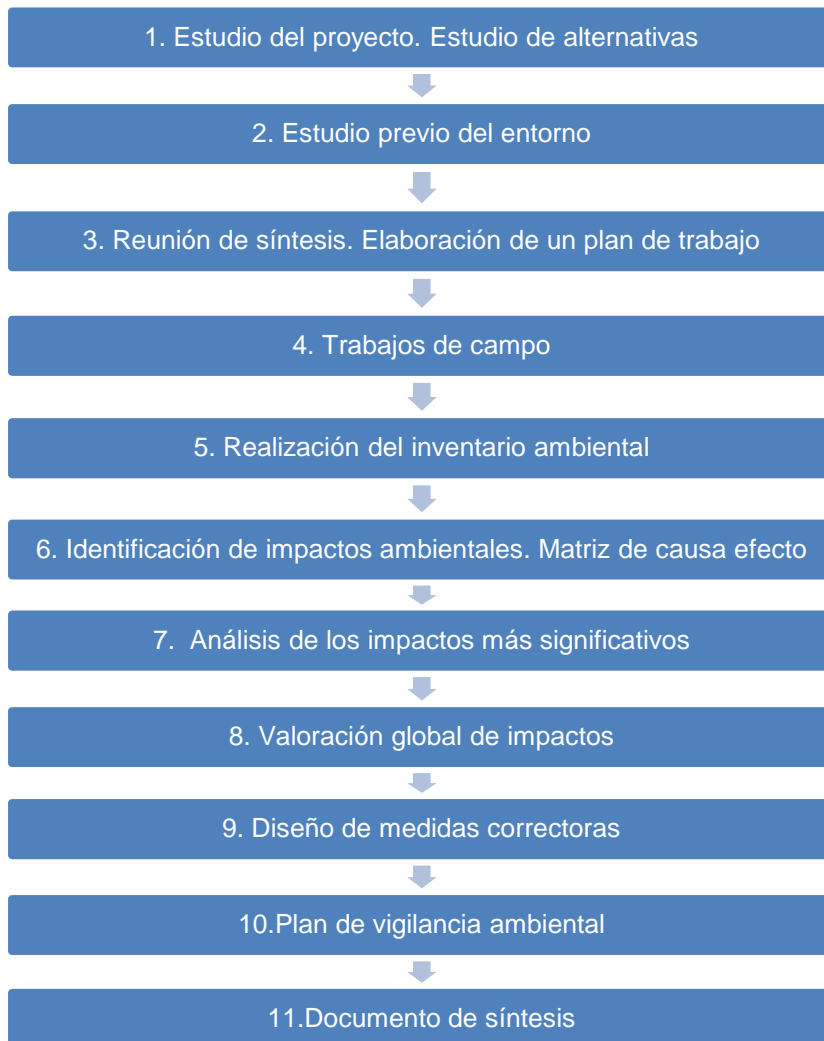
Capítulo 2

El estudio de impacto ambiental

2.1. Introducción

El objetivo de un estudio de impacto ambiental es el de identificar, predecir y corregir los principales efectos, tanto negativos como positivos, que puede causar la ejecución de un proyecto sobre el medio ambiente.

La metodología a seguir en la elaboración de un estudio de impacto ambiental la resumiremos en la figura 1. Hay que tener en cuenta que este no es un proceso lineal y secuencial, sino un proceso iterativo.



2.2. Fases del Estudio de impacto ambiental

A grandes rasgos el proceso incluirá las siguientes etapas:

1. El análisis y comprensión del proyecto, de su ámbito geográfico, y la identificación de los problemas resultantes que se pueden dar como resultado de su ejecución.

2. La caracterización del territorio afectado: descripción de las principales características del territorio en el área de influencia del proyecto, así como el estudio de las principales interacciones entre los distintos medios.

3. La construcción de escenarios con y sin proyecto para la previsión de los efectos del proyecto y la evaluación de los impactos generados.

4. Definición de las medidas protectoras, correctoras y compensatorias a realizar.

5. Definición de un Plan de vigilancia ambiental de los principales impactos. En base a dicho plan se verificará, en las fases de construcción y de funcionamiento, la previsión de impactos realizada, y se verificará la eficacia de las medidas protectoras propuestas.

2.2.1. Estudio del proyecto. Estudio de alternativas:

En primer lugar se hará la descripción del proyecto, indicando sus principales características, ubicación, las exigencias previsibles en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales en las distintas fases del proyecto, también se deben ver en este apartado las principales características de los procedimientos de fabricación o construcción, así como los residuos vertidos y emisiones de materia y energía resultantes.

En este apartado también se deben revisar los objetivos del proyecto, que deberán ser evaluados tanto desde el punto de vista económico como social. A continuación se debe realizar la justificación del proyecto, en la que se debe analizar la verdadera necesidad de que este proyecto se lleve a cabo.

Por último se realizará un análisis de alternativas, que constituye un aspecto de suma importancia a la hora de plantear el proyecto, ya que el objetivo perseguido es la

adopción de la mejor alternativa, que cause el menor impacto ambiental y que a la vez sea técnica y económicamente viable.

2.2.2. Estudio previo del entorno. Realización del inventario ambiental: en este punto se debe realizar una descripción exhaustiva del estado actual del sistema, realizando una caracterización del medio físico, biológico y socioeconómico. Para ello se debe atender a las principales variables ambientales que podrían ser afectadas. Los principales factores a tener en cuenta en dicha descripción serán:

-Medio físico: estudio de la componente inerte, aunque igualmente sensible, de los ecosistemas naturales. Habrá que considerar:

- Tierra: geología, geomorfología y suelos
- Aire: calidad
- Agua: calidad, dinamismo

-Medio biológico: está formado por los elementos vivos que forman parte de un ecosistema, sin considerar, al igual que en el medio físico, lo que se refiere al entorno humano. Se deberá prestar especial atención a la presencia de fauna o flora protegida o amenazada (como por ejemplo la presencia de alga posidonia en el Mediterráneo). Se considerarán las siguientes variables:

- Bentos y plancton.
- Fauna: aves, patos, murciélagos, peces y mamíferos marinos. En el caso de una instalación cuya localización esté en situada en la zona atlántica de la península destacan las aves que realizan su migración de Europa a África. Su cercanía al Estrecho de Gibraltar hace que encontremos paso de cetáceos (delfín mular, marsopa, cachalote, orca). La amplitud de su plataforma continental y sus aguas ricas en plancton la hacen ser considerada como la región pesquera más amplia de la Península Ibérica, al darse unas inmejorables condiciones para el desove y cría de una gran cantidad de especies marinas.

- Calidad paisajística: evaluar el nivel de antropización de la franja marina donde se localizaría la instalación, valor paisajístico de la zona.
- Fragilidad: como cualquier ambiente costero se trata de un ecosistema con un frágil equilibrio entre sus elementos.

- Medio económico y sociocultural: se deben considerar entre otros los siguientes puntos:

- Usos del territorio: pesca, embarcaciones de recreo, tráfico marítimo
- Educación y cultura: nivel de aceptación del proyecto, puntos constituidos como lugares de reunión.
- Arqueología
- Demografía/Población de la zona afectada
- Economía: principales actividades económicas, capacidad empresarial e inversora,..
- los recursos primarios existentes en la comarca
- Empleo: principales mercados de trabajo (agricultura, pesca, sector turístico

A continuación se muestra el esquema propuesto por la organización SEO / Birdlife en el proceso de obtención de información para la realización del estudio de impacto ambiental.

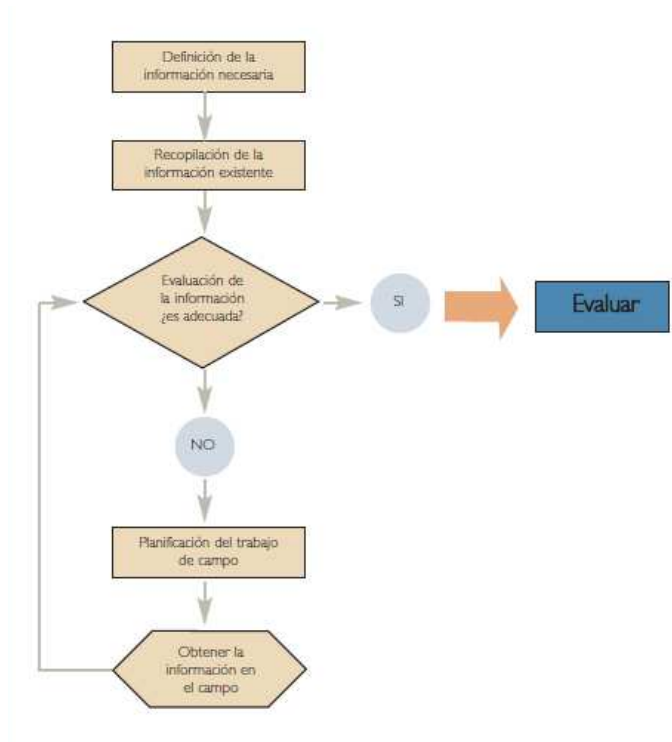


Ilustración 2. Esquema del proceso de obtención de la información

Por último, indicar que una valoración de la localización debería contener la información procedente de las siguientes fuentes:

- Expertos locales: profesores, miembros de grupos conservacionistas,...
- Búsqueda bibliográfica
- Bases de datos de recursos naturales que contengan información sobre la distribución de especies amenazadas.
- Prospecciones de reconocimiento
- Mapas de vegetación y análisis del hábitat: se debe prestar especial atención a las zonas de cría, reposo y alimentación de las especies presentes.
- Evaluación de la información disponible

2.2.3. Previsión de los efectos del proyecto: se realizará la identificación de los vectores de impacto y de los factores ambientales susceptibles de sufrir impacto. Eremos una descripción en los Capítulos 4 y 5.

2.2.4. Evaluación de los impactos generados: una vez identificados los impactos que produce la instalación se debe realizar la valoración de dichos impactos. Existen muchos modelos distintos encaminados a cuantificar y evaluar los impactos producidos por la realización de un proyecto sobre el medio ambiente. Este proceso se muestra con más detenidamente en el Capítulo 6.

2.2.5. Establecimiento de medidas correctoras y de un Plan de vigilancia ambiental. Se realiza su descripción en los Capítulos 7 y 8.

En resumen, en las dos primeras fases el objetivo es conocer en profundidad el proyecto y sus alternativas, así como realizar una primera aproximación a la estimación a los efectos ambientales del proyecto. En las siguientes fases se realiza la valoración del impacto del proyecto, caracterizando cada impacto mediante la estimación de su importancia, y analizando la importancia global de la actividad sobre el medio, utilizando para ello las importancias individuales de cada impacto. Una de las comparaciones más habituales consiste en enfrentar la acción con proyecto con la acción sin proyecto, para así determinar el impacto neto de la ejecución del proyecto.

Capítulo 3

Descripción de un parque eólico marino

3.1. Introducción

Los parques eólicos están formados por una serie de aerogeneradores diseñados para extraer la energía cinética del viento para su transformación en energía eléctrica. La energía eléctrica producida por cada uno de los aerogeneradores, normalmente a baja tensión, es transportada a una estación transformadora que eleva su tensión y posteriormente mediante una línea de evacuación se inyecta en la red de distribución o de transporte. Los aerogeneradores modernos se dividen en dos tipos básicos: de eje vertical y horizontal. Los más comunes y usados actualmente son los de eje horizontal, y son los instalados principalmente en los parques eólicos marinos.

Hasta hoy, los parques eólico marinos se han limitado a aguas relativamente poco profundas, no obstante gracias a la experiencia y a los progresos realizados recientemente existe un gran potencial en las aguas más profundas. Estos parques utilizarán vientos más fuertes, proporcionarán la oportunidad de aprovechar mayores áreas, reduciendo a su vez el impacto visual terrestre.

3.2. Esquema básico de un Parque eólico Marino

La configuración de un parque eólico marino es similar a la de un parque eólico terrestre, mas por su emplazamiento demanda otros métodos en su construcción y mantenimiento. En este capítulo se hace una breve descripción de las tecnologías actuales y de los métodos usados en la construcción de un Parque eólico marino.

Un parque eólico marino consiste en un número variable de aerogeneradores que generan energía eléctrica a baja tensión a partir de la energía del viento, unos transformadores que suelen ir incluidos en las propias máquinas y convierten la electricidad de baja a media tensión, una torre meteorológica y líneas eléctricas que transportan la energía a una subestación que transforma la electricidad de media a alta tensión.

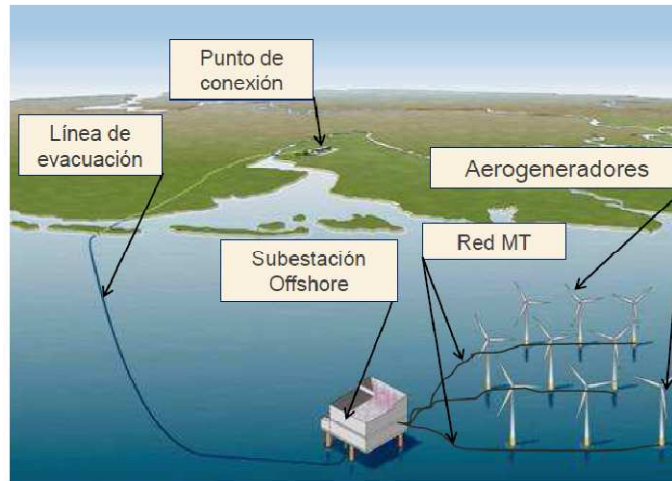


Ilustración 3. Esquema básico de un parque eólico marino

3.3. Funcionamiento de un aerogenerador

- Componentes: Cada aerogenerador consiste básicamente en un rotor, dotado normalmente de tres palas con diseño aerodinámico, que capta la energía del viento y la transforma en energía mecánica de rotación. El movimiento rotacional se transmite a través de un eje y varias etapas multiplicadoras a un generador cuya función es la producción de energía eléctrica. Los elementos citados se sitúan sobre una góndola o bastidor, soportada, a su vez, por una torre o fuste.
- Singularidades respecto a los aerogeneradores usados en un parque eólico terrestre: deben estar dotados de la adecuada protección y aislamiento adecuados al entorno marino, existe una mayor distancia entre turbinas que en los parques terrestres debido al régimen eólico, menor peso de la pala, por lo que se asume que el ruido es menos importante que en los parques onshore.
- Los principales fabricantes que existen en la actualidad son : Vestas (3 Mw), GE Wind (3.6 Mw), Repower (5 Mw), Enercon e-112 (6Mw)
- Suponen un coste entorno e 40-50 % del total de la inversión
- Diseño modular para facilitar montaje y mantenimiento

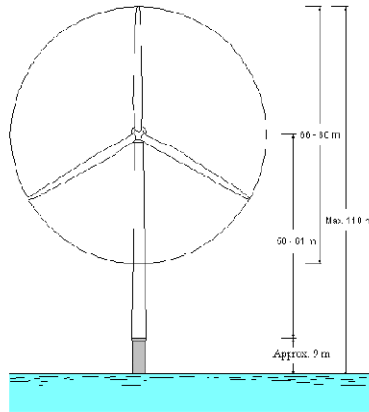


Ilustración 4. Dimensiones del aerogenerador

3.4. Tipos de cimentación

Al hablar de cimentación nos referiremos a la cimentación de todos los elementos marinos de la instalación, como son: los aerogeneradores, torres meteorológicas y subestación eléctrica. El tipo de estructura usada va a depender de la profundidad a la que se quiere construir, de las propiedades del terreno, de la distancia a la costa y del coste y disponibilidad de medios de construcción.

A continuación se expone los distintos tipos de cimentaciones con los que se está trabajando en la actualidad, que son: de gravedad, monopilote y estructuras tubulares. También se hará una breve reseña a las estructuras flotantes, aun cuando estas se encuentran actualmente en fase de experimentación. En la mayoría de ellos el montaje se hará mediante barcos especializados.

En la siguiente figura se muestran las estructuras típicas usadas para profundidades medias.

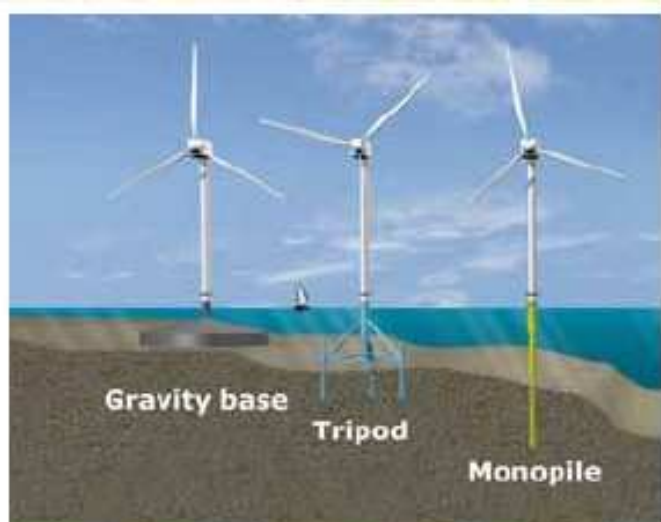


Ilustración 5. Tipos de cimentación usadas en profundidades medias

3.4.1.- Cimentación de gravedad: también son conocidas como GBS (Gravity Base Structure), son grandes cimentaciones superficiales capaces de mantener la estabilidad solo mediante el peso de la estructura. Suelen tener forma de cono, y los diámetros típicos son de 15-30 m, y válidos para calados entre 0-25 m . Su instalación requiere una preparación previa del terreno, teniendo que eliminar normalmente la capa superficial del fondo marino. En el diseño de la estructura también habrá que tener en cuenta la posible socavación que se puede producir en la base de la estructura de cimentación, por lo que habrá que contemplar algún elemento de protección.

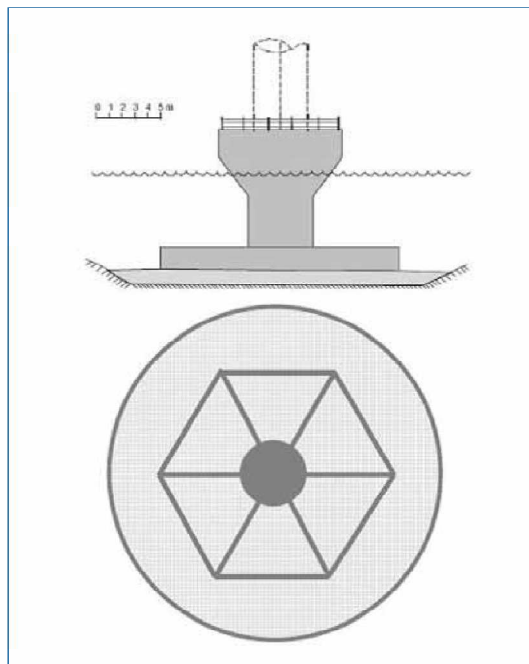


Ilustración 6. Cimentación de gravedad



Ilustración 7. Transporte e instalación de una cimentación de gravedad

3.4.2.- Monopilote: son cimentaciones profundas individuales, que mediante su penetración en el terreno, logran la transmisión de las cargas a éste. Consisten normalmente en tres componentes: un pilote de acero de entre 3-8 m de diámetro que se clava en el suelo mediante una perforación de hasta 30 m de profundidad, una pieza de transición que se asienta en el extremo superior del pilote, de acero, y que sirve de sujeción a la torre, y una plataforma de atraque para el acceso a la torre. Suelen ser indicadas para calados de entre 10-30 m, y para terrenos en los que se encuentra un cierto espesor de suelo blando hasta llegar a la capa de suelo competente. La cimentación tipo monopilote requiere una preparación mínima del fondo y resiste bien la erosión, aun así, hay que tener en cuenta la posible socavación que puede producirse en la base de la estructura.



Ilustración 8. Instalación de cimentación tipo monopilote

3.4.3.- Cimentaciones metálicas tubulares: estas engloban las cimentaciones tipo jacket y las trípodes, y provienen de la industria petrolera offshore. Según el terreno en el que se vayan a instalar pueden ir pilotadas o ir apoyadas sobre él mediante una base de gravedad de hormigón. Han sido diseñadas para su uso en aguas de 30 m de calado o más, en particular las Jackes se emplean en profundidades de hasta 60 m, siendo impuesta la limitación de su uso en estas profundidades por limitaciones

económicas. El coste de fabricación es elevado, pero tiene un amplio margen de reducción de costes a través del aprovechamiento de las economías de escala.



Ilustración 9. Transporte de cimentación tipo trípode hasta su localización



Ilustración 10. Instalación de una cimentación tipo trípode



Ilustración 11. Instalación de la estructura de cimentación tipo Jacket

3.4.4.- Estructuras flotantes. El desarrollo de estas estructuras, de las que ya hay varios prototipos de prueba en Europa, significará una mayor capacidad de instalación de parques eólicos marinos en zonas profundas. Normalmente se clasifican según el sistema que utilizan para lograr la estabilidad:

- Ballast Stabilized: logran la estabilidad mediante el peso de una subestructura
 - Mooring Line Stabilized: logran la estabilidad mediante unos cables en tensión
 - Bouyancy Stabilized: logran la estabilidad apoyándose en la superficie plana del agua.
- Lo habitual es que se utilice una mezcla de estos sistemas. El desarrollo de estas tecnologías ampliará de manera importantísima los potenciales lugares de ubicación, con lo que se podría reducir de forma significativa el impacto visual de las mismas.

En la siguiente ilustración se muestran las principales estructuras de flotación que se estudian en la actualidad.

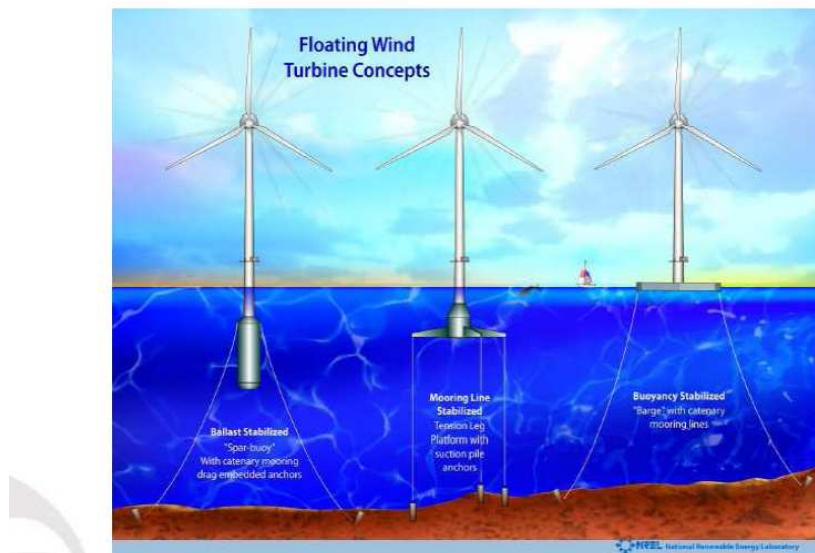


Ilustración 12. Estructuras de flotación

Como resumen, en la siguiente figura se muestran los principales tipos de cimentación usados así como sus características principales:

Tipo de cimentación	Aplicación	Ventajas	Inconvenientes
Monopilote (pivote d= 3.5-4.5 m, clavado 10-20m en lecho marino)	Preferible aguas poco profundas. Hasta 4 m diámetro. Requiere un firme sólido. Nuevos diseños en 5-6m. Dimensionado depende de tamaño olas y presión hielo.	Simple, ligera y versátil. No precisa acondicionar lecho marino. Para longitudes de hasta 35m. 35 días de montaje	Instalación cara por difícil manejo (longitud pivote), grúas especiales y pilotaje. Requiere pre-excavación del agujero. Difícil de reemplazar
Trípode o multipilote (pilotes d= 0.9-1m clavados a 10-20m prof)	Condiciones variadas. Requiere lecho marino sólido. Profundidad de agua >30m	Muy rígido y versátil. Mínimo acondicionamiento del lecho.	No apropiado para lechos con grandes bloques de rocas. Muy caro de construcción e instalación. Difícil de reemplazar
Gravedad +Cajón de hormigón armado relleno de arena y grava	Todo tipo de lechos marinos (plataforma continental)	Más barato que cimentación con base de acero en aguas poco profundas	Construcción cara en profundidades >10m.
Gravedad +Cajón de Acero (tubo cilíndrico sobre caja de acero plana)	Todo tipo de lechos marinos (plataforma continental). Aguas más profundas que cimentación de hormigón	Más ligero que el hormigón. Más fácil transporte e instalación. Menos gastos si la misma grúa se usa para erigir la torre	Más costoso en lechos erosionados (precisa acondicionamiento). Requiere protección catódica
Flotante (tipo plataforma petrolífera)	Aguas profundas (100m)	Menor coste por evitar excavación. Menos sensible a profundidad del agua.	No es rígida, luego oleajes bajos. Coste de amarre. Impide otras actividades (pesca o navegación) en el parque

Tabla 1. Características de los principales tipos de cimentación del aerogenerador

3.5. Protección contra la erosión

En función de la hidrografía de la zona se puede producir erosión en los sedimentos que se encuentran en la base de los aerogeneradores, pudiendo causar daños en la estructura, por ejemplo en los cables subterráneos que conectan los aerogeneradores con la subestación transformadora. Esta erosión va a suponer un problema durante la fase de funcionamiento de la instalación, y dependerá de la velocidad de las corrientes marinas, del tipo de sedimento y del tipo de cimentación. Esta erosión puede causar una variación de la topografía en la zona de la cimentación de los aerogeneradores, pudiendo llegar a ser de gran magnitud (hasta 10 m de profundidad), por lo que es necesario plantear técnicas encaminadas a evitarla, tales como realizar la cimentación a mayor profundidad del lecho marino, instalar estructuras de protección en la base del aerogenerador en un radio de unos 10 m,...



Ilustración 13. Proceso de erosión en la base del aerogenerador

3.6. Cable de conexión y subestación eléctrica:

Generalmente existe un transformador en el aerogenerador que transforma la energía eléctrica producida de baja a media tensión. Esta es conducida hacia la subestación eléctrica mediante el cableado del parque. La energía generada por cada aerogenerador se transporta mediante cables submarinos enterrados en el fondo del mar. Estos cables unen las turbinas con una subestación transformadora. Esta energía, a su vez, es transmitida a la costa mediante un cable submarino para llevarla hasta el sistema eléctrico público. Los cables submarinos son normalmente cables trifásicos de corriente alterna protegidos por un blindaje externo de acero, y normalmente se instalan a una profundidad de 1 metro.

Respecto al enterramiento del cable submarino encontraremos las dos técnicas que se usan generalmente para abrir la zanja necesaria a lo largo de todo el recorrido del cable son:

- Dragado: implica la excavación de una zanja y posterior deposición del material dragado junto a la zanja o en otra zona del fondo marino. A continuación se instala el cable submarino, dejando que la zanja se vuelva a rellenar de sedimentos por la acción natural del fondo del mar.
- Trenching: en este caso primero se instala el cable submarino en la superficie y a continuación el sedimento es desplazado mediante el uso de agua a presión, lo que hará al cable hundirse en el fondo marino.



Ilustración 14. Instalación del cable submarino de evacuación mediante “Trenching”



Ilustración 15. Instalación del cable submarino de evacuación mediante Dragado.

La función de la subestación eléctrica es transformar la energía generada por los aerogeneradores de media tensión a alta tensión para reducir así las pérdidas en su transporte. En el caso de instalaciones muy cercanas a la costa (menos de 5 Km) la subestación puede construirse en la costa. Normalmente el tipo de cimentación de la subestación eléctrica será la misma que la de los aerogeneradores.



Ilustración 16. Instalación de la subestación transformadora

3.6. Torres meteorológicas: las torres meteorológicas son otros de los elementos del parque eólico marino, y su función principal es caracterizar el recurso eólico con el fin de gestionar correctamente la instalación. Además, pueden llevar otros sensores que permitan medir otras características del medio como son la salinidad, la turbidez, el oxígeno disuelto, el oleaje, las mareas,...

En ocasiones, con el fin de poder mejorar posteriormente la producción de la instalación, esta torre puede ser instalada con anterioridad a la construcción de la instalación, en otras ocasiones esta torre no será instalada. La cimentación de la torre meteorológica normalmente se hará usando el mismo método al empleado en la construcción de los aerogeneradores.

Capítulo 4

Vectores de impacto

En este capítulo se determinarán todas las acciones del proyecto que pueden causar impacto sobre el medio, atendiendo a cada fase del ciclo de vida del proyecto. El término “Vector de impacto” se usará para describir las actividades o acciones que pueden causar impactos en el medio. Estos impactos podrán ser negativos o positivos, y pueden ser resultado de la acción directa o indirecta de cada vector. Para su mejor descripción se han dividido en función de la fase del proyecto en que se producen, dichas fases se han clasificado como: fase de construcción (en la que incluiremos los estudios previos), de funcionamiento (que incluirá las labores de mantenimiento y reparaciones) y de desmantelamiento. Estos vectores van a cambiar en función del tipo de cimentación utilizada para fijar el aerogenerador, así como del tipo de sustrato. Se ha considerado que, entre las acciones a evaluar adecuadamente en este tipo de proyectos deben tenerse en cuenta al menos las siguientes:

4.1. Fase de construcción

Las principales actividades durante esta fase serán: estudios previos, preparación del suelo, la instalación de la cimentación, el cableado y el transporte tanto por mar como por aire. Por tanto, los principales vectores a tener en cuenta serán:

- Suspensión de sedimentos durante la toma de muestras realizadas durante los estudios geomorfológicos
- Ruido procedente de la actividad de embarcaciones y de los estudios sísmicos o de sonar durante los estudios previos
- Cambios en la columna de agua y en el fondo marino durante los dragados
- Ocupación temporal de terrenos
- Suspensión y redistribución de sedimentos durante la hinca de pilotes, la cimentación y la instalación de la escollera de protección
- Ruido, impulsos de ruido y vibraciones durante la hinca de pilotes, la cimentación y la colocación de la escollera de protección

- Movimiento y funcionamiento de maquinaria: ruidos, perturbación física del fondo debido al anclaje de los buques utilizados para la construcción.
- Vertidos accidentales de contaminantes desde los buques
- Perturbación y pérdida de hábitats durante la apertura de zanjas para el tendido de cables
- Voladuras
- Demanda de materiales
- Vertido de materiales dragados: enfangamiento, enterramiento y cambio en la granulometría de los fondos
- Nivelación del suelo

4.2. Fase de operación y mantenimiento

Las principales actividades durante esta fase serán la operación de las turbinas, reparaciones y mantenimiento de la estación transformadora. Encontramos los siguientes vectores de impacto:

- Ocupación permanente de terrenos
- Pérdida de hábitats por la presencia física de la cimentación y protección contra la socavación
- Introducción de sustratos duros artificiales
- Reducción de la presión pesquera
- Campos electromagnéticos procedentes de los cables de evacuación
- vertido accidental de contaminantes procedentes de los buques de servicio
- Movimiento y funcionamiento de maquinaria
- Movimiento y emisiones de vehículos
- Aumento de la turbulencia, modificación en la capacidad de mezcla, modificación en el transporte de sedimentos por la presencia de la estructura de cimentación
- Ruidos y vibraciones transmitidas por el aire y el fondo procedentes de los aerogeneradores
- Alarma en el arranque de las turbinas
- Efecto barrera por la presencia de las estructuras
- Presencia de alumbrado
- Oportunidad de empleo local
- Reducción de gases efecto invernadero y del uso de combustibles fósiles

4.3. Fase de desmantelamiento

Cuando los aerogeneradores han llegado al final de su vida útil podemos encontrarnos con dos alternativas. La primera de ellas consiste en la sustitución de los mismos, en este caso nos encontraríamos con la generación de algunos de los vectores de impactos vistos en el primer apartado, provenientes del tráfico de embarcaciones, ruidos producidos durante el desmantelamiento e instalación de las nuevas turbinas,... La otra alternativa que nos podemos encontrar es la de desmantelar la instalación completamente, lo que supone el desinstalar la torre, subestación, cable subterráneo,.... Los vectores de impacto durante esta fase van a variar mucho dependiendo de la alternativa que se escoja para el desmantelamiento de la instalación:

- Retirada de los aerogeneradores, cimentaciones, cables y resto de infraestructuras asociadas
- Transporte a vertedero y /o reutilización de materiales
- Presencia de equipos, trabajadores y embarcaciones
- abandono del emplazamiento

A continuación se muestra la matriz de causa y efecto que se usa para la identificación y valoración de los impactos. Se han señalado con una "X" los principales efectos tanto negativos como positivos (en un desarrollo posterior se completaría la matriz con los valores de magnitud e importancia del mismo).

Causa del impacto	Estructura del fondo submarino	Organismos sésiles y fauna bentónica	Flora submarina	Peces	Aves	Mamíferos marinos	Paisaje	Recursos pesqueros	Usos recreativos	Tráfico marítimo	Calidad del agua	Empleo	Turismo
FASE DE CONSTRUCCIÓN													
Movimiento de tierras	X	X	X	X							X	X	
Instalación de las cimentaciones	X	X	X	X		X		X			X	X	
Voladuras	X	X	X	X		X		X				X	
Vertido de materiales	X	X	X	X				X				X	
Movimiento de embarcaciones				X	X	X	X		X	X	X	X	
Entierro de cable submarino	X	X	X									X	
FASE DE EXPLOTACIÓN													
Movimiento y funcionamiento de maquinaria					X	X						X	
Movimiento de embarcaciones						X	X		X	X	X	X	
Aerogeneradores					X	X	X	X	X			X	X
Trabajos de reparación						X			X	X	X	X	
Introducción de sustratos duros	X	X	X	X				X					
Campos electromagnéticos		X		X				X					

Tabla 2

Capítulo 5

Factores susceptibles de sufrir impacto

En este capítulo veremos en primer lugar los distintos factores del medio que podrían verse afectados por los vectores de impacto vistos en el capítulo anterior, y se hará una descripción del tipo de impactos que el parque eólico marino y sus infraestructuras asociadas podrían tener en dichos aspectos. Su propósito es facilitar una descripción de los distintos tipos de potenciales impactos a los que se deben prestar una especial atención a la hora de realizar el estudio de impacto ambiental de este tipo de instalaciones. Con este capítulo no se pretende indicar que el desarrollo de estas instalaciones sean un problema para el medio ambiente, ya que hay muchos casos donde los proyectos bien diseñados y localizados adecuadamente tienen impactos negativos limitados y muchas veces insignificantes. Tampoco se pretende en este capítulo el realizar una valoración de dichos impactos, ya que no es el objetivo de este proyecto, sino identificar los más importantes.

Dividiremos los factores ambientales que pueden ser afectados en:

1. Medio físico

1.1. Geología, geomorfología, alteración del lecho marino

1.1.1. Alteración de la estratigrafía de la zona: durante la instalación de las cimentaciones las grandes masas de tierra removidas alcanzan los estratos geológicos presentes debajo del lecho marino, pudiendo éstos ser afectados en mayor o menor medida en función del tipo de cimentación empleada.

1.1.2. Alteración de procesos geomorfológicos: puede suceder si, durante el proceso de cimentación, la disposición de materiales no se realiza de forma adecuada, por ejemplo, por la disminución de la profundidad del agua resultante de la acumulación de los terrenos excavados, se pueden producir cambios en el régimen de corrientes y oleajes, lo que influirá en la geomorfología local. También se debe considerar el efecto que la propia

presencia física de los aerogeneradores puede producir sobre las corrientes marinas y el oleaje.

1.1.3. Alteración y modificación del lecho marino: el proceso de movilización de sedimentos hará que desaparezca una parte del biotopo de la zona, lo que podrá influir en las comunidades animales y vegetales que habiten en la zona, o que puedan ser afectadas por el depósito de sedimentos. En otros casos, la resuspensión de sedimentos provoca la movilización de contaminantes depositados, lo que puede provocar una disminución de la calidad de las aguas.

1.1.4. Contaminación del lecho marino por derrame de combustibles: procedente de las embarcaciones y maquinaria usadas durante la fase de construcción y durante las labores de mantenimiento y reparación.

1.2. Aire

1.2.1. Ruido aéreo: Además de los ruidos producidos durante la fase de construcción y desmantelamiento, cuyo efecto es claramente temporal, existen otros generados durante el funcionamiento del parque, como son los ruidos de rotación de las palas y el de los mecanismos internos de la góndola y la torre. Por otro lado, estos movimientos darán lugar a vibraciones que se transmitirán tanto en el medio aéreo como marino. Este ruido puede generar molestias a las aves y a los habitantes de las poblaciones cercanas (este último punto es improbable debido a la distancia del parque a la costa)

1.2.2. Calidad del aire. Ahorro de emisiones: Si bien durante la fase constructiva se producirán ciertas emisiones procedentes de la maquinaria utilizada, el efecto producido será poco significativo y claramente temporal, siendo ampliamente compensado por el ahorro de emisiones obtenido durante el funcionamiento del parque offshore.

1.2.3. Contaminación lumínica: para evitar el riesgo de colisión de embarcaciones y aviones se usan distintos medios de señalización, como la instalación de balizas luminosas en lo alto de los aerogeneradores. Por

ello, se genera cierta contaminación luminosa del paisaje costero nocturno.

1.3. Agua

1.3.1. Hidrografía. Alteración de las corrientes marinas: generalmente este impacto será insignificativo, excepto en los casos en que se realice una mala disposición de los aerogeneradores. Los principales impactos derivarán de la aparición de zonas de erosión no previstas, transporte de sedimentos hacia áreas no deseadas y disminución del oleaje debido al efecto de obstáculo de la instalación.

1.3.2. Alteración de la calidad del agua por la resuspensión de sedimentos durante las labores de cimentación y colocación del cable submarino. Durante el desmantelamiento de la instalación ocurrirán los mismos procesos.

1.3.3. Alteración de la calidad del agua por vertidos: que pueden proceder de las embarcaciones, turbinas, ..

1.3.4. Impacto generado por el calor y campo electromagnético generado por la línea eléctrica submarina

2. **Potenciales impactos en el medio biótico**

2.1. Potenciales impactos en organismos sésiles

2.1.1. Creación de nuevos hábitats: como hemos visto, las actuales tecnologías están basadas en muchos casos en la cimentación de la estructura, y en estas instalaciones además se protege la estructura de la erosión mediante la instalación de escolleras de protección. Esto supone que encontraremos un nuevo sustrato en el fondo del mar, y cada vez que un nuevo material es introducido en el mar puede ser colonizado por nuevos organismos. Esta colonización por parte de la fauna bentónica producirá un aumento en la heterogeneidad del hábitat, y por tanto cambios en la comunidad bentónica tales como un aumento de la biomasa. Como

resultado de ambos factores se producirá un aumento en la comida disponible para peces y aves marinas en la zona cercana al aerogenerador. Habrá que tener en cuenta la posible incidencia de estos cambios en la cadena trófica de la zona.



Ilustración 17. Fauna bentónica

2.1.2. Aumento de la temperatura el agua cercana a los cables submarinos: al efecto producido por este aumento de temperatura será normalmente insignificante debido a que, mientras los cables generalmente se entierran en una profundidad de unos tres metros, la mayoría de los animales bentónicos habitan en los 5-10 cm superiores en aguas abiertas, y existen pocas especies que habiten a profundidades mayores. Por tanto, a condición de que la profundidad a la que se ha enterrado el cable sea suficiente, este efecto no tendrá influencia sobre dichos organismos.



Ilustración 18. Hábitat en la zona de cimentación

2.2. Vegetación terrestre: las estructuras en tierra asociadas a estas instalaciones solo influyen en la vegetación terrestre si ésta se caracteriza por una elevada densidad o si se trata de especies protegidas o bien a lo largo del trazado de la línea eléctrica o bien en la ubicación de la estación transformadora terrestre.

2.3. Potenciales impactos en peces

2.3.1. Desplazamiento del hábitat durante la fase de construcción: esta fase inevitablemente genera ruido por la preparación del fondo marino (por ejemplo mediante el uso de explosivos), la instalación de la estructura y el tráfico de embarcaciones, lo que puede causar un alejamiento temporal de las distintas especies de peces que viven en la zona.

2.3.2. Trastornos en la orientación: la transmisión de la electricidad a través de los cables submarinos dentro de la estación puede crear campos magnéticos que pueden interferir con los sistemas de orientación de determinadas especies, particularmente los elasmobranquios (tiburones y rayas) al ser estos particularmente sensibles a los campos magnéticos.

2.3.3. Muerte de determinadas especies por el ruido generado en la fase de funcionamiento: para determinadas especies (tales como el salmón atlántico) el ruido operacional puede ser perceptible a una distancia de kilómetros. Este ruido puede tener efectos potencialmente mortales en etapas tempranas de la vida, pero aun no existen estudios concluyentes al respecto.

2.3.4. Introducción de nuevas especies: la estructura formada por la cimentación y la escollera de protección, tal y como hemos visto, supone la creación de un “arrecife artificial”, lo que va a atraer a determinadas especies de peces, ya que éste les ofrece protección frente a los depredadores y a las fuertes corrientes. Además, otras especies lo usarán como zona de reproducción.

2.3.5. Alteración del hábitat de los peces bentónicos debido a los cambios en la distribución de sedimentos al producirse modificaciones en las corrientes por la presencia de las estructuras.

2.4. Potenciales impactos en mamíferos marinos: Los mamíferos marinos (ballenas y cetáceos) pueden verse afectados por los parques eólicos marinos de varias maneras:

2.4.1. Desplazamiento del hábitat por el ruido generado en la fase de construcción: el ruido tiene la capacidad de desplazarlos de su hábitat, interferir en su comportamiento normal y, a niveles muy altos, causar un daño físico. Durante la fase de construcción el ruido y la vibración de la hinca del pilote y de otros trabajos como la preparación del fondo marino (por ejemplo mediante el uso de explosivos) y el tráfico de embarcaciones puede afectar a estos animales y temporalmente alejarse (monitorización de phocoena phocoena en el parque de Nysted). Generalmente este impacto suele ser temporal, pero el ruido generado puede dañar e incluso matar a mamíferos marinos o causar el abandono de estos del área de construcción.

2.4.2. Molestias generadas por el ruido procedente del funcionamiento: Durante la fase de funcionamiento, el ruido generado por el motor de rotación y las góndolas es reflejado por la superficie del agua y por lo tanto no contribuye a elevar apreciablemente el ruido submarino. Sin embargo, el ruido producido por el generador se transmite desde la torre hacia el agua en forma de vibraciones. Este ruido será claramente oído por algunos mamíferos marinos, se espera que el impacto sea pequeño y localizado, pero es difícil generalizar dado el limitado número de estudios realizados.



Ilustración 19. Tráfico de embarcaciones en un parque eólico marino

2.5. **Aves:** Este quizás sea el elemento ambiental más estudiado, tanto en parques eólicos en tierra como en los marinos, por lo que se dispondrá de un alto número de fuentes de información, inventarios y estudios científicos al respecto.

2.5.1. Destrucción / Modificación del hábitat: la ocupación del terreno por parte del parque eólico puede suponer la destrucción del hábitat al sufrir una degradación de sus principales valores (datos de la SEO/Birdlife). Respecto a la modificación del hábitat, comentar que el nuevo hábitat que se podría crear por la introducción de las cimentaciones en el lecho marino, puede causar un incremento en la presencia de diversas especies de peces, apareciendo por tanto una nueva zona de alimentación para las aves.

2.5.2. Presencia física de las turbinas: pueden actuar como una barrera en el paso de las aves migratorias, o como obstáculo entre las zonas que las aves usan para la alimentación y descanso. Este efecto barrera puede afectar al éxito reproductor y supervivencia de la especie, al sufrir estas un mayor gasto energético al intentar esquivar los parques eólicos (datos de la SEO/Birdlife).

2.5.3. Colisiones: se dan cuando las aves no consiguen esquivar los aerogeneradores, siendo causa de mortalidad directa, así como las lesiones debido a la turbulencia que generan los rotores. Puesto que sus

efectos son más evidentes y medibles, es uno de los principales motivos de preocupación a la hora de considerar los riesgos de los parques eólicos (datos de la SEO/Birdlife).

2.5.4. Molestias y desplazamiento: la presencia física de los aerogeneradores, el ruido, el tráfico de embarcaciones suponen unas molestias para las aves que pueden llevar a éstas a evitar la zona donde se encuentra la instalación, viéndose obligadas a desplazarse a otros hábitats. El problema surgirá cuando estas áreas alternativas no tengan la suficiente extensión o se encuentren demasiado lejos, en cuyo caso el éxito reproductivo y supervivencia de la especie puede llegar a disminuir (datos de la SEO/Birdlife). Por otra parte, la presencia de las luces de señalización en los aerogeneradores pueden producir una atracción en determinadas especies de aves (especialmente las de hábitos nocturnos) pudiendo por este motivo aumentar el riesgo de colisión de dichas especies.



Ilustración 20. Patrones de vuelo de aves migratorias a través de un parque eólico marino

3. Potenciales impactos sobre el medio socioeconómico

3.1. Paisaje: El impacto paisajístico producido por la simple presencia física de las turbinas es uno de los aspectos que más preocupa a la sociedad, produciéndose un gran rechazo social. La presencia de las turbinas, el movimiento de las palas destacará en un entorno en el que domina la

horizontalidad. La valoración del impacto resultante dependerá en gran medida de la subjetividad de los observadores.

3.2. Obstáculo para la navegación: producido por la presencia de las turbinas, las embarcaciones, tanto de la fase de construcción como en la de funcionamiento, produciendo una limitación en los usos del territorio que afectará a: embarcaciones de recreo, navegación comercial, la relacionada con la pesca y con la defensa.

3.3. Efectos sobre el turismo: este efecto estará relacionado con el cambio en el paisaje, y con la forma en que ese cambio es percibido por los turistas.

3.4. Efectos sobre la pesca: durante la fase de construcción se prohibirá toda actividad pesquera en toda la superficie del parque, y durante la fase de funcionamiento se verán prohibidas ciertas artes de pesca (como la de arrastre), con el consiguiente perjuicio para este sector. Por otro lado, también se podrá ver afectada de manera negativa por la disminución de recursos (resultante de la alteración del hábitat), o de forma positiva por la creación de un “arrecife artificial” en la zona de las cimentaciones (lo que puede atraer a determinadas especies de peces).

3.5. Nueva fuente de recursos “limpios”: el uso de un recurso natural renovable para la producción de energía eléctrica constituye el factor más positivo de este tipo de instalaciones.

3.6. Empleo: el efecto sobre el empleo dependerá en parte del efecto del parque eólico sobre alguno de los factores vistos anteriormente, como el turismo, la pesca. El parque eólico ejercerá impacto directo sobre el empleo mediante la

creación directa de empleo motivada por la construcción del parque, labores de mantenimiento, de vigilancia,..

Capítulo 6

Valoración de impactos

La evaluación de la importancia de un impacto es el principal objetivo de un estudio de impacto ambiental, ya que determina el valor de un impacto (positivo o negativo) y puede dictar las medidas que deben aplicarse para evitar o atenuar los efectos de un impacto negativo para el medio. Será esta evaluación la que determinará la aceptación ambiental del desarrollo del proyecto en estudio.

En rasgos generales, el objetivo de la valoración de impactos es identificar y valorar los efectos notables que la realización del proyecto producirá sobre el entorno, y para ello es necesario basarse en los datos obtenidos tras el estudio de las acciones de impacto (vectores de impacto) derivados del proyecto, y de su interacción con los factores ambientales afectados. La valoración del impacto dependerá del valor ambiental del aspecto afectado, de las especies afectadas, la ecología y grado de conservación de la zona, el tamaño y diseño del parque eólico marino. La determinación del valor ambiental de un elemento debe haberse realizado previamente en el inventario ambiental, mientras que la segunda parte se determinará en el apartado de valoración de impactos. Por tanto, esto nos hace ver la importancia de llevar a cabo un estudio en profundidad de las características ambientales de la zona afectada por el proyecto, estudio cuyos datos vienen reflejados en el Inventario ambiental.

Establecer una metodología estándar para la valoración de los impactos producidos por la instalación es muy complicado, debido a la diversidad de factores que se pueden ver afectados, así como a que las respuestas de los ecosistemas a los diferentes impactos variarán en función de la localización de la instalación. Asimismo, los niveles aceptables de impacto también variarán, dependiendo del estado de conservación de la zona, así como del estado de la especie o del hábitat estudiado.

En la valoración del impacto también debe considerarse la escala del estudio, ya que variará en función del aspecto ambiental estudiado. Por ejemplo, para especies migratorias que recorren grandes distancias, el impacto en una localización específica puede tener consecuencias para otras especies que se encuentran en un área alejada de la instalación.

1.- Caracterización de impactos

Para poder realizar la valoración del impacto global del proyecto, en primer lugar se debe caracterizar cada uno de los impactos que produce la instalación. Es importante seleccionar los criterios de valoración adecuados, a continuación se describe algunas de las características del impacto a las que se debe atender:

- Naturaleza: hace referencia al carácter beneficioso o perjudicial del impacto.
- Carácter: simples, acumulativos o sinérgicos. Se dice que dos efectos son sinérgicos si su manifestación conjunta es superior a la suma de las manifestaciones si las valorásemos por separado.
- Duración: temporales o permanentes.
- Recuperabilidad: se refiere a la posibilidad de reconstruir el factor afectado por medio de la intervención humana.
- Reversibilidad: se refiere a la posibilidad de reconstruir el medio factor afectado por medios naturales, se considerarán impactos reversibles o irreversibles.
- Relación causa-efecto: es Directa si es la acción misma la que origina el efecto, e Indirecta si es otro efecto el que lo origina, generalmente por la interdependencia de un factor sobre otro.
- Intensidad: expresa el grado de incidencia de la acción sobre el factor, que puede considerarse desde una afección mínima hasta la destrucción total del factor.
- Extensión: representa el área de influencia esperada en relación con el entorno del proyecto, que puede ser expresada en términos porcentuales. Si el área

está muy localizada, el impacto será puntual, mientras que si el área corresponde a todo el entorno el impacto será total.

- Momento: se refiere al tiempo que transcurre entre el inicio de la acción y el inicio del efecto que esta produce. Puede expresarse en unidades de tiempo, normalmente años, y se considera que el Corto plazo corresponde a menos de un año, y el largo plazo a más de cinco años.
- Persistencia: se refiere al tiempo que se espera que permanezca el efecto desde su aparición. Puede expresarse en unidades de tiempo, generalmente años, y se considera que es fugaz si se mantiene menos de un año, Temporal si lo hace de uno a diez, y si supera los diez años Permanente.

Por lo tanto, para cada impacto ambiental identificado, la significancia del impacto dependerá de:

- La magnitud del impacto
- El tipo de impacto
- La extensión
- Duración
- Intensidad
- Periodo
- Probabilidad

2.- Valoración de impactos

Una vez caracterizados los impactos, y definidos los impactos negativos, es necesario diferenciar la gravedad de dicho impacto en el proyecto. Para ello, se definirán los siguientes criterios de valoración:

- Impacto ambiental compatible
- Impacto ambiental moderado
- Impacto ambiental severo

- Impacto ambiental crítico

Para los impactos positivos también se recomienda establecer una escala de valoración similar a la empleada para los impactos negativos.

Dentro del proceso de evaluación de impactos sobre el medio ambiente o sobre alguno de sus factores existen muchos modelos, a continuación describiremos brevemente los métodos más empleados. Hay que tener en cuenta que a la hora de realizar la valoración de impactos va a ser fundamental el elegir el método adecuado para las necesidades específicas de cada estudio.

- Medidas directas: por ejemplo de hábitats o áreas destruidas o afectadas, proporcionando pérdidas en algunas especies de la población, hábitats y comunidades
- Sistemas de red y gráficos: como las matrices causa-efecto (Leopold) y Listas de chequeo
- Sistemas cartográficos: superposición de transparencias, GIS (sistemas de información geográficos,...)
- Análisis de sistemas
- Analógicos: básicamente se remite a la información de proyectos similares al estudiado, usando la información existente acerca de la medición y seguimiento de los impactos actuales para ser usados como una analogía para evaluar los impactos del proyecto en estudio.
- Opinión de paneles de expertos
- Métodos basados en indicadores
- Modelos de predicción
- Métodos cuantitativos: Método del Instituto Batelle Columbus

Estos son algunos de los métodos existentes para la evaluación de impactos, la elección dependerá del factor que queramos estudiar, la disponibilidad de información, el criterio del equipo que realiza el proyecto,...

Al no ser el objetivo de este proyecto la realización de un estudio de impacto ambiental de un Parque eólico marino en concreto, nos limitaremos a describir

algunos de los factores a tener en cuenta a la hora de la evaluación de los impactos de un parque eólico marino, así como anotar en alguno de ellos el carácter de dicho impacto. Para realizar esta descripción seguiremos el esquema que usamos en el capítulo... a la hora de definir los Factores ambientales, clasificando el medio en medio físico, medio biótico y medio socioeconómico.

1. Medio físico

1.1. Geología, geomorfología, alteración del lecho marino

1.1.1. Alteración de la estratigrafía de la zona: va a estar fundamentalmente relacionada con el tipo de cimentación empleado y con las características del lecho existente. Respecto a la cimentación, en el capítulo 3 vimos los distintos tipos de cimentación y sus principales características, por lo anteriormente descrito se puede deducir que el impacto será de mayor o menor magnitud en función del tipo de cimentación empleado. En las cimentaciones de gravedad el lecho marino se verá más afectado que en las tipo trípode o monopilote, al necesitar las primeras una mayor preparación del mismo. Por otro lado, la instalación de una cimentación tipo trípode o monopilote en un sustrato con presencia de roca dura llevará aparejado el uso de explosivos. Todo esto nos conduce a indicar la importancia de la realización de un estudio previo para la adecuada caracterización de los sustratos, de tal forma que se puedan conocer las reacciones de los mismos ante cada tipo de cimentación.

1.1.2. Alteración de procesos geomorfológicos: la presencia física del parque eólico puede producir cambios en el oleaje y las corrientes, lo que dependerá de la estructura del Parque eólico (número de aerogeneradores, disposición, distancia entre ellos) y de la localización del parque eólico. Debido al cambio en el oleaje se pueden dar procesos de erosión en el entorno de las cimentaciones o en lugares más alejados, lo que debe ser estudiados mediante modelizaciones. Será preciso disponer de una caracterización de los sedimentos, así como de las modelizaciones de los cambios en las corrientes, y oleaje que se producirán con la instalación.

1.1.3. Alteración y modificación del lecho marino: el impacto estará relacionado con el tipo de cimentación y el tipo de lecho. Las de gravedad tendrán una ocupación del suelo mucho mayor. Será preciso la modelización e las corrientes de la zona.

1.1.4. Contaminación del lecho marino por combustibles: se puede producir por vertidos accidentales por parte de las embarcaciones y maquinarias necesarias para las labores de construcción y mantenimiento del parque eólico (en este caso la medidas protectoras van destinadas a evitar este tipo de impacto) y por movilización de contaminantes ya existentes en el sustrato. Este riesgo se debe valorara en función de los resultados de las prospecciones previas.

1.2. Aire

1.2.1. Ruido aéreo: la valoración de este impacto dependerá del ruido emitido y de la distancia a los receptores. Es importante el realizar una modelización de los niveles de ruido. El ruido generado durante la fase de construcción será de carácter temporal, pero puede ser de mayor o menor magnitud en función del momento en que se produzca por el impacto en las aves.

1.2.2. Calidad del aire: la valoración del ahorro de emisiones dependerá del tipo de instalación eléctrica respecto al cual se realice el análisis comparativo. También en este punto es importante tener en cuenta las implicaciones económicas por la aparición del mercado de créditos de emisión. Este impacto se considerará positivo.

1.2.3. Contaminación lumínica: la señalización de los aerogeneradores deben cumplir lo especificado en la legislación de cada país, por lo que será un impacto que no se podrá evitar. Para valorarlo se debe tener en cuenta la intensidad, disposición de dicha señalización, distancia a la costa, así como las condiciones ambientales predominantes.

1.3. Agua

1.3.1. Hidrografía. Alteración de las corrientes marinas: en este punto será fundamental el disponer de un estudio de las corrientes marinas existentes en la zona, así como de la modelización del efecto del parque en las corrientes y el oleaje de la zona. Se debe realizar una comparativa entre el estado actual y el estado tras la construcción, teniendo en cuenta el oleaje, vientos, topografía, corrientes circulantes y la disposición, número y dimensiones de los aerogeneradores. El impacto se valorará en función de la influencia detectada mediante la comparación de escenarios.

1.3.2. Alteración de la calidad del agua por la resuspensión de sedimentos durante las labores de cimentación y colocación del cable submarino: La construcción y el desmantelamiento del parque eólico pueden causar efectos en la calidad del agua al distribuir y resuspender las partículas de sedimento del fondo marino. La cantidad de partículas resuspendidas y el radio de impacto dependerán de varios factores, como las características de los sedimentos (por ejemplo el tamaño de las partículas), la hidrodinámica de la zona y el tipo de cimentación utilizado. Las actividades de excavación necesarias para las cimentaciones de gravedad pueden causar más resuspensión de sedimentos que el resto de tipos de cimentación. Esta resuspensión de sedimentos producida durante las fases de construcción y desmantelamiento podrán causar impactos a las comunidades bentónicas, si bien este tipo de impacto será de carácter temporal, desapareciendo una vez finalizadas las labores de construcción. Los efectos de esta nube de sedimentos serán más severos para organismos filtradores, que tienen una limitada capacidad de tolerar el sedimento. Para evaluar todos estos impactos es necesario la modelización de la distribución del sedimento durante las labores de construcción. Al igual que con la cimentación de las estructuras, la instalación de los cables implica cierto riesgo de resuspensión y posterior sedimentación de partículas, y la eliminación directa de la fauna y flora de la zona afectada. Se notarán mayor efecto en los cambios de diversidad de especies particularmente en especies de crecimiento lento

tales como los corales, que se pueden ver sustituidas por otras especies oportunistas. El impacto producido también dependerá de la técnica empleada para el enterramiento del cable submarino.

1.3.3. Alteración de la calidad del agua por vertidos: que pueden proceder de las embarcaciones, turbinas,.. uno de los principales impactos que podrían presentarse es el de contaminación del agua por vertidos, procedentes tanto de las embarcaciones y maquinarias empleadas en la construcción, como de las embarcaciones usadas para el mantenimiento o de alguna de las infraestructuras del parque. El efecto del vertido sería la contaminación del medio marino tanto en la zona en que se produce como a donde se desplace, y su impacto variará en función de la sustancia vertida.

1.3.4. Impacto producido por el calor y campo electromagnético generado por la línea eléctrica submarina: se ha demostrado en estudios existentes acerca de la generación de campos electromagnéticos de líneas eléctricas subterráneas que a escasos metros de la línea el campo magnético producido es similar al de la tierra. Respecto a la posible afección en mamíferos marinos o peces, será necesario la realización de un muestreo previo a la instalación del cable a lo largo de la línea de soterramiento. (seas, 2003).

1.3.5. Ruidos y vibraciones submarinas: como hemos visto, durante la fase de construcción se producirá la emisión de ruidos y vibraciones submarinas que pueden causar impactos en las poblaciones piscícolas de la zona. El valor de este impacto dependerá en gran medida del momento en que se produzca dichas alteraciones, como las fases de cría, reproducción,...Un método para poder evaluar este impacto es la modelización de estos efectos, teniendo en cuenta todos los componentes de la instalación. Se deberá tener en cuenta que el impacto producido por estos ruidos solo deberá considerarse en el

caso en que superen los niveles de fondo, en especial el ruido producido por el tráfico de embarcaciones.

2. Medio biótico

2.1. Organismos bentónicos

Durante la fase de construcción del parque eólico se verán afectados los organismos tanto planctónicos como bentónicos, aunque generalmente de manera temporal, y es de suponer que los efectos de este impacto desaparecerán gradualmente. Para determinar la magnitud del impacto habrá que considerar la superficie afectada, la duración del impacto y el valor biológico de las especies presentes. Es por tanto muy importante el disponer de estudios acerca de las comunidades existentes en la zona mediante la realización de estudios de campo tanto en la zona de instalación del parque eólico como en la de la línea eléctrica submarina.

Durante la fase de funcionamiento los impactos producidos serán principalmente los causados por la presencia física del Parque eólico marino y las actividades propias del funcionamiento.

2.1.1. Creación de nuevos hábitats: durante la fase de funcionamiento el principal impacto sobre estos organismos provendrá de la introducción de un nuevo sustrato en el medio (cimentaciones), que podrá ser colonizado por nuevas poblaciones. Para valorar este efecto habrá que tener en cuenta las características de los hábitats que se generarán y de las características del hábitat original, ya que darán lugar a la aparición de unas u otras especies normalmente adaptadas al sustrato duro.

2.1.2. Alteración del hábitats: Durante la fase de construcción se producirá una alteración del hábitat debido a los efectos producidos por las tareas constructivas, tales como la resuspensión de sedimentos, la apertura de

zanjas, aumento de turbidez, y posibles vertidos. El efecto de este impacto es difícil de prever, ya que dependerá en gran parte del régimen de corrientes existente en la zona, que distribuirán la nube de sedimentos que posteriormente se depositará sobre el fondo y organismos sésiles. Para esta valorización es necesario, por tanto, el disponer de datos acerca de la modelización de las corrientes marinas. Es también importante el disponer de una adecuada caracterización del lecho marino, ya que en función de este encontraremos distintos tipos de comunidades bentónicas (por ejemplo, en sustrato duro encontraremos comunidades con mayor complejidad por lo que resultan más sensibles a las alteraciones). También será interesante el disponer de datos de la existencia de praderas de fanerógamas en la zona, debido a la importancia de las en los ecosistemas en los que se encuentran, debido a su gran importancia ecológica (productores primarios, fuente de alimentación directa de muchos otros organismos), además de ser unos buenos indicadores ambientales.

Impacto	Acción del proyecto	Duración	Carácter
Alteración del hábitat	Resuspensión de sedimentos durante la fase de construcción	Temporal	(-)
Campo electromagnético	En la fase de funcionamiento emitidos por el cable de evacuación	Permanente	(-)
Pérdida del hábitat	Labores propias de la construcción de la instalación	Temporal	(-)
Creación de nuevos hábitats	Presencia de las cimentaciones	Permanente	(+)(*)
(*) Dependerá de la idoneidad del hábitat generado			

Tabla 3. Impactos en organismos bentónicos

2.2. Vegetación terrestre: las estructuras en tierra asociadas a estas instalaciones solo influyen en la vegetación terrestre si ésta se caracteriza por una elevada densidad o si se trata de especies protegidas o bien a lo largo del trazado de

la línea eléctrica o bien en la ubicación de la estación transformadora terrestre.

2.3. Potenciales impactos en peces

Será necesaria la realización de muestreos para identificar las especies presentes en la zona, así como la existencia de rutas de migración de algunas especies. En el informe se debe indicar el tipo de muestreo empleado, recomendándose que sea de al menos un año.

2.3.1. Alteración del hábitat: durante la fase de construcción hemos visto que se producirá una resuspensión de sedimentos, lo que puede afectar a los peces bentónicos. Para evaluar este impacto será necesario disponer de una modelización de la hidrodinámica de la zona. Respecto a los ruidos y vibraciones que se pueden producir durante la fase de construcción, para evaluar el impacto también será necesario disponer de la modelización del nivel sonoro producido durante las labores propias de la construcción (perforación, transporte de materiales,..). La magnitud de este impacto dependerá de la extensión del área afectada, y de las poblaciones que sufren este impacto, y se considera de carácter temporal.

Durante la fase de funcionamiento, se pueden crear nuevos hábitats debido a la presencia de las cimentaciones. Habrá que tener en cuenta el tipo de lecho existente con anterioridad (duro o blando), ya que la introducción y creación de un nuevo hábitat de lecho duro puede suponer el desplazamiento de la biocenosis que lo habitaban, produciéndose un desequilibrio en las poblaciones originales. Respecto al ruido y vibraciones procedentes del funcionamiento de los aerogeneradores, existe cierto desconocimiento científico de los efectos, por lo que deberá cubrirse a través de la experiencia. Al igual que en apartados anteriores, debe de considerarse el ruido submarino únicamente cuando supere los niveles de fondo. Y por último, en relación a los impactos sobre las rutas migratorias de peces, la magnitud de este impacto vendrá determinada por las especies afectadas en el estudio así como el posible efecto sinérgico sobre los recursos pesqueros.

2.3.2. Trastornos en la orientación causados por la emisión de ondas electromagnéticas por el cable submarino de evacuación: se considera que este campo magnético solo se hace sentir en una corta distancia alrededor de los cables, por lo que los estudios realizados consideran que este impacto es pequeño, aunque los resultados disponibles no son concluyentes.

2.3.3. Muerte de determinadas especies por el ruido generado en la fase de funcionamiento: este efecto se considera de carácter temporal.

2.3.4. Creación de nuevos hábitats: como hemos visto anteriormente la introducción de las cimentaciones y su estructura de protección supone la creación de un nuevo hábitat para los organismos bentónicos y peces, y por lo tanto una nueva zona de alimentación para peces, mamíferos marinos y aves. Este impacto que a priori considerábamos positivo debe ser valorado con mayor atención.

En primer lugar se ha de tener en cuenta cuál era el sustrato original de la zona, ya que si el biotopo original era arenoso, la introducción de este nuevo hábitat podría dar lugar a la aparición de nuevas especies, lo que podría causar modificaciones en la cadena trófica de la zona. Además, el aumento de la fuente de alimento dará lugar a un aumento del paso de mamíferos y aves, lo que su vez hace incrementar el riesgo de colisión de los mismos con las estructuras del parque.

Es por tanto muy complicada la valoración de este impacto, por lo que será muy importante el realizar un estudio en profundidad tanto previo como a posteriori para poder tener datos que ayuden a evaluar el impacto.

2.3.5. Alteración del hábitat de los peces bentónicos debido a los cambios en la distribución de sedimentos al producirse modificaciones en las corrientes por la presencia de las estructuras.

2.3.6. Eliminación de nuevos hábitats: en la fase de desmantelamiento se eliminarán los nuevos hábitats resultantes de la construcción de la instalación. La valoración de este impacto es muy complicada, ya que se parte de la falta de información sobre la calidad y riqueza de los ecosistemas que se crearán en las cimentaciones. Para caracterizar este impacto y valorarlo será más oportuno en el plan de vigilancia, de cara a la fase de

desmantelamiento, y establecer las medidas protectoras que minimicen su afección.

Impacto	Acción del proyecto	Duración	Carácter
Alteración del hábitat	Ruidos producidos en la fase de construcción	Temporal	(-)
Alteración del hábitat	Cambios en la distribución de sedimentos	Temporal	(-)
Alteración del hábitat	Ruidos producidos en la fase de funcionamiento	Permanente	(-)
Trastornos en la orientación	Emisiones electromagnéticas producidas por el cable submarino	Permanente	(-)
Creación de nuevos hábitats	Presencia de cimentaciones	Permanente	(+)(*)
Eliminación de nuevos hábitats	Desmantelamiento del parque	Temporal	(-)(*)
(*)Dependerá del tipo de hábitat creado			

Tabla 4. Impactos en peces.

2.4. Potenciales impactos en mamíferos marinos:

Para determinar la magnitud del impacto del parque eólico sobre los mamíferos marinos será necesario conocer el grado de ocupación de la instalación de las zonas de cría, reproducción y alimentación de las especies presentes en la zona. Por lo tanto, será preciso el realizar un inventario de las comunidades presentes, así como de su comportamiento, ciclos vitales,... Los mamíferos marinos (ballenas y cetáceos) pueden verse afectados por los parques eólicos marinos de varias maneras:

2.4.1.1. Desplazamiento del hábitat por el ruido generado en la fase de construcción: dependiendo de la especie y del tipo de ruido generado (frecuencia), estas pueden alejarse de la zona debido al ruido generado, tal y como se ha comprobado que ocurre en algunos ejemplares jóvenes de ballenas. Se considera que este impacto tendrá carácter temporal.

2.4.1.2. Molestias generadas por el ruido procedente del funcionamiento: En la fase de funcionamiento del parque, el ruido procedente del los

aerogeneradores y las embarcaciones también deberán tenerse en cuenta, no tanto por su intensidad como por su carácter continuo. Existen muchas lagunas respecto a los posibles efectos de estos ruidos sobre los mamíferos marinos, como por ejemplo la interferencia de las vibraciones sobre los sistemas de sonar de guiado sobre los cetáceos, por lo que es importante recabar información sobre estos efectos ya en la fase de funcionamiento para poder establecer las medidas correctoras oportunas.

Impacto	Acción del proyecto	Duración	Carácter
Abandono del hábitat	Ruidos producidos en la fase de construcción	Temporal	(-)
Pérdida del hábitat	Durante la fase de construcción	Temporal	(-)
Alteración den el comportamiento	Ruidos producidos en la fase de funcionamiento	Permanente	(-)
Efecto barrera	Por la presencia física de los aerogeneradores	Permanente	(-)
Interferencias con sistemas de orientación	Presencia del parque	Permanente	(-)(*)
Creación de nuevos hábitats	Presencia de las cimentaciones	Permanente	(+)(*)
(*)No existe certeza al respecto			

Tabla 5. Impactos en mamíferos marinos

2.5. Aves: El proceso de estudio de los impactos ambientales de un parque eólico marino sobre las aves implica dos etapas. Durante la primera etapa, se debe documentar el censo de aves y su distribución en el área del parque eólico y zonas de paso, su comportamiento, rutas migratorias,... para lo que se puede usar datos existentes así como realizar nuevos inventarios. Se recomienda que estos estudios tengan como mínimo un año de duración, para así poder conocer todos los aspectos del ciclo vital de las poblaciones. En el estudio de impacto ambiental se debe describir la metodología empleada y duración del

estudio. También será muy importante en este punto el tener en cuenta los estudios existentes, tales como proyectos científicos, proyectos LIFE, a la hora de poder aprovechar la información existente. En la segunda etapa, debe predecirse las reacciones específicas que pueden ocurrir durante la fase de construcción y funcionamiento del parque. Basándonos en la experiencia existente podremos decir que los principales impactos de la instalación en aves serán: cambios físicos en el hábitat donde se instalan las turbinas, alteración/molestias, riesgo de colisión.

2.5.1. Alteración /eliminación del hábitat: como en apartados anteriores distinguiremos entre las fases de construcción y funcionamiento. Durante la fase de construcción, el efecto de la alteración del hábitat tendrá carácter temporal, ya que es de prever que finalice cuando terminen las obras. Durante esta fase, uno de los factores que causarán impacto será el del ruido por la construcción de la instalación, la magnitud de este impacto dependerá del tipo de cimentación empleado (por ejemplo las cimentaciones tipo monopilote requieren labores de perforación). En la valoración de este impacto influirán las especies presentes y el periodo en que se produce el impacto, ya que afectará especialmente en los periodos de cría y migración. Ya en la fase de funcionamiento, la creación de nuevos hábitats derivados de la presencia de la cimentación de los aerogeneradores en el fondo marino debe tenerse en cuenta, ya que previsiblemente estos nuevos hábitats serán también una zona donde aumentará la población piscícola, por lo que esta nueva fuente de alimento puede atraer a las aves, lo que supone un aumento de riesgo de colisión de las mismas. Como hemos visto anteriormente, el nuevo hábitat generado variará en función de las condiciones de la zona donde se sitúe el parque eólico, por lo que para evaluar la magnitud de este impacto todos estos factores deben ser tenidos en cuenta.

2.5.2. Alteración del comportamiento: la presencia del parque eólico puede suponer una alteración tanto por la presencia de los aerogeneradores como

por los ruidos generados por los mismos. Será de especial interés el disponer de estudios realizados en parques eólicos terrestres, ya que existen gran cantidad de estudios en este respecto. Existe constancia de que determinadas especie pueden evitar la zona ocupada por el parque eólico, si estas especies son desplazadas y no consiguen encontrar un nuevo hábitat puede reducir tanto su éxito reproductivo como sus posibilidades de supervivencia.

En la fase de construcción se debe tener en cuenta los mismos aspectos considerados en el punto anterior: el tipo de cimentación empleado (que determinará el nivel de ruido producido) y el periodo en el que se produce la alteración. Resulta por tanto necesario determinar las épocas en las que se debe evitar la construcción del parque para minimizar los efectos sobre las aves de mayor relevancia.

Para la fase de funcionamiento la magnitud del impacto dependerá fundamentalmente de la especie de ave que estudiemos, para lo que resulta de especial importancia la identificación de las aves presentes en la zona, especialmente en especies con gran interés ambiental, que aunque no nidifiquen en la zona, si la pueden usar como zona de alimentación.

2.5.3. Riesgo de colisión: con las palas del aerogenerador, con la torre o con las infraestructuras asociadas a la instalación. Se debe considerar la situación de los aerogeneradores (cercanía a la costa, áreas de alimentación) y el color de los mismos. Dependiendo de la especie de ave que estudiemos el valor de este impacto variará mucho, ya que la especie determinará su altura de vuelo, relación peso/dimensiones corporales que determinará su capacidad de maniobra, hábitos gregarios (con fines reproductivos, migratorios, alimentarios).

2.5.4. Presencia física de las turbinas: pueden actuar como una barrera en el paso de las aves migratorias. Se debe tener en cuenta la especie de ave, la fuerza y dirección del viento predominante en la zona, la ruta migratoria de las aves y su nivel de fatiga. Dependiendo de la zona en que se construya la instalación el efecto variará, por ejemplo se ha demostrado que en los parque terrestres localizados en el estrecho de Gibraltar, en estudios

realizados por SEO / Birdlife se produce un mayor número de muertes por colisión debido a la gran importancia de esta zona para el paso de aves migratorias. La magnitud del efecto también variará dependiendo de la disposición de los aerogeneradores en el parque eólico, punto en el que existe una gran variedad de propuestas científicas respecto a la alineación, distancia entre aerogeneradores,... Respecto a este impacto, al igual que en otros casos vistos anteriormente, se recomienda la obtención de experiencia a través del seguimiento de la incidencia ambiental. Al igual que en el punto anterior, los rodeos que den las aves para esquivar el parque eólico marino provocan un mayor gasto energético pudiendo mermar el estado físico del ave en cuestión.

Impacto	Acción del proyecto	Duración	Carácter
Colisión	Presencia de los aerogeneradores	Permanente	(-)
Barrera a ruta migratoria	Presencia física de la instalación	Permanente	(-)
Alteración del comportamiento	Ruidos procedentes de la construcción	Temporales	(-)
Pérdida del hábitat	Fase de construcción	Temporal	(-)
Creación de nuevos hábitats	Presencia de cimentaciones	Permanente	(+)(*)

(*)Dependerá del tipo de hábitat creado

Tabla 6. Impactos sobre las aves

3. Impactos sobre el medio socioeconómico

3.1. Paisaje: alteración de la calidad del paisaje. En la percepción del parque eólico van a influir numerosos factores: dimensión del parque, número de aerogeneradores, color de los aerogeneradores, disposición de los mismos y tipo de paisaje (mar abierto, estuario,...), la utilización de la zona y del litoral adyacente, la distancia a los observadores, las condiciones meteorológicas

dominantes,... Para poder valorar el impacto sobre el paisaje se podrá usar: cartografía de características del paisaje, en particular de visibilidades, simulación visual, cortes y perfiles. En la valoración de este impacto de debe considerar que la valoración de los cambios producidos en el paisaje dependerá en gran medida de la subjetividad de los observadores.

3.2. Empleo: en la valoración se debe tener en cuenta los principales sectores de actividad económica de la zona, y prever en cuáles de ellos podría causar impacto, tanto positivo como negativo, la construcción del Parque eólico marino. La magnitud del impacto dependen fundamentalmente de la dimensión del parque eólico, y de la fase en que estamos hablando.

3.3. Obstáculo para la navegación: es necesaria la consulta, ya en la fase de desarrollo del proyecto, a entidades y organismos como el Ministerio de Defensa, autoridades marítimas y portuarias y asociaciones ligadas con actividad pesquera. Asimismo deben realizarse estudios en la zona, definiendo: zonas de parada de navíos en alta mar, rutas de navegación, proximidad de zonas portuarias, zonas de actividad pesquera, zonas con actividades de navegación de recreo,...La magnitud del impacto dependerá del tamaño del parque, número de aerogeneradores y distancia entre ellos. Se debe considerar también el riesgo de colisión tanto para aerogeneradores como para aeronaves.

3.4. Efectos sobre el turismo: se debe tener en cuenta la localización del parque eólico, la distancia a la costa y el uso de la zona costera. Por tanto el valor del impacto variará mucho en función de la localización del parque, es importante determinar la situación como atracción turística de la zona, por lo que se deben realizar estudios destinados a conocer tanto el interés de la zona como destino turístico como la oferta de alojamiento existente, el uso lúdico del medio marino, y la importancia de este sector en la economía de las poblaciones cercanas al Parque eólico.

La valoración de los impactos en el turismo deberá tener en cuenta los efectos vistos en apartados anteriores: restricciones del uso del medio marino, parque como fuente de atracción de visitantes, afección a los usos turísticos en tierra. Respecto al uso del medio marino, veremos que la duración del impacto será temporal en la fase de construcción del parque eólico, mientras que en la de funcionamiento las restricciones dependerán de cada parque eólico (distancia entre turbinas). Para medir la valoración como fuente de atracciones turísticas se valorará la existencia o no de visitantes y la rentabilidad de los negocios generados por la explotación de este recurso. La afección en el turismo como resultado de la modificación en el paisaje son efectos indirectos y de naturaleza más subjetiva, para una primera aproximación se recomienda la realización de encuestas, entrevistas y grupos de discusión.

Para cualquiera de estos impactos la comparación con casos semejantes puede usarse como elemento a la hora de evaluar los impactos, teniendo en cuenta las peculiaridades de cada caso.

3.5. Efectos sobre la pesca: se deben realizar estudios para conocer las zonas más importantes de recursos piscícolas, la localización de las principales áreas de desove, crecimiento de especies y flujos migratorios, la caracterización de la flota pesquera, artes utilizadas, actividades económicas relacionadas, así como la importancia de la actividad en las economías locales.

La valoración de impactos estará relacionada con la importancia de los recursos afectados, las restricciones impuestas y la importancia de la actividad pesquera en las economías locales. La limitación de la actividad durante la fase de construcción puede tener efectos significativos, para determinadas artes se trata de un impacto temporal, mientras que para otras tales como las de arrastre puede prolongarse durante la fase de funcionamiento, por lo que aumentará su magnitud.

3.6. Reducción de los niveles de dióxido de carbono emitidos a la atmósfera: puede considerarse el beneficio medioambiental más importante del proyecto. El

dióxido de carbono es el principal gas responsable del incremento efecto invernadero, al ser actualmente el carbón y el gas las principales fuentes de energía eléctrica, cobra especial importancia el desarrollo de estas nuevas tecnología conocidas como energías “limpias”. La moderna tecnología eólica tiene un balance energético extremadamente bueno (se considera que las emisiones de dióxido de carbono consecuencia de la fabricación, instalación y mantenimiento de un aerogenerador se recuperan tras sus 6 primeros meses de funcionamiento). Para valorar el impacto positivo de estas instalaciones habrá que tener en cuenta a qué tecnología de generación está sustituyendo la eólica.

3.7. Nuevo recurso energético: para evaluar este impacto es importante tener en cuenta la política nacional y regional de producción de energía eólica. La valoración del impacto tendrá relación directa con su capacidad de producción de energía eléctrica y su importancia en el área y sistema generador nacional.

3. Ejemplo: Método de evaluación del efecto sobre las aves

En este apartado mostraremos el resumen de una metodología que se usa actualmente para la valoración de los efectos de los parques eólicos sobre las aves. Esta metodología nació como el resultado de la colaboración entre la industria eólica y la Agencia gubernamental escocesa de conservación de la naturaleza. Tanto en el caso del impacto de un parque eólico sobre las aves, como sobre los mamíferos marinos, paisaje, y demás factores, no hay consenso acerca del método de evaluación que debe usarse, lo que genera conflictos entre los promotores del parque eólico y las agencias de conservación debido a la interpretación de lo que sería un impacto significativo. Por este motivo, en 1988 la división escocesa de BWEA (British Wind Energy Association) y la Agencia gubernamental escocesa de

conservación se unieron para consensuar un método que fuera satisfactorio para todas las partes implicadas.

El acuerdo al que llegaron se publicó en 1999 (Percival *et al.* 1999), y es al que vamos a hacer referencia en este apartado.

Los objetivos clave son:

- Garantizar que las plantas eólicas no se instalen en lugares inapropiados, donde se pueda afectar a poblaciones importantes de aves.
- Garantizar que la conservación de las aves no sea usado como argumento contra la construcción de instalaciones eólicas.
- Identificar dónde se deberían aplicar medidas correctoras

El método se puede resumir como sigue:

- 1.- Toma de datos básicos: realización de estudios de campo o investigación bibliográfica con el fin de determinar las poblaciones potencialmente afectadas.
- 2.- Determinación de la sensibilidad o vulnerabilidad de esas poblaciones.
- 3.- valoración de la magnitud de los efectos que se podrían producir sobre dichas poblaciones.
- 4.- Evaluación del riesgo o probabilidad de que esos efectos se produzcan.
- 5.- Integración de la sensibilidad, magnitud y riesgo en una única valoración de los efectos.
- 6.- Uso de esta valoración global para alcanzar conclusiones acerca de la importancia y aceptabilidad de los efectos pronosticados.

Respecto al proceso de toma de datos básico, será necesario recabar información de las poblaciones de aves existentes y cuáles pueden ser afectadas, así como la disponibilidad de sus hábitats. Se debe disponer datos acerca de la fauna marina y de las condiciones ambientales, que nos proporcionarán información acerca del hábitat. Dependiendo de la zona donde se instale el parque, su importancia para las aves variará. Una vez que se ha establecido la presencia de alguna especie importante afectada (especies protegidas, migratorias, raras o vulnerables, especies presentes en grandes concentraciones) se pasará a evaluar el riesgo potencial de colisión y las molestias directas e indirectas para la especie estudiada. Cuando, como resultado de este estudio, se estimen efectos negativos

importantes, se debe realizar un análisis poblacional para determinar los efectos de la instalación sobre la población y su área de distribución.

Respecto a la determinación de la sensibilidad de una especie o población se presenta un método para evaluar la sensibilidad, estableciendo una escala de valores mediante el que se pueda juzgar la sensibilidad de la especie. La sensibilidad se valorará como: Muy alta, Alta, Media o Baja.

A modo de ejemplo se muestra la siguiente tabla en la que la organización SEO/BirdLife, establece los criterios para establecer la sensibilidad de las áreas en que se podría ubicar un parque eólico.

SENSIBILIDAD POTENCIAL	CRITERIOS
Muy alta	<ul style="list-style-type: none"> • Que en la zona haya presencia de especies de aves o murciélagos catalogadas como Vulnerables, Sensibles a la Alteración de su Hábitat o en Peligro de Extinción en el Catálogo Estatal (o regional) de Especies Amenazadas. • Que en la zona haya presencia de especies de aves o murciélagos catalogadas como En Peligro de Extinción o En Peligro Crítico en el Libro Rojo. • Que en la zona se hayan declarado áreas críticas o sensibles de especies de aves o murciélagos en sus correspondientes Planes de recuperación, conservación o manejo. • Que la zona presente a menos de 5 km grandes colonias o dormitorios de aves (ardeidas, larolímicas, aves marinas, rapaces, etc.) • Que la zona presente a menos de 15 km grandes colonias o dormitorios de grandes rapaces. • Que la zona presente a menos de 5 km refugios importantes de murciélagos. • Que la zona esté designada como ZEPA, LIC (con presencia de murciélagos) o IBA. • Que la zona se encuentre entre dos ZEPA, LIC (con presencia de murciélagos) o IBA y a menos de 15 km de ambas. • Que la zona tenga grandes concentraciones de aves acuáticas. • Que se trate de un corredor para la migración de aves o murciélagos. • Que la zona presente altas densidades de rapaces. • Que la zona presente al menos una cuadrícula de importancia para las aves muy alta (Atienza <i>et al.</i> 2004)
Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Que la zona se encuentre dividiendo dos zonas húmedas o zonas forestales. • Que la zona presente a menos de 5 km pequeñas colonias o dormitorios de aves (ardeidas, larolímicas, aves marinas, rapaces etc.) • Que la zona haya presencia de especies de aves o murciélagos catalogadas como Vulnerables en el Libro Rojo. • Que la zona presente a menos de 15 km pequeñas colonias o dormitorios de grandes rapaces. • Que a menos de 10 km exista una zona designada como ZEPA, LIC (con presencia de murciélagos) o IBA.
Media	<ul style="list-style-type: none"> • Que la zona esté reconocida como un área de importancia regional o local para las aves.
Baja	<ul style="list-style-type: none"> • Si la zona no cumple ninguno de los condicionantes anteriores.

Tabla 7. Criterios para determinar la sensibilidad ambiental de un área

Respecto a la determinación de la magnitud de los potenciales impactos el método propone que se cuantifique este efecto, expresando su magnitud respecto a las condiciones de referencia. En la valoración de los efectos de los impactos de un parque eólico se deben considerar, al menos, los siguientes impactos:

- Pérdida directa del hábitat debido a la construcción
- Colisiones
- Molestias durante la fase de construcción y funcionamiento.

Para la determinación de la magnitud de los efectos también se establece una escala de valores en función del porcentaje de afectación, estableciendo la siguiente magnitud para los impactos: Muy alta, Alta, Media, Baja, Insignificante.

Respecto a la valoración del riesgo o probabilidad de que esos procesos se produzcan se propone la elaboración de una matriz tridimensional que considere la magnitud, la sensibilidad y el riesgo simultáneamente. La probabilidad de impacto se definirá como: Impacto seguro, Impacto posible e Impacto improbable.

Y en último lugar, respecto a la valoración global de impactos, es esta última etapa se propone la tabulación de los valores de magnitud y sensibilidad, generando de este modo una predicción de la significación de cada impacto potencial. Por último se determinará la importancia o significación de un impacto para establecer si es o no aceptable. Se establecerá como:

- Muy bajo o bajo: no supone en principio motivo de preocupación, aunque se debe de considerar a la hora del establecimiento de medidas para minimizar impactos.
- Muy alto y alto: impactos que se consideran significativos.
- Medio: impacto potencialmente significativo al que se puede reducir el nivel de significación mediante el establecimiento de las medidas correctoras adecuadas.

Capítulo 6

Medidas correctoras, protectoras y compensatorias

El objetivo de las medidas correctoras, protectoras y compensatorias es el evitar, reducir o compensar los efectos negativos producidos por la ejecución del proyecto en todas sus fases, así como el potenciar los efectos positivos. En este capítulo se realizará una enumeración de distintas medidas encaminadas a tal efecto, siempre teniendo en cuenta que estas medidas variarán en función de la localización de la instalación, el diseño del proyecto, de las características del entorno, así como de las múltiples variables que ya han sido descritas en capítulos anteriores.

Al determinar los impactos potenciales de los parques eólicos en el medio ambiente es importante considerar que estos impactos se pueden referir no exclusivamente a los impactos generados por los aerogeneradores, sino también el impacto producido por todas las instalaciones y acciones asociadas a la instalación, tales como el acceso al parque de las embarcaciones necesarias para el mantenimiento, los compuestos de la construcción, el tipo de cimentación, las construcciones temporales durante las obras, la subestación transformadora, etc. Todos esos factores que se deben tener en cuenta al realizar el estudio de impacto ambiental también deben considerarse al realizar la propuesta de medidas correctoras para eliminar, o reducir al mínimo, los efectos en el medio ambiente.

6.1. Medidas protectoras

Se considerarán medidas protectoras las encaminadas a evitar que se produzca el impacto, por lo que la propia selección de la alternativa de localización de la instalación será una medida que podrá conseguir minimizar los impactos. En las medidas protectoras encontraremos modificaciones en el tamaño, diseño del parque eólico marino, o la cimentación de las turbinas y estructuras asociadas. A continuación se detallan las diferentes medidas protectoras:

6.1.1. Para reducir la incidencia sobre el suelo:

- se debe tener en cuenta que el lecho marino se puede encontrar contaminado, por lo que será necesario una buena caracterización del mismo, definiendo las zonas que se pueden encontrar contaminadas para así evitar su movimiento.
- es conveniente evitar en la medida de lo posible grandes movimientos de tierra, así como el establecimiento de un adecuado Plan de gestión de los residuos generados durante las obras.
- Prever la posible emisión de sustancias contaminantes tales como los lubricantes procedentes de posibles accidentes de las embarcaciones y maquinaria necesarias durante la construcción, por lo que se debe establecer las revisiones de maquinaria pertinentes.

6.1.2. Para evitar impactos en la hidrografía, las corrientes marinas y la calidad del agua:

- las cimentaciones y disposición de los aerogeneradores deben ser diseñadas de tal forma que se reduzca al mínimo la erosión, la redistribución del sedimento y la alteración del flujo actual.
- Se recomienda la realización de estudios de modelización de los posibles efectos producidos en las corrientes marinas.
- Los proyectos deben reducir al mínimo los riesgos de contaminación durante la construcción, la operación y el desmantelamiento y evitar el uso de productos químicos contaminantes cuando la cimentación, la torre y las turbinas se protegen del ambiente marino.

6.1.3. Para reducir la incidencia sobre el bentos:

- se recomienda la realización de un estudio previo que refleje la distribución y diversidad de las comunidades bentónicas existentes en la zona, para instalar los generadores en la zona que produzca menor impacto.
- También se deben realizar las obras (tanto de cimentación como de enterramiento del cable submarino) de tal manera que se vean afectadas la menor superficie posible del lecho marino.

- Se recomienda una adecuada elección del trazado de línea y de la posición de la subestación transformadora terrestre en el caso de que se encuentre alguna especie protegida.

6.1.4. Para reducir la incidencia sobre las comunidades piscícolas:

- se ha de considerar las zonas de asentamiento, reproducción y cría de todas las especies, especialmente las protegidas, así como las rutas de migración (por ejemplo el atún rojo en el estrecho) de cara a no provocar efectos negativos bien por la invasión de los espacios en que se asientan como por las distorsiones que pueden provocar los ruidos producidos.
- Evita realizar labores de construcción o desmantelamiento durante las épocas de reproducción.

6.1.5. Para reducir la incidencia sobre los mamíferos marinos:

- se realizará un estudio que refleje las zonas con mayor población, rutas de migración, periodos de reproducción,...
- Se deben evitar los trabajos de construcción y desmantelamiento en la época de cría y migración

6.1.6. Para reducir la incidencia sobre las aves:

- realizar un estudio sobre las especies presentes en la zona, periodos de reproducción y cría, rutas de alimentación, hábitos migratorios,...
- Al realizar la ubicación de los aerogeneradores se hará de tal manera que se minimice la interceptación de las rutas migratorias
- se debe tener en cuenta que la distancia entre turbinas sea la necesaria para evitar la colisión de las aves con las mismas, así como elegir colores que permitan una correcta visualización.
- Evitar llevar a cabo las tareas de construcción y desmantelamiento durante las épocas de reproducción y cría.

6.1.7. Para evitar incidencias sobre la navegación:

- como en todos los demás puntos, es importante el evitar la localización del parque en zonas conflictivas.
- Establecimiento de un Plan de seguridad y emergencia para el caso de que ocurran accidentes.
- Adecuado balizamiento de los aerogeneradores. En este punto se pueden presentar conflictos al afectar a los impactos visuales de la instalación, por lo que se deben diseñar de tal manera que afecten lo mínimo posible.

6.1.8. Para evitar incidencias sobre el turismo:

- se propone comenzar las obras en la estación invernal para no entorpecer el uso recreativo de las áreas litorales.
- El alejamiento del parque de la costa supondrá la principal medida protectora de cara a la transformación del paisaje, por lo que se recomienda la instalación en zonas menos frecuentadas y de menor interés turístico.

6.1.9. Para evitar incidencias sobre la pesca:

- Evitar la instalación de el parque en las principales zonas pesqueras

6.2. Medidas correctoras:

Se aplicarán en la fase de funcionamiento de la instalación, e irán encaminadas a reducir los impactos generados por el funcionamiento. Muchas de estas medidas serán resultado de los datos obtenidos en el programa de vigilancia ambiental del parque. Se proponen las siguientes medidas correctoras:

- Modificación del emplazamiento de determinados aerogeneradores “asesinos” dentro del parque para reducir la frecuencia de colisión y los impactos derivados del desplazamiento de la fauna.
- Modificación de las turbinas, torres meteorológicas y otras estructuras asociadas, para eliminar o reducir la mortalidad por colisión.

- realización de un adecuado Plan de gestión de los residuos resultantes del funcionamiento de la instalación
- realización de un Programa de restauración ambiental encaminado a la restauración ambiental de los fondos afectados por las obras, la prevención de la erosión de los suelos y recuperación del hábitat existente antes del inicio de las obras.

6.3. Medidas compensatorias:

Serán aquellas destinadas a compensar los efectos negativos producidos por la instalación sobre distintos elementos ambientales del entorno. Algunas de las medidas aplicables son:

- Creación de áreas de cultivo de distintas especies piscícolas mediante la creación de nuevos hábitats en las estructuras de cimentación
- Respecto al impacto producido sobre el paisaje, se establecen medidas de regeneración de zonas degradadas del litoral, de cara a su recuperación paisajística, señalización de rutas, miradores,...

Capítulo 7

Programa de vigilancia ambiental

El Programa de Vigilancia Ambiental pretende dar las pautas necesarias para controlar los principales sistemas afectados en función de los impactos valorados en apartados anteriores con el objetivo de verificar el buen estado del medio y la recuperación de sus características naturales, así como comprobar el cumplimiento de las medidas protectoras y correctoras propuestas en el estudio de impacto ambiental.

Además el programa de vigilancia ambiental debe permitir la localización impactos que podrían no haber sido detectados en la realización del estudio, pudiendo en ese caso establecerse nuevas medidas correctoras.

7.1. Definición de objetivos de control. Identificación de sistemas afectados y tipos de impactos.

En el proyecto que nos ocupa, el objetivo principal de control es el medio marino en todo su conjunto, entendiendo como tal, la columna de agua, los sedimentos, las comunidades vegetales y la fauna tanto pelágica como bentónica en las zonas de influencia de las instalaciones.

Será imprescindible por tanto, una buena caracterización inicial antes de comenzar las obras para conocer el “estado cero” de todos los elementos que componen el sistema. Con ayuda de las normas de calidad de aplicación se verificarán, mediante controles periódicos el cumplimiento de los principales indicadores de calidad del medio.

7.2. Diseño de programa de control: método, estaciones y frecuencia de muestreo.

El diseño del Programa de Control estará basado en la vigilancia y seguimiento de los indicadores de calidad ubicándose estaciones de muestreo en dos áreas bien delimitadas:

- Las cimentaciones de cada aerogenerador
- La franja marina susceptible de ser afectada debido al tránsito de buques desde costa a la instalación offshore.

Durante la fase de construcción los controles periódicos se realizarán con una frecuencia más alta de lo habitual, con el fin de garantizar que se cumplen las medidas protectoras propuestas en el estudio de impacto ambiental, teniendo en cuenta especialmente los procesos que pudieran producir cualquier incidencia medioambiental. Especialmente se deberán controlar los siguientes aspectos:

- Deposición de sedimentos, para verificar que se cumplen los patrones de movilización de sedimentos previstos.
- Abundancia de mamíferos marinos en la localización de la instalación para comprobar el efecto de las labores de construcción (como los ruidos y presencia de maquinaria).
- Distribución y abundancia de las distintas especies de peces presentes en la zona, para comprobar los efectos de las labores de construcción.
- Seguimiento de los posibles cambios en los patrones de migración de las aves, así como el seguimiento de las muertes por colisión.

Durante la fase de funcionamiento, y dado que este tipo de instalación posee un ciclo continuo de explotación, la distribución de las muestras a lo largo del año será homogénea, pudiendo establecerse cualquier día del año a cualquier hora. Se considera que se debe prestar especial atención a los siguientes factores:

- Morfología de los fondos marinos, para poder evaluar posibles cambios en los patrones de distribución de sedimentos
- Abundancia y distribución de mamíferos marinos, tanto dentro del parque como en las zonas colindantes.
- Abundancia y distribución de las distintas especies de peces presentes en el hábitat, teniendo en cuenta las modificaciones producidas por el

ruido, campos electromagnéticos, cambios en el sustrato. Se debe prestar especial atención a las especies de interés pesquero

- Programa de vigilancia de aves reforzado en las épocas de migración, existencia de muertes por colisión y cambios en sus patrones alimentarios, de reproducción y cría,...
- Estudio de las comunidades bentónicas instaladas en la cimentación de los aerogeneradores
- Estudios destinados a verificar las previsiones establecidas en el estudio de impacto ambiental en lo relativo a ruido submarino, ruido aéreo, creación de campos electromagnéticos.
- Seguimiento del tráfico de embarcaciones existente debido al mantenimiento del parque, registro de accidentes ocurridos.
- En el caso de episodios extraordinarios que puedan poner el peligro el medio ambiente, se definirá un Programa de actuación de emergencias con el fin de que se delimite el alcance del problema y se tomen las medidas oportunas para solucionarlo cuanto antes.
- Seguimiento de los impactos producidos en el empleo y turismo una vez transcurridos unos meses de la puesta en funcionamiento de la instalación.

Por último, durante la fase de desmantelamiento se deberán realizar controles sobre los cambios en los sedimentos debidos a la desinstalación de las cimentaciones y del cable submarino, así como comprobar si, tras la eliminación de las cimentaciones se recupera el régimen de corrientes existente anteriormente a la construcción del parque.

7.4. Programas similares existentes.

Como se ha comentado con anterioridad, para el óptimo control de la situación medioambiental de la zona, será imprescindible su caracterización inicial. Para ello, se realizará una labor de investigación acerca de posibles estudios existentes de organismos públicos, investigadores, universidades, etc.... que posibiliten la realización y un correcto y detallado inventario ambiental.

7.5. Análisis de viabilidad del programa de vigilancia: plazos, períodos, personal y presupuesto.

Tan necesario como caracterizar todos los factores ambientales implicados en el control, es el verdadero conocimiento de los recursos humanos, tecnológicos y económicos necesarios para llevar a cabo la labor de inspección y seguimiento

Duración del Programa de Vigilancia: el control de la calidad ambiental será intensivo durante el periodo de construcción del proyecto. Una vez comenzada la fase de explotación, se emitirá un informe anual con los resultados obtenidos. Cuando durante tres años consecutivos se confirme los niveles adecuados en los indicadores de referencia, se podrá considerar finalizado el programa de vigilancia, no obstante, se estará a lo dispuesto desde las administraciones competentes. Estos plazos se establecerán según el criterio del equipo redactor y según lo dispuesto en la legislación vigente.

7.6. Propuesta de reporting de informes periódicos

Como se ha comentado anteriormente, previamente al comienzo de los trabajos, se elaborará un documento de estado inicial.

Posteriormente, durante las distintas fases del proyecto se realizarán informes que reflejen los datos de los controles de los distintos indicadores estudiados. Estos informes se reportarán con la periodicidad que se considere oportuna (seis meses, un año,...), y en ellos se debe indicar los resultados obtenidos, el cumplimiento de los valores esperados al aplicar las medidas propuestas, así como la posible aparición de impactos no esperados. Se puede realizar una nueva propuesta de actuaciones en el caso de que las existentes no estén dando los resultados esperados, o en el caso de creer que existen otras medidas mejores no contempladas anteriormente.

En caso de que se produzca algún incidente será necesario emitir una memoria resumen sobre el problema sucedido, las medidas que se hayan tenido en cuenta y los resultados de los controles adicionales realizados.

ANEXO 1.

Legislación aplicable. Organismos afectados. Procedimiento administrativo

1. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Un proyecto de generación de energía eléctrica a partir del **aprovechamiento eólico marino situado en el Mar Territorial Español** está sujeto al cumplimiento específico de la siguiente normativa de aplicación:

- Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.

Al tratarse de un proyecto de **generación de energía eléctrica** deberá cumplirse la siguiente normativa de aplicación:

- Ley 57/1997, de 27 de noviembre, por la que se regula el sector eléctrico en España.
- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de la energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministros y procedimientos de instalaciones de energía eléctrica.

Para los procedimientos de **Evaluación de Impacto Ambiental** el proyecto se ajusta a lo determinado en:

- Directiva 85/337/CEE, de 27 de junio de 1985, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Ley 6/2010, de 24 de marzo, sobre Evaluación de Impacto Ambiental.
- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
- Directiva 97/11/CE, de 3 de marzo de 1997, por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE de Evaluación de Impacto Ambiental.

Por tratarse de un proyecto de **localización en el mar territorial** deberán tenerse en cuenta las siguientes disposiciones normativas:

- Ley 22/88, de 28 de julio, de Costas.
- Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino.
- Real decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.
- Directiva 2000/60/CEE, Marco de Aguas.
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instrucción de Planificación Hidrológica.
- Real Decreto 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de la Calidad de las Aguas Litorales.
- Real Decreto 995/2000, de 2 de junio por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes.
- Directiva 2006/7/CE, de 15 de febrero, relativa a la calidad de las aguas de baño.
- Directiva 76/160/CEE, de 8 de diciembre, relativa a la calidad de las aguas de baño.
- Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre sobre gestión de la calidad de aguas de baño.

Debido a la importancia de las **actividades de transporte marítimo** hasta la localización de la instalación, tanto en fase de construcción como de explotación, deberán tenerse en cuenta las siguientes normativas:

- Convenio MARPOL, de 2 de noviembre de 1976, de prevención de la contaminación marina por buques.
- Decisión 98/249/CE, de 7 de octubre de 1997, Convenio sobre la protección del medio marítimo del Nordeste Atlántico (Convenio OSPAR).
- Directiva 2008/56/CE, de 17 de junio, sobre Estrategia Marina.
- Directiva 2009/123/CE, de 21 de octubre, por la que se modifica la Directiva 2005/35/CE relativa a la contaminación procedente de buques y la introducción de sanciones para las infracciones.

Por otra parte, la energía eólica marina está presente dentro de las **directrices y estrategias** de los siguientes informes:

- Estrategia Española sobre la Gestión Integrada del Litoral 2006-2010.
- Estudio Estratégico Ambiental del Litoral Español para la instalación de Parques Eólicos Marinos.
- Comunicación de la Comisión Europea sobre la “cuota de energías renovables en la UE” (COM(2004)366 final).
- Recomendación 2002/413/CE sobre aplicación de la Gestión Integrada de las Zonas Costeras en Europa, de 30 de mayo de 2002.
- Recomendación 2002/413/CE sobre aplicación de la Gestión Integrada de las Zonas Costeras en Europa, de 30 de mayo de 2002.
- Comunicación de la Comisión Europea: “Libro Verde: Hacia una futura política marítima de la Unión: perspectiva europea de los mares y los océanos” (COM(2006) 275 final).
- Comunicación de la Comisión Europea: “Libro Verde sobre las fuentes de energías renovables” de 20 de noviembre de 1996 (COM(96)576 final).

- Comunicación de la Comisión Europea: “Libro Blanco por el que se establece una estrategia y un plan de acción comunitario en materia de fuentes de energías renovables” (COM(97) 599 final).
- Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982: donde en sus artículos 56 y 60 se hace referencia expresa a la producción de energía derivada de los vientos.
- Iniciativa de la Comisión Europea: “Acción Concertada sobre Energía Eólica offshore en Europa” (CA-OWEE/RTD Strategy).
- Convención sobre la Protección del Patrimonio Cultural Subacuático de la UNESCO.
- Estudio de Greenpeace: “Energía Eólica en Europa 2004”.

2. ORGANISMOS AFECTADOS

Los organismos que intervienen directamente en el procedimiento administrativo para la adjudicación de la correspondiente autorización al proyecto son los siguientes:

I. **Órgano Sustantivo:** Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través de la Dirección General de Política Energética y Minas.

II. **Órgano Ambiental:** Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

III. Adjudicación de **autorizaciones y concesiones de ocupación del dominio público marítimo-terrestre:** Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, a través de la Dirección General de Costas.

IV. Adjudicación de **autorizaciones de las actividades afectadas por la seguridad marítima, navegación y vida humana en la mar:** Ministerio de Fomento, a través de la Dirección General de la Marina Mercante.

V. Adjudicación de **autorizaciones y concesiones de ocupación del dominio público portuario:** Autoridad Portuaria del Puerto de Cádiz.

Por otra parte, para garantizar la mayor transparencia en el procedimiento y con objeto de agilizar los trámites se mantendrán informados a los siguientes organismos y colectivos:

- Observatorio de Sostenibilidad del Litoral.
- Comisión Nacional de la Energía (CNE).
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- Instituto Español de Oceanografía.
- Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR)
- Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ayuntamientos limítrofes afectados.
- Universidades
- Asociación Empresarial Eólica.
- Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA).
- Asociación para la Investigación y Diagnóstico de la Energía (AEDIE).
- Oceana.
- Greenpeace.
- Asociaciones de pescadores.
- Asociaciones de productores de acuicultura.
- Asociaciones de submarinismo.
- Principales empresas de transporte marítimo: Transmediterránea, etc...
- Principales puertos cuyas rutas comerciales queden cercanas al área de localización del proyecto o bien que puedan ser utilizados logísticamente como base de llegada de componentes: Puerto de Sevilla, Puerto de Huelva, Puerto de Algeciras.

3. ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO

El procedimiento administrativo para la tramitación de la solicitud del proyecto que nos ocupa posee legislación específica: el Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, de Autorización de instalaciones de generación en el mar.

A raíz de esta normativa se desarrolló el “Estudio Estratégico Ambiental del Litoral Español para la instalación de Parques Eólicos Marinos” sometido a Evaluación de Impacto Ambiental bajo el procedimiento descrito en la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, mediante el que se define el “Mapa Eólico Marino de España”.

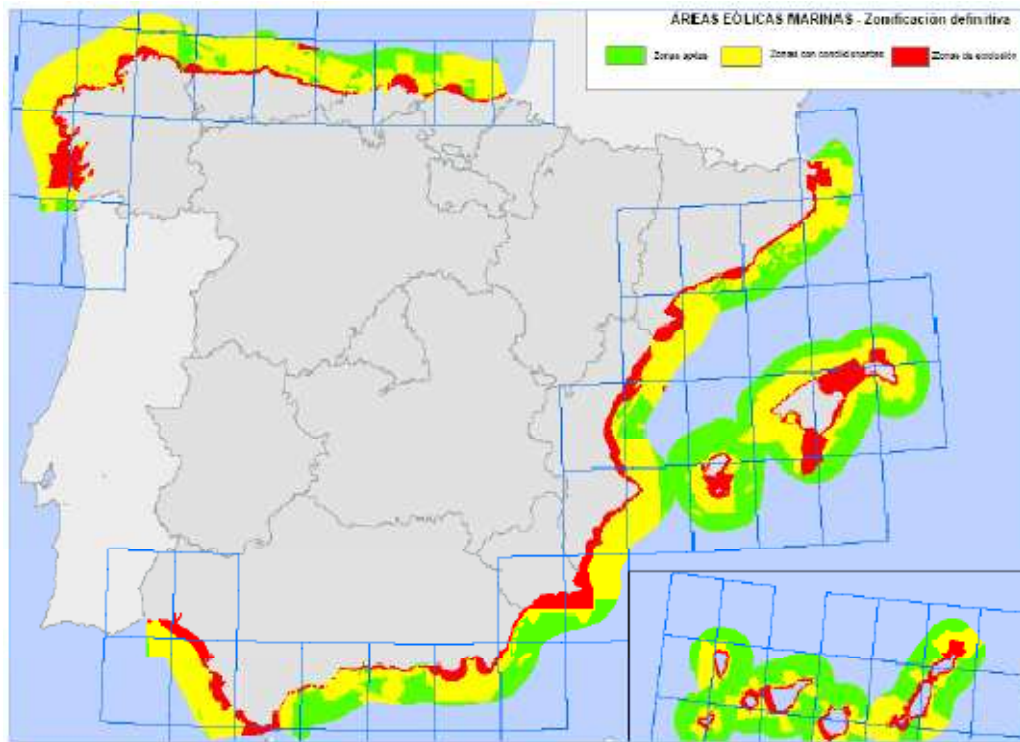


Ilustración 21. Mapa Eólico Marino de España.

Este mapa divide las zonas marinas españolas en zonas aptas, aptas con condicionantes y zonas de exclusión, para la instalación de los parques eólicos. Zonificación realizada según el grado de compatibilidad ambiental y de usos:

- Zonas de Exclusión: rojo (62,63%).
- Zonas Aptas con condicionantes ambientales: amarillo (34,55%).
- Zonas Aptas: verde (2,82%).

Mediante el R.D. 1028/2007, el Estado Español, con el fin de garantizar la ordenada expansión de este tipo de industria y el control sobre los impactos ambientales que

produce, establece un procedimiento de Reserva de Zona para aquellas empresas que estén interesadas en desarrollar un proyecto de este tipo.

Las empresas interesadas deberán solicitar la reserva de la zona de interés, caracterizar el área y presentarse al procedimiento de concurrencia. La adjudicación de la reserva de zona la realiza un Comité de Valoración mediante publicación en el BOE de la empresa elegida entre las diferentes propuestas recibidas. Una vez adjudicada la reserva de zona, la empresa adjudicataria dispone de un plazo de dos años para realizar operaciones de investigación del recurso eólico en la poligonal correspondiente (estudios de viabilidad técnica y económica del proyecto). Si finalizado este plazo se continúa con la instalación, deberá iniciarse el Procedimiento Ambiental correspondiente.

A continuación se resumen los pasos a seguir en todo el procedimiento administrativo:

1. Solicitud de Reserva de Zona
2. Caracterización del Área Eólica Marina.
3. Procedimiento de Concurrencia
 - Solicitud
 - Aval 1% presupuesto
 - Solicitud u oferta de prima (€/Kwh)
4. Otorgamiento de Reserva de Zona (Comité de Valoración) (publicación en BOE):
Evaluación de Impacto Ambiental para las actividades de investigación.
5. Operaciones de investigación (2 años)
6. Inicio Procedimiento Ambiental:
 - 6.1. Inicio Procedimiento Concesiones de ocupación (dominio público marítimo-terrestre y portuario)
 - 6.2. Procedimiento de Autorización de la Instalación:
 - Documentación de solicitud de zona
 - Proyecto y Estudio de impacto ambiental
 - Solicitud de inclusión de la instalación en el régimen RD 661/2007
 - Proyecto para la ocupación del dominio público marítimo-terrestre. Solicitud de Reserva de Zona

Anexo 2

Ciclo de vida de un parque eólico marino

Para describir el ciclo de vida de la instalación lo dividiremos en las siguientes fases: Fase de estudio y diseño, fase de Construcción e instalación, Operación y mantenimiento y por último en fase de desmantelamiento

1.- Fase de estudio y diseño

En primer lugar se debe identificar la localización adecuada, teniendo especial atención en:

- La meteorología: es importante conocer el régimen de vientos (va a condicionar la selección del aerogenerador), los niveles de humedad (sales que pueden causar erosión)
- La naturaleza y profundidad del fondo del mar
- La distancia a la costa: condiciona costes de construcción y mantenimiento, costes en la infraestructura en términos de transmisión de la energía
- Posibles impactos en el ecosistema: mamíferos marinos, peces, aves migratorias y sus patrones de vuelo deben ser investigados.
- Los estudios previos de los emplazamientos son más caros, complejos y largos que en un parque onshore, ya que se deben de instalar torres, de medición, realizar estudios geotécnicos, estudios medioambientales así como estudios del clima marino.

2.- Construcción e instalación

Como ya hemos visto anteriormente se adoptarán diferentes soluciones de cimentación en función de la profundidad, características del terreno, tipo de aerogenerador,...

Las instalaciones eléctricas y auxiliares también requieren un diseño específico adaptado al entorno marino.

Los elementos principales se recogen en la siguiente imagen:

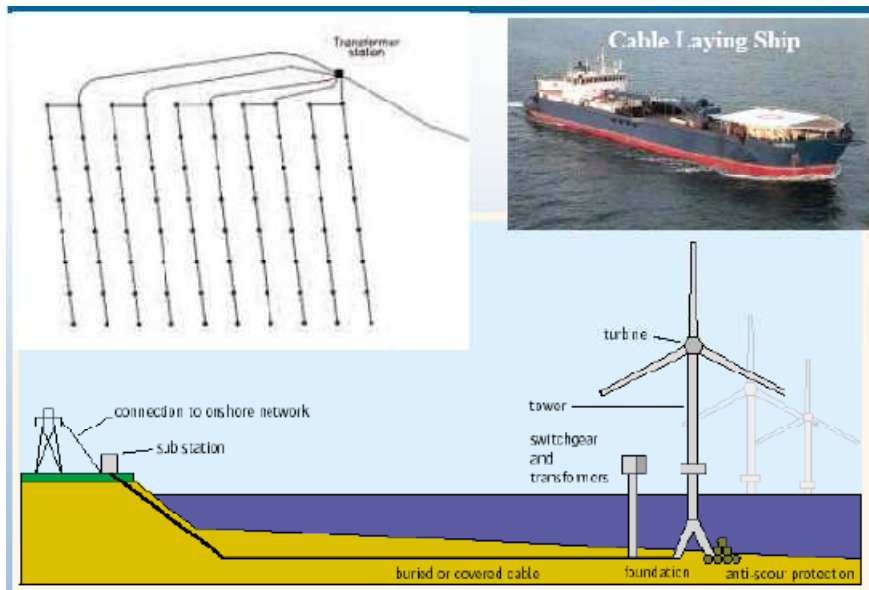


Ilustración 22, Elementos principales de un parque eólico marino

2.1.- Investigación meteorológica: Mest-mast, boyas oceanográficas (2 años)

- Instalación del mástil de medición de viento fijo
- estudio de impacto ambiental
- necesidad de barcos para instalación

2.2.-Estudio geotécnico. Determinación del emplazamiento definitivo. (1 año)

- campañas de batimetría y geofísica global
- campaña detallada en cada localización de turbinas de geotecnia (piezoconos, taladros, vibrocores,..)
- emplazamiento definitivo y tecnología de cimentación
- necesidad de medios y empresas muy especializadas (barcos de prospección geotécnica, plataformas jack-up especializadas)

2.3.- Organización logística. Acopio de material. (1 año antes de la construcción)



Ilustración 23. Zona de acopio de material

- Proximidad al parque offshore
- Proximidad a centro de producción
- Área de acopio y almacenamiento
- Capacidad de carga para grúas
- Facilidad de transporte al área de carga marítima
- Logística en tierra
- Parque de material
- Preinstalación en tierra
- Dificultad de transferir cargas en alta mar
- Necesidad de ir a puerto para cargar nuevos equipos



Ilustración 24. Ensamblaje de las palas de un aerogenerador del parque Scroby Sands.

2.4.- Instalación de estructuras de soporte (campaña de 1-2 años)

- Planificación de operaciones más complejas en los meses de verano
- Contratos con empresas instaladoras

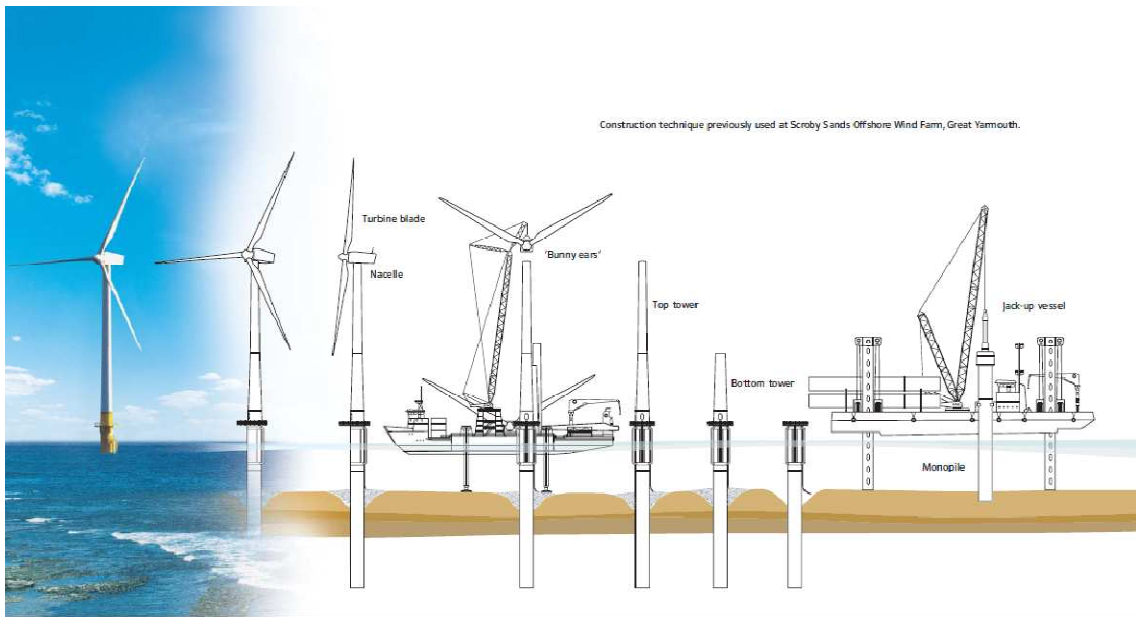


Ilustración 25. Proceso de instalación de un aerogenerador.

2.5.- Protección contra la erosión

- Barcos draga para eliminar fondos inestables en estructuras de gravedad
- Barcos de apoyo para operaciones marinas con buzos para nivelar a mano la última capa de escollera en estructuras de gravedad
- Barcos gánguil para depositar material de escollera (para la nivelación del fondo o protección contra la erosión)

2.6.- Instalación del cable de evacuación

- Trabajo realizado en paralelo a la instalación de subestructuras (1 o 2 campañas)
- Requiere un tipo de barco especializado.

2.7.- Instalación de la subestación eléctrica

- Construida en tierra e instalada mediante jack-up o barcaza flotante
- La estructura de soporte es similar a la de los aerogeneradores

2.8.- Instalación del aerogenerador

- Instalación de la turbina sobre la pieza de transición: 1.5 días por turbina completa
- Similares barcos a los de instalación de subestructuras: jack-up o semi jack-ups
- 1 o 2 campañas, preferiblemente los meses de verano

2.9.- Conexión a tierra

3.- Operación y mantenimiento

- 2 a 3 barcos de acceso para operación y mantenimiento en parques de este tipo
- Grandes barcos de instalación para grandes correctivos
- Operaciones de mantenimiento más complejas y de mayor coste que en Tierra
- La posibilidad de realizar mantenimiento limitada por las condiciones meteorológicas y marinas
- Tres tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo

ANEXO 3

Documentación que debe incluir un Estudio de Impacto ambiental de un parque eólico marino

La legislación española establece, en el Real Decreto Legislativo 1/2008, que los proyectos que hayan de someterse a evaluación de impacto ambiental deberán incluir un estudio de impacto ambiental, cuya amplitud y nivel de detalle se determinará previamente por el órgano ambiental. Dicho estudio contendrá, al menos, los siguientes datos:

- a) Descripción general del proyecto y exigencias previsibles en el tiempo, en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
- b) Una exposición de las principales alternativas estudiadas y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.
- c) Evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos del proyecto sobre la población, la flora, la fauna, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico artístico y el arqueológico. Asimismo, se atenderá a la interacción entre todos estos factores.
- e) Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos.
- f) Programa de vigilancia ambiental.
- g) Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles. En su caso, informe sobre las dificultades informativas o técnicas encontradas en la elaboración del mismo.

A continuación se presenta un esquema acerca del contenido que debe incluir un estudio de impacto ambiental de un parque eólico marino, especificando los estudios y tablas que deberían incluirse. Esta es una generalización y debería adaptarse a los condicionantes de cada caso estudiado.

1. Introducción

- Datos generales
- Título del proyecto
- Promotor:
 - o Nombre, Domicilio, DNI o NIF
 - o Nombre y forma de localización de la persona responsable para el seguimiento del procedimiento, dirección completa, teléfono y fax
- Responsables de la realización del Estudio de Impacto Ambiental: indicar las personas físicas responsables de la elaboración del Estudio, con su nombre y apellidos, forma de contacto y titulación profesional.
- Tipo de proyecto o actividad
- Indicar si se trata de: nuevo proyecto o ampliación o modificación de una instalación existente
- Producción esperada
- Descripción del emplazamiento

2. Justificación del proyecto y alternativas

2.1. Justificación del proyecto

2.2. Estudio de alternativas

2.2.1. Posibles localizaciones del parque eólico, disposición de los aerogeneradores, subestación eléctrica,...

2.2.2. Análisis de alternativas de producción

2.3. Alternativas para la ubicación de la línea submarina

2.4. Plano adjunto con la situación de las alternativas propuestas

3. Descripción del proyecto

3.1. Resumen:

3.1.1. Nombre, número de aerogeneradores, potencia nominal unitaria y potencia total instalada, tensión de generación, tensión de salida de centros del aerogenerador, tensión de interconexión a la red eléctrica, producción prevista, altura de las torres del aerogenerador, diámetro de rotor del aerogenerador.

3.1.2. Superficie total de ocupación, distancia a la costa, a los núcleos de población más cercanos y a las posibles infraestructuras.

- 3.1.3. Forma de acceso a todos los elementos del parque eólico.
- 3.1.4. La localización de cada uno de los aerogeneradores que constituyen el parque eólico indicando sus coordenadas UTM.
- 3.1.5. Características técnicas de la infraestructura eléctrica de transformación e interconexión.
- 3.1.6. Longitud y recorrido de la línea subterránea de evacuación de energía eléctrica de alta tensión.
- 3.2. Aerogeneradores
 - 3.2.1. Modelo
 - 3.2.2. Potencia
 - 3.2.3. Altura de buje de la torre del aerogenerador
 - 3.2.4. Curva de ruido
 - 3.2.5. Materiales, colores
 - 3.2.6. Tipo de aerogenerador: número de palas, eje (horizontal o vertical)
 - 3.2.7. Tipo de cimentación
- 3.3. Subestación eléctrica
- 3.4. Línea subterránea
- 3.5. Accesos
- 3.6. Conexión a la red
- 3.7. Obra civil
 - 3.7.1. Cimentaciones de los aerogeneradores
 - 3.7.2. Zanja de conducción subterránea: longitud, dimensiones
 - 3.7.3. Vertederos, zona de acopio de materiales
 - 3.7.4. Cimentación del aparillaje eléctrico de la subestación
- 3.8. Materias primas y servicios necesarios: no existirán materias primas almacenadas para la producción de energía eléctrica mediante el aprovechamiento del viento.
- 4. Mapas de zonas de exclusión

- 5. Descripción del medio ambiente: con una descripción de los elementos del entorno que puedan verse afectados de forma apreciable por el proyecto. Se debe

especificar el método empleado para el muestreo, fechas de realización y responsables de los mismos.

5.1. Estudio geomorfológico y geológico

5.2. Estudio climatológico

5.3. Estudio del ruido y las vibraciones

5.4. Hidrología

5.5. Edafología

5.6. Estudio de la vegetación:

5.6.1. Vegetación potencial

5.6.2. Vegetación actual: composición y valoración, presencia de especies protegidas y su distribución espacial.

5.7. Fauna: descripción de los grupos faunísticos y las especies presentes en la zona indicando su posible nivel de protección.

5.7.1. Ictiofauna: listado (orden taxonómico) y catalogación

5.7.2. Mamíferos marinos

5.7.3. Aves

5.8. Hábitats naturales de interés comunitario. Adjuntar plano.

5.9. Especies protegidas y Red Natura

5.10. Especies protegidas y Red Natura 2000

5.11. Paisaje

5.12. Niveles sonoros: adjuntar plano del estado inicial y de la previsión

5.13. Medio humano y socioeconómico

5.13.1. Núcleos de población cercanos

5.13.2. Sectores de producción: turismo, pesca

5.13.3. Patrimonio cultural, arqueológico

5.14. Normativa ambiental

6. Evaluación de impacto

6.1. Identificación de las actuaciones susceptibles de producir impacto

- 6.1.1. Fase de construcción. Descripción de acciones.
 - 6.1.2. Fase de explotación
 - 6.1.2.1. Presencia del Parque eólico marino
 - 6.1.2.2. Movimiento de las palas
 - 6.1.2.3. Tendido eléctrico
 - 6.1.2.4. Aumento de tráfico de embarcaciones
 - 6.1.2.5. Empleo, generación de energía
 - 6.1.3. Fase de desmantelamiento: elaboración de un Plan de desmantelamiento del Parque eólico marino al final de su vida útil.
 - 6.2. Matriz de impactos el proyecto identificando los impactos positivos y los negativos.
 - 6.3. Valoración de impactos: incluyendo el carácter directo o indirecto, acumulativo o sinérgico, permanente o temporal, positivo o negativo, de cada uno de ellos, así como su alcance a corto, medio o largo plazo. Especificar la metodología empleada para la caracterización y valoración de impactos.
 - 6.3.1. Sobre la atmósfera: modelización del incremento del ruido en la zona en los núcleos de población cercanos . Adjuntar plano.
 - 6.3.2. Impacto sobre las aguas
 - 6.3.3. Impacto sobre el suelo
 - 6.3.4. Impacto sobre la vegetación
 - 6.3.5. Impacto sobre la fauna
 - 6.3.6. Impacto sobre la morfología
 - 6.3.7. Impacto sobre los procesos geofísicos
 - 6.3.8. Impacto sobre el paisaje: estudio de la cuenca visual, adjuntar planos
 - 6.3.9. Impactos sobre la actividad económica y la población
 - 6.3.10. Impacto sobre el patrimonio cultural
 - 6.3.11. Impactos sinérgicos
7. Medidas protectoras, correctoras y compensatorias
- 7.1. Medidas encaminadas a evitar la emisión excesiva de polvo y gases
 - 7.2. Medidas encaminadas a minimizar el ruido y las vibraciones

8. Valoración conjunta del Impacto ambiental, Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles. Resumen, en su caso, de las dificultades derivadas de la carencia de información o conocimientos técnicos encontrados por la elaboración del estudio.

Anexo: planos y cartografía

- Mapa de localización del proyecto
- Mapa, si los hubiera, del conjunto de parques eólicos marinos y líneas eléctricas de la zona
- Infraestructuras
- Mapa de vientos en el área de autorización
- Mapa geológico
- Mapa de vegetación sobre ortografía
- Hábitats sobre ortografía, indicar zonas de nidificación y rutas de migración
- Mapa de ruido base
- Mapa de ruido potencial
- Cuenca visual

Todos los planos incluirán leyendas, escala y orientación.

Anexo 4

Certificado de Valoración del Proyecto



VALORACIÓN DE PROYECTO

CURSO: MASTER PROFESIONAL EN INGENIERÍA Y GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, EDIC.2009-10

TÍTULO DEL PROYECTO	Guía Metodológica para la realización de un Estudio de Impacto Ambiental de un Parque Eólico Marino
ALUMNO	Carmen Ángel Rodríguez Arispón
TUTOR	Luis Toscano Benavides

VALORACIÓN DEL PROYECTO:

1. GRADO DE PARTICIPACIÓN DEL ALUMNO

- ALTO GRADO DE PARTICIPACIÓN E IMPLICACIÓN
 DEDICACIÓN NORMAL, SIN EXCESIVO ESFUERZO
 BAJA DEDICACIÓN, POCO ESFUERZO

2. APLICACIÓN REAL A UNA EMPRESA

ALTA NORMAL BAJA

3. LOS OBJETIVOS INICIALES DEL PROYECTO:

- SE HAN CUMPLIDO
 SE HAN IDO ADAPTANDO A LAS CIRCUNSTANCIAS
 NO SE HAN ALCANZADO

4. LA CALIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO ES:

ALTA NORMAL BAJA

5. LA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO Y LA DOCUMENTACIÓN ANEXA ES:

BUENA NORMAL NO ADECUADA

6. LA CALIFICACIÓN QUE UD. LE DA AL PROYECTO ENTRE 0 Y 10 PUNTOS ES DE: 9 PUNTOS.

7. OBSERVACIONES:

Fdo: El Tutor

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Evolución del tamaño de aerogeneradores	5
Fuente: www.nerel.gov	
Ilustración 2. Esquema del proceso de obtención de la información	13
Fuente: Directrices para la evaluación de impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos. Versión 1.0. SEO/BirdLife.	
Ilustración 3. Esquema básico de un parque eólico marino	16
Fuente: Directrices para la evaluación de impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos. Versión 1.0. SEO/BirdLife.	
Ilustración 4. Dimensiones del aerogenerador	17
Fuente: www.hornsrev.dk	
Ilustración 5. Tipos de cimentación usadas en profundidades medias	17
Fuente: Energía eólica offshore y energías marinas. . Cluster Marítimo Español.	
Ilustración 6. Cimentación de gravedad.....	18
Fuente: Review of the effects of offshore wind farm structures and their potential enhancement and mitigation.	
Ilustración 7. Transporte e instalación de una cimentación de gravedad	18
Fuente: www.eon.com	
Ilustración 8. Instalación de cimentación tipo monopilote.....	19
Fuente: www.eon.com	
Ilustración 9. Transporte de cimentación tipo trípode hasta su localización	20
Fuente: www.eon.com	
Ilustración 10. Instalación de una cimentación tipo trípode	20
Fuente: www.eon.com	
Ilustración 11. Instalación de la estructura de cimentación tipo Jacket.....	20
Fuente: www.eon.com	
Ilustración 12. Estructuras de flotación.....	21

Fuente: www.nrel.gov

Ilustración 13. Proceso de erosión en la base del aerogenerador 23

Fuente: www.sscsystems.com

Ilustración 14. Instalación del cable submarino de evacuación mediante “Treching” .. 24

Fuente: Offshore wind. Implementing a new powerhouse for Europe. Published by Greenpeace International.

Ilustración 15. Instalación del cable submarino de evacuación mediante Dragado..... 24

Fuente: Offshore wind. Implementing a new powerhouse for Europe. Published by Greenpeace International.

Ilustración 16.Instalación de la subestación transformadora 25

Fuente: www.eon.com

Ilustración 17. Fauna bentónica 33

Fuente: www.sscsystems.com

Ilustración 18. Hábitat en la zona de cimentación 33

Fuente: www.sscsystems.com

Ilustración 19. Tráfico de embarcaciones en un parque eólico marino..... 36

Fuente: www.eon.com

Ilustración 20. Patrones de vuelo de aves migratorias a través de un parque eólico marino..... 37

Ilustración 21. Mapa Eólico Marino de España. 77

Ilustración 22, Elementos principales de un parque eólico marino..... 80

Ilustración 23. Zona de acopio de material 81

Ilustración 24. Ensamblaje de las palas de un aerogenerador del parque Scroby Sands. 81

Fuente: www.bewea.com

Ilustración 25.Proceso de instalación de un aerogenerador..... 82

Fuente: London Array windfarm

Índice de tablas

Tabla 1. Características de los principales tipos de cimentación del aerogenerador	22
Tabla 2	29
Tabla 3. Impactos en organismos bentónicos	49
Tabla 4. Impactos en peces.	52
Tabla 5. Impactos en mamíferos marinos	53
Tabla 6. Impactos sobre las aves	56
Tabla 7. Criterios para determinar la sensibilidad ambiental de un área	61

Bibliografía

- Atienza, J.C., Martín Fierro, I., Infante, O., Valls, J. **Directrices para la evaluación de impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos**. Versión 1.0. SEO/BirdLife.
- **Danish Offshore Wind – Key Environmental Issues**. Published by DONG Energy, Vattenfall, The Danish Energy Authority and The Danish Forest and Nature Agency November 2006
- de Lucas, M., Guyonne F.E., Janss, Ferrer, M. **Aves y parques eólicos. Valoración del riesgo y atenuantes**.
- E.ON **Offshore Wind Energy Bactbook**. E:ON Climate&Renewables. September 2010.
- E.ON. **Humber Gateway Offshore Wind Farm. Non-technical Summary** of the Offshore Environmental Statement and Onshore Cable Route Environmental Statement.
- **Effects of offshore Wind Farms on Marine mammals and fish- The European Experience**. Andrew B. Gill, Frank Thomsen.
- **Energía eólica offshore y energías marinas**. Teresa Ojanguren Fernández y Alvaro Martínez Palacio. Cluster Marítimo Español. Madrid, 2020.

- **Environmental Statement. Non-Technical Summary. London Array Limited.**
June 2005.
- **Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la energía eólica.**
Corporación Financiera Internacional. Grupo del Banco Mundial. Abril 2007.
- **Guidance on the assessment of the impact of offshore wind farms: Seascape and visual impact report.** Dti in association with The Countryside Agency landscape Access Recreation, Scottish Natural Heritage.
- Henning Noer, Thomas kjaer Christensen, Ib Clausager , Ib Krag Petersen.
Department of coastal zone ecology. **Effects on birds of an offshore wind park at Horns Rev: Environmental impact assessment.** NERI Report 2000.
- **Horns Rev Offshore Wind Farm. Environmental Impact Assessment.** Summary of EIA Report. Maj 2000.
- Libro de la eoi
- Linley E.A.S., Wilding T.A., Black K., Hawkins A.J.S. and Mangi S. (2007). **Review of the effects of offshore wind farm structures and their potential enhancement and mitigation.** Report from PML Applications Ltd and the Scottish Association for Marine Science to the Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform (BERR), Contract No: RFCA/005/0029.
- Maclean, I.M.D., Wright, L.J., Showler, D.A. and Rehfisch, M.M. (2009). **A review of Assessment Methodologies for Offshore Windfarms.** British trusts for Ornithology Report Commissioned by Cowry Ltd.
- Marine Scotland. **Strategic Environmental Assessment (SEA) of Draft Plan for Offshore Wind Energy in Scottish Territorial Waters.** Volume 1: Environmental Report.
- **Offshore wind farms: their impacts, and potential habitat gains as artificial reefs,** in particular for fish, being a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of MSc in Estuarine and Coastal Science and Management . By Jennifer Claire Wilson BSc (Hons) Marine and Freshwater Biology, University of Hull September 2007.
- **Offshore wind. Implementing a new powerhouse for Europe.** Grid connection, environmental impact assessment & political framework. Published by Greenpeace International. March 2005.

- Proceedings of the Ascobans/ECS **Workshop Offshore wind farms and marine mammals: Impacts & Methodologies for assessing impacts**. Held at the European Cetacean Society's 21st Annual Conference, The Aquarium, San Sebastian, Spain, 21st April 2007
- **Protección de la biodiversidad y uso sostenible del mar. Planificación del desarrollo de la energía eólica marina en España**. Pilar Muela Garcia, Consejera técnica D.G. de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino. 10º Congreso nacional del Medio Ambiente (Conama 10). 22 de Noviembre de 2010.
- **Renewable Energy Technologies for Use on the Continental Shelf**. Michael C. Robinson, Ph.D. National Renewable Energy Lab. 6 June 2006.
- **Strategic Environmental Assessment of offshore Wind and Marine Renewable Energy in Northern Ireland**. Environmental report Volume 3. Department of Enterprise, Trade and Investment (DETI). December 2009.
- **Thanet Offshore wind farm. Environmental Statement. Non technical summary**. November 2005.
- **Viento Fuerza 12**. Una propuesta para obtener el 12% de la electricidad mundial con energía eólica en 2020. Ewea, Greenpeace, APPA.
- Wilhelmsson, D., Malm, T., Thompson, R., Tchou, J., Sarantakos, G., McCormick, N., Luitjens, S., Gullström, M., Paterson Edwards, J.K., Amir, O. and Dubi, A. (eds.) (2010). **Greening Blue Energy: Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of off shore renewable energy**. Gland, Switzerland: IUCN. 102pp.
- **Wind energy developments and Natura 2000**. Guidance document.
- **Wind farm development and nature conservation**. A guidance document for nature conservation organizations and developers when consulting over wind farms proposal in England. English nature ,RSPB, WWF-UK, BEWEA. March 2001.

Direcciones de páginas web de interés

- www.aquaret.com
- www.awea.org. Energy wind energy association
- www.boe.es. Portal del Boletín Oficial del Estado
- www.bwea.com. British wind energy association
- www.cefas.co.uk. Centre for Environment, Fisheries & Acuaculture science
- www.conama10.es. 10º Congreso Nacional de Medio ambiente.
- www.ewea.org. Energy wind European association.
- www.greenpeace.org
- www.hornsrev.dk. Horns Rev Offshore wind farm.
- www.iberdrola.es
- www.ieawind.org. International Energy Agency (IEA) Implementing Agreement for Co-operation in the Research, Development, and Deployment of Wind Energy Systems - IEA Wind.
- www.ifc.org. International Finance Corporation
- www.middelgrunden.dk. Middelgrunden Offshore wind farm,
- www.mityc.es. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de España.
- www.nrel.gov
- www.nrel.gov. National Renewable Energy Laboratory.
- www.offshorewind.co.uk
- www.offshorewindenergy.org
- www.q7wind.nl. Prinses Amalia Windpark.
- www.seo.org
- www.vestas.com