



GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS

Proyecto CENIT-OCEAN LÍDER, líderes en Energías Renovables Oceánicas



Centro para el Desarrollo
Tecnológico Industrial

Fuente de las imágenes de portada:

<http://www.evwind.es/2012/10/12/offshore-wind-energy-in-poland-up-to-10000-mw-of-offshore-wind-power-possible-before-2030/24649/>

<http://www.climatenorthernireland.org.uk/news/hat-trick-for-seagen.php>

<http://www.technologyreview.in/energy/39204/page2/>

GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS



Proyecto CENIT-OCEAN LÍDER, líderes en Energías Renovables Oceánicas

Guía para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos de Energías Renovables Marinas

Autores¹: Juan Bald, Almudena Fontán, Javier Franco, Joxe Mikel Garmendia, Manuel González, Ane Iriondo, Pedro Liria, Iratxe Menchaca, Iñigo Muxika, José Germán Rodríguez, Oihana Solaun, Ainhize Uriarte, Maria C. Uyarra, Izaskun Zorita, Cibrán Camba Rey².

¹ AZTI - Tecnalia / Unidad de Investigación Marina
Muelle de la Herrera, recinto portuario s/n
20110 Pasaia (Guipúzcoa)
Tel: 94 6574000 - Fax: 94 6572555
Videoconferencia: 150.241.234.121
*e-mail: jbald@azti.es
www.azti.es ; www.tecnalia.info ; www.itsasnet.com

² Acciona Energía S.A.
Calidad, Prevención y Medioambiente
Avda. Ciudad de la Innovación 5
31621 Sarriguren (Navarra)
Tel: +34 948 006 000
*e-mail: cibran.camba.rey@acciona.es
www.acciona-energia.es

Si procede, este documento deberá ser citado del siguiente modo:

Bald, J., Fontán, A., Franco, J., Garmendia, J.M., González, M., Iriondo, A., Liria, P., Muxika, I., Rodríguez, J.M., Solaun, O., Uriarte, A., Uyarra, M.C., Zorita, I. y C. Camba, 2013. *Guía para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos de Energías Renovables Marinas*. Informe técnico realizado en el marco del proyecto nacional de I+D CENIT- E OCEAN LIDER, Líderes en Energías Renovables Oceánicas. 75 pp.

Sobre las organizaciones



AZTI-Tecnalia (www.azti.es) es una fundación sin ánimo de lucro comprometida con el desarrollo social y económico del sector pesquero y alimentario, así como con la protección del Medio Ambiente marino y los recursos naturales. AZTI forma parte de TECNALIA Corporación Tecnológica. Desde 1981, con más de 25 años de experiencia, en AZTI se han realizado más de 2.000 proyectos con empresas, instituciones y administraciones públicas y más 10.000 servicios tecnológicos y de laboratorio. AZTI-Tecnalia, como centro de investigación e innovación está estructurado en 2 unidades de negocio: Investigación Alimentaria e **Investigación Marina**, teniendo esta última como objetivo prioritario proporcionar soluciones innovadoras a las necesidades del sector, las administraciones y la sociedad, mejorando la situación del medio marino, sus recursos y la gestión sostenible. La **Unidad de Investigación Marina de AZTI-Tecnalia** está estructurada en 4 áreas de Investigación + Desarrollo e Innovación + Servicios Tecnológicos: (i) Gestión Integral de la Zona Costera; (ii) Sistemas de Oceanografía Operacional; (iii) Gestión Pesquera Responsable y Competitiva y (iv) Tecnología Pesquera, Marina y Acuícola.



ACCIONA Energía, División de Energía del grupo ACCIONA, es un líder mundial en el ámbito de las energías renovables, que asume como misión demostrar la viabilidad técnica y económica de un nuevo modelo energético guiado por criterios de sostenibilidad. ACCIONA Energía cuenta con 20 años de experiencia en el sector, trabaja en siete tecnologías limpias, tiene presencia en 20 países - en buena parte de ellos con instalaciones operativas propias- que superan los 8.000 MW de potencia, y despliega su actividad a lo largo de toda la cadena de valor de la energía eólica. Las principales áreas de actividad de ACCIONA Energía son: (i) Eólica; (ii) Aerogeneradores; (iii) Solar termoelectrica; (iv) Solar Fotovoltaica; (v) Hidráulica; (vi) Biomasa y (vii) Gestión y Venta de energía.

Índice

Índice de Figuras	6
Índice de Tablas.....	8
Agradecimientos	9
Resumen ejecutivo.....	10
1. Introducción.....	11
1.1 Antecedentes	11
1.2 Objetivos del documento.....	13
1.3 Público al que va dirigido	13
1.4 Cómo usar este documento	13
1.5 Acrónimos	14
2. Las Tecnologías	15
2.1 La energía del oleaje	15
2.1.1 Introducción	15
2.1.2 La tecnología	15
2.1.2.1 Instalaciones onshore.....	16
2.1.2.2 Instalaciones nearshore	16
2.1.2.3 Instalaciones offshore	17
2.2 La energía de las corrientes y las mareas.....	18
2.2.1 Introducción	18
2.2.2 La tecnología	18
2.3 La energía eólica marina	19
2.3.1 Introducción	19
2.3.2 La tecnología	20
3. Marco legal: la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	21
3.1 Introducción	21
3.2 Normativa	21
3.3 El procedimiento de EIA.....	22
3.3.1 Proyectos incluidos en el Anexo I.....	22
3.3.2 Proyectos incluidos en el Anexo II.....	23
4. Caracterización del medio (Inventario Ambiental)	25
4.1 Introducción	25
4.2 Medio Físico	25
4.2.1 Geología y geomorfología	25
4.2.2 Hidrodinámica	27
4.2.2.1 Corrientes y mareas	27
4.2.2.2 Oleaje	28
4.2.2.3 Dinámica sedimentaria.....	28
4.2.3 Paisaje	28
4.3 Medio Biótico	29
4.3.1 Comunidades del bentos.....	29
4.3.2 Acústica (ruido, mamíferos e ictiofauna)	30
4.3.3 Avifauna	31

4.4	Medio Socioeconómico.....	32	6.3	Estructura de un PVA	50
4.4.1	Actividad pesquera.....	32	6.4	Agentes implicados y sus funciones y competencias	51
4.4.2	Patrimonio cultural subacuático	33	6.5	Protocolos de actuación.....	51
4.4.3	Socioeconomía	34	6.5.1	Fase de replanteamiento	51
4.4.3.1	Bienes y servicios del medio marino	34	6.5.2	Fase de obras	52
4.4.3.2	Bienes y servicios del medio terrestre	35	6.5.3	Fase de funcionamiento.....	53
5.	Identificación y valoración de impactos.....	36	6.5.4	Fase de desmantelamiento o retirada	53
5.1	Introducción	36	6.5.5	Cambios en la planificación e incumplimientos	53
5.2	Afección a la dinámica marina	41	6.6	Dificultades previstas y estrategias de solución.....	54
5.3	Afección a calidad del agua.....	42	6.7	Registro y trazabilidad.....	54
5.4	Afección a los sedimentos.....	42	7.	Seguimiento	55
5.5	Afección al bentos.....	42	7.1	Objetivo.....	55
5.6	Afección a la ictiofauna	44	7.2	Indicadores ambientales para el seguimiento	55
5.7	Afección a los mamíferos marinos	45	7.3	Metodologías de seguimiento	55
5.8	Afección a las tortugas marinas	45	8.	Referencias.....	56
5.9	Afección a la avifauna	46	9.	Anexo I: fichas resumen	63
5.10	Afección a la pesca	47			
5.11	Afección al paisaje.....	47			
5.12	Afección a los recursos arqueológicos subacuáticos	48			
5.13	Afección a la socio economía	48			
6.	Plan de Vigilancia Ambiental (PVA).....	50			
6.1	Introducción	50			
6.2	Objetivos del PVA.....	50			

Índice de Figuras

Figura 1. Escenario de Eficiencia Energética Adicional: Consumo Energía Primaria (2005-2020). Adaptado de MITC (2010).	11
Figura 2. Energía promedio anual en Europa (TWh). Tomado de European Wave Energy Atlas.	15
Figura 3. Tipos de tecnologías para la captación de energía del oleaje en función de su ubicación con respecto a la línea de costa.	16
Figura 4. Sistema de captación de energía del oleaje LIMPET. Tomado de www.wavegen.co.uk	16
Figura 5. Sistemas: a) CETO ¹ ; b) Oyster ² ; c) Wawe Roller ³ ; d) WaveStar ³ y e) Seewec ⁴ . Adaptado de Bald <i>et al.</i> (2010).	17
Fuentes: ¹ http://coastalenergyandenvironment.web.unc.edu/2010/05/31/wave-energy-desalination-progress/ ² http://www.engadget.com/2009/03/09/oyster-wave-energy-converter-puts-climate-change-to-good-use/ ³ http://www.umweltbrief.de/neu/html/WaveRoller_AW-Energy.jpg ⁴ http://mendocoastcurrent.wordpress.com/2008/01/29/the-waves-are-rolling-for-wave-star-energy-in-denmark/ ⁴ http://www.seewec.org/index.html	
Figura 6. Sistemas de captación: a) WaveDragon ¹ ; b) Pelamis ² ; c) WawePlane ³ ; d) Oceantec ⁴ ; e) WaveBob ⁵ y f) Oceanlix ⁶ . Adaptado de Bald <i>et al.</i> (2010).	17
Fuentes: ¹ http://www.wavedragon.net/ ² http://news.bbc.co.uk/2/hi/programmes/working_lunch/7633597.stm ³ http://www.waveplane.com ⁴ http://www.waveplam.eu/page/default.asp?id=192 ⁵ http://www.wavebob.com/ ⁶ http://dnahtigal.wordpress.com/2011/05/03/renewable-energy-sources-4-wave-energy/	
Figura 7. Estación mareomotriz de La Rance en Francia.	18
Fuentes: http://sustentabilidade.allianz.com.br/energia/?676/Perfil-da-energia-hidrica http://www.sciencebuddies.org/Files/3774/5/Energy_img041.jpg	
Figura 8. Prototipos de turbinas. (a) Sistema Sea Gen de Marine Current Turbines en Irlanda ¹ ; (b) Sistema Open Hydro en Escocia ² .	19

Fuentes: ¹ <http://www.thinkmaritime.com/2008/12/25/seagen-shatters-tidal-power-generation-record/>
² <http://www.openhydro.com/development.html>

Figura 9. Planeador desarrollado por Engineering Business Ltd.....	19
Figura 10. Sistemas de aerogeneradores offshore en función de la profundidad (arriba) y tipos de cimentaciones para aerogeneradores offshore flotantes. Tomado de Robinson y Musial (2006).....	20
Figura 11. Procedimiento de EIA y plazos aproximados para los proyectos del Anexo I del Real Decreto Legislativo 1/2008, actualizado según Ley 6/2010, de 24 de marzo.	24
Figura 13. Ejemplo de modelo a partir de campaña batimétrica multihaz en la que se pueden identificar diversas estructuras.	26
Figura 12. Tipos de draga.	26
Fuentes: Reineck : http://en.wikipedia.org/wiki/File:Reineck_boxcorer_1.jpg Van Veen: http://www.kc-denmark.dk/media/7982/12.310_Van_Veen_2000.jpg Day: http://www.kc-denmark.dk/media/32447/12.300%20-%20day%20grab_f.jpg Shipeck: http://www.envco.co.nz/files/MO-WLD-860-AXX.jpg	
Figura 15. Equipo de sísmica de reflexión.....	27
Figura 14. Esquema de funcionamiento de sonar de barrido lateral. Fuente: http://historiayarqueologiamaritima.es/	27
Figura 16. Áreas Importantes para las Aves (IBA) marinas en España. Fuente: SEO/BirdLife (2009).	32
Figura 17. Expresión gráfica del concepto de impacto ambiental. Adaptado de Gómez-Orea (1992).....	36
Figura 18. Expresión gráfica de un impacto de carácter compatible, moderado, severo y crítico. Clave: t_a = momento actual; t_o = momento de inicio de la acción; t_i = momento de inicio del impacto; t_f = momento de finalización de la acción; t_c = momento de interés considerado.....	38

Índice de Tablas

Tabla 1. Capacidad total instalada, número de parques eólicos marinos y número de turbinas instaladas en Europa en 2011 (EWEA, 2012).....	20
Tabla 2. Importancia de impacto (adaptado de Conesa, 2010). Nota: en el caso de que no sea necesaria la aceleración de la reversibilidad, o no sea necesaria la introducción de medidas correctoras, el atributo recuperabilidad toma los valores del atributo reversibilidad.	37
Tabla 5. Interrelación entre las acciones del proyecto y los factores ambientales afectados durante la fase de obras. Clave: Impacto ■ Compatible; ■ Moderado; ■ Severo; ■ Crítico; S = signo; I = Intensidad; E = Extensión; M = Momento; P = Persistencia; R = Reversibilidad; R = Recuperabilidad; S = Sinergia; A = Acumulación; E = Efecto; P =Periodicidad; I = Importancia.....	40
Tabla 6. Fuentes de ruido y su intensidad.	45
Tabla 7. Modelo o ejemplo a seguir para la elaboración del Documento Inicial del PVA.	52
Tabla 8. Tabla de registro de actuaciones de seguimiento y vigilancia que se llevarán a cabo durante la fase de obras.	53

Agradecimientos

Los autores quieren expresar sus agradecimientos al Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), al Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y al proyecto consorcial CENIT-E OCEAN LIDER, que han posibilitado la elaboración y publicación de este documento.

Del mismo modo los autores agradecen a las empresas PROES Consultores, S.A., TECNOAMBIENTE, S.L., GMV Sistemas S.A.U. e IBERDROLA Ingeniería y Construcción S.A.U., su enriquecedora contribución y colaboración en la elaboración de esta “Guía para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos de Energías Renovables Marinas”.

Resumen ejecutivo

La publicación de esta “Guía para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos de Energías Renovables Marinas” se enmarca dentro de las actividades de Acciona Energía en el proyecto CENIT-E OCEAN LÍDER, LíDERes en Energías Renovables Oceánicas.

Este proyecto CENIT es una ambiciosa iniciativa tecnológica promovida por un consorcio de empresas con una alta capacidad en Investigación, que afronta el desafío de generar y crear el conocimiento y las tecnologías necesarias para el aprovechamiento eficiente e integral de las energías oceánicas renovables.

Dadas sus características científico-tecnológicas y los objetivos planteados fue aprobado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) en la convocatoria del año 2009 del programa de Consorcios Estratégicos Nacionales en Investigación Técnica (CENIT-E), destinado a fomentar y afianzar la cooperación pública y privada en España.

En él participan 20 empresas y 25 Centros de investigación de once comunidades autónomas: Andalucía, Canarias, Cantabria, Castilla y León, Cataluña, Galicia, Canarias, Asturias, Comunidad Valenciana, Madrid y País Vasco, formando un consorcio liderado por Iberdrola Ingeniería y Construcción.

Los conocimientos y tecnologías generados en OCEAN LÍDER permitirán el desarrollo de nuevas instalaciones, dispositivos, estructuras, artefactos de reconocimiento y caracterización del medio marino, buques, así como el desarrollo de nuevas técnicas para la generación, distribución y transporte de la energía oceánica, que permitan su aprovechamiento sostenible a gran escala y la implantación de novedosos modelos inteligentes de gestión y explotación de dichas fuentes energéticas preservando el medio ambiente marino y la seguridad de la vida humana en la mar.

El objetivo fundamental del OCEAN LÍDER es la investigación y generación de conocimiento para el desarrollo de tecnologías rupturistas necesarias para la implantación de instalaciones integradas de aprovechamiento de energías renovables marinas contribuyendo por tanto a:

- Generar y crear el conocimiento necesario para el aprovechamiento sostenible de energías renovables marinas.
- La investigación integral de las diferentes incertidumbres y aspectos críticos para la implantación de la industria.
- La generación de conocimientos para la creación de nuevos productos, procesos y servicios de interés estratégico para los sectores implicados.

Por todo ello el presente documento se constituye complementariamente como una herramienta adicional para la consecución de estos objetivos presentando en su contenido, de manera sintética y fácilmente entendible, el conocimiento sobre el potencial impacto ambiental de las energías renovables marinas, así como las metodologías para su estudio, con el fin de que futuros proyectos de energías renovables marinas sean gestionados medioambientalmente de forma sostenible.

1.Introducción

1.1 Antecedentes

España mantiene desde hace tres lustros un notorio crecimiento del consumo de energía y de la intensidad energética¹. Nuestra creciente y excesiva dependencia energética exterior, cercana al 80% en los últimos años, y la necesidad de preservar el Medio Ambiente, reducir las emisiones de carbono y asegurar un desarrollo sostenible, obligan al fomento de fórmulas eficaces para un uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes de energía renovables, lo cual, responde a motivos de estrategia económica, social y medioambiental, además de ser básico para cumplir los compromisos internacionales en materia de Medio Ambiente (MITC, 2005).

La importancia que para la Unión Europea y España tiene el crecimiento de las fuentes de energía renovables llevó, en el marco de la política energética comunitaria, a la elaboración por parte de la Comisión de las Comunidades Europeas, del Libro Blanco para una Estrategia Común y un Plan de Acción para las Energías Renovables² ya en el año 1997. En España, dicho plan, fue establecido por la Ley del Sector Eléctrico³ y dio lugar

¹ A nivel global de una economía, relación entre el consumo de energía (tanto primaria, como final) y el Producto Interior Bruto (PIB), medido en moneda constante cuando se analizan evoluciones.

² Comunicación de la Comisión: Energía para el futuro: Fuentes de Energía Renovables. Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción Comunitarios (Documento COM (97) 599 final). Bruselas, 26.11.1997.

³ Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.

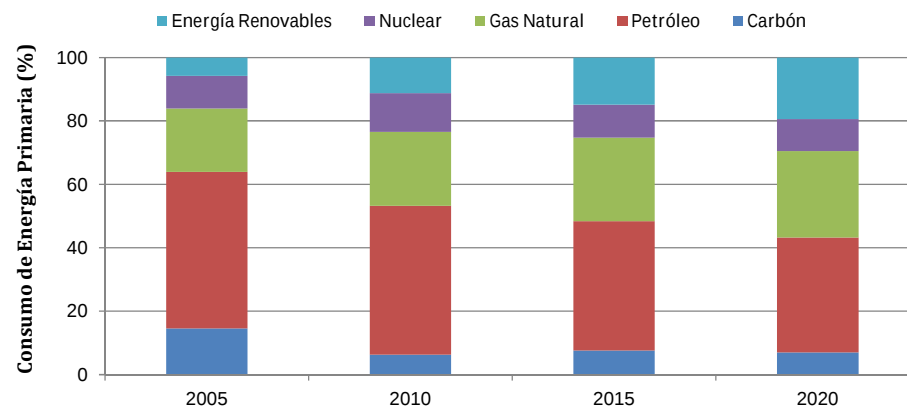


Figura 1. Escenario de Eficiencia Energética Adicional: Consumo Energía Primaria (2005-2020). Adaptado de MITC (2010).

finalmente al lanzamiento del Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010 (MITC, 2005). Como resultado de la política de apoyo a las energías renovables, el crecimiento de éstas durante los últimos años ha sido notable y de esta manera, en términos de consumo energía primaria, han pasado de cubrir una cuota del 6,3% en 2004 al 11,3% en 2010. Además, el porcentaje de energías renovables sobre el consumo final bruto de electricidad ha pasado del 18,5% en 2004 al 29,2% en 2010 (MITC, 2011). Actualmente, nuestro país ha dejado atrás esta primera etapa de lanzamiento de las Energías Renovables y se encuentra en la de **consolidación y desarrollo**, en el marco del Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020 en relación con la Directiva 2009/28/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 23 de abril,

relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables que establece que cada Estado miembro elaborará un Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables (PANER) para conseguir los objetivos nacionales fijados en la propia Directiva.

Para España, estos objetivos se concretan en que las energías renovables representen un 20% del consumo final bruto de energía, con un porcentaje en el transporte del 10%, en el año 2020.

En este sentido, según el PANER (2011-2020), la incorporación de medidas de eficiencia energética al horizonte 2020, permitiría reducir la demanda de energía primaria de los 166 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) del escenario de referencia, a algo más de 142 millones de tep. Según fuentes del MINETUR⁴ y del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la **evolución de sus principales indicadores energéticos** sería la que se muestra en la Figura 1.

Así, la necesidad de diversificar y aumentar las fuentes de energía de carácter renovable (ej. Directiva 2001/77/EC para la promoción de electricidad producida a partir de recursos de energía renovable en el mercado Europeo interno; (WEC, 2007a; CE, 2008; Lund y

⁴ Ministerio de Industria, Energía y Turismo

Mathiesen, 2008), por un lado, y las limitaciones espaciales a las que están sujetas las instalaciones de captadores de energía renovable en tierra (ej. solar y eólica), por otro, ha fomentado los estudios orientados al aprovechamiento energético del mar; bien empleando las tecnologías ya maduras como la eólica o bien, a más largo plazo, desarrollando nuevas tecnologías como las de captación de la energía del mar, tales como el oleaje, las corrientes o las mareas (Tseng *et al.*, 2000; Pelc y Fujita, 2002; Vantorre *et al.*, 2004; Ivanova *et al.*, 2005; Falnes, 2007; Valério *et al.*, 2007; WEC, 2007b; Agamloh *et al.*, 2008a, b; Marine Coastal Community Network, 2008)

Según el PANER 2011-2020, debido a las características de la costa española, el aprovechamiento de la energía de las olas (energía undimotriz) es la que se vislumbra como la tecnología de aprovechamiento energético marino más prometedora, siendo la cornisa Cantábrica y la fachada norte de las Islas Canarias donde se dan los mayores potenciales energéticos, concretamente 15-45 kw.m^{-1} y 5-15 kWm.m^{-1} , respectivamente según González *et al.* (González *et al.*, 2012). Aunque sus costes de generación son altos y tampoco son del todo fiables debido a la inmadurez de la tecnología, la disponibilidad de plantas de pequeña escala permitiría aportar su energía a la red en casos muy puntuales para determinadas tecnologías más avanzadas, aunque necesitarán fuertes apoyos de financiación. En el caso del potencial eólico marino se estima en España próximo a los 8 GW en el mar en aguas no profundas (menos de 50 m de profundidad) (MITC, 2011).

A nivel mundial, según European Ocean Energy Roadmap 2010-2050, los **objetivos previstos** para las energías del oleaje y corrientes de marea en los horizontes 2030-2050 son de 3,6 y 188 GW, respectivamente.

A nivel nacional, en el caso de la energía undimotriz, el PANER 2011-2020, se ha marcado un objetivo a 2020 que alcanza los 100 MW. En el caso de la energía eólica marina, el objetivo pasa por el desarrollo de aerogeneradores con potencia unitaria en el rango de los 10 a 20 MW, que permita alcanzar una potencia anual de 270 MW para el año 2020.

Para la consecución de los objetivos fijados en el Plan, actualmente en España se están desarrollando los primeros proyectos pilotos de energía undimotriz y eólica, con diferentes prototipos (PANER 2011-2020). Actualmente, dichos prototipos están en fase de demostración y se espera que para el año 2016 esté definida la mejor tecnología que permita el desarrollo comercial del sector con la puesta en marcha de las primeras plantas de producción de energía eléctrica proveniente del mar.

Por otro lado, el PANER 2011-2020 incluye otra serie de medidas relacionadas con la simplificación de las tramitaciones administrativas para plataformas experimentales de I+D+i de eólica marina y/o energías marinas. También incluye medidas económicas, como un programa de ayudas públicas a los estudios e investigaciones previos a la ejecución de proyectos. Además el Plan recomienda una serie de actuaciones con el objetivo de favorecer la integración de las energías renovables dentro de las infraestructuras energéticas. Entre las líneas de actuación y en relación al tema que nos ocupa, se llevarían a cabo medidas administrativas relacionadas con la planificación específica de las infraestructuras de evacuación eléctrica asociadas a los proyectos marinos.

En el ámbito de la I+D+i la European Ocean Energy Association) ha elaborado una **hoja de ruta** para el período 2010-2050 que, mediante acciones estratégicas,

pretende cubrir las medidas anteriormente mencionadas.

En el caso del **sector eólico marino**, en el marco de la Iniciativa Industrial Eólica del SET-Plan, se definió la hoja de ruta tecnológica en el horizonte de 2020, que incluye, entre los ejes de actuación, el desarrollo y prueba de nuevas infraestructuras y demostración de nuevos procesos de fabricación en serie para estructuras marinas, así como la planificación espacial de los mismos, en línea con la Directiva de Estrategia Marina 2008/56/EC.

En cuanto a la posible **creación de empleo**, en líneas generales y agrupando el conjunto de energías renovables, según las previsiones del Plan para 2020, se produciría un crecimiento respecto del 2010 del 114%. En relación a las fases generales involucradas en la producción de energías renovables, la de construcción y mantenimiento representará el 61% del empleo total generado en 2020, la fase de obtención del recurso el 27% y por último la fase de explotación con el 12%, siendo el sector eólico uno de los que generarán mayor cantidad de puestos de trabajo (19 %)(MITC, 2011).

1.2 Objetivos del documento

De acuerdo con el Grupo de Trabajo para el Estudio del Impacto Ambiental de las Energías Renovables asociadas a las olas y las mareas (ICES, 2011), el número de artículos científicos relacionados con las energías renovables ha aumentado progresivamente desde 1990. Sin embargo, menos de un 10% de los mismos se relaciona con el impacto ambiental de las obras, funcionamiento y desmantelamiento de captadores para el aprovechamiento de este tipo de energías en el mar.

El desarrollo viable de aprovechamientos energéticos del mar, además de resolver las dificultades técnicas y económicas propias de su desarrollo, debe dar solución a los potenciales impactos ambientales que la instalación, funcionamiento y desmantelamiento de las estructuras asociadas puede dar lugar desde las etapas más preliminares de proyecto. Asimismo, el planeamiento, previsión, elección de emplazamientos, compatibilidad con otros usos del litoral, etc., resultan de vital importancia en el análisis a realizar. Debido a su incipiente estado de desarrollo y la ausencia de datos asociados a una vigilancia ambiental de proyectos concretos, existen grandes incertidumbres en relación con el posible impacto ambiental de las tecnologías para el aprovechamiento de energía del oleaje (ICES, 2011).

Los correspondientes Estudios de Impacto Ambiental (en adelante EslA) de este tipo de proyectos deben garantizar una fundada identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales derivados de las obras, funcionamiento y desmantelamiento, contribuyendo a la determinación de la idoneidad de las medidas técnicas, así como las propuestas para controlar, corregir y vigilar los impactos medioambientales adversos.

Es por tanto el objetivo del presente documento desarrollar la base, a modo de guía metodológica, sobre la que sustentar el desarrollo y elaboración de EslAs de proyectos para el aprovechamiento de la energía en el mar.

1.3 Público al que va dirigido

El presente documento tiene como público objetivo: (i) los promotores de proyectos para el aprovechamiento de la energía renovable del mar con el fin de que tengan en consideración todas las implicaciones medioambientales de sus proyectos; (ii) los técnicos de las administraciones competentes en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y en la concesión de los permisos pertinentes, así como las personas que se dedican a la realización de EslAs; (iii) otros grupos interesados, tales como ONGs dedicadas a la preservación, conservación y protección del medioambiente marino, así como el público en general.

De igual forma, el presente documento también puede ser útil para aquellos países que aún no hayan considerado la variable medioambiental en el desarrollo de sus políticas en relación con las energías renovables marinas.

1.4 Cómo usar este documento

La finalidad del presente documento es presentar de forma sintética y fácilmente entendible el conocimiento sobre el potencial impacto ambiental de las energías renovables marinas y las metodologías para su estudio. Para ello los contenidos del presente documento se distribuyen de la siguiente manera: (i) el capítulo 2 hace una revisión del estado actual de las tecnologías para la captación de la energía de las corrientes, oleaje y viento; (ii) el capítulo 3 realiza una revisión del marco legal

vigente en relación con la Evaluación de Impacto ambiental; (iii) el capítulo 4 presenta las metodologías para la caracterización previa del medio; (iv) el capítulo 5 compila los posibles impactos ambientales asociados al desarrollo de proyectos para la captación de la energía del mar; (v) finalmente en el Anexo I se presentan unas fichas resumen del contenido del presente documento para cada uno de los factores ambientales considerados.

Es importante subrayar que el presente documento supone una guía general y que no puede remplazar los estudios específicos a realizar en función de los proyectos concretos que se planteen en cada caso particular.

La interpretación y recomendaciones contenidas en los correspondientes capítulos están fundamentadas y condicionadas por el marco regulatorio que se aplica en el Estado Español en relación con estas tecnologías.

1.5 Acrónimos

BIMEP	Biscay Marine Energy Platform
CNAE	Código Nacional de Actividades Económicas
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DPMT	Dominio Público Marítimo Terrestre
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental
EWEA	European Wind Energy Association
LICs	Lugares de Interés Comunitario
PCS	Patrimonio Cultural Subacuático
PVA	Plan de Vigilancia Ambiental
RDL	Real Decreto Legislativo
ROV	Remotely Operated Vehicle
WEC	Wave Energy Converter
ZEPAs	Zonas de Especial Protección para las Aves

2. Las Tecnologías

2.1 La energía del oleaje

2.1.1 Introducción

El recurso de energía del oleaje global en aguas profundas (zonas de más de 100 m de profundidad) se estima aproximadamente entre 1 y 10 TW (Panicker, 1976) y según el Consejo Mundial de la Energía (WEC, 2007b) la energía potencial explotable del oleaje es superior a 2 TW. En las zonas más someras, el oleaje pierde parte de su energía pero determinadas formas del fondo marino pueden provocar la concentración de energía del oleaje en las zonas cercanas a costa (Pousa *et al.*, 1995; Thorpe, 1999). Por esta razón, la instalación de captadores y la transmisión de la energía a tierra en estas zonas es más viable. Además, se considera que, cuando los captadores existentes en la actualidad estén totalmente desarrollados, el recurso explotable será de entre 104 y 750 TWh/año (Wavenet, 2003), pudiéndose llegar a alcanzar los 2.000 TWh/año (aproximadamente el 10% del consumo eléctrico mundial) con una inversión de 820 millones de euros (Thorpe, 1999).

Las estimaciones previas de energía del oleaje en el Atlántico europeo proceden del European Wave Energy Atlas, que estiman entre 70 y 32 kW/m la energía media anual incidente en las costas de esta zona (Figura 2). Como ejemplo próximo puede citarse el caso de Portugal, donde las estimaciones del potencial energético del oleaje en su costa alcanzan valores del orden de 130 TWh/año (Gato y Falcao, 2007).

En el caso de la costa española, no existe un inventario preciso del recurso energético asociado al oleaje.



Figura 2. Energía promedio anual en Europa (TWh). Tomado de European Wave Energy Atlas.

Teniendo en cuenta que en Francia se calcula que la energía disipada por el mar sobre sus costas alcanza los 417 TWh por año, tanto por las dimensiones de nuestras costas como por su ubicación se puede estimar que el potencial energético de España se encuentra en unos niveles semejantes (Allan y Comrie, 2001).

Análisis más recientes, como el realizado por Galparsoro *et al.* (2008), estiman en 2 TWh el potencial energético

máximo accesible en el litoral de la Comunidad Autónoma del País Vasco en profundidades próximas a 60 m. De acuerdo con los criterios de clasificación establecidos por González *et al.* (2012), la mayor parte de la costa mediterránea española quedaría enmarcada dentro de un “potencial bajo” ($< 5 \text{ kW.m}^{-1}$), Canarias y el golfo de Cádiz tendrían un “potencial medio” (entre 5 y 15 kW.m^{-1}) y la costa cantábrica y gallega se situarían en un rango de “potencial alto” (entre 15 y 45 kW.m^{-1}).

2.1.2 La tecnología

Los captadores de energía del oleaje (comúnmente se les denomina con las siglas en inglés WEC o Wave Energy Converter) se clasifican en función de los siguientes criterios y se describen de forma detallada en los apartados 2.1.2.1 a 2.1.2.3:

- a) **Según su ubicación con respecto a la línea de costa.** Esta es la clasificación que con mayor frecuencia se emplea en el ámbito científico y en el propio sector industrial: (i) *en tierra (onshore)* o *de primera generación*; se trata de dispositivos apoyados sobre el fondo en aguas poco profundas, integrados en estructuras fijas como diques rompeolas o acantilados rocosos (Figura 3); (ii) *cerca de la costa (nearshore)* o *de segunda generación*, ubicados en profundidades comprendidas entre 10 y 50 metros (Figura 3); (iii) *offshore*, o *de tercera generación*, más alejadas de la costa y a profundidades de entre 50 y 100 metros (Figura 3).

- b) **Según el principio de captación:** (i) *Diferencias de presión de un fluido:* consiste en una cámara abierta por debajo del nivel del mar en la que el movimiento alternativo de las olas hace subir y bajar el nivel de dispositivos constituidos por un flotador que es movido por las olas. La energía se extrae de diversas formas aprovechando el movimiento alternativo de este elemento; (ii) *Sistemas de rebosamiento y/o* (iii) *impacto:* se trata de dispositivos en los que las olas inciden en una estructura forzando a que el agua pase por encima de la misma, lo cual consigue aumentar su energía potencial, su energía cinética o ambas, mientras que los de impacto inciden en una estructura articulada o flexible que actúa de medio de transferencia.
- c) **Según la orientación al frente de ola:** (i) *Absorbedor puntual:* se trata de cuerpos boyantes cilíndricos, indiferentes a la dirección del oleaje y de tamaño pequeño en relación a la longitud de onda; (ii) *Absorbedores puntuales múltiples:* son plataformas a las que se unen muchas boyas, que funcionan

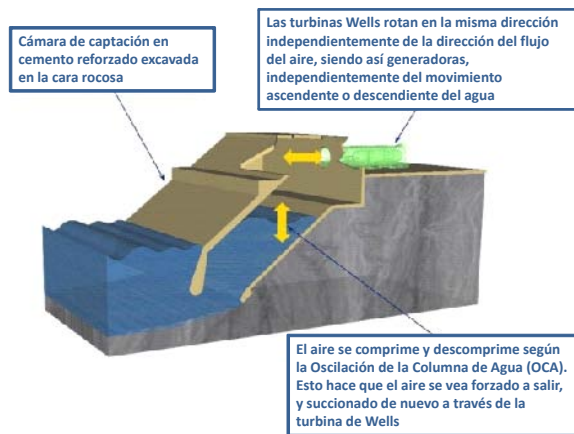


Figura 4. Sistema de captación de energía del oleaje LIMPET. Tomado de www.wavegen.co.uk

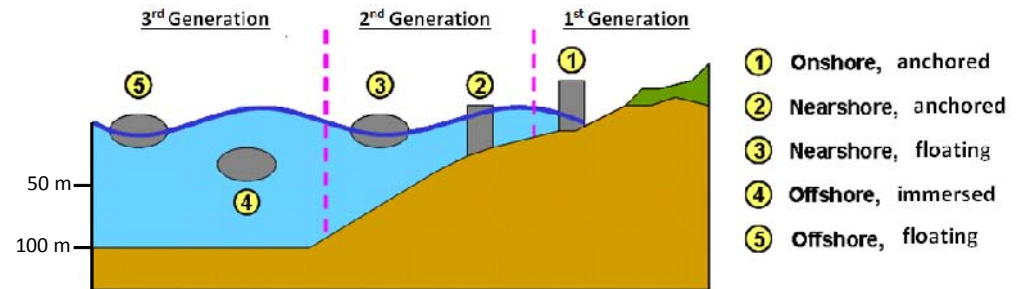


Figura 3. Tipos de tecnologías para la captación de energía del oleaje en función de su ubicación con respecto a la línea de costa.

simultáneamente; (iii) *Atenuador:* cuerpos boyantes alargados que se orientan paralelos a la dirección de avance de las olas y que absorben la energía de forma progresiva y direccional; (iv) *Terminador:* estructuras que se orientan perpendiculares a la dirección del oleaje y absorben la energía de una sola vez.

2.1.2.1 Instalaciones onshore

La mayoría de las tecnologías de aprovechamiento de energía de las olas *onshore* están integradas en construcciones costeras como muelles o diques de protección, aunque también las hay que van directamente apoyadas sobre un acantilado o un roquedo. El captador cuenta con una cámara de hormigón armado como estructura principal (Figura 4). Dentro de esta cámara, en contacto o no con el agua, habrá una o varias turbinas, que, movidas por el agua o la columna de aire a la que ésta desplaza, serán las responsables de la generación eléctrica.

2.1.2.2 Instalaciones nearshore

Dentro de esta categoría existen dispositivos flotantes y otros en contacto con el fondo. En los dispositivos flotantes que generan directamente electricidad habrá un cable submarino que la transporte hasta tierra. Para aquellos en contacto con el fondo y que bombean agua a presión hasta tierra, una tubería se encargará de llevar al agua hasta la planta donde accionará una turbina y generará la electricidad.

Casi todos los convertidores *nearshore* conocidos hasta ahora son estructuras sujetas al fondo, como cadenas de boyas o en forma de pala que aprovecha el movimiento de elevación de las olas. Así, dentro de la presente categoría destacan los prototipos WaveRoller (desarrollado por AW-Energy Oy, WaveStar desarrollado por Wave Star Energy, Seewec desarrollado por un consorcio de 11 miembros procedentes de Bélgica, Holanda, Portugal, Suecia, Noruega y Reino Unido (www.seewec.org), CETO desarrollado por Carnegie Wave Energy Limited y Oyster desarrollado por Aquamarine Power (Figura 5).

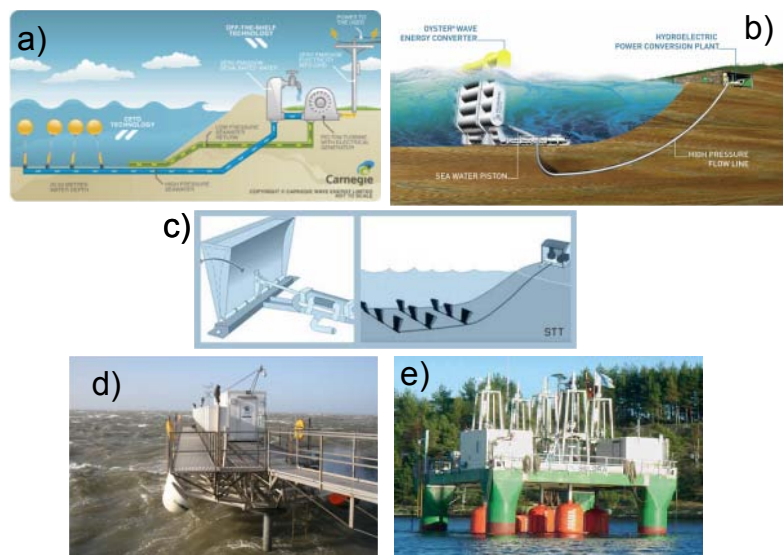


Figura 5. Sistemas: a) CETO; b) Oyster; c) Waveroller; d) WaveStar y e) Seawec. Adaptado de Bald *et al.* (2010).

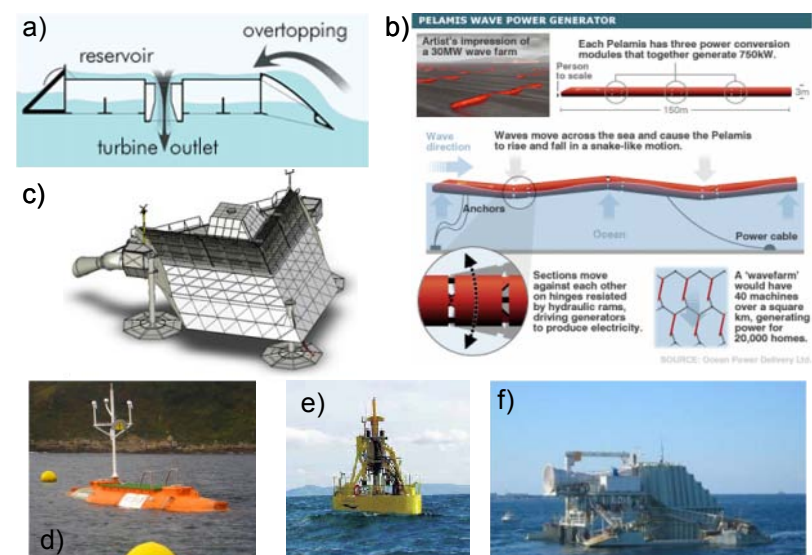


Figura 6. Sistemas de captación: a) WaveDragon; b) Pelamis; c) Waverplane; d) Oceantec; e) WaveBob y f) Oceanlix. Adaptado de Bald *et al.* (2010).

2.1.2.3 Instalaciones offshore

Las instalaciones de este tipo se caracterizan por estar a una profundidad de entre 40 y 100 metros que resulta óptima para el aprovechamiento de la energía de muchos captadores, a una distancia de unas pocas millas de la costa. Una instalación *offshore* implica generalmente la delimitación de una zona en el mar restringida a la navegación, zona donde se instalarán los captadores en superficie (en su mayoría son estructuras flotantes) y sobre el fondo elementos como el cable submarino de transporte de la energía hasta la costa, los conectores y sistemas de amarre o fondeos (bloques de cemento, estructuras metálicas, anclas que se clavan al fondo).

En la actualidad, la gran mayoría de los WECs en desarrollo son de tipo flotante. Muchos otros son absorbedores puntuales, tienen forma de boya, son cilíndricos, y por su simetría axial, son indiferentes a la dirección del oleaje. En general, son fabricados en acero, y utilizan cadenas y fondeos para anclarse al fondo marino.

Dentro de la presente categoría destacan los siguientes prototipos: (i) Multiple Resonant Chambers (MRC) desarrollado por la empresa ORECon Ltd.; (ii) Ocean Energy Buoy (OE Buoy) desarrollado por Ocean Energy Ltd; (iii) WaveDragon; (iv) WavePlane desarrollado por la compañía WavePlane A/S; (v) Pelamis desarrollado por

Ocean Power Delivery Ltd (www.pelamiswave.com); (vi) Archimedes Wave Swing (AWS) desarrollado por AWS Ocean Energy Ltd.; (vii) PowerBuoy desarrollado por Ocean Power Technologies, Inc.; (viii) AquaBuoy desarrollado por Finavera Renewables; (ix) WaveBob desarrollado por Wavebob Limited; (x) Oceanlinx desarrollado por Oceanlinx Ltd.; (xi) Oceantec desarrollado por Tecnalia (Figura 6).

2.2 La energía de las corrientes y las mareas

2.2.1 Introducción

Las instalaciones existentes en la actualidad que aprovechan la oscilación del nivel del mar para la generación de energía requieren, todas ellas, amplitudes de marea notablemente superiores a las presentes en el litoral español, el cual, con una moderada amplitud de las mareas, no destaca por ser una zona de elevadas corrientes. No obstante, sí son conocidas algunas excepciones muy localizadas: especialmente zonas de bajos submarinos, como por ejemplo la zona de Cabo Trafalgar en Cádiz, o zonas de fuertes vientos como el Delta del Ebro, en las que las corrientes pueden ser importantes.

Las corrientes marinas se deben fundamentalmente a tres tipos de procesos: el viento, la marea y gradientes de densidad. Las corrientes de mayor intensidad son en general debidas al efecto del viento y de la marea, mientras que las corrientes inducidas por diferencias de densidad tienen una escala espacial y de movimientos generales dentro de lo que se conoce como mesoescala (estructuras de tamaño de decenas a centenares de kilómetros).

El viento es un factor fundamental en la generación de corrientes. No obstante, el viento, o más concretamente la tensión tangencial que produce sobre la superficie del mar, disminuye de forma cuadrática al menos con la profundidad. Como orden de magnitud se estima que la velocidad de la corriente superficial es aproximadamente entre el 2 y el 6% de la velocidad del viento, tomándose como un valor típico el 3%. De este modo, a una

velocidad del viento notablemente elevada, de unos 100 km/h, que en general se produce muy pocas horas al año en nuestras costas, le corresponde un valor de la corriente de 2 a 6 km/s; de hecho, valores de corriente superiores a 1 m/s se pueden considerar como muy infrecuentes (en menos del 5% de las ocasiones).

De acuerdo con datos procedentes del Sistema Español de Oceanografía Operacional o ESEOO (www.esooo.org), en el litoral español, se estima que las corrientes producidas por el viento apenas alcanzan valores superiores a 1m/s debido a que en general los vientos de unos 100 km/h son infrecuentes. Además, estas velocidades superficiales disminuyen rápidamente a mayor profundidad dentro de la columna de agua, siendo a 20 m de profundidad en general inferiores a 20-30 cm/s. En cuanto a las corrientes de origen mareal son en general débiles. Esto se debe, por un lado, a la práctica inexistencia de marea en el litoral mediterráneo español y por otro, a la estrechez de la plataforma continental en el litoral gallego y cantábrico.

2.2.2 La tecnología

Según Huckerby (2008), a parte de las presas y estrechamientos artificiales, actualmente se están desarrollando un gran número de sistemas para la captación de la energía asociada a las corrientes y la marea, y propone una clasificación de los mismos basada en dos criterios: (i) la fuente de energía, y (ii) el tipo de construcción física para la extracción de la energía. De acuerdo con el segundo criterio, pueden diferenciarse las siguientes tecnologías:

a) Presas, barreras, defensas

Estos sistemas están constituidos por diques que se abren en pleamar y se cierran cuando concluye. Una vez

comienza a bajar la marea, los diques se abren y captan la energía por sistemas convencionales usados en hidroeléctrica. Una de las referencias más relevantes es la central mareomotriz de La Rance, en la región de Normandía, en Francia con una potencia instalada de 240 MW (Figura 7).

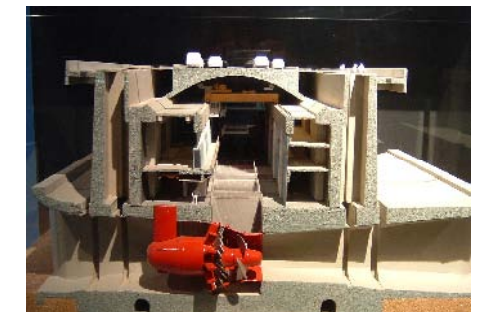


Figura 7. Estación mareomotriz de La Rance en Francia.

b) Estrechamientos

Estos sistemas se basan en la construcción de un estrechamiento por medio de diques que permita contener y canalizar el agua para el posterior

aprovechamiento energético hidráulico. Un ejemplo de esta tecnología es el sistema planteado por TidalElectric en la bahía de Liverpool con una capacidad de 432 MW.

c) Turbinas

Esta tecnología consiste en una estructura monopilote a la cual se acoplan una o dos turbinas que aprovechan el paso de la corriente. Uno de los prototipos más avanzados es el desarrollado por Marine Current Turbines

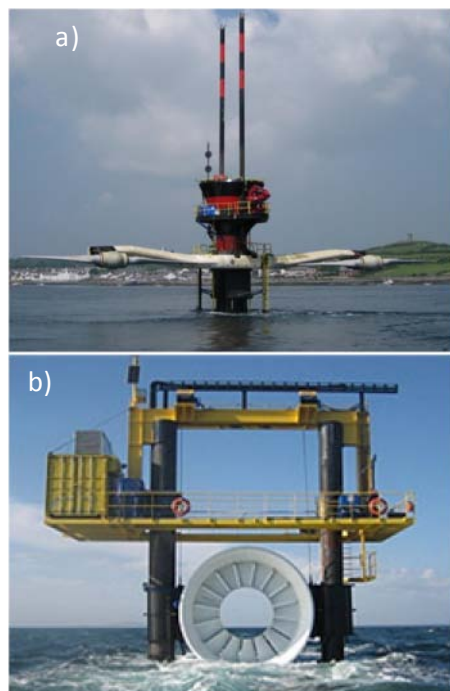


Figura 8. Prototipos de turbinas. (a) Sistema Sea Gen de Marine Current Turbines en Irlanda; (b) Sistema Open Hydro en Escocia.

Sea Gen⁵ con dos generadores de 600 KW y dos turbinas de 16 m de diámetro de rotor (Figura 8a). Este prototipo se instaló en abril de 2008 en Strangford Lough en Irlanda. Otro modelo de turbina actualmente bajo estudio en el European Marine Energy Centre (EMEC) en Orkney (Escocia) es el sistema Open Hydro⁶ en el que las turbinas se sustituyen por un anillo central con sus aspas (Figura 8b).

d) Planeadores

Este tipo de captador utiliza un planeador fijado al fondo que oscila verticalmente con el paso de la corriente. Este captador tiene que realizar un control activo del ángulo de ataque del planeador para poder obtener la oscilación vertical deseada y el bombeo hidráulico a un sistema para su transformación en electricidad (Figura 9).



Figura 9. Planeador desarrollado por Engineering Business Ltd.

⁵ <http://www.seageneration.co.uk/>

⁶ <http://www.openhydro.com/home.html>

2.3 La energía eólica marina

2.3.1 Introducción

La energía eólica marina se ha desarrollado fundamentalmente en aguas del norte de Europa debido a las ventajas de disponer de una plataforma continental somera, vientos fuertes persistentes y estar próxima a zonas de gran demanda energética. La diferencia principal entre la producción de energía eólica marina y terrestre reside en que la instalación de aerogeneradores en el mar precisa una inversión económica inicial muy superior, pero posteriormente alcanza una producción de electricidad mayor.

De acuerdo con datos procedentes de la Asociación Europea de Energía Eólica (EWEA en sus siglas en inglés, European Wind Energy Association), en 2001 se cifraban en 1.371 el número de turbinas instaladas en aguas europeas, dando lugar a una potencia total de 3.812 MW repartida en 53 parques eólicos distribuidos a lo largo de 10 países. Esta potencia total instalada, en un año medio produciría del orden de 14 TWh de energía eléctrica, suficiente para cubrir el 0,4% del consumo total en Europa (EWEA, 2012). Una vez completados los nueve proyectos cuya construcción se inició en 2011, la potencia total instalada en Europa se cifraría en 6.188 MW, que junto con otros nueve proyectos de instalación planteados en 2011, con una capacidad total de 2.910 MW, podrían dar lugar a una potencia total de 9 GW (EWEA, 2012). Los líderes europeos de la energía eólica marina son Reino Unido, con 2.093 MW, lo cual representa casi el 50% de la potencia total instalada en Europa, Dinamarca, con 857 MW (23%), Holanda con casi 247 MW (6%), Alemania con 200 MW (5%), Bélgica con 195 MW (5%), Suecia con 164 MW (4%), Finlandia con 26 MW e Irlanda, con 25 MW (EWEA, 2012) (Tabla 1).

Tabla 1. Capacidad total instalada, número de parques eólicos marinos y número de turbinas instaladas en Europa en 2011 (EWEA, 2012).

País	Capacidad Total (MW)	Nº de parques offshore	Nº de Turbinas
Reino Unido	2.093	18	636
Dinamarca	857	13	401
Holanda	246	4	128
Alemania	200	6	52
Bélgica	195	2	61
Suecia	163	5	75
Finlandia	26	2	9
Irlanda	25	1	7
Noruega	2	1	1
Portugal	2	1	1
TOTAL	3812	53	1.371

En el caso concreto de España, es el segundo país con mayor potencia energética eólica instalada en tierra. Sin embargo, todavía no existe ni un solo generador instalado en mar. Aunque, en general, la costa española no es muy adecuada, existen varios enclaves marinos realmente estratégicos, como son el Estrecho de Gibraltar, Cabo de Creus, Delta del Ebro y zonas de la costa gallega.

Según datos del IDAE (2011), para el año 2050 sería posible instalar en la Península Ibérica 164.760 MW de potencia eléctrica basada en la energía eólica marina, para generar 334 TWh al año.

2.3.2 La tecnología

Un aerogenerador consta de 4 partes: a) el rotor y las aspas, b) la góndola en donde reside el generador eléctrico, c) la torre, que sustenta la góndola, el rotor y las aspas y d) la cimentación que sustenta toda la estructura en el lecho marino.

La profundidad es actualmente el principal factor limitante en la instalación de parques eólicos offshore. La tecnología actual basada en cimentaciones fijas al sustrato tipo “monopilote” (pilote de acero de 3,5-5 m de diámetro que se introduce 15-30 m en el lecho marino) y de “gravedad” (grandes cimentaciones de hormigón o acero con un diámetro de 12-15 m y un peso de 500-1000 t) permiten la colocación de aerogeneradores hasta un máximo de 45 m de profundidad (Figura 10). En 2011,

la profundidad media de instalación fue de 23 m a una distancia media con respecto a la costa de 23 km (EWEA, 2012). Para los futuros parques en construcción, la profundidad media es de 25 m y una distancia con respecto a la costa de 33 km. Actualmente, el 75% de las turbinas instaladas utilizan la tecnología del monopilote como sistema de cimentación, seguida de las cimentaciones de gravedad con un 21%. Otras tecnologías como las tripode o jacket (procedentes de la industria del petróleo) suponen el 2% (EWEA, 2012). La transición hacia profundidades mayores, entre los 20 y 80 m, se llevará a cabo mediante cimentaciones en tripode o tipo jacket ancladas al fondo, mientras que, para profundidades mayores de 60 m deberían desarrollarse sistemas flotantes. Sin embargo, de acuerdo con datos de la EWEA (2012), la tendencia observada en los parques eólicos actualmente en construcción, señalan a la tecnología tipo monopilote como la más utilizada.

Actualmente se están desarrollando aerogeneradores de más de 5 MW de potencia (cuando los actuales se sitúan entre los 3 y 5 MW), con diámetros del rotor de más de

140 m. Los primeros aerogeneradores de 5 MW se utilizaron en Beatrice, Escocia, en 2007 y en Hooksiel, Alemania, en 2008 (EWEA, 2012). En 2011, la capacidad media de los aerogeneradores se situó en 3,6 MW, un 20% más que en 2010 y alrededor de nueve veces más que los modelos desarrollados en los años noventa. Todas estas características conllevan una operativa en el mar muy compleja y la necesidad de utilizar embarcaciones de gran eslora (>250 m) y calado (>10 m) adaptadas al tamaño de estas estructuras. De igual forma, el tamaño de los aerogeneradores y las embarcaciones utilizadas durante su instalación y mantenimiento requieren de una infraestructura portuaria adaptada a estas dimensiones.

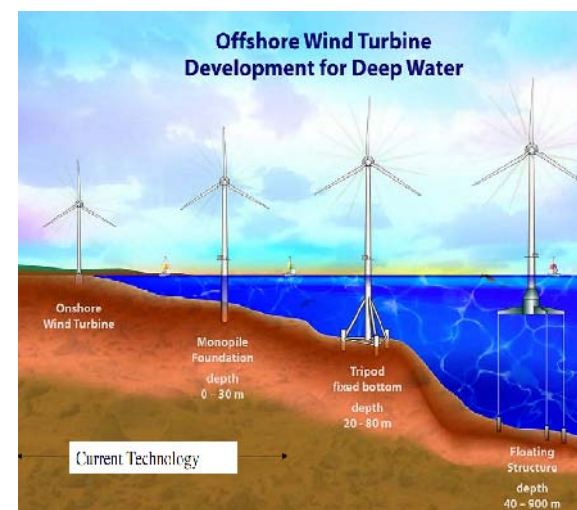


Figura 10. Sistemas de aerogeneradores offshore en función de la profundidad (arriba) y tipos de cimentaciones para aerogeneradores offshore flotantes. Tomado de Robinson y Musial (2006).

3.Marco legal: la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

3.1 Introducción

La Evaluación de Impacto Ambiental (en adelante EIA) puede definirse como la identificación y valoración de los impactos (efectos) potenciales de proyectos, planes, programas o acciones normativas relativos a los componentes físico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno (Canter y Sadler, 1997), en la idea de que la decisión sobre un proyecto será probablemente más acertada si se somete a este análisis que si no se hace (Gómez-Orea, 1992).

Este último autor distingue dos tipos de aproximación a la hora de definir la EIA: **administrativa y técnica**. Desde un punto de vista administrativo, la EIA es un proceso o conjunto de trámites administrativos conducentes a la aceptación, modificación o rechazo de un proyecto, en función de su incidencia en el Medio Ambiente y de la valoración que de esa incidencia haga la sociedad afectada. Este proceso se apoya sobre una herramienta técnica fundamental que es el Estudio de Impacto Ambiental (en adelante EIA), cuya finalidad es identificar (relaciones causa-efecto), predecir (cuantificar), valorar (interpretar) y prevenir (corregir de forma preventiva) el impacto ambiental de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida.

3.2 Normativa

La degradación ambiental sufrida a lo largo del siglo XX llevó a distintos países a establecer normas y procedimientos legales que pusiesen fin a tal situación. Se desarrollaron así medidas paliativas o correctivas y medidas preventivas. De estas últimas, el precedente

legal obligado en la EIA es la *National Environmental Policy Act (NEPA)* de los EE.UU. de América, promulgada en 1969, que constituye la norma básica para la protección del Medio Ambiente en EE.UU.

La Unión Europea (en adelante UE), entonces Comunidad Económica Europea (CEE) introdujo el concepto de prevención y la EIA en el tercer programa de acción en materia de Medio Ambiente (1982-1986), suponiendo la potenciación de la política preventiva integrada en la planificación económica. Como resultado se aprobó la Directiva Europea *85/337/CEE relativa a evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el Medio Ambiente*, posteriormente modificada por la *Directiva 97/11/CEE del Consejo de 3 de marzo de 1997* y que en esencia, mantienen los principios descritos en la NEPA de los EE.UU.

Más recientemente, la *Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el Medio Ambiente* establece el marco para la autorización en el futuro de proyectos enumerados en los Anexos I y II de la *Directiva 85/337/CEE*. Cada uno de los diferentes países de la UE ha ido incorporando a lo largo de estos años la citada normativa a su marco legislativo nacional.

La transposición en España de la normativa europea se realizó mediante el *Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental*, cuyo reglamento de ejecución fue aprobado en 1988 por el *Real Decreto 1131/1988*.

Este Real Decreto 1131/1988 ha sufrido una serie de modificaciones a lo largo de los años. Tras una modificación menor en el Anexo I operada por la *Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico*, la primera modificación significativa del *Real Decreto Legislativo 1302/1986* se lleva a cabo con la *Ley 6/2001, de 8 de mayo*, previamente con el *Real Decreto-Ley 9/2000, de 6 de octubre*, que traspuso la *Directiva 97/11/CE del Consejo, de 3 de marzo de 1997*, y subsanó determinadas deficiencias en la transposición de la *Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985*, que habían sido denunciadas por la Comisión Europea. En el año 2003, la *Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social* modifica el Real Decreto Legislativo 1302/1986 en cuatro de sus preceptos. En el año 2006 se realizaron dos modificaciones significativas del citado Real Decreto Legislativo. Así, la *Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el Medio Ambiente* introdujo importantes cambios para dar cumplimiento a las exigencias comunitarias previstas en las directivas antes citadas, así como para clarificar y racionalizar el procedimiento de EIA.

Por otra parte, la *Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de Medio Ambiente*, permitió la adecuación de la normativa básica de EIA a la *Directiva 2003/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, por la que se establecen medidas para la participación del público en la elaboración de determinados planes y programas relacionados con el Medio Ambiente y por la que se modifican, en lo que se*

refiere a la participación pública y el acceso a la justicia, las Directivas 85/337/CEE y 96/61/CE del Consejo.

El número y la relevancia de las modificaciones realizadas pusieron de manifiesto la necesidad de aprobar un texto refundido que regularice, aclare y armonice las disposiciones vigentes en materia de EIA de proyectos. Dicho texto se aprobó mediante el *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* (RDL 1/2008). Esta refundición se limita a la EIA de proyectos y no incluye la evaluación ambiental de planes y programas regulada en la *Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el Medio Ambiente*.

La necesidad de adaptar EIA dentro de un marco temporal preciso y determinado, hizo necesario realizar unos ajustes normativos en el texto refundido de la Ley EIA de proyectos aprobada por RDL 1/2008, de 11 de enero. Así, la *Ley 6/2010, de 24 de marzo*, presenta las modificaciones necesarias para establecer dicho marco temporal.

Finalmente, es necesario mencionar la entrada en vigor el 17 de febrero de 2012 de la nueva *Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente* que deroga las anteriores (Directiva 97/11 CE y Directiva 85/337) y que, en el momento de la redacción de la presente guía, no ha sido incorporada al ordenamiento jurídico español.

De forma general, las citadas normativas establecen, por un lado, el procedimiento administrativo de la EIA y por

otro, el conjunto de proyectos que deberán someterse a dicho procedimiento.

3.3 El procedimiento de EIA

El régimen jurídico de la EIA se encuentra descrito en el capítulo II del RDL 1/2008, el cual se encuentra dividido en dos secciones: (i) la primera sección se ocupa de la EIA de los proyectos del Anexo I (aquellos proyectos que deben someterse ineludiblemente a evaluación de impacto); (ii) la segunda sección, por su lado, regula la EIA de los proyectos relacionados en el Anexo II y la de aquellos que, no estando incluidos en el Anexo I, pueden afectar directa o indirectamente a los espacios que forman parte de la Red Natura 2000.

En el caso particular de los proyectos de aprovechamiento energético en el mar están incluidos en el Anexo I y al situarse en el Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT), las competencias recaen sobre la Administración General del Estado. En este caso, el órgano sustantivo⁷ es la **Dirección General de Política Energética y Minas** del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, mientras que el órgano ambiental⁸ es la **Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental** del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Medio Marino. El 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 en su Artículo 8.3.v y en su Sección 6ª establece el marco sobre el que la EIA incide en cada proyecto de eólica marina en el mar territorial.

⁷ Aquel órgano de la Administración pública estatal, autonómica o local competente para autorizar o para aprobar los proyectos que deban someterse a evaluación de impacto ambiental

⁸ Aquel órgano de la Administración pública estatal o autonómica competente para evaluar el impacto ambiental de los proyectos.

3.3.1 Proyectos incluidos en el Anexo I

El procedimiento de EIA para los proyectos del Anexo I comprende las siguientes actuaciones:

1. Solicitud de sometimiento del proyecto a EIA: el promotor solicitará al órgano sustantivo si el proyecto ha de ser sometido al procedimiento de EIA. La solicitud se acompañará de un documento inicial del proyecto con, al menos, el siguiente contenido (art. 6.1 del RDL 1/2008): (i) la definición, características y ubicación del proyecto; (ii) las principales alternativas que se consideran y el análisis de los potenciales impactos de cada una de ellas; (iii) un diagnóstico territorial y del Medio Ambiente afectado por el proyecto.

En los proyectos que deban ser autorizados o aprobados por la Administración General del Estado, la solicitud y la documentación a que se refiere este apartado se presentarán ante el órgano sustantivo. El órgano sustantivo, una vez mostrada su conformidad con los documentos remitidos, los enviará al órgano ambiental para iniciar la determinación del alcance del EsIA.

2. Determinación de alcance del EsIA: para la determinación de la amplitud y el nivel de detalle del EsIA, el órgano ambiental consultará a las Administraciones Públicas afectadas sobre el documento inicial del proyecto. La consulta se podrá ampliar a otras personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, vinculadas a la protección del Medio Ambiente

3. Elaboración del EsIA: los proyectos que hayan de someterse a EIA deberán incluir un EsIA, cuya amplitud y nivel de detalle se determinará previamente por el

órgano ambiental y que contendrá, al menos, la siguiente información: (i) descripción general del proyecto; (ii) una exposición de las principales alternativas estudiadas y una justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales; (iii) un Inventario Ambiental que defina los antecedentes del área de influencia del proyecto o línea de base; (iv) evaluación de los efectos previsible directos o indirectos del proyecto; (v) medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos; (vi) una propuesta de Plan de Vigilancia Ambiental (PVA); (vii) un resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles.

4. Información pública y consultas: el órgano sustantivo someterá el EsIA al trámite de consulta pública y demás informes que en el mismo se establezcan. Dicho trámite tendrá una duración no inferior a 30 días (art. 9.1 del RDL 1/2008). Simultáneamente, el órgano sustantivo consultará a las Administraciones Públicas afectadas que hubiesen sido previamente consultadas en relación con la definición de la amplitud y el nivel de detalle del EsIA. Los resultados de las consultas y de la información pública deberán tomarse en consideración por el promotor en su proyecto, así como por el órgano sustantivo en la autorización del mismo.

5. Declaración de Impacto Ambiental (en adelante DIA): una vez realizado el trámite de información pública, y con carácter previo a la resolución administrativa que se adopte para la realización o, en su caso, autorización de la obra, instalación o actividad de que se trate, el órgano sustantivo remitirá el expediente al órgano ambiental, acompañado, en su caso, de las observaciones que estime oportunas, al objeto de que se formule una DIA, en la que se determinen las condiciones que deban establecerse en orden a la

adecuada protección del Medio Ambiente y los recursos naturales.

Las decisiones establecidas en la DIA por el órgano ambiental son semi-vinculantes para el promotor. El organismo ambiental envía estas decisiones a la autoridad sustantiva que, si concuerda con él, convierte sus decisiones en totalmente vinculantes para el promotor, que deberá realizar su proyecto con dichas modificaciones.

En la Figura 11 se puede observar el orden y los plazos aproximados del procedimiento en el caso de los proyectos contemplados en el Anexo I del Real Decreto Legislativo 1/2008, actualizado según Ley 6/2010, de 24 de marzo.

3.3.2 Proyectos incluidos en el Anexo II

El procedimiento de EIA para los proyectos del Anexo II y de proyectos no incluidos en el Anexo I que puedan afectar directa o indirectamente a los espacios de la Red Natura 2000 comprenderá las siguientes actuaciones:

1. Solicitud para la determinación del sometimiento o no a EIA: la persona física o jurídica, pública o privada, que se proponga realizar un proyecto de los comprendidos en el Anexo II, o un proyecto no incluido en el Anexo I y que pueda afectar directa o indirectamente a los espacios de la Red Natura 2000, solicitará del órgano que determine cada Comunidad Autónoma que se pronuncie sobre la necesidad o no de que dicho proyecto se someta a EIA, de acuerdo con los criterios establecidos en el Anexo III del *Real Decreto Legislativo 1/2008*.

Dicha solicitud irá acompañada de un **documento ambiental** del proyecto con, al menos, el siguiente

contenido: (i) La definición, características y ubicación del proyecto; (ii) Las principales alternativas estudiadas; (iii) Un análisis de impactos potenciales en el Medio Ambiente; (iv) Las medidas preventivas, correctoras o compensatorias para la adecuada protección del Medio Ambiente; (v) La forma de realizar el seguimiento que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras contenidas en el documento ambiental.

En los proyectos que deban ser autorizados o aprobados por la Administración General del Estado, la solicitud y la documentación referida anteriormente se presentarán ante el órgano sustantivo. Éste, una vez mostrada su conformidad con dichos documentos, los enviará al órgano ambiental al objeto de que éste se pronuncie sobre la necesidad o no de iniciar el trámite de EIA.

2. Determinación del sometimiento o no a EIA: el órgano que reciba la solicitud de sometimiento o no del proyecto a EIA dispondrá de un plazo determinado por la Comunidad Autónoma para pronunciarse. En el ámbito de la Administración General del Estado, corresponderá al órgano ambiental pronunciarse en el plazo de tres meses, a partir del día siguiente a la recepción por el órgano ambiental de la solicitud y del documento ambiental. Previamente, se consultará a las administraciones, personas e instituciones afectadas por la realización del proyecto, poniendo a su disposición el documento ambiental del proyecto. Cuando de la información recibida en la fase de consultas se determine que el proyecto se debe someter al procedimiento de EIA, se dará traslado al promotor de la amplitud y del nivel de detalle del EsIA junto con las contestaciones recibidas a las consultas efectuadas, para que continúe con la tramitación, de acuerdo con lo previsto en la sección 1ª del capítulo II del RDL 1/2008 (ver apartado 3.3.1).

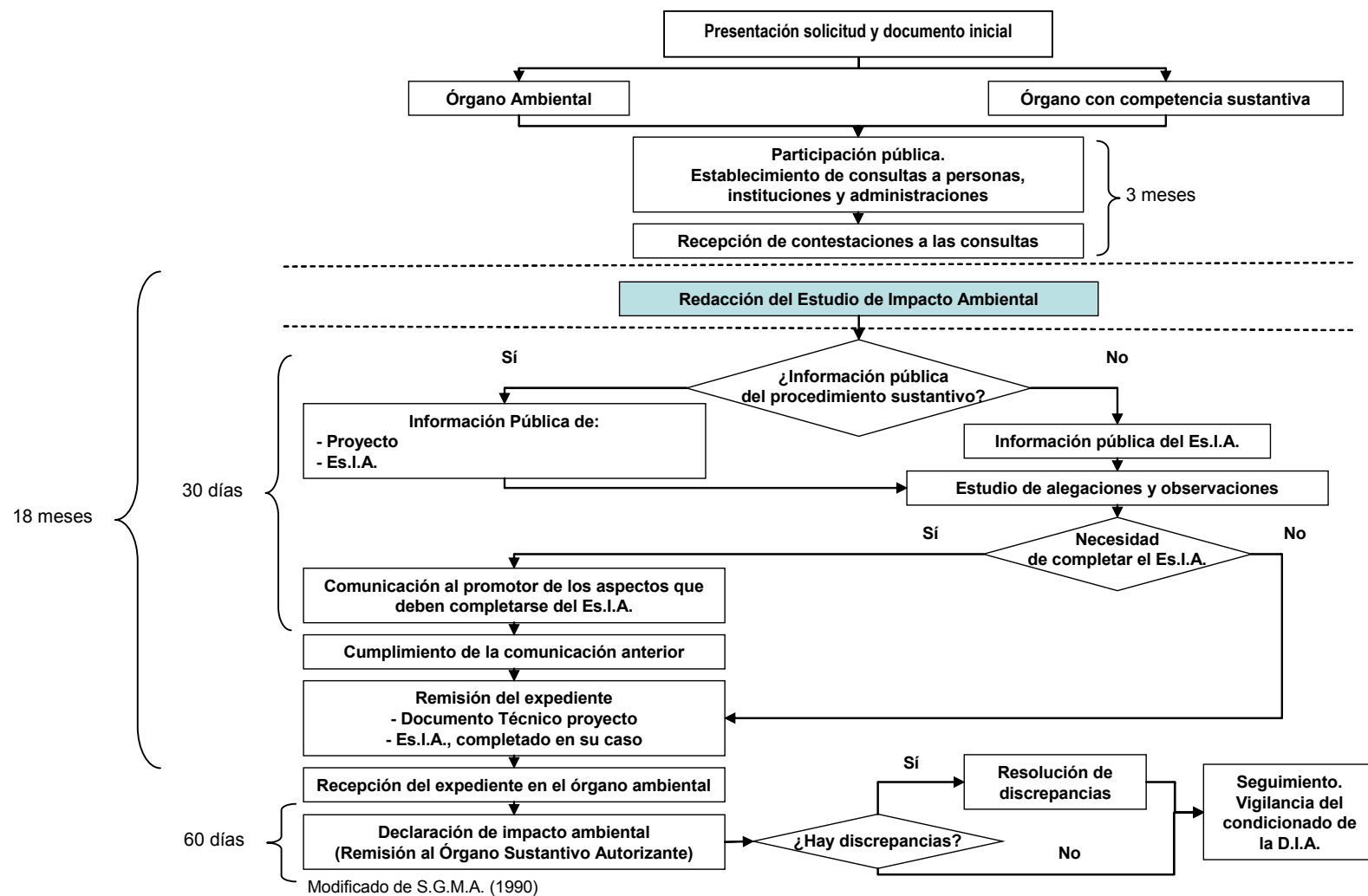


Figura 11. Procedimiento de EIA y plazos aproximados para los proyectos del Anexo I del Real Decreto Legislativo 1/2008, actualizado según Ley 6/2010, de 24 de marzo.

4. Caracterización del medio (Inventario Ambiental)

4.1 Introducción

El Inventario Ambiental incluye una descripción de los parámetros ambientales, solamente en la medida que puedan verse afectados significativamente por los impactos negativos y positivos asociados al proyecto. En esta sección el Promotor del proyecto deberá incluir información en relación con los diferentes medios del sistema afectados: el medio físico, el biótico y el socioeconómico. El objetivo de dicho Inventario Ambiental es establecer el “estado cero” o estado preoperacional que permita comparar durante el programa de seguimiento, vigilancia y control, incluido en el Programa de Vigilancia Ambiental, que los impactos reales se ciñen a los predichos, con objeto de actuar en consecuencia si esto no fuera así.

Hay que hacer notar que no siempre, en todos los estudios, es preciso controlar todos los factores y medios, sino aquellos que en cada caso se considere necesario o relevante, en función de los posibles impactos significativos sobre el Medio Ambiente que se espera puedan darse en función del proyecto y el medio en el cual pretenda implantarse. En este sentido, el “estado del arte” desarrollado por Bald (2010), determinó que los principales impactos ambientales de los sistemas de captación de energía renovable en el mar (oleaje, viento, corrientes y mareas) se encuentran relacionados con: (i) la alteración del sustrato durante la instalación de los fondeos y cable submarino; (ii) ruidos y vibraciones generados durante la construcción y el funcionamiento; (iii) el aumento del tráfico marítimo; (iv) la presencia física de las estructuras (captadores de energía, cabos, cables, etc.); los campos

electromagnéticos generados por los cables; (v) la colisión accidental con las estructuras, enganches, etc. La experiencia en eólica marina y parques comerciales en el norte de Europa también coincide con estos impactos ambientales como los más importantes pero añadiendo además aquel sobre la avifauna debido a la rotación de las palas.

Por todo lo anterior entre los principales factores ambientales afectados por las actividades anteriormente señaladas se subrayan los siguientes: (i) las comunidades del bentos; (ii) los mamíferos marinos; (iii) la ictiofauna; (iv) la hidrodinámica; (v) la avifauna (vi) la socioeconomía, especialmente la actividad pesquera y; (vii) el paisaje.

Así, a partir de la propuesta realizada por Bald *et al.* (2010), la caracterización del medio debería centrarse en:

- Medio Físico:
 - Geología y geomorfología
 - Hidrodinámica
 - Paisaje
 - Campos electromagnéticos
 - Ruido submarino
- Medio Biótico:
 - Comunidades del bentos
 - Ictiofauna
 - Avifauna

- Mamíferos marinos
- Socioeconomía:
 - Actividad pesquera
 - Turismo
 - Paisaje
 - Patrimonio cultural submarino
- Otros (Defensa, navegación, etc.)

Además se recomienda una caracterización de la zona en general, así como la incorporación de otros factores que puedan considerarse de relevancia para la zona de estudio.

4.2 Medio Físico

4.2.1 Geología y geomorfología

La construcción de infraestructuras en el medio marino puede modificar algunos de los procesos que han dado lugar a la orografía del fondo marino, como son la variación en el nivel del mar, las corrientes marinas, la meteorología, el clima marítimo, los eventos extremos, el transporte del sedimento, el hidrodinamismo, etc. Teniendo en cuenta que la forma del relieve depende de estos procesos, su afección puede afectar finalmente a su morfología y a los sedimentos. Por lo tanto, en dichos casos, los estudios geológicos y geomorfológicos pueden ser especialmente relevantes. Además, estos estudios permiten conocer la naturaleza y la magnitud de eventos pasados y tendencias, proporcionando una base del conocimiento para el desarrollo de indicadores de posibles escenarios geomorfológicos en el futuro.

Además, el conocimiento de la geología y geomorfología también resulta importante para predecir o modelizar cambios en la biota debido a la instalación de infraestructuras. Así, numerosas especies de vertebrados (principalmente peces) e invertebrados tienen modos de vida muy ligados a las características del fondo marino. En este sentido, cambios en la geología pueden afectar notablemente a la biota.

El grado de detalle de información requerida para la caracterización geológica y geomorfológica dependerá de las características del proyecto de obra y de la complejidad de la geología de la zona. Asimismo, dicha caracterización puede requerir de técnicas costosas, por lo que, de cara a maximizar la información de un área con costes económicos relativamente contenidos, esta caracterización puede realizarse por fases. La fase preliminar incluye la **recopilación de información previa** disponible y su representación cartográfica. En aquellos casos en los que dicha información no sea suficiente, o no esté disponible, se daría paso a la siguiente fase, orientada a la adquisición de aquella información adicional necesaria mediante **estudios de campo específicos**.

Así, los **métodos** para realizar la caracterización de los descriptores geológicos y geomorfológicos incluyen la toma de muestras directas (dragas de muestreo superficial (Figura 12) y corers de sedimento subsuperficial) y las mediciones *in-situ* (campañas batimétricas, sonar de barrido lateral, sísmica). Debe de tenerse en cuenta que no todas las técnicas mencionadas son necesarias en todos los casos de estudio. En cualquier caso, sí es necesario disponer de especialistas para el correcto procesamiento e interpretación de los resultados que se obtengan.

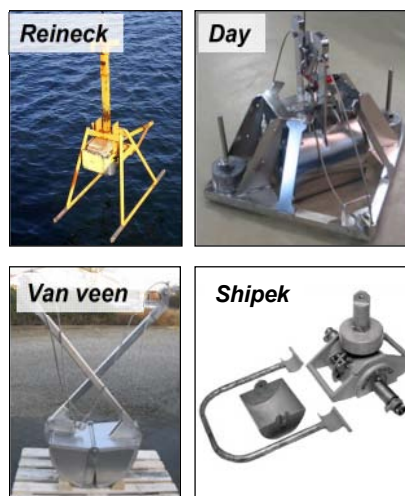


Figura 12. Tipos de draga.

La **toma de muestras** permite conocer las características granulométricas del sedimento. En algunos casos, otras características como el contenido en materia orgánica o el potencial redox pueden ser de interés como información complementaria.

Con los resultados de una **campaña batimétrica de alta resolución** se pueden diferenciar los distintos tipos de fondo, estructuras sedimentarias, presencia de vertidos, presencia de pecios, paleocauces, etc. (Figura 13).

El conocimiento de estas estructuras es clave no solo para la caracterización ambiental de una zona, sino que también presenta utilidad para la toma de decisiones relativas a la ubicación de las infraestructuras y a la ejecución de su instalación.

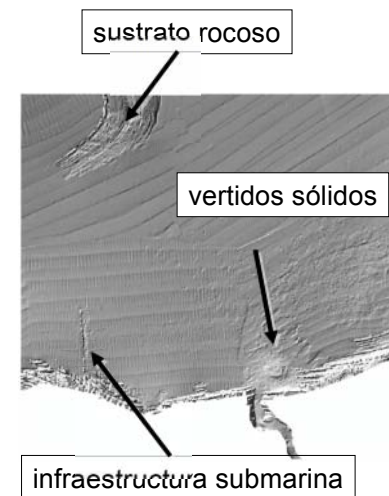


Figura 13. Ejemplo de modelo a partir de campaña batimétrica multihaz en la que se pueden identificar diversas estructuras.

La técnica de **sonar de barrido lateral** permite conocer la morfología del sedimento superficial (Figura 14). Esta técnica puede utilizarse combinada con la batimetría de alta resolución. Muchas de las estructuras geológicas que permite identificar esta técnica también pueden ser identificadas mediante una sonda de batimetría multihaz.

Los sistemas de **sísmica de reflexión** (Figura 15) permiten evaluar la potencia sedimentaria, y conocer estructuras sedimentarias subsuperficiales. De forma similar a la batimetría multihaz, la realización de estudios de sísmica también puede presentar utilidad para la instalación de infraestructuras.

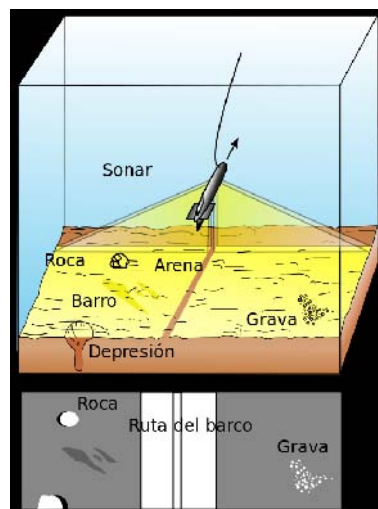


Figura 14. Esquema de funcionamiento de sonar de barrido lateral. Fuente: <http://historiayarqueologiamaritima.es/>

4.2.2 Hidrodinámica

De forma muy simplificada, las instalaciones de captación de energía del oleaje a gran escala tienen la forma de cadenas de mecanismos, sujetos al fondo marino, e interconectados mediante una red eléctrica submarina. Se puede establecer una diferenciación entre los mecanismos captadores en mar abierto, equiparables a fondeos de equipos interconectados a la red eléctrica, y los captadores situados en la costa. En la eólica marina, las estructuras sumergidas también suponen una barrera para los procesos de hidrodinámica en la columna de agua. Como resultado de la presencia de estas tecnologías de aprovechamiento de energías renovables marinas las principales afecciones en el medio físico se producirán sobre el oleaje y las corrientes. Esto ocurre como resultado de interacciones directas oleaje-

estructura (modificación en la propagación del oleaje por difracción reflexión, rotura y refracción) y corriente-estructura (perturbación del campo de corrientes).

4.2.2.1 Corrientes y mareas

Las corrientes marinas tienen una fuerte variabilidad temporal y espacial (en planta y en vertical). Para su medición se recomienda un análisis previo de las necesidades concretas de datos dentro y fuera de la zona directamente ocupada por los captadores de energía y el empleo de instrumentos perfiladores de corrientes (al menos un equipo en la zona de captación y otro fuera de ella).

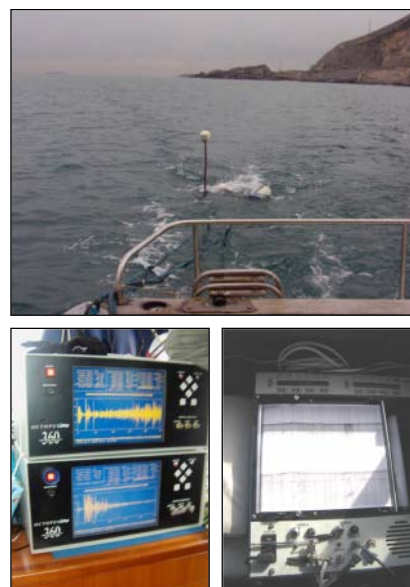


Figura 15. Equipo de sismica de reflexión.

La frecuencia de muestreo de los correntímetros suele ser configurable. En general, para registros de corrientes se recomienda una frecuencia de muestreo de 10 a 30 minutos y **disponer de medidas simultáneas de corriente y nivel del mar** en todos los emplazamientos.

En cuanto al número de puntos de las medidas de corrientes, debe realizarse un análisis de las condiciones hidrodinámicas del estado cero del sistema, especialmente en cuanto a direcciones predominantes del flujo y variabilidad vertical del mismo; con esa información de base debe diseñarse un sistema de muestreo que permita:

- Conocer las corrientes en, al menos, un punto del interior de la zona de instalación de los captadores o cimentaciones.
- Disponer de información de las corrientes en, al menos, un punto fuera de la zona de captadores. Preferiblemente, aguas arriba de la zona de estudio, considerando para ello la dirección predominante de las corrientes en el estado cero a la profundidad promedio de los captadores o cimentaciones.
- Se recomienda disponer de un equipo de medida de corrientes en la zona aguas abajo de la zona captadores. En su defecto, efectuar campañas de medida de corrientes en diferentes situaciones o estaciones del año, especialmente, durante los primeros (3-5) años posteriores a la instalación.
- La resolución vertical de las medidas se justificará a partir de la información del estado cero del sistema, si es que existe información previa de la zona o de una zona próxima y/o con características oceanográficas similares. Si no hubiera información sobre la variabilidad de la corriente con la

profundidad, al menos, se dispondrá de un sistema de medida que permita obtener 5 registros de velocidad y dirección de la corriente aproximadamente equiespaciados en la columna de agua.

Todos los datos medidos por estos equipos deberán tratarse (utilizando criterios previamente validados y/o siguiendo los definidos por el fabricante) y efectuarse, al menos, los siguientes análisis de forma **trimestral y anual**:

- Distribución estadística por direcciones e intensidades de la corriente.
- Análisis espectral de la corriente marina.
- Análisis armónico de la corriente y de los niveles del mar.
- Cálculo de las **hodógrafos o vectores progresivos**.

La información obtenida de los correntímetros debe de complementarse con un análisis de las condiciones meteorológicas y, si fuese, posible oceanográficas en escala más general.

4.2.2.2 Oleaje

En la elección de la metodología, instrumentación y tipo de instalaciones para las mediciones de seguimiento del oleaje resulta primordial disponer de información sobre éste de la zona de estudio a una escala espacial amplia (decenas a centenas de kilómetros), procedente de las redes de medida nacionales o locales.

Se recomienda que previamente al diseño de los sistemas de seguimiento, se analicen las ventajas o desventajas de adoptar tecnologías y procedimientos

comunes con la red de mayor escala en la que se localice la zona de captación.

Con el fin de evaluar el régimen de oleaje en la zona de futuro aprovechamiento, pueden instalarse plataformas de medida en mar abierto, capaces de proporcionar medidas de oleaje direccional, así como de corrientes y meteorología. Los diferentes parámetros que pueden proporcionar este tipo de plataformas son:

- Número de olas.
- Altura máxima, media y significativa del oleaje.
- Periodo máximo y medio del oleaje.
- Periodo energético.
- Corrientes marinas.
- Nivel del mar.
- Temperatura del agua, salinidad, etc.
- Dirección y velocidad del viento.
- Presión y temperatura atmosférica.

De igual forma para el estudio del oleaje se podrán emplear como fuente de información correntímetros acústicos que sean capaces de medir la dirección y magnitud del oleaje o sensores de presión instalados en el fondo. Estas dos técnicas están limitadas por la profundidad (entre 20 y 30 m de profundidad máxima en el caso de los sensores de presión y hasta unos 50 m en el caso de los sensores acústicos, si bien, estos son los rangos más frecuentes y en cualquier caso dependerá de las especificaciones propias de los equipos), en el primer caso debido a la limitación en el alcance del haz acústico y en el segundo caso debido al amortiguamiento vertical en la transmisión del oleaje.

En principio, la configuración recomendada en el muestreo de datos de oleaje es de frecuencias entre 1 y 4 Hz, una longitud de los registros de entre 20 y 40 minutos, e intervalos de 1 a 3 horas.

4.2.2.3 Dinámica sedimentaria

La dinámica sedimentaria tiene una gran importancia como posible impacto, tanto desde el punto de vista de la tramitación (por ejemplo, necesidad de un estudio específico en el caso español) como por ser *a priori* uno de los elementos clave para las estrategias de seguimiento. Por lo anterior se considera conveniente que sea trate como uno de los aspectos claves en los estudios a realizar.

Se considera recomendable realizar un **levantamiento batimétrico de detalle**, al menos anualmente, complementado con toma de muestras de sedimento en la zona de captación y las inmediaciones de las estructuras. En el caso de elementos intermareales o emergidos, en los que sean de aplicación técnicas de topografía o de videomonitorización, debiera de considerarse la realización de trabajos con periodicidad estacional.

4.2.3 Paisaje

Se considera aquí al paisaje como un factor del medio, un recurso, cada vez más escaso y difícilmente renovable (Gómez-Orea, 1992). De cualquier manera, el estudio del paisaje presenta un interés cada vez mayor, tanto por ser un elemento resumen de otros, como por el creciente desarrollo de las técnicas de evaluación (MMA, 1996). Además, este interés se ve reforzado por el Convenio Europeo del Paisaje (en adelante CEP), en vigor en España desde el 1 de marzo de 2008.

Según la guía metodológica para evaluar el impacto ambiental de parques eólicos offshore, propuesta por el Departamento de Comercio e Industria del Reino Unido (DTI, 2005), el paisaje marino se define como un área discreta en la cual hay una inter-visibilidad compartida entre tierra y mar. En esta guía se considera que cada unidad de paisaje marino tiene tres componentes: (i) la componente marina; (ii) la componente de línea de costa y (iii) la componente terrestre.

Así, el estudio base del paisaje marino debe incluir:

1. *Definición y descripción de áreas:* consiste en definir la extensión de las unidades de paisaje, recopilar y presentar la información de cada una de las tres componentes del paisaje marino de manera sistemática.
2. *Caracterización:* se trata de realizar un estudio analítico de las relaciones entre las 3 componentes en una unidad de paisaje marino que le proporcionen a ésta un carácter distintivo y reconocible, y también que pueda llegar a clasificar los paisajes marinos en diferentes tipos si es necesario.
3. *Evaluación:* se trata del proceso de atribuir una sensibilidad o valor a cada unidad de paisaje basándose en criterios específicos: (i) Calidad (en función de la representatividad del paisaje, naturalidad, diversidad, complejidad morfológica, continuidad, etc.); (ii) Fragilidad (en función del grado de calidad, accesibilidad, grado de urbanización, usos del medio, carga histórico-cultural, etc.); (iii) Fragilidad visual (en función de la abundancia de receptores visuales, etc.).

Las fuentes de información de base para evaluar el impacto paisajístico pueden ser:

- Cartas náuticas a escala global, regional y local. Estas cartas se pueden obtener del Instituto Hidrográfico de la Marina o de otra institución a nivel autonómico que las produzca.
- Fotografías aéreas.
- Mapas Digitales de Terreno (MDT).
- Evaluaciones previas del paisaje. Para esta tarea de descripción del paisaje, se puede tomar como referente el Inventario Nacional de Paisajes Sobresalientes (ICONA, 1975). También, algunas de las Comunidades Autónomas ponen a disposición *on line* los inventarios de los paisajes a una escala local.
- Inventario de paisajes protegidos.
- Planes de ordenación del territorio a nivel local.
- Datos meteorológicos. Las condiciones atmosféricas pueden afectar a la visibilidad de muchas maneras diferentes. Esto tiene importancia a la hora de evaluar el impacto visual del proyecto. La visibilidad se mide a través de la transmisividad de la atmósfera pero ésta se convierte a metros para su uso funcional. Los datos idealmente deberían proceder de un análisis de un período de 10 años donde se categorice la visibilidad en rangos de distancias, como por ejemplo: <1km, de 1 a 2 km, de 2 a 4 km, etc. Se puede compilar una tabla de frecuencias que proporcione información del

número total de observaciones en cada categoría en intervalos horarios para cada mes.

- Además se utiliza otro tipo de información como son: clasificación de áreas intermareales y procesos naturales, información turística, guías históricas y culturales.

4.3 Medio Biótico

4.3.1 Comunidades del bentos

La instalación de sistemas para el aprovechamiento de energías renovables marinas supone la introducción de estructuras en el fondo marino que, como mínimo, implicarán la instalación de cimentaciones, fondeos y cables submarinos. Así pues, se prevé que pueda existir **afección sobre el medio bentónico**. Por ello, y con el fin de disponer de información base para el control y la evaluación de los posibles impactos, se hace necesaria la caracterización del bentos en la zona.

Dicha caracterización se puede realizar a partir de bibliografía existente basada en estudios que se hayan podido realizar en la zona de interés. Sin embargo, cuando se trata del medio bentónico, es probable que no exista información previa suficiente que se encuentre públicamente disponible. Por tanto, habitualmente será necesario llevar a cabo trabajos de campo específicos dirigidos a obtener información suficientemente completa y detallada.

Así, la **metodología de muestreo** a emplear se puede clasificar según el tipo de sustrato afectado:

- a) **Sustratos rocosos (incluye las estructuras artificiales construidas):** se deberá tener en cuenta

la profundidad sobre la que se asientan las estructuras de cara a la planificación del muestreo:

- i. Aguas poco profundas, aptas para el buceo seguro: el muestreo se puede realizar por métodos clásicos, como es el rascado de las superficies (muestreo destructivo, y por lo tanto aplicable con cautela a comunidades sensibles teniendo en cuenta su estado de conservación), o por análisis del estado de las comunidades *de visu* o mediante video o fotografía (muestreo no destructivo). El primer caso permite realizar una evaluación cuantitativa, mientras que en el segundo, dependiendo del objeto de estudio, la evaluación será cualitativa, semicuantitativa o cuantitativa.
 - ii. Aguas profundas, no aptas para el buceo seguro: aunque existe la posibilidad del uso de las dragas de roca para la toma de muestras, también se puede hacer uso de sistemas más modernos como el uso de cámaras fotográficas o de video submarino incorporados a vehículos dirigidos por control remoto (ROV, del inglés *Remotely Operated Vehicle*).
- b) **Sustratos sedimentarios:** la determinación de las comunidades del bentos sobre este tipo de sustrato puede llevarse a cabo por métodos clásicos de muestreo *in situ*, como son las dragas y los corers.

Independientemente de la metodología que se emplee, las estaciones de muestreo deben distribuirse tanto a lo largo del área de ocupación de los parques de aprovechamiento de energía renovable marina, como por las líneas de trazado de los cables (Bald, 2010).

Además, con el fin de obtener datos que permitan llevar a cabo, en la fase de Vigilancia Ambiental, análisis de tipo *Before After Control Impact* (Smith *et al.*, 1993), también deberían situarse una o varias estaciones de muestreo más allá del área de influencia estimada para las instalaciones. Estas estaciones de referencia servirán para distinguir los cambios provocados por las instalaciones de los cambios debidos a la variabilidad temporal natural o provocada por otros factores ajenos.

En cuanto a las especies bentónicas, éstas se caracterizan por su relativa estabilidad temporal, ya que presentan ciclos de vida suficientemente largos como para no mostrar, en la mayoría de los casos, una variabilidad estacional especialmente alta en condiciones naturales (Muxika, 2007). Por otra parte, los ciclos de vida son, a su vez, suficientemente cortos como para reaccionar de forma más o menos rápida frente a alteraciones importantes del medio (Muxika 2007). Esto hace que no sea necesario programar una serie de campañas de campo (semanales, mensuales, estacionales, etc.).

Sin embargo, con el fin de reducir al máximo el efecto de la variabilidad estacional (sobre todo en sustrato rocoso debido a que las comunidades algales presentan su máximo desarrollo entre finales de primavera y finales de verano), es conveniente realizar los muestreos en la misma época en la que se prevea la realización de las campañas de campo correspondientes a la vigilancia ambiental. Por otro lado, también es conveniente disponer de datos correspondientes a diferentes años con el fin de disponer de información sobre la variabilidad temporal de las comunidades estudiadas a medio/largo plazo.

4.3.2 Acústica (ruido, mamíferos e ictiofauna)

Uno de los efectos más importantes derivado de la instalación y el funcionamiento de sistemas para el aprovechamiento energético marino se asocia al **aumento de los niveles de ruido**, especialmente aquel asociado a la fase de obras (Thomsen *et al.*, 2006; Brown y Simmonds, 2010) y más en concreto con el martillado de los pilotes de cimentaciones de eólica marina de este tipo. El principal impacto derivado de este aumento del nivel sonoro se centra actualmente en los mamíferos marinos (Madsen *et al.*, 2006; Wilhelmsson *et al.*, 2006; Southall y Scholik-Schlomer, 2007), la ictiofauna (Hastings y Popper, 2005) y las tortugas marinas (O'Hara, 1980; Patricio *et al.*, 2009).

Los **tipos de afecciones** más comunes sobre los mamíferos, ictiofauna y tortugas marinas son los siguientes: (i) efectos físicos; (ii) stress y cambios fisiológicos; (iii) efectos en la capacidad auditiva; (iv) daños estructurales y celulares; (v) efectos visuales y desorientación; (vi) efectos en el comportamiento (Popper, 2003; Aguilar de Soto, 2005; Hastings y Popper, 2005; Popper *et al.*, 2005; Simmonds y MacLennan, 2005; Dong-Energy y Vattenfall-A/S, 2006; Gordon *et al.*, 2006; Halcrow_Group_Ltd, 2006; Dalen *et al.*, 2007; OSPAR-Commission, 2009; Bailey *et al.*, 2010; Dolman y Simmonds, 2010; Langhamer *et al.*, 2010; Tasker *et al.*, 2010; 2011).

Por este motivo, de forma complementaria a la caracterización del ruido submarino ambiental, resulta imprescindible llevar a cabo la caracterización de la ictiofauna, de los mamíferos marinos y las tortugas, teniendo en cuenta sus umbrales de audición cuando sea posible.

A la hora de llevar a cabo la caracterización de la ictiofauna, mamíferos marinos y tortugas es importante: (i) conocer el **inventario de especies** más comunes que habitualmente se distribuyen en el área, para facilitar la identificación *a posteriori*; (ii) conocer el **estado de conservación** de dichas especies (especie en peligro de extinción, vulnerable, etc.), incidiendo sobre aquellas especies incluidas en algún listado de protección autonómico, estatal, europeo e internacional p.ej. Anexo II de la *Directiva Hábitats*⁹ y *Real Decreto 139/2011*¹⁰; (iii) considerar **especies de especial relevancia** y especies que alcanzan grandes profundidades como los cefios (Ziphiidae) y el cachalote (*Physeter macrocephalus*); (iv) considerar especies migratorias y sus rutas de migración.

Dicha caracterización debe enmarcarse dentro de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad (o aquella que aplique en su momento), que establece por primera vez de forma clara una figura de protección genérica denominada “áreas marinas protegidas” (AMPs). Además, en virtud de la Ley 3/2001 de Pesca Marítima del Estado, en España se han establecido 10 reservas marinas de interés pesquero, gestionadas por la Secretaría General de Pesca Marítima (SGP).

La caracterización de la ictiofauna, mamíferos marinos y tortugas, así como los niveles de ruido se llevaría a cabo durante la **fase pre-operacional** (registro de los niveles de ruido en el tiempo cero, composición de especies, abundancia, densidad, distribución espacial y temporal, selección de un área de referencia) y **durante la fase de obras /fase operacional o funcionamiento**, mientras

duren las actividades de construcción y durante, al menos, los siguientes 6 meses una vez instalado el proyecto (registro del aumento de los niveles de ruido, abundancia y uso del hábitat) (BSH, 2003a). Para ello, las mediciones deberán de incluir las recomendadas en el Descriptor 11 de la Directiva Europea de Estrategia Marina (Marine Strategy Framework Directive, 2008/56/EC, MSFD) (Tasker *et al.*, 2010; 2011).

La **metodología** que proporciona información más directa sobre la distribución y el comportamiento de la ictiofauna, los mamíferos marinos y las tortugas, son campañas de captura a bordo de embarcaciones, los censos visuales, y el marcado, respectivamente. Sin embargo, debido al elevado coste que supone el uso de métodos clásicos o manuales, se recomienda el uso de **sistemas automáticos o remotos acoplados a boyas o barcos científicos**. Estos sistemas remotos están basados en técnicas de **acústica marina** que permiten determinar la distancia y la dirección de un objetivo a partir de la emisión de señales acústicas. El alcance de esta técnica es continuo, cubriendo aproximadamente un radio de 18 a 70 km del lugar de emplazamiento (Thomsen *et al.*, 2006; Tougaard *et al.*, 2009; Bailey *et al.*, 2010; Degraer *et al.*, 2010; Lucke, 2010).

La localización del objetivo puede determinarse mediante el uso de técnicas de acústica activas (emisión y recepción de pulsos de sonido que interaccionan con blancos en la columna de agua) o pasivas (detección de eventos acústicos). Las técnicas de **acústica activa se identifican como la herramienta más adecuada para la caracterización de la ictiofauna**, mientras que las **pasivas se utilizan para la caracterización del ruido submarino y la identificación de mamíferos marinos**. Para tortugas, el sistema de marcado con microchip proporcionaría información sobre los movimientos y rutas de migración de cada individuo.

4.3.3 Avifauna

Debido a las características ecológicas y a la posición en la cadena trófica de las aves marinas (Abad *et al.*, 2008), es importante llevar a cabo su caracterización en la zona de la futura instalación.

Dicha caracterización debe enmarcarse dentro de la Directiva 2009/147/CE E¹¹ (Directiva Aves), que obliga a los Estados miembros de la Unión Europea, a declarar Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), garantizando así la conservación de las especies incluidas en el Anexo I de dicha Directiva.

De esta manera en España, en virtud dicha directiva y en el marco de la Red Natura 2000 se han declarado 42 IBA marinas (Áreas Importantes para las Aves, del inglés “Important Bird Areas”), de las cuales diez se encuentran en el archipiélago canario, ocho en el noroeste peninsular (Cantábrico), ocho en la zona de transición Mediterráneo-Atlántico (entre el mar de Alborán y el golfo de Cádiz) y 16 en el Mediterráneo (SEO/BirdLife, 2009; Sánchez *et al.*, 2010). Entre todas cubren más de 40.000 km², casi el 5% de las aguas marinas españolas (Figura 16).

A la hora de llevar a cabo la caracterización de la avifauna es importante: (i) realizar el **inventario de especies** de aves marinas más comunes que habitualmente se distribuyen en el área del futuro emplazamiento, especialmente las aves marinas nidificantes; (ii) especificar el **estado de conservación** de dichas especies (especie en peligro de extinción, vulnerable, etc.) y (iii) indicar las especies incluidas en

⁹ Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (DO L 206 de 22.7.1992, p. 7)

¹⁰ Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas

¹¹ Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 relativa a la conservación de las aves silvestres (DO L 20 de 26.1.2010 p.7). Esta Directiva sustituye a la Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979.

algún listado autonómico, estatal, europeo e internacional (p.ej. Real Decreto 139/2011¹²).



Figura 16. Áreas Importantes para las Aves (IBA) marinas en España. Fuente: SEO/BirdLife (2009).

Dicha caracterización se llevaría a cabo durante las siguientes etapas:

- **Fase pre-operacional:** composición de la comunidad de aves en la zona, abundancia (número de individuos de cada especie), densidad (número de individuos por unidad de área), distribución espacial y temporal y patrones migratorios.
- **Durante la fase de obras y la fase operacional o de funcionamiento:** además de lo señalado en el párrafo anterior, se debe estudiar la respuesta de evitación y posibles interrupciones en las trayectorias de vuelo y cuantificación del número de

colisiones. Esta caracterización se llevaría a cabo mientras duren las **actividades de construcción y podrían continuar durante los siguientes 3-5 años una vez instalado el proyecto** si se estimara necesario (BSH, 2003b).

La **metodología** que proporciona información más directa sobre la distribución y el comportamiento de las aves en el mar son los **censos visuales** desde tierra, embarcaciones o desde aviones, o mediante **sistemas remotos**. Sin embargo, debido al elevado coste que supone el uso de métodos clásicos o manuales y que las dos terceras partes de las especies migran durante la noche (Desholm *et al.*, 2006) y por lo tanto, son más detectables en el amanecer y atardecer (Martín y Shapiro, 2007), **se recomienda el uso de sistemas automáticos o remotos acoplados a plataformas fijas**, instaladas bien en alta mar o incluso, dependiendo de la distancia de la costa al emplazamiento, se podrían instalar en tierra (p.ej. sistema de radares).

4.4 Medio Socioeconómico

4.4.1 Actividad pesquera

Los proyectos de energías renovables marinas pueden impactar en otros sectores que también desarrollan su actividad en el mar. Uno de los sectores más afectados es el pesquero (Nelson *et al.*, 2008). Para este impacto hay que analizar muchos aspectos para intentar minimizar el impacto derivado de las interacciones entre estos dos sectores.

Por todo ello es muy importante establecer contactos con los representantes del sector pesquero (individuales, organizaciones, armadores) para informarles de las acciones a realizar desde el comienzo del proyecto. Además se deben realizar consultas sobre la distribución

espacial y la estacionalidad de la actividad de la flota pesquera para minimizar impactos durante el ciclo de vida de instalaciones de energías renovables marinas.

Para realizar la caracterización del impacto ambiental sobre las pesquerías es imprescindible disponer de buena información sobre las actividades pesqueras desarrolladas en la zona. Para ello sería recomendable disponer de una serie histórica de, al menos, 5 años de datos anteriores a la realización del proyecto con otra de cinco años posteriores, dado que las capturas presentan una variabilidad natural intrínseca que se debe separar del posible efecto del proyecto de energías renovables marinas.

Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones esta información no está disponible, especialmente en el caso de la flota artesanal que es la que además, potencialmente, se puede ver más afectada debido a que su actividad se desarrolla cerca de la costa.

Así, para alcanzar el objetivo general de caracterización ambiental se deberían conseguir los siguientes objetivos específicos:

- (i) *Revisión de la legislación y bibliografía aplicable a la zona:* en primer lugar, se debe detallar la localización del proyecto como las coordenadas geográficas exactas, distancia a costa y la profundidad a la que está. Posteriormente se deben revisar los boletines oficiales de las diferentes instituciones implicadas (Estado y Autonomías) de la legislación aplicable a la zona, en la que se determinarán: (i) artes permitidas en el área; (ii) periodos de pesca permitidos en el área y (iii) cierre espacial de caladeros.

¹² Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas

- (ii) *Censo de los barcos que faenan en la zona afectada*: esta información se puede obtener del censo oficial del estado, las cofradías de pescadores, las asociaciones de armadores, los comités de pesca, inspección pesquera y de centros de investigación pesquera.
- (iii) *Contactar e informar al sector y otras partes implicadas*: el procedimiento a seguir sería el siguiente: (i) contactar a todas las partes implicadas: sector pesquero, cofradías de pescadores y asociaciones de armadores, autoridades portuarias, gobierno local y autonómico, promotor del proyecto; (ii) presentar el proyecto; los responsables del promotor deben realizar una presentación a las partes implicadas antes de que el proyecto se haga público; (iii) definir una persona de contacto por parte del promotor. Esta persona de contacto debe ser la encargada de trasladar la información de unos a otros y notificar posibles cambios de plan si los hubiera; (iv) definir una persona de contacto por parte del sector pesquero.
- (iv) *Datos de desembarcos*: los datos de desembarcos también se conocen como las hojas de venta que los armadores suelen rellenar con los pesos y precios de los desembarcos. En las hojas de venta se indica: fecha de venta, modalidad de pesca, puerto de venta, kilos, categoría de tamaños, precios, etc.
- (v) *Diarios de pesca*: permiten conocer la actividad de las diferentes pesquerías en días de pesca, horas, número de redes o anzuelos, en el área de estudio. Estos diarios ofrecen una resolución de rectángulo estadístico y muestran la distribución espacial de cada modalidad de pesca. Esta información del

esfuerzo de pesca se podría tratar de conseguir de dos fuentes diferentes: (a) diarios electrónicos de pesca y (b) dispositivos de localización de buques por satélite (VMS de sus siglas en inglés, *Vessel Monitoring System*).

- (vi) *Embarques*: la realización de embarques por personal cualificado es la manera más adecuada de tener información detallada y objetiva de los lugares de pesca así como de las capturas que se producen en cada uno de ellos. En estos embarques se recopila información detallada de: artes, posición geográfica, capturas, descartes e ingresos.
- (vii) *Encuestas*: los pescadores rellenarían unas encuestas indicando: artes de pesca, capturas y distribución espacial. Esta información sería confidencial y su uso siempre limitado al objetivo definido en el compromiso adquirido.

4.4.2 Patrimonio cultural subacuático

Atendiendo al Anexo de la “Convención de Patrimonio Cultural Subacuático de la UNESCO”¹³ y según recoge el Libro Verde del Plan Nacional de Protección del Patrimonio Cultural Subacuático Español (2009), cualquier obra en el medio marino deberá ir precedida de un estudio arqueológico sobre su posible afección al Patrimonio Cultural Subacuático.

En este sentido, de forma previa a la instalación de cualquier infraestructura de aprovechamiento energético marino, se realizaría un inventario así como una valoración de dicho patrimonio cultural subacuático

(PCS) en el área de influencia del proyecto. De esta manera, se elaborarían unas **fichas arqueológicas** con la ubicación exacta y la descripción de los elementos de interés arqueológico submarino, concretándose en una base de datos informatizada con el fin de asegurar su protección.

Según recoge el Artículo 1 de dicha Convención, se entiende por Patrimonio Cultural Subacuático (PCS), “todos los rastros de existencia humana que tengan un carácter cultural, histórico arqueológico, que hayan estado bajo el agua, parcial o totalmente, de forma periódica o continua, por lo menos durante 100 años, tales como: (i) estructuras, edificios, objetos y restos humanos; (ii) buques, aeronaves, otros medios de transporte o cualquier parte de ellos, su cargamento u otro contenido, junto con su contexto arqueológico y natural; (iii) objetos prehistóricos”.

El inventario del PCS en el área de influencia del proyecto podría realizarse a partir de la siguiente **metodología**:

- (i) Prospección documental: búsqueda bibliográfica, centrándose en la actividad marítima de la zona de estudio, a partir de los diferentes archivos históricos municipales, autonómicos y estatales. Este trabajo previo de documentación facilitaría en gran medida la labor de identificación de los posibles hallazgos arqueológicos en la zona de estudio. Entre los diferentes archivos históricos destacan los del Museo Nacional de Arqueología Subacuática (<http://museoarqua.mcu.es/>), Museo Nacional de Madrid, del Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Archivo General de Simancas (AGS). Este último cuenta con documentos de interés tales como mapas, planos y dibujos de fortificaciones portuarias y construcciones de zabras, así como un registro de los naufragios y apresamiento de navíos

¹³ “Convención de Patrimonio Cultural Subacuático de la UNESCO” (París, 2 de noviembre de 2001), ratificada por España el 6 de junio de 2005.

(Benito *et al.*, 2009). Además también se podría recurrir a *fuentes de información dispersa* como cofradías de pescadores, buceadores e historiadores locales. Estos últimos están familiarizados con los archivos municipales y poseen un dilatado conocimiento bibliográfico e histórico a escala local.

(ii) Prospección geofísica: localización e identificación de elementos arqueológicos subacuáticos mediante técnicas geofísicas de muestreo remoto no intrusivas. Los equipos que comúnmente se acoplan al casco de una embarcación son: sónares de barrido lateral, perfiladores de sedimento, ecosondas multihaz (metodología descrita en el apartado de caracterización batimétrica) y magnetómetros. La magnetometría consiste en medir bajo el agua las variaciones del campo magnético de la Tierra y la existencia de un elemento ferromagnético que pueda alterarlo, produciendo una anomalía magnética. Todos estos equipos operan en conjunto con un GPS diferencial y los ordenadores de abordo están equipados con programas de muestreo de precisión (Benito *et al.*, 2009).

(iii) Prospección subacuática: verificación de elementos de interés arqueológico a partir de equipos autónomos y remotos de constatación directa subacuática, p.ej. cámaras de vídeo subacuáticas (Benito *et al.*, 2009). Esta metodología ha sido previamente descrita en el apartado 4.3.1 de caracterización de comunidades del bentos en aguas profundas.

4.4.3 Socioeconomía

En esta sección, relativa al inventario socio-económico, se identifica un conjunto de bienes y servicios, agrupados en tres grandes categorías: (i) bienes y servicios del medio marino; (ii) bienes y servicios en el medio terrestre; y (iii) otros sectores.

El desarrollo de cualquier proyecto en el medio marino, y en particular de un proyecto de energía renovable, afectará de algún modo a los bienes y servicios ambientales, y en este sentido se puede hablar de impactos directos e indirectos. La identificación de los mismos, que deberían considerarse en el inventario socio-económico, se realiza, cuando es posible, utilizando el Código Nacional de Actividades Económicas (CNAE). La caracterización de los elementos del inventario se realiza a partir de su valor económico (expresado en euros) en el estado previo (estado anterior al desarrollo del proyecto de aprovechamiento de energía marina). En todos los casos y con el fin de reducir efectos estacionales se debería utilizar la media del valor de los tres últimos años inmediatamente anteriores a la puesta en marcha de un proyecto de aprovechamiento de energía, actualizados al año inmediatamente anterior al comienzo de las obras construcción, utilizando para ello el índice de actualización publicado por el Banco de España.

4.4.3.1 Bienes y servicios del medio marino

Los servicios naturales que proporciona el medio marino, englobando en este término a los bienes y servicios (Costanza *et al.*, 1997), representan los beneficios que las poblaciones humanas pueden obtener, bien de forma directa o indirecta del medio marino. Se identifican un total de 14 servicios, agrupados en 3 categorías clásicas en el ámbito de la valoración ambiental: servicios de provisión; servicios culturales; y otros servicios¹⁴:

¹⁴ De Groot, Wilson and Boumans (2002) y Hein, van Koppen, de Groot and van Ierland (2006) proponen clasificaciones que distinguen entre servicios de provisión, de regulación y culturales. A estos habría que añadir los servicios de soporte (Turner, Brouwer, Georgiou and Bateman, 2000).

- *Servicios de provisión*. En esta categoría se incluyen: (i) la Pesca profesional (ya descrita en el apartado 4.4); (ii) el Marisqueo profesional; (iii) la Acuicultura; (iv) las Plataformas de extracción o almacenamiento de gas; (v) la Producción y distribución de energía eléctrica, gas, vapor y agua caliente; (vi) Bio-tecnologías o producción de tecnologías basadas en productos marinos o bien que requieran de un medio marino para su desarrollo y (vii) la Provisión de agua dulce (depuración y distribución de agua a partir de desaladoras). En el caso del marisqueo, para llevar la caracterización de este servicio en su estado pre-operacional se deben identificar los afectados y la especie concreta objeto de la actividad, para así determinar el valor de la actividad. La Acuicultura, al ser una actividad privada, su caracterización en su estado pre-operacional se llevará a cabo a partir de la obtención de su resultado económico, esto es, el denominado resultado antes de impuestos de la actividad. En relación con el resto de servicios, su caracterización se obtiene a partir del resultado de la inversión realizada multiplicada por su tasa de rentabilidad privada en dicho estado. En el caso de las Bio-tecnologías, dada la posibilidad de obtener múltiples productos se requiere además la identificación de cada uno de ellos, así como determinar qué grado de la producción de cada uno de los centros es efectivamente dependiente del medio marino, y más concretamente del área donde se situará la planta de aprovechamiento de la energía marina.
- *Servicios culturales*. En esta categoría se incluyen: (i) la Actividad económica recreativa en barco (embarcaciones deportivas, o de recreo que se exploten con fines lucrativos pertenecientes a la lista 6ª); (ii) el Transporte, de pasajeros por motivos

de recreo; (iii) los Barcos recreativos (se refiere al uso y disfrute de los barcos incluidos dentro de la lista 7ª, incluyendo la antigua lista 5ª, con o sin actividad pesquera); (iv) los Surfistas y (v) los Bañistas. En el caso de los barcos recreativos, surfistas y bañistas, el valor de su contribución económica a la economía local en el estado pre-operacional se calcula a partir del gasto promedio que realizan en cada uno de los municipios afectados realizado (el gasto realizado en el caso de los bañistas y surfistas residentes se excluye dado que no representa un flujo de entrada). En el caso de barcos recreativos, se caracteriza a partir de su valor en el estado previo medido a través de su resultado económico denominado resultado antes de impuestos, mientras que en el caso del transporte (cruceiros), para caracterizar esta actividad se debe establecer en primer lugar, un seguimiento sobre el flujo de embarcaciones afectadas, dedicadas al transporte de pasajeros. En segundo lugar, la caracterización se completa multiplicando las variables uso de motor por su consumo y por el precio del combustible

- *Otros servicios:* (i) Comercio marítimo. Se refiere al transporte de mercancías. Para caracterizar esta actividad se debe establecer en primer lugar, un seguimiento sobre el flujo de embarcaciones afectadas, dedicadas al transporte marítimo. En segundo lugar, la caracterización de este elemento del inventario se completa a partir del cómputo derivado de multiplicar para cada embarcación el uso de motor por su consumo y por el precio del combustible; (ii) Conservación de la biodiversidad. La caracterización de este elemento del inventario se hace a partir de su valor en el estado base, el cual se evalúa en base al esfuerzo económico que soporta el Estado para garantizar el buen estado de

los activos naturales (coste de las partidas de investigación, gestión y control y conservación de la Áreas Marinas Protegidas); (iii) Investigación.

4.4.3.2 Bienes y servicios del medio terrestre

Bajo este epígrafe se identifican los elementos del inventario que recogen los servicios y beneficios que las poblaciones humanas pueden obtener bien de forma directa o indirecta del medio terrestre. Así pues, en esta sección se identifican un total de 5 servicios agrupados en dos categorías: actividades productivas y servicios.

- *Actividades productivas:* dentro de esta actividad se incluye a la Industria de productos alimenticios y bebidas (se refiere específicamente a la elaboración y conservación de pescados y productos a base de pescado), la construcción y reparación naval y la Hostelería. En el caso de las dos primeras actividades, al ser privadas, la caracterización de las mismas en su estado pre-operacional se llevará a cabo a partir de la obtención de su resultado económico; esto es, el denominado resultado antes de impuestos de la actividad. En el caso de la industria de productos, además, será preciso identificar qué porcentaje de la pesca, procedente de la zona afectada, se destina a actividades de transformación. En el caso de la Hostelería, la caracterización de esta actividad en su estado pre-operacional se refiere a la caracterización de los servicios de ocio y recreo anteriormente descritos.
- *Servicios:* dentro de esta actividad se incluye al turismo y logística de puertos. El cálculo del valor del estado pre-operacional se debe computar a través de la suma del resultado económico de la

actividad, esto es, el denominado resultado antes de impuestos de la actividad.

5. Identificación y valoración de impactos

5.1 Introducción

En general, el término impacto indica la alteración que la ejecución de un proyecto introduce en el medio, expresada por la diferencia entre la evolución de este “sin” y “con” proyecto (Gómez-Orea, 1992) y puede representarse gráficamente tal y como se puede observar en la Figura 17.

El objetivo principal de los EsIA es prever la naturaleza y magnitud de los efectos que se originan por la realización del proyecto objeto de estudio. Para ello es preciso seguir varios pasos: (i) identificar los impactos previsibles derivados de la ejecución del proyecto. Éstos, según la legislación, deberán centrarse principalmente en los impactos que sean **notables**; (ii) estimar o valorar, cuantitativamente (si es posible) o cualitativamente, la incidencia de los factores ambientales y (iii) relacionarlos con factores dinámicos, lo que permitirá prever su evolución y determinar los medios de control y corrección necesarios para eliminar o minimizar el impacto.

La **identificación de los impactos** ambientales derivará del estudio de las interacciones entre las acciones del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso (Solaun *et al.*, 2003).

Para realizar el posterior **análisis de los impactos** es preciso efectuar un estudio del proyecto (ver apartado 2) que determine todas las posibles fuentes de impacto y un inventario ambiental (ver apartado 4) que identifique los factores ambientales susceptibles de ser alterados por el proyecto. Ambas matrices de datos deben

cruzarse entre sí para definir las incidencias, pero deben realizarse atendiendo a las variables que más pueden aportar a la predicción de impacto y no acumular información que no permita establecer relaciones causa-efecto.

De la legislación vigente y siguiendo la metodología de Solaun *et al.* (2003) y Conesa (2010) se definen los siguientes atributos descriptivos de los impactos, en

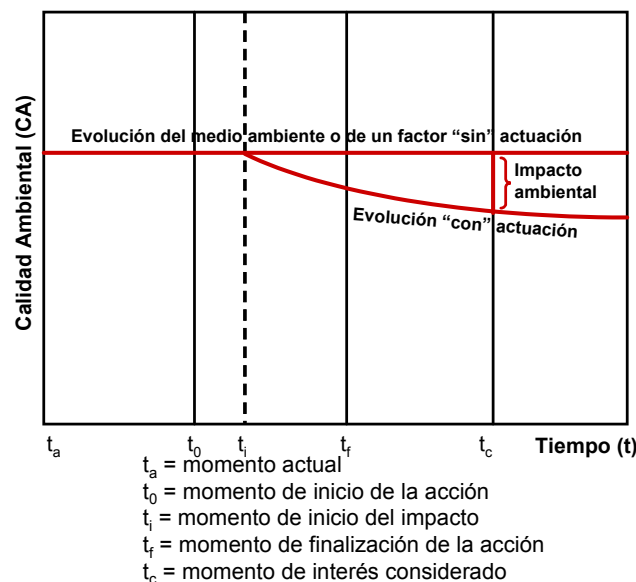


Figura 17. Expresión gráfica del concepto de impacto ambiental. Adaptado de Gómez-Orea (1992).

función de:

- (i) **Naturaleza (Signo):** el signo hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones. El impacto se considera positivo cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental considerado mejora la calidad de este último. El impacto se considera negativo cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental considerado empeora la calidad de este último (Tabla 2).
- (ii) **Intensidad (Int):** la intensidad se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor. Se expresa de forma independiente a la extensión afectada. El baremo está comprendido entre 1 (afección mínima) y 12 (intensidad en grado total) (Tabla 2):
- (iii) **Extensión (Ext):** la extensión se refiere al área de influencia teórica del impacto. El baremo está comprendido entre 1 (extensión puntual) y 8 (extensión total) (Tabla 2).
- (iv) **Momento (Mom):** Se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. El baremo toma los valores de 1 (largo plazo, superior a 10 años), 2 (medio plazo, de 1 a 10 años), 3 (corto plazo, menor de un año) y 4 (inmediato) (Tabla 2).

- (v) **Persistencia o duración (Pers):** Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción. El baremo toma los valores de 1 (efecto mínimo, efímero o fugaz), 2 (efecto temporal o transitorio, de 1 a 10 años), 3 (efecto persistente, 11 a 15 años) y 4 (permanente o estable, superior a 15 años) (Tabla 2).
- (vi) **Reversibilidad (Rever):** Se refiere a la posibilidad de recuperación del factor afectado por el proyecto, p.ej., la posibilidad de retomar las condiciones pre-operacionales por medios naturales. El impacto es reversible cuando el factor ambiental alterado puede retomar a la condición pre-operacional, sin intervención humana en un período inferior a 15 años (Tabla 2).
- (vii) **Recuperabilidad (Recup):** La recuperabilidad se refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones pre-operacionales por medio de la intervención humana, o sea mediante la introducción de medidas correctoras y restauradoras. En el caso de que no sea necesaria la aceleración de la reversibilidad, o no sea necesaria la introducción de medidas correctoras, el atributo recuperabilidad toma los valores del atributo reversibilidad. Si el efecto es totalmente recuperable o neutralizable, se le asigna un valor de 1-4, según sea de manera inmediata (valor 1), corto plazo (valor 2), medio plazo (valor 3) o largo plazo (valor 4). En caso de que sea irrecuperable se valorará en 8 (Tabla 2).

Tabla 2. Importancia de impacto (adaptado de Conesa, 2010). Nota: en el caso de que no sea necesaria la aceleración de la reversibilidad, o no sea necesaria la introducción de medidas correctoras, el atributo recuperabilidad toma los valores del atributo reversibilidad.

NATURALEZA (signo)		INTENSIDAD (Int)	
Impacto beneficioso	+	Baja o mínima	1
Impacto perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (Ext)		MOMENTO (Mom)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Amplio o Extenso	4	Corto plazo	3
Total	8	Inmediato	4
Crítico	(+4)	Crítico	(+4)
PERSISTENCIA (Pers)		REVERSIBILIDAD (Rever)	
Fugaz o efímero	1	Corto plazo	1
Momentáneo	1	Medio plazo	2
Temporal o transitorio	2	Largo plazo	3
Pertinaz o persistente	3	Irreversible	4
Permanente y constante	4		
SINERGIA (Sinerg)		ACUMULACIÓN (Acum)	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinergismo moderado	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
EFECTO		PERIODICIDAD (Period)	
Indirecto o secundario	1	Irregular (Aperiódico y esporádico)	1-4
Directo o primario	4	Periódico o Regularidad Intermitente	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (Recup)		IMPORTANCIA (Imp)	
Recuperable de manera inmediata	1	$Imp = signo[3Int + 2Ext + Mom + Pers + Rever]$	
Recuperable a corto plazo	2	$Sinerg + Acum + Efecto + Period + Recup]$	
Recuperable a medio plazo	3	<25	Compatible
Recuperable a largo plazo	4	25-50	Moderado
Mitigable, sustituible y compensable	4	50-75	Severo
Irrecuperable	8	>75	Crítico

(viii) **Sinergia (Sinerg):** la sinergia se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma valor 1, si presenta sinergismo moderado toma valor 2, y si es altamente sinérgico toma valor 4. Si el caso es debilitamiento o minoración (sinergia negativa), la valoración del efecto presentará valores de signo negativo, reduciendo el valor de la importancia del impacto (Tabla 2).

(ix) **Acumulación (Acum):** la acumulación se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando la acción se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado (sin efectos acumulativos) se valora con 1. Cuando una acción al prolongarse en el tiempo incrementa progresivamente la magnitud del efecto se asigna valor 4 (Tabla 2).

(x) **Efecto (Efecto):** se refiere a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto es primario o directo, cuando la repercusión es directa, es decir cuando tiene una incidencia ambiental inmediata en algún aspecto ambiental. El efecto es secundario o indirecto cuando no es producido por una acción directa (Tabla 2).

(xi) **Periodicidad (Period):** se refiere a la periodicidad de la manifestación del efecto, bien sea de forma continua (valor 4), irregular (valor 2) o esporádica (valor 1-4) (Tabla 2).

(xii) **Importancia del impacto (Imp):** Se refiere a la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental. Es la estimación del impacto con base en el grado de manifestación cualitativa del efecto (Tabla 2).

La **importancia** se calcula en función del siguiente modo:

$$Imp = signo [3 Int + 2 Ext + Mom + Pers + Rever + Sinerg + Acum + Efecto + Period + Recup]$$

La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100. Valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes o **compatibles** (reducidos si el signo es positivo). Los impactos moderados presentan una importancia entre 26 y 50. Los impactos severos presentan una importancia entre 51 y 75. Los impactos críticos superan el valor de 75.

De acuerdo con la legislación ambiental vigente, la **valoración final** de cada uno de los impactos derivados de la actividad propuesta se llevará a cabo de acuerdo con las siguientes definiciones: (i) *impacto ambiental compatible*, aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y no precisa prácticas protectoras o correctoras (Figura 18); (ii) *impacto ambiental moderado*, aquel cuya recuperación no precisa de prácticas protectoras o correctoras intensivas y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo (Figura 18); (iii) *impacto*

ambiental severo, aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado (Figura 18); (iv) *impacto ambiental crítico*, aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras (Figura 18).

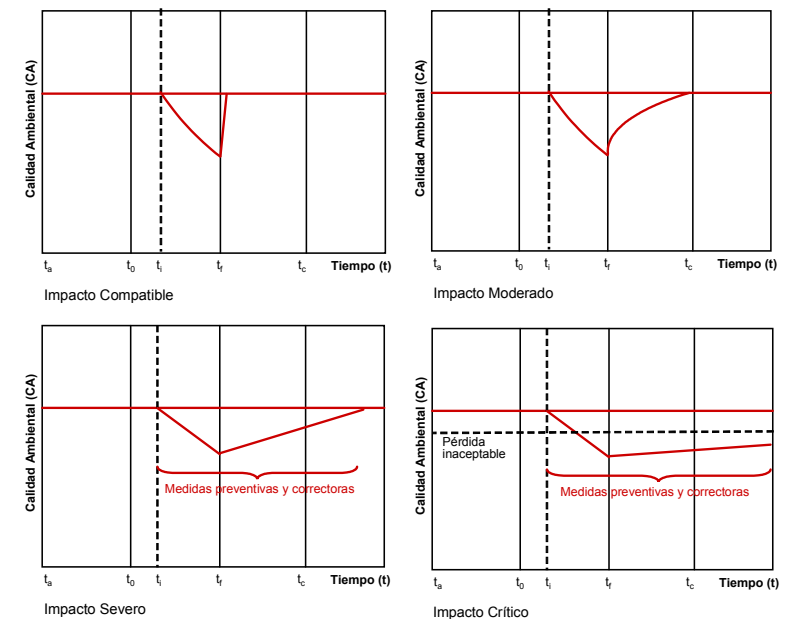


Figura 18. Expresión gráfica de un impacto de carácter compatible, moderado, severo y crítico. Clave: t_a = momento actual; t_0 = momento de inicio de la acción; t_i = momento de inicio del impacto; t_r = momento de finalización de la acción; t_c = momento de interés considerado.

Los impactos ambientales derivados de proyectos de energías renovables marinas se manifestarán en dos escalas temporales diferentes: a corto y largo plazo. Los impactos a corto plazo podrán observarse fundamentalmente durante la fase de obras de las estructuras, mientras que los impactos a largo plazo, aunque de menor intensidad que los anteriores, se manifiestan durante todo el periodo de vida de la instalación (AWATEA, 2008). Las principales actividades generadoras de impacto para estos proyectos se resumen en la Tabla 3, mientras que los factores

ambientales afectados se resumen en la Tabla 4.

Entre los impactos a corto plazo cabe mencionar: (i) la alteración del sustrato durante la instalación de los fondeos y cables submarinos, dando lugar a una alteración local del hábitat y aumentos en la turbidez; (ii) ruidos durante las obras (p.ej., perforaciones, dragados, etc.); (iii) aumento del tráfico marítimo.

Entre los impactos a largo plazo cabe mencionar los siguientes: (i) la presencia física de las estructuras; (ii) los

ruidos y vibraciones generadas por las instalaciones en operación; (iii) los campos electromagnéticos generados por los cables; (iv) la colisión accidental con las estructuras; (v) enganches de animales con los fondeos y cableado.

Mediante la metodología expresada en el presente apartado, pueden prepararse matrices tipo Leopold en las que se asigna el valor de la Importancia a cada actividad generadora de impacto en relación con el aspecto medioambiental afectado para cada fase del proyecto (Tabla 5). Así, se puede calcular el impacto producido por cada actividad y el soportado por cada factor ambiental y cada grupo de factores de forma que pueda llevarse a cabo una jerarquización por actividades impactantes (de mayor a menor) y medios afectados (del *más afectado al menos afectado*), por grupos de factores (físicos, biológicos, etc.), por fases (construcción y operación) y globalmente para el proyecto.

Tabla 3. Principales acciones generadoras de impacto.

INSTALACIÓN
• Transporte de material y equipos a y desde la ubicación seleccionada. • Instalación de los equipos/estructuras: los propios captadores, sistemas de fondeo y cables submarinos (ruidos asociados, alteración del fondo marino y paisaje) y las estructuras en la propia línea de costa. • Almacenaje de residuos (si se requiere). • Pequeños derrames de hidrocarburos. • Riesgo de accidentes (fallo del dispositivo, colisiones, etc...).
FUNCIONAMIENTO/MANTENIMIENTO
• Presencia de las estructuras. • Funcionamiento de cables submarinos (campo electromagnético). • Reducción de la energía marina. • Ruido.

Tabla 4. Principales factores ambientales afectados.

MEDIO FÍSICO
• Calidad del agua. • Hidrodinámica. • Sedimentos. • El paisaje.
MEDIO BIÓTICO
• Comunidades del bentos. • Ictiofauna.

Tabla 5. Interrelación entre las acciones del proyecto y los factores ambientales afectados durante la fase de obras. Clave: Impacto ■Compatible; ■ Moderado; ■ Severo; ■ Crítico; S = signo; I = Intensidad; E = Extensión; M = Momento; P = Persistencia; R = Reversibilidad; R = Recuperabilidad; S = Sinergia; A = Acumulación; E = Efecto; P =Periodicidad; I = Importancia.

Acción: Fase INSTALACIÓN		Incertidumbre : 1 (bajo) – 5 (alto)	Transporte de material y equipos											Instalación de los equipos/estructuras											Riesgo de accidentes											IMPACTO			
			S	I	E	M	P	R	R	S	A	E	P	I	S	I	E	M	P	R	R	S	A	E	P	I	S	I	E	M	P	R	R	S	A		E	P	I
Medio físico	Factor Ambiental																																						
	Hidrodinámica																																						
	Geología y geomorfología																																						
	Ruido y																																						
	Campos electromagnéticos																																						
Medio Biótico	Paisaje																																						
	Bentos																																						
	Ictiofauna																																						
	Aves marinas																																						
	Mamíferos marinos y tortugas																																						
Medio socioeconómico	Pesca																																						
	Recursos arqueológicos																																						
	Socioeconomía																																						
IMPACTO																																							

5.2 Afección a la dinámica marina

El impacto de las estructuras de captación de energía renovable marina en la hidrodinámica es fuertemente dependiente del tipo de instalación y, más concretamente, de cuál es la sección y diseño de la estructura sumergida/emergida o la sección y disposición de los muertos y elementos de anclaje (Michel *et al.*, 2007).

En términos generales, las estructuras sumergidas y flotantes (en menor medida) pueden afectar a las corrientes oceánicas y de marea, al oleaje y a la dinámica sedimentaria. El impacto sobre las corrientes oceánicas y las corrientes de marea se da cuando los diferentes elementos de la instalación son capaces de provocar cambios significativos en la velocidad o dirección del flujo.

Durante la **fase de obras** no se espera que la instalación de las estructuras flotantes pueda generar impactos significativos sobre la hidrodinámica de las aguas (corrientes, oleaje y marea). En el caso de las instalaciones que requieran de obra civil como creación o modificación de diques exentos emergidos, espigones, obras de revestimiento, muros longitudinales o estructuras de cimentación de importante sección si se podrá producir un impacto significativo en la hidrodinámica y en el transporte sedimentario. Este impacto es progresivo y alcanza su pleno desarrollo durante la fase de funcionamiento. No es de esperar ningún impacto significativo adicional sobre el régimen de corrientes u oleaje durante la fase de obras.

Durante la **fase de funcionamiento**, en el caso de estructuras flotantes, éstas pueden dar lugar a una reducción de las corrientes en el área de ocupación de la instalación (cerca del fondo en las cercanías de los

fondeos y en general aguas abajo dependiendo de la sección de los elementos sumergidos) y, en consecuencia, a un aumento en las tasas de sedimentación natural de la zona. Estudios llevados a cabo en relación con equipos para el aprovechamiento de la energía del oleaje en el proyecto Wave Hub en Inglaterra estimaron reducciones en la velocidad de la corriente del orden de $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ de forma local, mientras que en zonas lejanas dicha reducción era despreciable (Halcrow_Group_Ltd, 2006).

De igual forma, cabría esperar una reducción en el régimen de corrientes en el interior del área de ocupación de la infraestructura como consecuencia de la barrera física que suponen los cables umbilicales de conexión a los captadores. En cualquier caso, teniendo en cuenta la superficie total de resistencia que puede suponer un cable submarino este impacto se considera de efecto mínimo.

Asimismo, el régimen de oleaje podría verse afectado por las estructuras fondeadas. Cálculos realizados en instalaciones de demostración de equipos para la captación de energía del oleaje como las de Wave Hub en Inglaterra estiman en el peor de los casos una reducción del 5% de la altura de ola (equivalente a ~10% de la energía), pudiendo restablecerse a partir de una distancia aproximada de 5 km (Halcrow_Group_Ltd, 2006).

Cabe notar que a pesar de disponer de un valor promedio para la atenuación de la energía, los factores de transmisión de los distintos tipos de estructuras flotantes son aún desconocidos y a nivel de la instalación dependerá del número de dispositivos y de la disposición relativa de éstos (se pueden generar interacciones complejas de las olas con los diferentes dispositivos dependiendo de la distancia entre los mismos). Se

recomienda por tanto, tener en cuenta diferentes escenarios y realizar diversos test de sensibilidad (con distintas disposiciones y suponiendo diferentes factores de transmisión) a la hora de realizar las simulaciones.

En el caso de estructuras fijas, tanto captadores de energía del oleaje, como las cimentaciones y pilotes de aerogeneradores, durante la fase de funcionamiento cabría esperar una reducción en el régimen de corrientes en el interior del área de ocupación de las infraestructuras como consecuencia de la barrera física que suponen. Estudios llevados a cabo mediante modelización en los parques eólicos de Horns Rev y Nysted (Dinamarca) determinaron una reducción del 2 y 3-4% respectivamente, en el régimen de las corrientes en el entorno cercano de los aerogeneradores (ENERGI y ELSAM, 2004; DHI, 2006). Por otro lado estudios llevados a cabo en el campo lejano determinaron reducciones del 0,7% (Cooper y Beiboer, 2002). En el caso de captadores de energía de las corrientes, estudios llevados a cabo en Yell Sound (Escocia) determinaron reducciones de la velocidad de la corriente en torno a $1,5\text{-}2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, aunque los estudios realizados señalaron la falta de datos suficiente para llevar a cabo dicho análisis (The-Engineering-Business-Ltd., 2005).

En el caso de los aerogeneradores, la posible modificación del régimen de viento podría dar lugar también a una consecuente modificación del régimen del oleaje (Michel *et al.*, 2007). Cooper y Beiboer (2002) mediante modelización determinaron una reducción de la altura del oleaje menor al 0,5% en zonas lejanas a un parque eólico y del 5-15% en el entorno cercano.

Las modificaciones del flujo afectan directamente a la dinámica sedimentaria, provocando nuevas zonas de acumulación o erosión ("scouring" en inglés) en las inmediaciones de las estructuras u originando cambios

en la dirección del transporte neto longitudinal de sedimentos, el reparto de estos en la franja litoral y en última instancia en la morfología costera. Estos efectos pueden ser más evidentes en el caso de las estructuras fijas al fondo, tales como las cimentaciones de los aerogeneradores, los fondeos en el caso de elementos flotantes, o captadores de energía del oleaje y las corrientes que se encuentren fijos al fondo.

Durante la fase de desmantelamiento de las estructuras flotantes no se espera que puedan darse impactos significativos sobre la hidrodinámica de las aguas (corrientes, oleaje y marea). En el caso de estructuras fijas, durante la fase de desmantelamiento los impactos sobre la hidrodinámica y la dinámica sedimentaria son similares a los descritos durante su instalación.

5.3 Afección a calidad del agua

Durante la fase de instalación de los fondeos, de estructuras fijas al fondo, tubos, cables submarinos, etc., necesarios podría dar lugar a un aumento del material en suspensión en la columna de agua. En el caso de estructuras fijas localizadas por ejemplo en diques, muelles, etc., pueden requerir labores de excavación, dragado, transporte, encofrado, confinamiento, hormigonado, etc., que potencialmente pueden afectar a la calidad de las aguas. La consecuencia más inmediata del incremento de material en suspensión se traduce en pérdida de transparencia e incremento de la turbidez. Por otra parte, el tráfico de barcos asociado a las labores de instalación puede dar lugar al vertido accidental de hidrocarburos procedentes de las bombas de achique, aceites u otros objetos.

Durante la fase de funcionamiento de los captadores, las fugas de contaminantes de las embarcaciones y equipos, fugas de fluidos hidráulicos, erosión de ánodos y el uso

de pinturas antifouling podrían afectar a la calidad del agua. Asimismo, las embarcaciones de mantenimiento de las instalaciones pueden dar lugar al vertido puntual de hidrocarburos, aceites y otros objetos por lo que deberán tener un buen mantenimiento para minimizar derrames de hidrocarburos u otros químicos al mar.

En resumen, excepto en situaciones excepcionales de accidente, colisión o rotura, la afección de las estructuras sobre la calidad del agua puede considerarse como mínima y su minimización pasa únicamente por el desarrollo de un plan de contingencia frente a eventualidades como las anteriormente indicadas y una inspección visual del entorno para detectar posibles fugas y presencia de hidrocarburos en la superficie del agua.

Durante la fase de desmantelamiento los impactos sobre la calidad de las aguas serían similares a los descritos durante su instalación dependiendo de si se abandona o no alguna estructura en el fondo.

5.4 Afección a los sedimentos

Durante la fase de obras la afección a los sedimentos se asocia fundamentalmente a la resuspensión de los mismos durante la colocación de los fondeos, captadores fijos al fondo, cables submarinos, etc., siendo un impacto de marcado carácter temporal y de rápida recuperación.

Durante la fase de funcionamiento, los fondeos localizados arrastrados durante temporales especialmente fuertes pueden afectar a estructuras rocosas, hacer girar rocas y piedras, así como a los fondos sedimentarios de la zona de instalación si los hubiere.

Otro efecto derivado de la colocación de los fondeos consiste en la artificialización del sustrato. Por lo que respecta a los cables submarinos, algunos tramos de cable dinámico situados entre los captadores y el fondo marino podrían afectar a los sedimentos como un elemento de arrastre debido a su movimiento como consecuencia de la acción del oleaje. En cualquier caso, teniendo en cuenta la longitud de estos tramos en relación con el resto del trazado del cable es muy limitado, y por lo tanto este impacto se considera de efecto mínimo.

Durante la fase de desmantelamiento los impactos sobre los sedimentos son similares a los descritos durante su instalación.

5.5 Afección al bentos

Durante la instalación de las estructuras, la remoción de sedimento podría provocar un aumento de la turbidez en la zona (ENERGI y ELSAM, 2005). Dicho aumento de turbidez, además de afectar a las comunidades algales y coralinas como consecuencia de la disminución de la cantidad de luz que llega al fondo (en las estructuras que se vayan a colocar en profundidades de más de 50 m, no es esperable la presencia de grandes praderas de algas), afecta también a las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, ya que por ejemplo pueden llegar a saturar las estructuras tróficas de los animales filtradores.

En el caso de estructuras de gravedad, su colocación puede alterar el hábitat en un área de hasta 30 m de radio alrededor de la estructura (Michel *et al.*, 2007). Por lo que respecta al cable submarino, debido a su reducida área de afección (2-3 m alrededor del cable), el impacto directo de la instalación del cable en las comunidades del bentos se espera que no sea significativo en el caso de

que la distribución de las comunidades sea homogénea, en el contexto de un área más amplia. Sin embargo, estudios llevados a cabo por Birklund (2005) determinaron un impacto en el sedimento de 10 m de ancho a lo largo del trazado del cable submarino en el parque eólico de Nysted, y éste afectó de forma directa a determinadas especies de anguila que viven asociadas a sedimentos arenosos. En el caso en que la ruta del cable atravesase comunidades de distribución reducida o de especial valor y sensibilidad, el impacto puede ser significativo, haciéndose necesario evitar el paso del cableado por este tipo de zonas.

En relación con la posible afección del ruido durante las labores de instalación de determinadas estructuras (pilotes, cable submarino, etc.), Vella *et al.* (2001) señalan que pocos invertebrados poseen órganos sensoriales capaces de detectar el sonido. En general, se asume que los efectos del sonido sobre el comportamiento o la fisiología en invertebrados no es significativa a menos que se encuentren a pocos metros de fuentes sonoras importantes (Michel *et al.*, 2007).

Durante la fase de funcionamiento, en zonas sedimentarias, las estructuras ofrecen una superficie de sustrato duro artificial que puede favorecer la fijación de algas (la cantidad dependerá de la profundidad a la que queden los fondeos) y fauna sésil, especialmente esponjas, cnidarios, briozoos y poliquetos, generándose un nuevo hábitat. Este nuevo hábitat, reemplazaría al sustrato rocoso previamente existente si se construyera sobre dicho tipo de sustrato, o se crearía a costa de la eliminación de ambientes sedimentarios, caracterizados por comunidades bentónicas radicalmente diferentes. La alteración de la proporción de sustrato duro-blando en la zona de instalación del proyecto podría facilitar la recolonización de la zona sedimentaria por fauna y flora

que, en condiciones normales, es más habitual en sustrato duro.

En el caso de estructuras que requieran de obra civil, si las estructuras instaladas representan una barrera que divide en dos un hábitat relativamente homogéneo, los cambios en el régimen de corrientes al otro lado de la estructura, podrían llevar asociado un cambio en las comunidades bentónicas.

Los incrementos de biomasa pueden ser muy importantes, sin embargo, poco se conoce sobre el efecto de esta colonización sobre las comunidades a una escala espacial mayor a la del parque para la captación de la energía o la introducción de especies foráneas (Carney, 2005). Npower-Renewables (2005) observaron valores en torno a 1-1,3 t de biota asociada a las estructuras en un estudio realizado en el parque eólico offshore de North Hoyle (UK). Leonhard y Pedersen (2005, 2006) determinaron un rápido crecimiento del fouling en el parque eólico de Horns Rev en menos de un año, con una presencia de 16 especies vegetales y 65 de invertebrados.

Estudios llevados a cabo por Bisklund (2006b, a) en Nysted determinaron un aumento general de la materia orgánica en el fondo, mientras que la abundancia, riqueza, biomasa de las especies de invertebrados se mantuvo en niveles similares a los determinados en estaciones de referencia por lo que el citado autor estimó que el impacto de las estructuras sobre las comunidades del bentos no era significativo.

Sin embargo, otros estudios llevados a cabo en relación con plataformas petrolíferas y de gas coinciden en indicar una rápida colonización de las estructuras por comunidades que son muy diferentes de las existentes en el lugar (Gallaway y Lewbel, 1982; Dokken *et al.*,

2000; Carney, 2005; Continental Shelf Associates, 2005; Page *et al.*, 2005).

Asimismo, a este efecto hay que añadir la afección debida al posible efecto de arrastre de los fondeos y de los cabos, cables y cadenas asociados, que provocaría: por un lado, la eliminación de las comunidades bentónicas alrededor de los fondeos, en un radio variable en función de la holgura de los cabos y de la estabilidad de los fondeos; y, por otro, remoción del sedimento con la consiguiente disminución de transparencia e incremento de la turbidez en la zona cuyos condicionantes e impactos son similares a los comentados en la fase de obras.

De igual forma, durante la fase de funcionamiento, los cables submarinos de transporte de energía pueden generar campos electromagnéticos tanto en la columna de agua, como en los sedimentos adyacentes, pudiendo afectar a las comunidades del bentos asociadas. En cualquier caso, teniendo en cuenta lo localizado del área de afección y la movilidad de las especies potencialmente afectadas, es de esperar que este impacto no sea significativo. Así, estudios llevados a cabo por Andruliewicz *et al.* (2003) no detectaron impactos significativos sobre las comunidades del zoobentos un año después de la instalación de un cable submarino.

Los captadores que se instalen extraerán una cantidad de energía variable del sistema. En el caso de captadores de energía del oleaje, en la situación tecnológica actual, se consideran buenos rendimientos de alrededor del 10%. Estos niveles de captación pueden provocar una disminución de altura de ola estimada en torno al 3,0-3,5%, en régimen medio, en la zona de sombra (normalmente, en régimen extremal, los sistemas de aprovechamiento de energía del oleaje quedarían en *stand by*, por lo que la pérdida sería menor). Esta

disminución en la altura de ola, podría provocar un estrechamiento de la zona intermareal en caso de situarse en la zona de sombra de la infraestructura, al disminuir la altura a la que llegarían las olas y sus salpicaduras.

Además, la disminución de la energía del oleaje puede causar un impacto sobre algunas especies de interés. En este sentido, Borja *et al.* (2006a) determinaron una relación entre la energía del oleaje incidente y la biomasa de percebe en el biotopo protegido de San Juan de Gaztelugatxe. De acuerdo con dicha relación, la reducción de la energía incidente en un 0,3% en la zona del biotopo supondría una reducción de la biomasa de entre 0,015-0,021 kg·m⁻².

La retirada de las estructuras puede tener un efecto positivo al permitir la recuperación de las zonas ocupadas por los mismos y sus impactos durante las operaciones serían similares a los descritos para la fase de obras.

5.6 Afección a la ictiofauna

La instalación de los fondeos, prototipos fijos al fondo o asociados a la construcción de diques, muelles, cables submarinos, etc., puede dar lugar a la generación de ruidos y vibraciones que en general espantan a las comunidades de peces situadas en la zona. Según Gill (2005) sonidos de hasta 260 dB pueden originar daños en el sistema auditivo de algunas especies en un radio de acción de 100 m. Nedwell y Howell (2004) y Nedwell *et al.* (2003) llevaron a cabo el análisis del nivel de ruido a partir del cual determinadas especies de peces y mamíferos marinos presentan un comportamiento huidizo de la fuente de ruido o vibraciones, estableciendo la sensibilidad o capacidad de recepción de las especies en 90 dB.

Las molestias asociadas al ruido generado por el tráfico de barcos durante la fase de obras también puede tener su efecto sobre la ictiofauna al dar lugar a cambios en su comportamiento o patrones migratorios (Aguilar de Soto, 2005; Sarà *et al.*, 2007)

Los **tipos de afecciones** más comunes sobre la ictiofauna durante la fase de obras son los siguientes: (i) efectos físicos; (ii) stress y cambios fisiológicos; (iii) efectos en la capacidad auditiva; (iv) daños estructurales y celulares; (v) efectos visuales y desorientación; (vi) efectos en el comportamiento (Popper, 2003; Aguilar de Soto, 2005; Hastings y Popper, 2005; Popper *et al.*, 2005; Simmonds y MacLennan, 2005; Dong-Energy y Vattenfall-A/S, 2006; Gordon *et al.*, 2006; Halcrow_Group_Ltd, 2006; Dalen *et al.*, 2007; OSPAR-Commission, 2009; Bailey *et al.*, 2010; Dolman y Simmonds, 2010; Langhamer *et al.*, 2010).

Durante la fase de funcionamiento, en general, la colocación de cualquier artefacto en el mar puede dar lugar a un efecto atrayente para las comunidades de peces, especialmente si éste es flotante. Efectos similares han sido observados por Morrissey *et al.* (2006) en relación con estructuras flotantes para la acuicultura (p.ej., jaulas para peces, bateas de mejillón, etc.). Esta atracción puede favorecer cambios en la composición de especies propias del área de estudio y alterar la relación predador-presa (Boehlert, 2008). El aumento de la fauna epibionte en los pilotes de los aerogeneradores favorece la creación de un hábitat y la presencia de especies que pueden ser sustento alimenticio para la ictiofauna (Dong-Energy y Vattenfall-A/S, 2006). Un estudio llevado a cabo por Wilhelmsson *et al.* (2006) en el Báltico determinó una mayor abundancia de peces en el entorno de las turbinas, pero una riqueza y diversidad similar a zonas control.

Sin embargo, el ruido y las vibraciones generadas como consecuencia del funcionamiento de los dispositivos captadores podrían compensar este efecto atrayente.

Por otro lado, el cierre de una zona a la actividad pesquera puede tener un efecto beneficioso sobre determinadas especies que puedan ver favorecida su presencia al generar un efecto similar al de una reserva marina. No obstante, el plan de vigilancia ambiental llevado a cabo en los parques eólicos marinos de Horns Rev en 2004 y Nysted en 2001 demostró que el posible efecto de arrecife artificial detectado era insignificante (DEA, 2006). En cualquier caso, este posible efecto positivo deberá ser comprobado mediante el correspondiente seguimiento durante el periodo de vida de la infraestructura (Michel *et al.*, 2007).

Durante la fase de funcionamiento también pueden darse efectos asociados al campo electromagnético generado por los cables submarinos. De acuerdo con Gill *et al.* (2005) y Halcrow Group Ltd. (2006), los campos electromagnéticos asociados al cable tienen la capacidad de afectar fundamentalmente a elasmobranquios (tiburones y rayas) al alterar la sensibilidad de estas especies a los microcampos electromagnéticos generados por sus posibles presas y en consecuencia alterar su capacidad alimenticia. Estos autores también indican que en función de la intensidad del campo electromagnético estas especies se sentirán atraídas o repelidas al mismo. Así, cabe esperar dos posibles efectos: (i) puede llegar a verse interrumpida o alterado su comportamiento alimenticio en especies de elasmobranquios residentes en una zona por la que se ha llevado a cabo el tendido del cable; (ii) la atracción por parte del cable y la generación de agregaciones de forma artificial.

El estudio medioambiental realizado por Andruliewicz *et al.* (2003) sobre los posibles efectos generados por la instalación y funcionamiento de una línea de alta tensión en corriente continua entre Polonia y Suecia (aguas del mar Báltico) concluye que los peces migradores situados cerca del cable pueden verse alterados por el campo magnético creado por éste; alteración que deja de sentirse a una distancia igual o superior a 20 m.

5.7 Afección a los mamíferos marinos

Uno de los efectos más importantes derivado de la instalación y el funcionamiento de sistemas para el aprovechamiento energético marino se asocia al **aumento de los niveles de ruido**, especialmente aquel asociado a la fase de obras (Thomsen *et al.*, 2006; Brown y Simmonds, 2010). Tanto el ruido como las vibraciones pueden provocar un cambio en el comportamiento de los cetáceos (Dong-Energy y Vattenfall-A/S, 2006; Halcrow_Group_Ltd, 2006; Tasker *et al.*, 2010; 2011), e incluso un descenso en la disponibilidad del alimento, que provoca que los cetáceos emigren a otras áreas (Dong-Energy y Vattenfall-A/S, 2006).

De igual forma, la presencia de las embarcaciones en la zona también supondrá un factor generador de ruidos y molestias que puedan ahuyentar a mamíferos marinos residentes o que se encuentren de paso. De acuerdo con Nedwell y Howell (2004) algunas embarcaciones al estar provistas de grandes estructuras ahuyentan a los mamíferos marinos más que por el ruido, por la simple visión del barco. En otros casos, la reacción de los mamíferos puede consistir en un cambio en la dirección y velocidad de la natación y el tipo de vocalizaciones que producen (Richardson *et al.*, 1995).

En cualquier caso el conocimiento sobre el nivel de ruido generado por las energías renovables marinas no es muy abundante (Halcrow_Group_Ltd, 2006; Boehlert, 2008). A modo comparativo, en la Tabla 6 se muestra la intensidad del ruido generado por diversas fuentes, entre las cuales se ha incluido los parques eólicos marinos.

Tabla 6. Fuentes de ruido y su intensidad.
Tomado de Michel *et al.* (2007).

Fuente/actividad	dB
Umbral auditivo	0
Nivel de fondo en un ambiente rural	20-40
Habitación en silencio	35
Parque eólico a 350 m	35-45
Coche circulando a 64 km·h ⁻¹ a 100 m	55
Oficina	60
Camión a 50 km·h ⁻¹ a 100 m	65
Perforación neumática a 7m	95
Avión a reacción a 250 m	105
Umbral de daños auditivos	140

Otro posible impacto asociado al tráfico de barcos es el riesgo de colisión. Este factor es uno de los principales responsables de la mortalidad de las especies de ballenas pertenecientes a la familia *Balenidae* (ballenas francas y ballena de Groenlandia) en el atlántico norte de EE.UU. (NOAA National Marine Fisheries Service, 2006). Según Laist *et al.* (2001) existe una relación estrecha entre la intensidad del tráfico, la velocidad de los barcos y el número y magnitud de colisiones con mamíferos marinos.

Los cables amarrados y los asociados a toda la estructura podrían generar un “efecto barrera” por el cual los cetáceos no sean capaces de ver, provocando así enganches, laceraciones y choques. La “pared” de cables dependerá de la cantidad y espaciado entre cables así como de la distancia entre la estructura y el fondo del mar. Se recomienda un espaciado entre cables de entre 50 y 100 m. Por otro lado, hay que tener en cuenta que los cables tensados son menos peligrosos (generan menos enganches) que los dispuestos con holgura; y en función de la profundidad a la que estén situados, los cables verticales son menos peligrosos que los dispuestos horizontalmente (Boehlert, 2008).

Otra posible afección a mamíferos marinos durante la fase de funcionamiento deriva de la generación de campos electromagnéticos del cable. Boehlert *et al.* (2008), indican que durante la fase de funcionamiento los cables y el sistema de transmisión eléctrica generan una afección significativa sobre zifios y algunos rorcuales. En cualquier caso, el impacto de los campos electromagnéticos presenta en la actualidad grandes incertidumbres, siendo necesaria la necesidad de llevar a cabo nuevos estudios e investigaciones OWE (2008).

Por otra parte, la posible agregación de peces alrededor de las estructuras podría de forma indirecta favorecer asimismo la agregación de mamíferos marinos en el entorno de las estructuras en busca de alimento.

5.8 Afección a las tortugas marinas

Una afección importante para las tortugas es el aumento del ruido submarino en general y el derivado de las actividades asociadas a la fase de obra, funcionamiento y desmantelamiento, en particular. La capacidad auditiva de las tortugas está limitada a frecuencias bajas (< 1000Hz), con una máxima sensibilidad entre los 200 y

700 Hz (Ridgway *et al.*, 1969; Bartol *et al.*, 1999). Como respuesta a estímulos acústicos, las tortugas presentan reacciones de alarma como cambios en el patrón de nado, orientación y en la forma de sumergirse. Se estima que el aumento del ruido submarino puede tener efectos adversos en la salud de las tortugas, que a fecha de hoy son difíciles de cuantificar (Schwaab *et al.*, 1999).

5.9 Afección a la avifauna

Durante la fase de obras pueden producirse molestias asociadas a ruidos, vibraciones, tráfico de barcos, etc., que ahuyenten a comunidades de aves marinas. Tal y como ha sido señalado para la ictiofauna, para las aves marinas este efecto puede considerarse de carácter mínimo, negativo y recuperable una vez finalizan las labores de instalación. Se trata de especies con una gran capacidad para evitar las zonas de mayor afección. En cualquier caso, hay que tener en cuenta a la hora de valorar estos impactos si se da la presencia cercana de colonias de aves nidificantes en las que se incluya alguna especie de especial interés para su conservación, o si la ubicación intercepta rutas migratorias.

En el caso de estructuras fijas en la costa o ancladas al fondo hay que tener en cuenta también la posible destrucción del hábitat asociado, especialmente si se trata de una zona de alimentación y cría de aves marinas.

No se prevé un impacto significativo en la fase de funcionamiento salvo las posibles molestias ocasionadas por los ruidos, las vibraciones y la iluminación del sistema de balizamiento. Este efecto puede darse especialmente durante la época de nidificación si hubiere colonias de aves nidificantes cercanas a la infraestructura.

Por otro lado, el cierre de una zona a la actividad pesquera podría tener un efecto beneficioso sobre las aves marinas en caso de que tal cierre provocase una mayor abundancia de peces. Sin embargo, esto es difícil de evaluar.

En el caso particular de los parques eólicos marinos, el impacto de estos sobre las aves se debe principalmente a: (i) colisión con las palas en movimiento y (ii) aparición de cambios de comportamiento como consecuencia de la presencia de las estructuras. En el segundo caso, las aves marinas pueden evitar los parques eólicos bien modificando una vía migratoria, bien como consecuencia de la pérdida de su hábitat en donde habitualmente se alimentaban al ser ocupado por las instalaciones. En el caso de que se vean atraídas, dicha atracción puede ser oportunista al ganar un nuevo hábitat en el que posiblemente pueda haber más peces de los que alimentarse, o bien verse atraídos por un efecto de desorientación durante su migración y aumentar así el riesgo de colisión con las estructuras (Michel *et al.*, 2007).

Algunos ejemplos de cambios en el comportamiento o desplazamiento de las aves fueron observados en los parques eólicos marinos de Tuno Knob, Nysted, Horns Rev, Ytre Stengrund y Utgrunden en Kalmar Sound, North Hoyle, Blyth y Kentsih Flats (Guillemette *et al.*, 1998; National Wind Power, 2003; Pettersson, 2005; Dong-Energy y Vattenfall-A/S, 2006; DTI, 2006; Gill *et al.*, 2006).

De acuerdo con Fox *et al.* (2006), los parques eólicos de Tuno Knob, Nysted, Horns Rev y Kalmar Sound proporcionaron información válida para poder valorar el impacto de estas estructuras sobre la avifauna marina.

En el caso del parque de Tuno Knob, la presencia de especies como el eider común (*Somateria mollissima*) y el negrón común (*Melanitta nigra*) descendieron un 75 y 90% respectivamente. En cualquier caso, el estudio llevado a cabo por Guillemette *et al.* (1998) únicamente se realizó durante la época invernal, no tuvo en cuenta otras especies, el número de aerogeneradores era reducido (10) y los autores señalaron una posible relación de los resultados con un importante descenso de las poblaciones de mejillón, principal objetivo de estas especies, en el parque eólico como consecuencia de la variabilidad natural de esta especie de bivalvo.

Con el fin de complementar el trabajo de Guillemette *et al.* (1998), Tulp *et al.* (1999) llevaron a cabo un estudio sobre la actividad nocturna de las especies anteriormente indicadas, observando que dicha actividad era menor en el interior del parque eólico que en zonas adyacentes.

En el caso del parque de Nysted en Dinamarca, estudios llevados a cabo por Dong-Energy y Vattenfall-A/S (2006) determinaron un claro efecto de evitación del parque eólico por parte de la avifauna. El 91-92% de las aves que pasaban por la zona antes de la instalación, la evitaban durante la fase de funcionamiento dando lugar a una progresiva modificación de las rutas de migración, especialmente en la parte más externa del parque. Durante la noche, las aves modificaban su trayectoria a distancias de 500 m con respecto a los aerogeneradores, mientras que de día dicha distancia aumentaba a 1.500 m. Sólo el 9% de los grupos de aves detectados pasaba por el interior del parque, en comparación con el 24% antes de su construcción. En el caso de Horns Rev, dicho porcentaje fue de un 7%. En Kalmar Sound, un 15-30% de las aves migrantes modificó su ruta y cerca de un 1% atraviesa la zona de instalación del parque.

El gasto energético extra como consecuencia de estos cambios de comportamiento se consideró despreciable en Nysted (0,5-0,7 %) y Kalmar Sound (0,4 %).

Sin embargo estas modificaciones en el uso del espacio no son sinónimo de cambios poblacionales o impacto en la supervivencia a la vista de los datos de gasto energético.

Por otra parte, fenómenos de atracción también se observaron en Nysted, Horns Rev y North Hoyle (National Wind Power, 2003; Dong-Energy y Vattenfall-A/S, 2006). Las especies que presentaron dicho comportamiento fueron principalmente especies de tipo gregario tales como los cormoranes y aves pertenecientes a las familias Laridae y Sternidae.

5.10 Afección a la pesca

La afección a la pesca es similar en las tres fases del proyecto (instalación, funcionamiento y desmantelamiento) y deriva fundamentalmente de la competencia con la actividad pesquera por el mismo espacio en el mar.

Además, las instalaciones de energías renovables marinas precisan de áreas periféricas de seguridad de tamaño variable en función de la magnitud de la propia instalación y proyecto. En el caso de los captadores de energía del oleaje, estas áreas de seguridad son mayores que en el caso de otros tipos de aprovechamientos como el eólico, debido al peligro que entrañan para la navegación y la pesca los fondeos y cabos asociados, así como los propios captadores y el movimiento que realizan. Así, el proyecto Wave Hub (Halcrow_Group_Ltd, 2006) en Inglaterra y BIMEP en España (Bald *et al.*, 2008) determinó un área de 500m alrededor de las instalaciones como área de seguridad.

En el caso del proyecto Wave Hub el impacto sobre la pesca se consideró negativo y de carácter moderado (Halcrow_Group_Ltd, 2006), mientras que en el caso del proyecto BIMEP se valoró también como negativo pero de carácter severo (Bald *et al.*, 2008).

De igual forma, los cables submarinos asociados a la instalación pueden suponer un peligro para las artes de arrastre debido a la posibilidad de que estas se enganchen, especialmente en aquellas zonas en las que el cable no ha podido ser enterrado en el fondo. Este problema puede dar lugar al establecimiento de un área de seguridad también alrededor del trazado de los cables. Así, en el caso del estado de Oregón en USA, se ha desarrollado un acuerdo por el cual los pescadores se comprometen a realizar sus operaciones de arrastre según un procedimiento establecido para evitar el enganche con los cables¹⁵.

Por motivos evidentes de seguridad, durante la instalación de un cable submarino se acota un área alrededor de los barcos implicados en la instalación dentro de la cual se prohíbe el acceso a cualquier otra embarcación que no tenga relación con la obra en cuestión. Esto puede suponer una restricción al acceso a determinados caladeros durante periodos de tiempos más bien cortos y muy concretos. Durante estos periodos, los barcos que faenan en dicha zona se verán obligados a realizar su actividad en otras zonas. Teniendo en cuenta que estos efectos son de corta duración, el impacto asociado se considera mínimo. Un ejemplo de ello ha sido la instalación de dos cables de 7,5 km de distancia entre el North Hoyle Wind Farm en UK y la costa, la cual se llevó a cabo entre 4 y 5 días.

¹⁵ www.ofcc.com/procedures.htm

La evaluación de este impacto debería realizarse teniendo en cuenta el volumen de capturas, el número de barcos y tipología y el grado de uso del área de futura instalación. En el caso de la pesca deportiva, la información relativa a capturas es muy difícil de obtener ya que es habitual que no existan registros de datos al respecto.

Por todo ello es importante destacar la importancia de llevar a cabo una identificación previa de los posibles conflictos con otros usuarios del medio, involucrándolos de forma temprana en el desarrollo y planificación del proyecto. En este sentido, Galparsoro *et al.* (2008) desarrollaron una propuesta metodológica para la identificación de zonas idóneas para el establecimiento de tecnologías para el aprovechamiento energético de las olas teniendo en cuenta no sólo la disponibilidad del recurso, si no el posible conflicto con otros usos del medio también.

5.11 Afección al paisaje

La experiencia con los parques eólicos marinos en el norte de Europa ha demostrado que la modificación del paisaje es una de las principales objeciones para la implantación de este tipo de aprovechamientos de la energía del mar. Por ello, diversas organizaciones han desarrollado guías para la evaluación de este impacto en los correspondientes estudios de impacto (Hill *et al.*, 2001; University of Newcastle, 2002; DTI, 2005).

Estudios de opinión llevados a cabo en Estados Unidos y Europa claramente indican un apoyo del público en general al desarrollo de parques eólicos en tierra y mar adentro (Michel *et al.*, 2007). Un año después de la construcción del parque eólico de Horns Rev en Dinamarca la aceptación del proyecto fue aumentando al ver que el turismo no se vio afectado, que los impactos

visuales fueron menores a los inicialmente previstos y que la opinión de que se puede convivir con la existencia de un parque eólico se fue extendiendo (ELSAM Engineering A/S, 2005). En cambio Ladenburg *et al.* (2005) determinaron mediante encuestas, que el público en general estaba dispuesto a pagar más por la factura eléctrica a cambio de desplazar los parques eólicos de Nysted y Horns Rev hacia mar adentro.

La afección del paisaje durante la fase de obras se debe fundamentalmente a la presencia de las embarcaciones necesarias para realizar la instalación de las estructuras, maquinaria y equipamiento en tierra para las infraestructuras, etc.

Para evaluar la afección al paisaje marino durante la fase de obras, es necesario conocer el plan de instalación de las estructuras e identificar las acciones que puedan afectar a las unidades de paisaje, como son: la duración y periodo (época del año) de la fase de obras, localización de áreas de trabajo, dimensiones de las embarcaciones utilizadas, tránsito de personas, dimensiones de la estructura y distancia a costa de las operaciones.

Durante la fase de funcionamiento, el impacto sobre el paisaje deriva de la presencia de las estructuras e instalaciones accesorias (p.ej. balizamientos).

Para valorar el impacto paisajístico durante esta fase, es fundamental conocer los colores y las dimensiones de las infraestructuras, tanto flotantes, como fijas; además de la disposición espacial de dichas infraestructuras.

En relación con este impacto hay que destacar que la mayor parte de los captadores de la energía del oleaje se sitúan prácticamente al ras de la lámina de agua por lo que su impacto visual se espera sea mínimo. Una excepción son aquellos prototipos constituidos por

cuerpos boyantes múltiples situados en plataformas, los cuales pueden sobresalir alrededor de 13m sobre la superficie del mar o los parques eólicos marinos. Estudios llevados a cabo por Halcrow Group Ltd (2006) en relación con un dispositivo de captación de la energía del oleaje de estas características determinaron que a una distancia de 15 km el impacto sobre el paisaje es mínimo. En el caso de los parques eólicos marinos, de acuerdo con DTI (2005), existen estudios que, posteriormente a la implantación de un parque, han llevado a cabo un análisis de percepción del público sobre su presencia.

5.12 Afección a los recursos arqueológicos subacuáticos

La instalación de las estructuras puede dar lugar a una afección directa a los recursos arqueológicos subacuáticos como consecuencia de la acción mecánica de las anclas, muertos, pilares de sujeción, etc. Al ser un recurso no renovable, la afección al mismo es permanente y significativa. De forma indirecta, a través de un cambio en los patrones de sedimentación y transporte sedimentario, también se pueden dar impactos significativos sobre restos arqueológicos que pueden quedar al descubierto o ser enterrados.

La principal afección durante la fase de funcionamiento deriva del arrastre de los fondeos de artefactos flotantes durante fuertes temporales y el roce de los cables dinámicos y umbilicales sobre el fondo marino durante si se da el caso. Asimismo, las labores de conexión y reconexión propias del mantenimiento podrían dejar al descubierto y dañar restos arqueológicos no detectados.

5.13 Afección a la socio economía

Una vez seleccionada la zona como objetivo para la instalación, la actividad económica de su entorno y las características proyectadas para la instalación del sistema en su explotación industrial, sería necesario realizar un análisis del impacto socioeconómico, esto es: (i) efecto tractor sobre otras actividades; (ii) importancia estratégica para la economía de la región; (iii) rendimiento económico previsible; (iv) generación de puestos de trabajo directos e indirectos; (v) impacto positivo/negativo sobre otras actividades, tales como la navegación, el transporte marítimo o la actividad pesquera, como consecuencia de la competencia por el espacio; (vi) impacto social: niveles de aceptabilidad/rechazo en diferentes colectivos sociales, riesgos laborales asociados.

Así, la afección del proyecto a la socioeconomía podría ser similar en las tres fases del mismo (instalación, funcionamiento y desmantelamiento).

A una escala regional, el impulso económico del proyecto en la zona de instalación se puede resumir de la siguiente forma: (i) inversión monetaria muy significativa en la construcción de la infraestructura; (ii) generación de una actividad directa e indirecta; (iii) creación de un número de puestos de trabajo en empleo directo e indirecto; (iv) hostelería: permitiría crear negocios locales.

A modo comparativo, el impacto socioeconómico previsto para una infraestructura de demostración tecnológica como el Wave Hub en Inglaterra (www.wavehub.com) se estimó de la siguiente forma: (i) creación de 100 empleos directos; (ii) 730 M€ de negocio en los próximos 25 años de los cuales 430 corresponden a la región; (iii) generación de 1800 empleos indirectos

en el Reino Unido en un plazo de 25 años, de los cuales 1000 corresponden a la región; (iv) generación de energía para alimentar hasta 7500 hogares.

Por su parte el proyecto Biscay Marine Energy Platform (BIMEP)¹⁶ y similar al Wave Hub ofrece las siguientes cifras: (i) inversión aproximada de 15 M€ en la construcción de la infraestructura; (ii) generación de una actividad directa e indirecta de unos 5 M€ anuales; (iii) creación de un centro de investigación que contará con más de 25 investigadores permanentes y con capacidad para alojar a otras 15 personas provenientes de las empresas con equipos en pruebas y (iv) creación de 200 puestos de trabajo en empleo directo e indirecto en 4 años.

En referencia a los puestos creados por la eólica marina la EWEA estima en su informe “Wind in our Sails (2011)” que habrá 169.500 empleos en el año 2020 relacionados con el sector.

A nivel local la afección a la socioeconomía se produce de forma indirecta como consecuencia de la necesidad de subcontratación de personal y embarcaciones para la instalación, mantenimiento y desmantelamiento de las instalaciones. De igual forma, los pequeños talleres de reparación de embarcaciones y suministro de material náutico, buzos, remolcadores, etc. podrían ver incrementada su actividad.

Hay que destacar también que los equipos instalados inyectarán la energía generada a la red eléctrica dando por tanto suministro eléctrico a todo tipo de consumidores.

¹⁶ http://www.eve.es/energia_marina/index_cas.htm

6. Plan de Vigilancia Ambiental (PVA)

6.1 Introducción

Los proyectos que han de someterse a EIA (ver apartado 3.3 de esta guía) deben realizar un EsIA que, entre otra información, debe incluir una propuesta de Plan de Vigilancia Ambiental (PVA). El PVA debe entenderse como un documento técnico o un conjunto de criterios de carácter técnico que, en base a la predicción realizada sobre los efectos ambientales del proyecto, permitirá a la Administración realizar un seguimiento del cumplimiento de aquello que esté estipulado en la DIA y de otras alteraciones no previstas que pudieran surgir (Gómez Orea, 1992).

El PVA tiene función de contrato entre el Promotor y la Administración, obligando al primero a cumplir con lo acordado en el EsIA y haciéndole responsable de dicho cumplimiento. La Administración atenderá a los informes derivados de la ejecución del PVA.

El Promotor del proyecto debe incluir en el PVA un programa de seguimiento y vigilancia, los mecanismos de ejecución y la asignación de responsabilidades específicas que aseguren el cumplimiento de los compromisos adquiridos.

6.2 Objetivos del PVA

El PVA tiene como objetivo principal garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas protectoras y correctoras incluidas en el EsIA y en la DIA (Art. 11 del Real Decreto 1.131/1998).

Un PVA debe incluir los siguientes objetivos específicos:

- Comprobar la evaluación inicial de impactos previstos contrastándolos con los impactos verificados a través de indicadores ambientales.
- Constatar la posible aparición de impactos no previstos anteriormente o de difícil estimación durante la fase de proyecto.
- Controlar la aplicación de las medidas correctoras previstas en el EsIA y en la DIA, realizando un seguimiento y determinando los indicadores de impacto.
- Vigilar los impactos residuales
- Confirmar los valores de impacto mediante indicadores seleccionados
- Informar sobre la calidad y oportunidad de las medidas correctoras.

La necesidad de un PVA radica en la incertidumbre asociada a los análisis predictivos y a las relaciones entre las actividades y el medio, utilizados en el estudio de los impactos.

6.3 Estructura de un PVA

El PVA se estructura de acuerdo a las siguientes cuatro fases del Proyecto:

- Fase de replanteamiento

- Fase de obras (de instalación o construcción)
- Fase de funcionamiento (o de explotación)
- Fase de desmantelamiento (o retirada, ligada a la construcción)

El PVA, relativo a los sistemas de captación de energía marina, ejerce labores de control sobre los siguientes aspectos:

- Plan de Contención de la Contaminación Acústica y Atmosférica
- Plan de Estudio de Dinámica Sedimentaria y Dinámica Marina
- Plan de Protección de la Calidad de las Aguas
- Plan de Protección y Conservación de las Comunidades del Bentos
- Plan de Protección y Conservación de la Fauna Marina
- Plan de Protección, Restauración e Integración Paisajística y de Hábitats Marinos
- Plan de Protección y Conservación de Recursos Arqueológicos Subacuáticos
- Plan de Protección e Incentivos socio-económicos

Esta estructura se ajusta al método *Before After Control Impact* (BACI), utilizado con frecuencia en el seguimiento ambiental del impacto de proyectos.

En cada una de las cuatro fases anteriormente mencionadas, las acciones básicas del PVA son (Solaun *et al.*, 2003):

- Definir objetivos de forma que queden identificados los sistemas afectados, los tipos de impacto y los indicadores.
- Recogida y análisis de datos relevantes para el seguimiento.
- Interpretación de los datos por parte de expertos.
- Retroalimentación de resultados de forma que éstos sirvan para modificar aspectos iniciales.

6.4 Agentes implicados y sus funciones y competencias

Los principales agentes implicados en el seguimiento, vigilancia y control ambiental, y sus funciones, son los siguientes:

- Órgano Sustantivo: Seguimiento y vigilancia del cumplimiento de la DIA y comunicación del inicio y fin de obras al Órgano Ambiental.
- Órgano Ambiental: Recabar información relativa al seguimiento y vigilancia del cumplimiento de la DIA.

En el caso de los proyectos de captación de energías marinas, al encontrarse situados en el dominio público marítimo-terrestre (DPMT), las competencias recaen sobre la Administración General del Estado. Así, el Órgano Sustantivo corresponde a la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y el Órgano Ambiental, a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Medio Marino.

- Promotor y Director de Obra: Asignación del desarrollo del PVA a una Asesoría Ambiental, dirección y ejecución del PVA en las fases de Replanteamiento y Funcionamiento (Promotor), y en las fases de Instalación y Retirada (Director de Obra), notificación de la zona, momento y duración de cada acción de cara a que el Equipo Técnico Ambiental determine los puntos de inspección, y remisión de documentos al Órgano Ambiental.
- Asesoría Ambiental: Desarrollo del PVA, ejecución de las medidas correctoras y proporcionar al titular del Proyecto la información y medios para el cumplimiento del PVA.

La Asesoría Ambiental está compuesta por a) el Responsable del Programa Ambiental de Obra, que es el responsable técnico del PVA durante todas las fases del proyecto y el encargado de la remisión de informes al Director de Obra, y b) el Equipo Técnico Ambiental, que incluye técnicos especialistas en todos los aspectos sensibles del PVA (ej. oceanografía, geomorfología, sedimentología, ecología, biología, patrimonio marítimo submarino, socio-economía, etc.).

- Contratista del Proyecto (Empresa o UTE constructora).

La clave del éxito del PVA reside en la co-participación de toda la organización, lo que requiere de una adecuada coordinación por parte de Dirección. Además, para facilitar la comunicación entre las distintas partes, se recomienda la confección de una lista de contactos (nombre, puesto y contactos de cada uno de los miembros implicados).

6.5 Protocolos de actuación

El PVA debe ser único, específico a cada Proyecto y debe centrarse sólo en aquellos puntos que el EsIA determine como afectados o a ser afectados de manera notable (impacto severo). El modelo de PVA que se propone a continuación incluye aquellos aspectos que se consideran necesarios, pero no limita la inclusión de otros puntos que puedan surgir como consecuencia de la incertidumbre en el campo de la captación de energías marinas.

6.5.1 Fase de replanteamiento

El objetivo del PVA durante la Fase de Replanteamiento es garantizar la inclusión en el Proyecto de todas las medidas protectoras, correctoras y compensatorias diseñadas en el EsIA y en la DIA. Para obtener esta garantía, se procederá a una comprobación de la aplicación de dichas medidas, y ésta quedará plasmada en un Documento Inicial del PVA (Tabla 7).

Durante esta primera fase, se recomienda realizar una revisión del marco legislativo ambiental relativo a la obra y a los medios de ejecución a ser utilizados.

Tabla 7. Modelo o ejemplo a seguir para la elaboración del Documento Inicial del PVA.

PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL EN FASE DE REPLANTEAMIENTO	
Actividad: Instalación del cable submarino	
Objetivos	
Garantizar el cumplimiento del Plan de Protección y Conservación la fauna marina (aves, mamíferos y peces)	
Actuaciones	
Comprobar que está incorporado en el anteproyecto relativo a infraestructuras de parques eólicos marinos offshore	
Lugar de inspección	
Documentación del EsIA (apartado correspondiente a las "Medidas protectoras, correctoras o compensatorias")	
Periodicidad de la inspección	
Inspección única. Como fase previa a la construcción del proyecto deberá estar elaborado y aplicado este Anteproyecto relativo a infraestructuras de parques eólicos marinos offshore	
Parámetros de control y umbrales	
No se aplica	
Medidas de prevención y corrección	
a) Durante las labores de instalación los equipos encargados deberán contar con la presencia de un observador para detectar la presencia de mamíferos marinos en la zona, en cuyo caso se detendría la operación hasta comprobar el alejamiento de los mismos a una distancia mínima de 1 km b) Instalar equipos para la medición del ruido con el fin de controlar que éste no supere niveles de riesgo que puedan causar daños irreparables a mamíferos marinos que se observen en el entorno de actuación. ...	
Documentación	
Los resultados de la inspección se reflejarán en el Documento Inicial del PVA	

6.5.2 Fase de obras

Esta Fase cuenta con cuatro aspectos relevantes:

Visitas al campo: La programación de las visitas a la zona de obra se realizará conforme a la realización de los trabajos, teniendo como referencia el impacto de cada tarea y la duración de sus efectos. Estarán centradas en torno a aspectos críticos definidos, pero quedarán abiertas a imprevistos. Las visitas se concertarán entre el Contratista y la Asesoría Ambiental.

Durante las visitas al campo, la Asesoría Ambiental realizará un *control de buenas prácticas de obra* mediante la comprobación de los efectos de las distintas acciones, y un *control de los límites de ocupación* de la obra, asegurándose que las acciones no sobrepasan la ocupación prevista.

Parámetros de control: El Equipo Técnico Ambiental se encargará de realizar los estudios, muestreos y análisis de los factores ambientales pertinentes (incluidos en el

EsIA o potenciales), mediante indicadores que permitan medir los impactos.

Los indicadores deben ser limitados en número, sencillos de determinar y representativos, ya que el éxito depende, en gran medida, de la adecuada selección de indicadores (Solaun y Castro., 2005).

La posición del Director de Obra sobre el terreno le permite una capacidad de control que es muy importante en la vigilancia y prevención de impacto durante esta Fase.

Informes y asesoría ambiental: Al final de cada visita, se completará una tabla de registro (Tabla 8) y redactará un pequeño *informe de vista* con los aspectos más relevantes de la visita, recomendaciones y documentación fotográfica. Asimismo, los resultados que se obtengan de los muestreos serán incorporados a estos informes.

Anualmente se hará entrega de un *Documento Ordinario Anual del Programa de Vigilancia en Fase de Obras*. La información comprendida en este documento versará sobre la aplicación de medidas, análisis y valoración de la eficacia de las mismas, y propuestas de nuevas medidas, si éstas se estimaran oportunas.

Al final de la fase de obras, se hará entrega, como en los casos anteriores a la Dirección de la Obra, de un *informe final de la Fase de Obras*.

Además de estos tres tipos de informes, se comunicará y emitirán *informes extraordinarios*, en el caso de que se produzcan incidencias ambientales. Se consideran incidencias ambientales las afecciones no previstas o aspectos que necesiten una actuación inmediata tales como vertidos o derrames, funcionamiento defectuoso

Tabla 8. Tabla de registro de actuaciones de seguimiento y vigilancia que se llevarán a cabo durante la fase de obras.

Fecha	Actividad	Factor Ambiental	Indicador Ambiental	Límites de admisibilidad	Metodología (muestreo/análisis)						Medida correctora a la que hace referencia
					Momento de aplicación	Lugar o área de aplicación	Frecuencia	Duración	Valor de referencia	Fuente	

del equipo, accidentes o temporales, intrusión de maquinaria a zonas no previstas, u otras externalidades a la obra.

6.5.3 Fase de funcionamiento

Visitas al campo y muestreos: Durante la fase de funcionamiento se realizará el muestreo de los parámetros que se hayan determinado, restableciéndose el número de estaciones control, su ubicación y el número total de muestras a recoger.

Parámetros de control: Habiendo considerado los factores ambientales susceptibles de efecto notable, se realizarán actuaciones de seguimiento y vigilancia de los mismos mediante la medida, evaluación y análisis de los indicadores que se hayan estimado oportunos.

Informes y asesoría ambiental: Los resultados obtenidos en los muestreos serán incluidos en los *informes de vigilancia*, de periodicidad anual. El *informe final de la fase de funcionamiento* incluirá un resumen de todos los resultados obtenidos a lo largo de esta fase.

Además de estos informes, una vez al año, al menos durante dos años, deberá entregarse el *Documento*

Ordinario Anual del Programa de Vigilancia en Fase de Funcionamiento o Explotación, que al igual que en el documento equivalente para la Fase de Obras, deberá incluir información relativa a la aplicación de las medidas aprobadas, un análisis y valoración de su eficacia, y nuevas medidas correctas.

Existen también los informes específicos, que se realizarán bajo demanda expresa del Órgano Ambiental, respondiendo a una especificidad definida (ver apartado 6.5.2).

6.5.4 Fase de desmantelamiento o retirada

El objetivo del PVA durante la fase retirada es comprobar que los efectos provocados durante el desmantelamiento están acorde a lo previsto en el EsIA. Esta comprobación se realiza mediante el seguimiento de los parámetros ambientales afectados. Las actividades, parámetros de control, e informes son similares a los descritos en la fase de obras.

6.5.5 Cambios en la planificación e incumplimientos

La vigilancia ambiental de un Proyecto se guía por lo que se establece en el PVA y las modificaciones que se derivan de la DIA. Sin embargo, este guion debe adaptarse a imprevistos, tener la capacidad de reajustar el cronograma, y ser viable y de fácil aplicación, ya que de esto depende su éxito (IBERINSA, 2002).

La Asesoría Ambiental debe comunicar al Promotor cualquier incumplimiento que se produzca u omisión de criterios ambientales preestablecidos. El Responsable Ambiental de la Obra tiene la potestad de denunciarlo ante la autoridad correspondiente, pudiendo así el Órgano Sustantivo suspender la ejecución de un proyecto y/o sancionar al Promotor del Proyecto.

Se considera falta muy grave el inicio de la ejecución de un proyecto que deba someterse a EIA, sin haber obtenido su DIA. Son faltas graves la ocultación, falseamiento y manipulación de datos y el incumplimiento de las condiciones ambientales, de las órdenes de suspensión de la ejecución de un Proyecto o de la obligación, por parte de los Promotores, de controlar el Proyecto mediante el PVA.

6.6 Dificultades previstas y estrategias de solución

El PVA debe considerarse como un sistema vivo que se complementa, retroalimenta con los resultados y ajusta a las problemáticas que surjan en cada momento (Iglesias Merchán *et al.*, 2009). En este sentido, el desarrollo del PVA debe tener en cuenta dos aspectos importantes:

- La importancia de complementar el PVA antes de iniciar la obra (Documento refundido), integrando información no disponible durante la fase de replanteamiento.
- La necesidad de determinar los parámetros de control, los umbrales y límites que no deben sobrepasarse y las acciones a realizar en caso de que se superen dichos límites.

De las dificultades identificadas relativas al PVA, se destacan y se proponen soluciones a las siguientes:

- Ausencia de referencias bibliográficas relativas a la actividad: La Asesoría Ambiental deberá contar para la redacción del PVA con personal experimentado en obras marítimas (aunque no estén totalmente relacionada con la actividad a realizar) o considerar información procedente de otras experiencias (nacionales o internacionales). En el caso del aprovechamiento energético marino, Suecia, Holanda, Reino Unido, y Dinamarca tienen un amplio recorrido.
- Conflicto de intereses entre los distintos agentes implicados: Deberá aclararse el marco competencial al inicio del Proyecto. La competencia del

aprovechamiento energético del mar pertenece a la Administración General del Estado (Órgano Sustantivo y Órgano Ambiental), por situarse en DPMT. En el caso de que los proyectos afecten a aguas interiores, deberán considerarse las competencias de las comunidades autónomas correspondientes (CCAA), siendo el Órgano Ambiental la Consejería de Medio Ambiente de CCAA al caso.

- Intervención de intermediarios: La comunicación debe ser directa y fluida, teniendo que estar el Responsable de la Auditoría Ambiental informado en todo momento.
- Dificultades asociadas al emplazamiento del Proyecto: En aquellos casos en los que el equipo de la Asesoría Ambiental no pueda estar presente en el momento preciso de ejecución de obras (ej. difícil acceso a las obras derivado de las condiciones meteorológicas), de forma extraordinaria, se podrá delegar en un técnico de la obra la labor de rellenar el parte ambiental.

6.7 Registro y trazabilidad

El Equipo Técnico Ambiental tiene la función de realizar el registro y trazabilidad de las distintas acciones a lo largo de todas las fases del PVA. Este registro se lleva a cabo mediante la cumplimentación de una tabla similar a la Tabla 8 en la que se señalen además: (i) la ejecución o no en su debido momento de cada una de las acciones planteadas en la Tabla 7; (ii) nivel de cumplimiento de las acciones planteadas en la Tabla 7; (iii) persona o responsable de llevar a cabo dichas acciones y (iv) localización de la documentación derivada de dichas acciones.

7. Seguimiento

7.1 Objetivo

Tal y como se menciona en el apartado 6 de esta guía, el desarrollo y ejecución del PVA (seguimiento, vigilancia y control) requiere la:

- Identificación de los indicadores más relevantes
- Descripción de los equipos e instrumental necesario para el seguimiento de los indicadores elegidos
- Descripción de la metodología de muestreo e interpretación de los resultados obtenidos para cada indicador
- Descripción de las dificultades previstas en relación con cada indicador y las estrategias a seguir para solventar dichas dificultades

7.2 Indicadores ambientales para el seguimiento

No todos los descriptores ambientales del medio marino tienen porqué verse afectados por las actividades asociadas a proyectos orientados a la captación de energías marinas. Así mismo, no todos tienen la misma relevancia, valor informativo o coste económico.

A modo de guía, se proporciona el siguiente decálogo de cómo deben ser los descriptores de cara a su elección:

1. Baratos de analizar y adaptadas al problema objeto de estudio.

2. Que haya referencias históricas para un estudio de su evolución.
3. Comparables con niveles de referencia.
4. Condicionantes de la dinámica del sistema de estudio.
5. Cuantificables (que los valores sean precisos).
6. Rápidos de obtener.
7. Significado obvio.
8. No redundantes.
9. Comprensibles por personal no experto.
10. Manejables, reproducibles y sencillos.

Con éste decálogo lo que se pretende es encontrar las variables que permitan identificar los impactos, explicando la mayor varianza posible del sistema, en función del tiempo y del dinero disponible.

Según Bald et al. (2010), los principales impactos ambientales de los sistemas de captación de energías marinas están relacionados con: (i) la alteración del sustrato durante la instalación de los fondeos y cable submarino; (ii) ruidos y vibraciones generados durante la construcción y la explotación; (iii) el aumento del tráfico marítimo; (iv) la presencia física de las estructuras (captadores de energía, cabos, cables, etc); los campos electro-magnéticos generados por los cables; (v) la colisión accidental con las estructuras, enganches, etc.

En base a estos impactos, se considera que el programa de vigilancia debe centrar su seguimiento en los siguientes factores:

- Geología y geomorfología
- Hidrodinámica
- Ruido submarino
- Campos electromagnéticos
- Comunidades del bentos
- Ictiofauna
- Mamíferos marinos
- Tortugas marinas
- Avifauna
- Paisaje
- Patrimonio cultural submarino
- Socioeconomía

7.3 Metodologías de seguimiento

Los equipos e instrumentos así como las metodologías a utilizar en el seguimiento de los factores ambientales indicados en el apartado 7.2, son iguales a las utilizadas durante su caracterización para el desarrollo del Inventario Ambiental al inicio del Proyecto. Para más información sobre los equipos e instrumentos y las metodologías, se recomienda hacer referencia al apartado 4 de esta guía.

8. Referencias

- Abad, E., X. Valeiras, A. Serrano, F. Sánchez y S. García, 2008. Aves marinas en el Mar Cantábrico y Galicia: distribución espacial y efecto de descartes pesqueros y factores ambientales. Pages 53 *in* VI Congreso del Grupo Ibérico de Aves Marinas, Algeciras, Cádiz.
- Agamloh, E. B., A. K. Wallace y A. von Jouanne, 2008a. Application of fluid-structure interaction simulation of an ocean wave energy extraction device. *Renewable Energy*, **33** (4): 748-757.
- Agamloh, E. B., A. K. Wallace y A. von Jouanne, 2008b. A novel direct-drive ocean wave energy extraction concept with contact-less force transmission system. *Renewable Energy*, **33** (3): 520-529.
- Aguilar de Soto, N., 2005. Impacto del proyecto de cata y explotación de hidrocarburos en fondos profundos de Canarias. Universidad de La Laguna, La Laguna (Tenerife, España). pp.
- Allan, P. G. y R. J. Comrie, 2001. THE SELECTION OF APPROPRIATE BURIAL TOOLS AND BURIAL DEPTHS. *SubOptic*, 8.
- Andrzejewicz, E., D. Napierka y Z. Otremba, 2003. The environmental effects of the installation and functioning of the submarine SwePol Link HVDC transmission line: a case study of the Polish Marine Area of the Baltic Sea. *Journal of Sea Research. Proceedings of the 22nd Conference of the Baltic Oceanographers (CBO), Stockholm 2001*, **49** (4): 337-345.
- AWATEA, 2008. Environmental Impacts of Marine Energy Converters. Prepared by AWATEA (Aotearoa Wave and Tidal Energy Association) for the Energy Efficiency and Conservation Authority. 55 pp.
- Bailey, H., S. Bridget, S. Dave, J. Rusin, G. Picken y P. M. Thompson, 2010. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin*, **60** 888-897.
- Bald, J., 2010. Impacto ambiental de las energías renovables marinas: estado del arte. Proyecto CENIT-OCEAN LÍDER, líderes en Energías Renovables Oceánicas. Informe para PROES. 189 pp.
- Bald, J., A. Borja, A. Del Campo, J. Franco, I. Muxika, J. G. Rodríguez, O. Solaun, A. Uriarte y L. Zubiate, 2008. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Biscay Marine Energy Platform (bimep). Informe para el Ente Vasco de la Energía (EVE). AZTI-Tecnalia., Pasajes (Gipuzkoa). 364 pp.
- Bald, J., A. Del Campo, J. Franco, I. Galparsoro, M. González, P. Liria, I. Muxika, A. Rubio, O. SOLAUN, A. Uriarte, M. Comesaña, A. Cacabelos, R. Fernández, G. Méndez, D. Prada y L. Zubiate, 2010. Protocol to develop an environmental impact study of wave energy converters. *Revista de Investigación Marina*, **17** (5): 79.
- Bartol, S. M., J. A. Musick y M. L. Lenhardt, 1999. Auditory evoked potentials of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). *Copeia*, **3** 836-840.
- Benito, A., I. Galparsoro, M. Izaguirre y M. Abellán, 2009. Inventario de elementos de interés arqueológico subacuáticos de la Comunidad Autónoma Vasca. *Itsas Memoria. Revista de Estudios Marítimos del País Vasco, Untzi Museoa-Museo Naval*, **6** 83-112.
- Birklund, J., 2005. Marine Biological Surveys Along the Cable Trench in the Lagoon of Rødsand in October 2003 and October 2004. Draft report for Energi E2 A/S DHI, DanishHydraulic Institute. 49 + annexes pp.
- Birklund, J., 2006a. The Hard Bottom Communities on Foundations in Nysted Offshore Wind farm and Schonheiders Palle in 2005 and Development of the Communities in 2003-2005. ENERGI E2 A/S. 64 pp.
- Birklund, J., 2006b. Surveys of the Benthic Communities in Nysted Offshore Wind farm in 2005 and Changes in the Communities since 1999 and 2001. ENERGI E2 A/S. 50 pp.
- Boehlert, G., 2008. Ecological Effects of Wave Energy Development in the Pacific Northwest. Workshop Summary. Pages 174 *in* G. W. Boehlert, G. R. McMurray, C. E. Tortorici, editors. Ecological Effects of Wave Energy Development in the Pacific Northwest. A Scientific Workshop. U.S. Dept. Commerce, Newport, Oregon.

- Borja, A., J. Franco y I. Muxika, 2004. The biotic indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools. *Marine Pollution Bulletin*, **48** (3-4): 405-408.
- Borja, A., J. Franco y V. Pérez, 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, **40** (12): 1100-1114.
- Borja, A., P. Liria, I. Muxika y J. Bald, 2006a. Relationships between wave exposure and biomass of the goose barnacle (*Pollicipes pollicipes*, Gmelin, 1790) in the Gaztelugatxe Marine Reserve (Basque Country, northern Spain). *ICES Journal of Marine Science*, **63** (4): 626-636.
- Borja, A. y I. Muxika, 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*, **50** (7): 787-789.
- Borja, A., I. Muxika y J. Franco, 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*, **46** (7): 835-845.
- Borja, Á., I. Muxika y J. Franco, 2006b. Long-term recovery of soft-bottom benthos following urban and industrial sewage treatment in the Nervión estuary (southern Bay of Biscay). *Marine Ecology Progress Series*, **313** 43-55.
- Brown, V. C. y M. P. Simmonds, 2010. Marine Renewable Energy Developments: an update on current status in Europe and possible conservation implications for cetaceans. SC/62/E. IWC/SC/62/E7, International Whaling Commission. 24 pp.
- BSH, 2003a. Standard for Geotechnical Site and Route Surveys. Minimum Requirements for the Foundation of Offshore Wind Turbines and Power Cable Route Burial Assessments. BSH, Hamburg. 31 pp.
- BSH, 2003b. Standards for Environmental Impact Assessments of Offshore Wind Turbines in the Marine Environment. BSH. 51 pp.
- Canter, L. y B. Sadler, 1997. A tool kit for effective EIA practice - Review of methods and perspectives on their application. A supplementary Report of the International Study of the Effectiveness of the Environmental Assessment. 148 pp.
- Carney, R. S., 2005. Characterization of Algal-invertebrate Mats at Offshore Platforms and the Assessment of Methods for Artificial Substrate Studies: Final Report. U.S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS, New Orleans, LA. OCS Study MMS 2005038. 93 pp.
- CE, 2008. La lucha contra el cambio climático: La Unión Europea lidera el camino. Comisión Europea. 24 pp.
- Conesa, V., 2010. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Continental Shelf Associates, I., 2005. Survey of Invertebrate and Algal Communities on Offshore Oil and Gas Platforms in Southern California: Final Report. U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Pacific OCS Region, Camarillo, CA. OCS Study MMS 2005-070. 232 pp.
- Cooper, B. y F. Beiboer, 2002. Potencial effects of offshore wind developments on coastal processes. Report Submitted to Department of Trade and Industry, UK. Report No. ETSU W/35/00596/00/REP ETSU. 70 pp.
- Costanza, R., R. D'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, **387** 253-260.
- Dalen, J., E. Dragsund, A. Næss y O. Sand, 2007. Effects of seismic surveys on fish, fish catches and sea mammals. 2007-0512, DNV ENERGY, Høvik (Norway). 33 pp.
- DEA, 2006. Offshore Wind Farms and the Environment – Danish Experience from Horns Rev and Nysted. DEA (Danish Energy Authority). pp.
- Degraer, S., R. Brabant y B. Rumes, 2010. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. S. Degraer, R. Brabant. Royal Belgian Institute for Natural Sciences. Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine Ecosystem Management Section, Brussels (Belgium). 184 + annexes pp.
- Desholm, M., 2003. Thermal Animal Detection System (TADS). NERI, Denmark. 29 pp.
- Desholm, M., A. D. Fox, P. D. L. Beasley y J. Kahlert, 2006. Remote techniques for counting and estimating

the number of bird–wind turbine collisions at sea: a review. *Ibis*, **148** 76-89.

Desholm, M. y J. Kahlert, 2005. Avian collision risk at an offshore wind farm. *Biol. Lett.*, **1** 296-298.

DHI, 2006. Horns Rev 2 Offshore Wind Farm: Coastal Impact Assessment. Report prepared for ENERGI E2 A/S Project No. 53575. pp.

Dokken, Q. R., K. Withers, S. Childs y T. Riggs, 2000. Characterization and Comparison of Platform Reef Communities off the Texas Coast. Prepared for Texas Parks and Wildlife Department. Texas A&M University, Corpus Christi, TX. TAMU-CC-0007-CCS. 75 pp.

Dolman, S. y M. Simmonds, 2010. Towards best environmental practice for cetacean conservation in developing Scotland's marine renewable energy. *Marine Policy*, **34** (5): 1021-1027.

Dong-Energy y Vattenfall-A/S, 2006. Review Report 2005. The Danish Offshore Wind Farm Demonstration Project: Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farm Environmental impact assessment and monitoring. Report prepared by DONG Energy and Vattenfall A/S for: The Environmental Group of the Danish Offshore Wind Farm Demonstration Projects. 150 pp.

DTI, 2005. Guidance on the assessment of the impact of offshore wind farms: Seascape and visual impact report. November 2005. UK Department of Trade and Industry. 127 pp.

DTI, 2006. Aerial Surveys of Waterbirds in Strategic Windfarm Areas: 2004/05 Final Report. 176.

ELSAM Engineering A/S, 2005. Sociological Investigation of the Reception of Nysted Offshore Wind farm. Annual report 2004. ECON-Report no. 2005-044, Project no. 43250. 23 pp.

ENERGI y ELSAM, 2004. Review Raport 2004. The Danish offshore wind farm demonstration project: Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farm. Environmental Impact Assessment and monitoring. Report prepared by Energi E2 A/S and Elsam Engineering A/S for The Environmental Committee of the Danish Offshore Wind Farm Demonstration Projects. 135 pp.

ENERGI y ELSAM, 2005. Review Raport 2004. The Danish offshore wind farm demonstration project: Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farm. Environmental Impact Assessment and monitoring. Report prepared by Energi E2 A/S and Elsam Engineering A/S for The Environmental Committee of the Danish Offshore Wind Farm Demonstration Projects. 135 pp.

EWEA, 2012. The European offshore wind industry key 2011 trends and statistics. 23 pp.

Falnes, J., 2007. A review of wave-energy extraction. *Marine Structures*, **20** (4): 185-201.

Fox, A. D., M. Desholm, J. Kahlert, T. K. Christensen y I. K. Petersen, 2006. Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European marine offshore wind farms on birds. *Ibis*, **148** 129-144.

Galparsoro, I., P. Liria, I. LEGORBURU, Ruiz-Minguela, G. Pérez, J. Marqués, Y. Torre-Enciso y M. González, 2008. Atlas de energía del oleaje en la costa vasca.

La planificación espacial marina como herramienta en la selección de zonas adecuadas para la instalación de captadores". *Revista de Investigación Marina*, **8** 9.

Gallaway, B. y G. Lewbel, 1982. The Ecology of Petroleum Platforms in the Northwestern Gulf of Mexico: A Community Profile. U.S. Dept. of the Interior, Fish and Wildlife Service, Biological Services Program FWS/OBS-82/72, BLM Open File Report 82-03. 52 pp.

Gato, L. M. C. y A. F. O. Falcao, 2007. Wave energy utilization: a review and research work in Portugal. *in* 2ª Jornada Internacional sobre energía marina, Bilbao, 285 de enero de 2007.

Gauthreaux, S. A., J. W. Livingston y C. G. Belser, 2008. Detection and discrimination of fauna in the aerosphere using Doppler weather surveillance radar. *Integrative and Comparative Biology*, **48** 12-23.

Gill, A. B., 2005. Offshore renewable energy: ecological implications of generating electricity in the coastal zone. *Journal of Applied Ecology*, **42** (4): 605-615.

Gill, J. P., D. Sales y F. Beasley, 2006. Kentish Flats Offshore Wind Farm Monitoring Report. Environmentally Sustainable Systems, Ltd. 100 pp.

Gómez-Orea, D., 1992. Evaluación de impacto ambiental. Agrícola Española S.A., Madrid. 222.

Gómez Orea, D., 1992. Evaluación de Impacto Ambiental. Ed. Agrícola Española S.A., Madrid. 222.

- González, M., P. Liria, J. Amate, J. Domínguez y M. C. Uyarra, 2012. Proposal for classification of the potential of currents, tides and waves for its possible use of energy. *Revista de Investigación Marina*, **19** (4): 83-91.
- Gordon, J. C. D., D. Gillespie, J. R. Potter, A. Frantzis, M. P. Simmonds, R. Swift y D. Thompson, 2006. A Review of the Effects of Seismic Surveys on Marine Mammals. *Marine Technology Society Journal*, 16 - 34.
- Guillemette, M., J. K. Larsen y I. Clausager, 1998. Impact Assessment of an Off-shore Wind park on Sea Ducks. NERI Technical Report No. 227. Ministry of Environment and Energy - Denmark, National Environmental Research Institute. 63 pp.
- Halcrow_Group_Ltd, 2006. Wave Hub Environmental Statement. Halcrow_Group_Ltd. South_West_of_England_Regional_Development_Agency. 278 pp.
- Hastings, M. C. y A. N. Popper, 2005. Effects of Sound on Fish. Technical report for Jones and Stokes. No. 43A0139, Task Order 1, California Department of Transportation, Sacramento (USA). 82 pp.
- Herlotz, K., 2007. Oceanographic Results of Two Years Operation of the First Offshore Wind Research Platform in the German Bight - FINO1. Pages 5 in DEWI.
- Hill, M., J. Briggs, P. Minto, D. Bagnall, K. Foley y A. Williams, 2001. Guide to Best Practice in Seascape Assessment. Maritime Ireland/Wales INTERREG 1994 - 1999. Guide to Best Practice in Seascape Assessment (Countryside Council for Wales, Brady Shipman Martin and University College of Dublin, 2001).
- Hopkins, T. L., 1964. A survey of marine bottom samplers. *Progress In Oceanography*, **2** 213, 215-256.
- Huckerby, J., 2008. Environmental Impacts of Marine Energy Converters. Prepared by AWATEA (Aotearoa Wave and Tidal Energy Association) for the Energy Efficiency and Conservation Authority. 55 pp.
- Hüppop, O., J. Dierschke, K.-M. Exo, E. Friedrich y R. Hill, 2006. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis*, **148** 90-109.
- Hurlbert, S. H., 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, **52** 577-586.
- IBERINSA, 2002. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de mejora del acceso marítimo al puerto de Mutriku. Informe para la Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos del Gobierno Vasco. 2 tomos.
- ICES, 2011. Report of the Study Group on Environmental Impacts of Wave and Tidal Energy (SGWTE). ICES CM 2011/SSGHIE:07, 29-31 March 2011, Edinburg, United Kingdom. 86 pp.
- IDAE, 2011. Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020. 824 pp.
- Iglesias Merchán, C., V. Asenjo Díaz, P. Bianucci, J. Cuenca Lozano, F. J. Franco Sanabria, P. M. Herrera Calvo, S. Molina Cruzate, J. L. Santiago Fidalgo, L. Santos y Ganges y M. Serrada Redondo, 2009. Ecología del Paisaje y Seguimiento Ambiental: Feedback en Materia Ambiental. ECOPÁS (Ed), Madrid. 179.
- Ivanova, I. A., H. Bernhoff, O. Ågren y M. Leijon, 2005. Simulated generator for wave energy extraction in deep water. *Ocean Engineering*, **32** (14-15): 1664-1678.
- Ladenburg, J., A. Dubgaard, L. Martensen y J. Tranberg, 2005. Economic Valuation of the Visual Externalities of Off-Shore Wind farms. Report No. 179. Food and Resource Economic Institute. The Royal Veterinary and Agriculture University, Copenhagen. 185 pp.
- Laist, D. W., A. R. Knowlton, J. G. Mead, A. S. Collet y P. M., 2001. Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science*, **17** (1): 30-75.
- Langhamer, O., K. Haikonen y J. Sundberg, 2010. Wave power--Sustainable energy or environmentally costly? A review with special emphasis on linear wave energy converters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **14** (4): 1329-1335.
- Leonhard, S. B. y J. Pedersen, 2005. Hard Bottom Substrate Monitoring. Horns Rev Offshore Wind Farm. Annual Status Report 2004. ELSAM Engineering. 79 pp.
- Leonhard, S. B. y J. Pedersen, 2006. Benthic Communities at Horns Rev Before, During and After Construction of Horns Rev Offshore Wind farm. Final Report: Annual Report 2005 Vattenfall. 134 pp.

- Leujak, W. y R. F. G. Ormond, 2007. Comparative accuracy and efficiency of six coral community survey methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **351** (1-2): 168-187.
- Liechti, F. y B. Bruderer, 1995. Quantification of Nocturnal Bird Migration by Moonwatching: Comparison with radar and Infrared observations. *J. Field Ornithol*, **66** 457-468.
- Lucke, K., 2010. Potential effects of offshore wind farms on harbour porpoises - the auditory perspective. Pile driving in offshore wind farms: effects on harbour porpoises, mitigation measures and standards. *in* European Cetacean Society meeting, Stralsund.
- Lund, H. y B. V. Mathiesen, 2008. Energy system analysis of 100% renewable energy systems--The case of Denmark in years 2030 and 2050. *Energy, In Press, Corrected Proof* 8.
- Madsen, P. T., M. Wahlberg, J. Tougaard, K. Luck y T. P., 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series*, **309** 279-295.
- Marine Coastal Community Network, M., 2008. WAVES 14(1). Australian Government. 32.
- Martín, W. y A. Shapiro, 2007. Discrimination of Bird and Insect Radar Echoes in Clear Air Using High-Resolution Radars. *American Meteorological Society*, 16.
- Michel, J., H. Dunagan, C. Boring, E. Healy, W. Evans, J. M. Dean, A. McGillis y J. Hain, 2007. Worldwide Synthesis and Analysis of Existing Information Regarding Environmental Effects of Alternative Energy Uses on the Outer Continental Shelf. MMS OCS Report 2007-038. U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Herndon, VA. 254 pp.
- MITC, 2005. Plan de Energías Renovables 2005-2010. Informe Inédito Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 347 pp.
- MITC, 2011. Resumen del Plan de energías Renovables 2011-2020. Informe inédito Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 55 pp.
- MMA, 1996. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente., Madrid. 809.
- Morrisey, D. J., R. G. Cole, N. K. Davey, S. J. Handley, A. Bradley, S. N. Brown y A. L. Madarasz, 2006. Abundance and diversity of fish on mussel farms in New Zealand. *Aquaculture*, **252** (2-4): 277-288.
- Muxika, I., 2007. AMBI, una herramienta para la evaluación del estado de las comunidades bentónicas: modo de uso y aplicación a la Directiva Marco del Agua. Tesis Doctoral. Euskal Herriko Unibertsitatea/Universidad del País Vasco, Leioa. 230 pp.
- Muxika, I., Á. Borja y W. Bonne, 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. *Ecological Indicators*, **5** (1): 19-31.
- Muxika, I., L. Ibaibarriaga, J. I. Sáiz y Á. Borja, 2007. Minimal sampling requirements for a precise assessment of soft-bottom macrobenthic communities, using AMBI. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **349** (2): 323-333.
- National Wind Power, 2003. North Hoyle Offshore Wind Farm Baseline Monitoring Report: June 2003. National Wind Power Ltd.
- Nedwell, J. y D. Howell, 2004. A review of offshore windfarm related underwater noise sources. COWRIE Ltd. 57 pp.
- Nedwell, J., J. Langworthy y D. Howell, 2003. Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife; initial measurements of underwater noise during construction of offshore windfarms, and comparison with background noise. 544 R 0424, COWRIE Ltd. 68 pp.
- Nelson, P. A., D. Behrens, J. Castle, G. Crawford, R.N. Gaddam, S.C. Hackett, J. Largier, D.P. Lohse, K.L. Mills, P.T. Raimondi, M. Robart, W.J. Sydeman, S. A. Thompson y S. Woo, 2008. Developing wave energy in coastal California: potential socio-economic and environmental effects. *California Energy. Commission, PIER Energy-Related Environmental Research Program & California Ocean. Protection Council CEC-500-2008-083*.
- NOAA National Marine Fisheries Service, 2006. Review of the Status of the Right Whales in the North Atlantic and North Pacific Oceans. 68 pp.

- Npower-Renewables, 2005. North Hoyle Offshore Wind Farm: Annual FEPA Monitoring Report: June 2005. 10.
- O'Hara, J., 1980. Thermal influences on the swimming speed of Loggerhead Turtle hatchlings. *Copeia*, **1980** 773-780.
- OSPAR-Commission, 2009. Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. Biodiversity Series. 441/2009, OSPAR, London (UK). 134 pp.
- OWE, 2008. Expert guides. Environment. <http://www.offshorewindenergy.org/>
- Page, H., J. Dugan y J. Bram, 2005. Spatial and Temporal Variability in Early Successional Patterns of an Invertebrate Assemblage at an Offshore Oil Platform. U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service, Pacific OCS Region, MMS OCS Study 2005-003. 39 pp.
- Panicker, N. N., 1976. Power Resource Potential of Ocean Surface Waves. Pages 1-48 in *Proceedings of Wave and Salinity Gradient Workshop*, Newark, Delaware, USA.
- Patricio, S., A. Moura y T. Simas, 2009. Wave Energy and Underwater Noise: State of Art and Uncertainties. Oceans'09, Bremen, Germany.
- Pelc, R. y R. M. Fujita, 2002. Renewable energy from the ocean. *Marine Policy*, **26** (6): 471-479.
- Pettersson, J., 2005. The Impact of Offshore Wind Farms on Bird Life in Southern Kalmar Sound, Sweden: A Final Report Based on Studies 1999-2003. ISBN 91-631-6878-2. 128 pp.
- Popper, A. N., 2003. Effects of Anthropogenic Sounds on Fishes. *Fisheries*, **28** (10).
- Popper, A. N., M. E. Smith, P. Cott, B. Hanna, A. MacGillivray, M. Austin y D. Mann, 2005. Effects of exposure to seismic airgun use on hearing of three fish species. *Journal of the Acoustical Society of America*, **117** (6): 3958-3971.
- Pousa, J. L., W. C. Dragani, C. A. Mazio y N. W. Lanfredi, 1995. La energía oceánica en el Atlántico sudoccidental posibilidades e impacto ambiental. *Thalassas*, **11** 59-72.
- Richardson, W. J., C. R. Greene, C. I. Malme y D. H. Thomson, 1995. *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, San Diego, CA. 576.
- Ridgway, S. H., E. G. WEVER, J. G. McCORMICK, J. PALIN y J. H. ANDERSON, 1969. Hearing in the giant sea turtle, *Chelonia mydas*. *Physiology*, **64** 884-890.
- Robinson, M. y W. Musial, 2006. Offshore Wind Technology Overview. National Wind Technology Center. National Renewable Energy Laboratory. U.S. Department of Energy. NREL/PR-500-40462. <http://www.nrel.gov/docs/gen/fy07/40462.pdf>
- Sánchez, A., A. Bermejo, A. Carricondo, B. M. , A.I., D. Howell, D. Palomino, J. Bécares, J. C. Atienza, J. C. del Moral, O. Infante, P. Arcos, R. González y V. Escandell, 2010. Estado de conservación de las aves en España en 2010. SEO/BirdLife. SeoBirdLife, Madrid, España. 60 pp.
- Sarà, G., J. M. Dean, D. D'Amato, G. Buscaino, A. Oliveri, S. Genovese, S. Ferro, G. Buffa, M. Lo Martire y S. Mazzola, 2007. Effect of boat noise on the behaviour of bluefin tuna *Thunnus thynnus* in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **331** 243-253.
- Schwaab, E., B. Tuggle, L. Fueyo Mac Donal y H. Guerra Cazares, 1999. Plan Binacional para la Recuperación de la Tortuga Lora (*Lepidochelys kempii*).
- SEO/BirdLife, 2009. Informe de síntesis del Proyecto LIFE-Naturaleza Áreas Importantes para las Aves (IBA) marinas en España. LIFE04NAT/ES/000049, Madrid. 20 pp.
- Shannon, C. E. y W. Weaver, 1963. The mathematical theory of communication. Urbana University Press, Illinois. 117-127.
- Simmonds, J. y D. MacLennan, 2005. *Fisheries Acoustic. Theory and Practice*. Blackwell. 437.
- Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, **163** 688.
- Smith, E. P., D. R. Orvos y J. Cairns, 1993. Impact assessment using the before-after-control-impact (BACI) model: concerns and comments. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, **50** 627-637.
- Solaun, O., J. Bald y A. Borja, 2003. Protocolo para la realización de los estudios de impacto ambiental en el medio marino. AZTI, Instituto Tecnológico y Pesquero (Ed). Bilbao. 79.

- Solaun, O. y R. Castro., 2005. Asesoría ambiental durante la ejecución de la obra de mejora del acceso marítimo al puerto de Mutriku. Informe para Dirección de Puertos y Asuntos Marítimos, Dpto. Transportes y Obras Publicas, Eusko Jaurlaritza - Gobierno Vasco. 34 pp.
- Southall, B. L. y A. Scholik-Schlomer, 2007. Final report of the NOAA International Conference: "Potential Application of Vessel-Quieting Technology on Large Commercial Vessels". National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Silver Spring, MD, U.S.A. 47 pp.
- Tasker, M. L., M. Amundin, M. Andre, A. Hawkins, B. Lang, T. Merck, A. Scholik, J. T. Schlomer y F. Thomsen, 2011. The Main Report of Task Group 11 for the Marine Strategy Framework Directive's descriptor No.11. Indicators for good environmental status for underwater noise and other forms of energy. Draft 11 January 2010. 39 pp.
- Tasker, M. L., M. Amundin, M. Andre, A. Hawkins, W. Lang, T. Merck, A. Scholik-Schlomer, J. Teilmann, F. Thomsen, S. Werner y M. Zakharia, 2010. Marine Strategy Framework Directive – Task Group 11 Report Underwater noise and other forms of energy. N. Zampoukas. Prepared under the Administrative Arrangement between JRC and DG ENV (no 31210 – 2009/2010), Joint Research Centre, Luxembourg. 64 pp.
- The-Engineering-Business-Ltd., 2005. Stingray Tidal Stream Energy Device – Phase 3. DTI Technology Programme URN 05/864. 130 pp.
- Thomsen, F., K. Lüdemann, R. Kafemann y W. Piper, 2006. Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. COWRIE Ltd., Hamburg, Germany. 62 pp.
- Thorpe, T. W., 1999. An Overview of Wave Energy Technologies: Status, Performance and Costs, Wave Power - Moving Towards Commercial Viability. Pages 16 *in* IMECHE Seminar, London, UK.
- Tougaard, J., J. Carstensen, J. Teilmann, H. Skov y P. Rasmussen, 2009. Pile driving zone of responsiveness extends beyond 20 km for harbour porpoises (*Phocoena phocoena*, (L.)). *J.Acoust.Soc.Am.*, **126** 11-14.
- Tseng, R.-S., R.-H. Wu y C.-C. Huang, 2000. Model study of a shoreline wave-power system. *Ocean Engineering*, **27** (8): 801-821.
- Tulp, I., H. Schekkerman, J. K. Larsen, J. Van der Winden, R. J. W. Van de Haterd, P. Van Horssen, S. Dirksen y A. L. Spaans, 1999. Nocturnal Flight Activity of Sea Ducks Near the Windfarm Tunø Knob in the Kattegat., Novem, Utrecht, The Netherlands. 70 pp.
- University of Newcastle, 2002. Visual Assessment of Wind farms: Best Practice. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. F01AA303A Scottish Natural Heritage. 79 pp.
- Valério, D., P. Beirão y J. Sá da Costa, 2007. Optimisation of wave energy extraction with the Archimedes Wave Swing. *Ocean Engineering*, **34** (17-18): 2330-2344.
- Vantorre, M., R. Banasiak y R. Verhoeven, 2004. Modelling of hydraulic performance and wave energy extraction by a point absorber in heave. *Applied Ocean Research*, **26** (1-2): 61-72.
- Vella, G., I. Rushforth, E. Mason, A. Hough, R. England, P. Styles, T. Holt y P. Thorne, 2001. Assessment of the effects of noise and vibration offshore windfarms on marine wildlife. ETSUW/13/00566/REP. 107 pp.
- Wavenet, 2003. Final report of the European Thematic Network on Wave Energy. www.waveenergy.net
- WEC, 2007a. Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050. 87 pp.
- WEC, 2007b. Survey of Energy Resources. 600 pp.
- Wilhelmsson, D., T. Malm y M. C. Ohman, 2006. The influence of offshore windpower on demersal fish. *ICES Journal of Marine Science*, **63** (5): 775-784.
- Wilhm, J. L., 1968. Use of biomass units in Shannon's formule. *Ecology*, **49** (1): 153-156.

9. Anexo I: fichas resumen

DINÁMICA MARINA	
Impactos (apartado 5.2)	En términos generales, las estructuras sumergidas y flotantes (en menor medida) pueden afectar a las corrientes oceánicas y de marea, al oleaje y a la dinámica sedimentaria. El impacto sobre las corrientes oceánicas y las corrientes de marea se da cuando los diferentes elementos de la instalación son capaces de provocar cambios significativos en la velocidad o dirección del flujo
Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.2 Metodología	Los modelos numéricos constituyen una buena alternativa para el análisis de los impactos de este tipo de estructuras. Estos modelos deben de tener en cuenta la variabilidad de las dinámicas implicadas y el efecto de los captadores sobre el medio y, en la medida de lo posible, debieran de proporcionar resultados de aplicación sobre los elementos sensibles detectados en el EsIA tanto en las fases de instalación, operación como la de desmantelamiento. Corrientes y mareas: - Las corrientes marinas tienen una fuerte variabilidad espacial (en planta y en vertical) y temporal. Se recomienda el empleo de instrumentos perfiladores de corrientes y un análisis de las necesidades de datos dentro y fuera de la zona directamente ocupada por los captadores de energía (al menos un equipo en la zona de captación y otro fuera de ella). - En el diseño de la red instrumental de observación debe de emplearse el conocimiento de los regímenes de corrientes anuales y estacionales obtenidos midiendo el estado cero del sistema. - Las frecuencias de muestreo de corrientes no deben de ser superiores a 30 minutos y se recomienda disponer de medidas simultáneas de corriente y nivel del mar. - La información registrada debe de ser analizada de forma estacional, interanualmente (al inicio) y anualmente con el paso del tiempo. Esta información debe de ser complementada con la información meteorológica y, si la hubiere, con la oceanográfica de redes de medida de mayor escala (p.ej. red de Puertos del Estado). Oleaje: - En el diseño de los sistemas de medida de oleaje se sugiere analizar siempre la viabilidad de emplear instrumental y sistemas iguales o similares a los de las redes de medida de mayor escala (autonómica, estatal o internacional). - La configuración recomendada en el muestreo es de frecuencias entre 1 y 4 Hz, una longitud de los registros de entre 20 y 40 minutos, e intervalos de 1 a 3 horas. Dinámica sedimentaria: - La dinámica sedimentaria tiene una gran importancia como posible impacto, tanto desde el punto de vista de la tramitación como por ser a priori uno de los elementos clave para las estrategias de seguimiento, por lo cual se considera conveniente que sea uno de los aspectos claves en los estudios a realizar. - Se considera necesario, al menos anualmente, un levantamiento batimétrico de detalle, complementado con toma de muestras de sedimento en la zona de captación y las inmediaciones de las estructuras. En el caso de elementos intermareales o emergidos, en los que sean de aplicación técnicas de topografía o de videomonitorización, debiera de considerarse la realización de trabajos con periodicidad estacional.

DINÁMICA MARINA

Equipos

- Plataformas de medida en mar abierto tipo.
- Correntímetros.

Recomendaciones

- Aprovechar el conocimiento y recursos disponibles, más o menos cercanos, más o menos recientes o equiparables por similitud con estas explotaciones.
- La especialización en equipos, personal de trabajo de campo y de procesado de datos.
- El empleo de soluciones sencillas, robustas y eficaces en el instrumental.
- Modelos numéricos de simulación con el nivel de complejidad adecuado a lo que se desea analizar y con el mayor número (o cerca) de hipótesis simplificativas admisibles.
- Una visión a largo plazo en la que quepa la experimentación de nuevos sistemas, la formación del personal, el análisis periódico de los resultados y su difusión.

Limitaciones

Las dificultades a afrontar se deben en su mayor parte a lagunas de conocimiento de las escalas de variación natural de los procesos, déficit de instrumentación, carencias de las redes de medida y de las metodologías para el análisis de los datos, siendo en menor medida debidas a las características intrínsecas del aprovechamiento energético.

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA				
Impactos (apartado 5.4)		Se asocian a la resuspensión de sedimentos, generación de procesos de erosión y artificialización del sustrato al incorporar estructuras como los fondeos y cimentaciones.		
Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.2	Metodología	- Recopilación de información previa. - Coordinación con los responsables de planificación de obra (parte de la información geológica es necesaria para la ejecución de obra por lo que conviene confirmar este aspecto con el objeto de no duplicar información). - Coordinación con los responsables de otras caracterizaciones (parte de la información geológica es de elevada utilidad para la caracterización de otros componentes). - Muestreo: los métodos para realizar la caracterización de los descriptores geológicos y geomorfológicos incluyen la toma de muestras (dragas de muestreo superficial y corers de sedimento subsuperficial) y las mediciones <i>in-situ</i> (campañas batimétricas, sonar de barrido lateral y sísmica).		
	Equipos	- Sonda multihaz para campaña batimétrica de alta resolución. - Sonar de barrido lateral. - Sísmica. - Dragas de muestreo superficial.		
	Recomendaciones	- Disponer de una planificación de las campañas de captura de datos/toma de muestras a largo plazo (anticipación), - Disponer de una coordinación elevada entre los equipos de muestreo y planificación. - Concretar las limitaciones de las técnicas a utilizar con los equipos de muestreo.		
	Limitaciones	- De forma generalizada, son técnicas cuyo uso en el medio marino está limitado a condiciones climatológicas adecuadas. - No disponibilidad de especialistas ni equipos para la realización de campañas de muestreo y adquisición de datos y su interpretación en algunas regiones/países.		

COMUNIDADES DEL BENTOS

Impactos (apartado 5.5)

Impactos asociados a la presencia de estructuras: artificialización del medio, cambios en el hábitat, resuspensión de sedimentos, campos electromagnéticos, etc.

Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.3	Metodología	- Sustrato rocoso: - Aguas someras: raspado de superficies. Con los datos obtenidos de los recuentos, se pueden calcular los principales parámetros estructurales de la comunidad, como son la abundancia total, la abundancia específica, la riqueza específica y la diversidad específica mediante el índice de Shannon (Shannon y Weaver, 1963), estimados a partir de datos numéricos y de biomasa (Wilhm, 1968). También se calcularán la diversidad máxima y la equitabilidad tanto para los datos de densidad como de biomasa. También se podrán estimar otros índices de diversidad y/o dominancia (p.ej. el índice de Simpson (1949), índices de rarefacción (Hurlbert, 1971), etc.). - Aguas profundas: imagen submarina mediante ROVs. A partir de las imágenes capturadas, se puede realizar una identificación de visu de las especies presentes y, por medio de un programa de tratamiento de imágenes, se pueden estimar las abundancias y/o coberturas (Leujak y Ormond, 2007): muestreo por puntos sobre fotografías (<i>point-sampling</i>), cálculo de coberturas sobre fotografías, transectos línea-punto sobre tomas de video o mosaicos contruidos a partir de fotografías (<i>line-point transect</i>), transectos con líneas que interceptan (<i>line-intercept transect</i>), etc. - Sustrato blando: toma de muestras mediante dragas. A partir de los datos obtenidos, se podrán calcular los mismos parámetros estructurales e índices descritos para las muestras de sustrato rocoso: abundancia, biomasa y riqueza; índices de diversidad, dominancia y rarefacción (Simpson, 1949; Shannon y Weaver, 1963; Wilhm, 1968; Hurlbert, 1971), equitabilidades, etc. Existen además índices bióticos que tienen en cuenta las diferencias de requerimientos ecológicos que presentan los organismos bentónicos, y permiten establecer la “salud” de las comunidades bentónicas (Borja <i>et al.</i>, 2000; Borja <i>et al.</i>, 2003; Borja <i>et al.</i>, 2004; Borja y Muxika, 2005; Muxika <i>et al.</i>, 2005; Borja <i>et al.</i>, 2006b; Muxika, 2007; Muxika <i>et al.</i>, 2007).
	Equipos	- Dragas de roca como las descritas por Hopkins (1964). - Dragas de muestreo superficial. - Sistemas de muestreo remotos basados en el uso de fotografía y/o video submarinos mediante cámaras acopladas a carcasas que los protejan de posibles golpes o en vehículos dirigidos por control remoto (ROVs).
	Recomendaciones	- Muestreos en época estival. - Disponer de una buena cartografía del fondo, lo cual permitiría localizar los puntos de muestreo en zonas en las que se encuentren fondos homogéneos. - Disponer de taxónomos especialistas. - Buena resolución de las imágenes tomadas por equipos de imagen submarina.
	Limitaciones	- Disponer de ventanas temporales de condiciones océano-meteorológicas. - Riesgo de pérdida de equipos. - Variabilidad espacial y temporal de las comunidades bentónicas. - Dificultad de la evaluación del estado de las comunidades bentónicas.

ICTIOFAUNA	
Impactos (apartado 5.6)	Uno de los efectos más importantes derivado de la instalación y el funcionamiento de sistemas para el aprovechamiento energético marino se asocia al aumento de los niveles de ruido y vibraciones que pueden provocar cambios en los patrones de comportamiento y migración de los peces.
Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.3	Metodología Detección acústica mediante técnicas de acústica activa: • Emisión y recepción de pulsos de sonido por ecosondas científicas una vez que estos pulsos interaccionan con blancos en la columna de agua. • Ecosonda posee un receptor dividido en cuatro cuadrantes que reciben la señal de retorno independientemente. • Interpretación de los datos a partir de las diferencias de fase en las ondas de sonido recibidas en cada cuadrante, específicas de cada blanco. • Registro de los niveles de ruido. • Composición de especies. • Abundancia (número de individuos de cada especie). • Densidad (número de individuos por área). • Distribución espacial y temporal. • Selección de un área de referencia.
	Equipos • <u>Ecosonda acoplada a barco científico</u> ecosonda científica <i>split beam</i> (o de haz partido) con frecuencia más común de 38 kHz; tratamiento de datos mediante un software ; identificación de especies mediante técnicas de captura (el arte varía en función de las necesidades). • <u>Ecosondas acopladas a boyas satélite</u> (frecuencia 150 kHz* y alcance de hasta 130 m de profundidad); datos enviados mediante un sónar vía satélite; información recibida memorizada en formato Access o SQL sobre la posición, el movimiento, el estado de la batería o el rumbo; volumen de pescado calculado a partir un multiplicador de densidad para cada especie.
	Recomendaciones • Conocer el inventario de especies más comunes que habitualmente se distribuyen en el área del futuro, para facilitar la identificación <i>a posteriori</i>. • Conocer el estado de conservación de dichas especies (especie en peligro de extinción, vulnerable, etc.), incidiendo sobre aquellas especies incluidas en algún listado autonómico, estatal, europeo e internacional p.ej. Anexo II de la Directiva Hábitats y <i>Real Decreto 139/2011</i>.
	Limitaciones • Conocimiento deficiente de las capacidades auditivas de peces teleósteos y de elasmobranquios. • Proveedores de los equipos necesarios no son abundantes y el precio de dichos equipos suele ser elevado. • Incógnitas relativas al conocimiento biológico de las especies. • Limitaciones de almacenamiento. • Alimentación eléctrica: consumo energético de los sistemas de medición.

MAMÍFEROS MARINOS

Impactos (apartado 5.7)	Uno de los efectos más importantes derivado de la instalación y el funcionamiento de sistemas para el aprovechamiento energético marino se asocia al aumento de los niveles de ruido y vibraciones , especialmente aquel asociado a la fase de obras, de las cuales pueden provocar un cambio en el comportamiento de los cetáceos, e incluso un descenso en la disponibilidad del alimento que provoca que los cetáceos emigren a otras áreas.
--------------------------------	--

Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.3.2	Metodología	Detección acústica mediante técnicas de acústica pasiva: • Detección de eventos acústicos por hidrófonos instalados en sonoboyas y recepción de datos en tierra a tiempo real vía Wimax, Wifi, Radio VHF, o satélite. • Activación de sistemas de alarma (presencia de cetáceos, barcos, etc.) y clasificación de eventos acústicos. • Registro de los niveles de ruido. • Composición de especies. • Abundancia (número de individuos de cada especie). • Densidad (número de individuos por área). • Distribución espacial y temporal. • Selección de un área de referencia.
	Equipos	• <u>Equipo de mar:</u> Sonoboya [capacidad de carga para equipos electrónicos+ Flotador fabricado en plástico con cubierta de fibra pulida+ Sujeción inox para compartimentos estanco externos +Línea de lastre/fondeo+ Alimentación solar + Sistema de transmisión de datos (telemetría) (radio VHF, satélite, wifi, wimax) + Hidrófono (digitales SMID: 1 Hz - 80 kHz, sensibilidad: -203 dB re 1 V/uPa) +Amplificador +Dispositivo de almacenamiento de datos +Data loggers (registrador de datos)]. • <u>Equipo de tierra:</u> servidores de almacenamiento, análisis y transmisión de datos online; tratamiento de datos mediante un software p.ej. Signal (de Engineering Design), Raven (el anterior Canary (de Cornell University), SASLab Pro (de Avisoft Bioacoustics), Adobe Audition (de Cool Edit), MATLAB (de MathWorks, Inc.).
	Recomendaciones	• Conocer el inventario de especies más comunes que habitualmente se distribuyen en el área, para facilitar la identificación <i>a posteriori</i>. • Conocer el estado de conservación de dichas especies (especie en peligro de extinción, vulnerable...), incidiendo sobre aquellas especies incluidas en algún listado autonómico, estatal, europeo e internacional p.ej. Anexo II de la Directiva Hábitats y <i>Real Decreto 139/2011</i>. • Considerar especies de especial relevancia y especies que alcanzan grandes profundidades como los cefios (<i>Ziphiidae</i>) y el cachalote (<i>Physeter macrocephalus</i>).
	Limitaciones	• Proveedores de los equipos necesarios no son abundantes y el precio de dichos equipos suele ser elevado. • Incógnitas relativas al conocimiento biológico de las especies. • Limitaciones de almacenamiento. • Alimentación eléctrica: gasto energético de los sistemas de medición.

AVIFAUNA	
Impactos (apartado 5.9)	Molestias asociadas a ruidos, vibraciones, tráfico de barcos, etc., que ahuyenten aves marinas. En el caso de estructuras fijas en la costa o ancladas al fondo hay que tener en cuenta también la posible destrucción del hábitat asociado, especialmente si éste se corresponde con una zona de alimentación y cría de aves marinas. En proyectos de eólica marina el riesgo de colisión contra las estructuras o palas en movimiento es uno de los impactos más importantes a tener en cuenta además de poder provocar cambios de comportamiento o desplazamiento de las aves por la presencia de los parques.
Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.3	Metodología Campañas específicas con observadores visuales mediante instrumentos ópticos desde tierra, a bordo de embarcaciones o de avionetas. El número de censos, transectos y frecuencia tendrán que ser determinados a partir de las condiciones y características del emplazamiento y proyecto en particular. Equipos o sensores para la detección remota, que pueden ser acoplados en las plataformas de investigación (Desholm y Kahlert, 2005) instaladas próximas a las infraestructuras de aprovechamiento energético; incorporan un mástil de medición de unos 100 m de altura sobre el nivel del mar y se apoyan sobre 4 pilares anclados al fondo marino; se supervisa de forma centralizada desde tierra y es accesible en barco y helicóptero; pueden incorporar sensores de temperatura, salinidad, presión y oxígeno a diferentes profundidades así como una boya submarina para el registro acústico, para obtener información sobre el entorno (Herlotz, 2007): • Composición de especies, abundancia, densidad, distribución espacial y temporal, patrones migratorios, con el fin de conocer la importancia del área del futuro emplazamiento como área de reproducción, alimentación y descanso. • Seleccionar un área de referencia.
	Equipos Instrumentos ópticos (binoculares, telescopios terrestres) Radars verticales y horizontales • <u>Reflectividad de los objetos</u>: impulso de ondas electromagnéticas que se reflejan en los diferentes ejemplares y que se reciben en la misma posición del emisor (Gauthreaux <i>et al.</i>, 2008)--- densidad y altitud de las migraciones -vuelos paralelos al radar: línea de puntos; vuelos verticales: puntos aislados. • Tratamiento de datos (ecos) mediante un software p.ej. IrfanView (http://www.irfanview.com), aplicando las correcciones de trayectoria a partir de un programa p.ej. Distance 4.1 (www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/). • Ecos registrados: intensidad de las migraciones día a día. • Recomendados: meteorológicos de alta resolución (radios de hasta 200 km de longitud). Cámaras de infrarrojos-sensores térmicos (sólo desde plataforma de investigación): • Detección de radiación infrarroja (λ 2,15 μm) de las aves a tiempo real imágenes. • Cálculo de la migración: altura 3000 m (Liechti y Bruderer, 1995) y distancia de 200-400 m (Desholm, 2003). • Tratamiento de datos mediante un software p.ej. IRMA ('Infra red Registration of Migrating Aves' DSPack 2.31). Cámaras de vídeo (sólo desde plataforma de investigación): • Detección de imagen: longitud focal de la lente en el rango corto- el campo de visión es relativamente grande, pero sólo aves de mayor tamaño; distancia focal grande con una velocidad de obturación baja, grabación de aquellos ejemplares más cercanos, hasta 100 m de distancia. Micrófonos (sólo desde plataforma de investigación): • Detección acústica a pocos metros de la plataforma. • Tratamiento de los datos mediante un software p.ej. AROMA (Registro Acústico de Migración de Aves) (Hüppop <i>et al.</i>, 2006): reconocimiento automático de reclamos por su espectro de sonido característico y filtro parcial del viento y ruidos de la lluvia.

AVIFAUNA

Recomendaciones

- Conocer el **inventario de especies** de aves marinas más comunes que habitualmente se distribuyen en el área del futuro emplazamiento, especialmente las aves marinas nidificantes.
- Conocer el **estado de conservación de dichas especies** (especie en peligro de extinción, vulnerable, etc. p.ej. Libro Rojo, SEO/BirdLife, 2009).
- Conocer especies incluidas en algún listado autonómico, estatal, europeo e internacional p.ej. Real Decreto 139/2011¹⁷.

Limitaciones

- Dificultad de identificación y clasificación de las diferentes especies y de las estimas de abundancia, densidad, etc.
- Cámaras de infrarrojo: dificultad de detectar movimiento en aquellos casos cercanos a la plataforma.
- Elevado coste de los equipos.
- Condiciones meteorológicas: niebla y lluvia reducen significativamente el rango de visión.

¹⁷ Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas

PESCA	
Impactos (Apartado 5.10)	Derivan de la competencia de ambas actividades industriales por un mismo espacio.
Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.4	Metodología Para realizar la caracterización del impacto ambiental en la pesquería, es imprescindible disponer de una buena caracterización de la pesquería desarrollada en la zona. Para ello, sería recomendable disponer de una serie histórica de 5 años de datos anteriores a la realización del proyecto con otra de cinco años posteriores, dado que las capturas presentan una variabilidad natural intrínseca. En resumen: • Revisión de la legislación y bibliografía aplicable a la zona. • Censo de los barcos que faenan en la zona afectada. • Contactar e informar al sector y otras partes implicadas. • Datos de desembarcos. • Diarios de pesca. • Embarques. • Encuestas.
	Equipos
	Recomendaciones • Disponer de personal de la confianza del sector para la realización de las encuestas, solicitud de información, embarques, etc. • Planificar bien el número de embarques, visitas para las encuestas y definir el tamaño mínimo de muestra necesario con el fin de minimizar costes. • Acudir a otras fuentes de información en caso de tener dificultades para el acceso a datos del censo, diarios, etc.: (i) Consultar Web de la Comisión Europea: http://ec.europa.eu/fisheries/fleet/index.cfm?lg=en; (ii) Consultar la página web de la FAO: http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/es.
	Limitaciones • Poca predisposición por parte del sector para el diálogo. • La accesibilidad a los datos de desembarco es media. Estos datos pertenecen al armador del barco y son ellos los que aportan voluntariamente esa información a los centros de investigación pesquera. • La accesibilidad a los datos del censo de la flota, los diarios electrónicos de pesca y sistemas VMS es media debido a que son recogidos por la Secretaría General del Mar y no son públicos. Para acceder a estos datos, es necesario realizar una petición formal de los mismos. • Alto coste económico del personal embarcado. • Los datos de encuestas son difíciles de conseguir porque son los pescadores los que los entregan voluntariamente.

PAISAJE		
Impactos (apartado 5.11)		La afección del paisaje durante la fase de obras se debe fundamentalmente a la presencia en el área de ocupación de las embarcaciones necesarias para realizar la instalación, maquinaria y equipamiento en tierra para las estructuras fijas, etc. Durante la fase de funcionamiento, el impacto sobre el paisaje deriva de la presencia del proyecto y también de las boyas de señalización necesarias.
Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.4	Metodología	• Definición y descripción de áreas: consiste en definir la extensión de las unidades de paisaje, recopilar y presentar la información de cada una de las tres componentes del paisaje marino de manera sistemática. • Caracterización: se trata de realizar un estudio analítico de las relaciones entre las 3 componentes en una unidad de paisaje marino que le proporcionen a ésta un carácter distintivo y reconocible, y también que pueda llegar a clasificar los paisajes marinos en diferentes tipos si es necesario. • Evaluación: se trata del proceso de atribuir una sensibilidad o valor a cada unidad de paisaje basándose en criterios específicos: (i) Calidad (en función de la representatividad del paisaje, naturalidad, diversidad, complejidad morfológica, continuidad, etc.); (ii) Fragilidad (en función del grado de calidad, accesibilidad, grado de urbanización, usos del medio, carga histórico-cultural, etc.); (iii) Fragilidad visual (en función de la abundancia de receptores visuales, etc.).
	Recomendaciones	Fuentes de información: • Cartas náuticas a escala global, regional y local. • Fotografías aéreas. • Evaluaciones previas del paisaje. • Inventario de paisajes protegidos. • Planes de ordenación del territorio a nivel local. • Datos meteorológicos. Las condiciones atmosféricas pueden afectar a la visibilidad de muchas maneras diferentes. Esto tiene importancia a la hora de evaluar el impacto visual del proyecto. • Además, se utiliza otro tipo de información como: clasificación de áreas intermareales y procesos naturales, información turística, guías históricas y culturales. • Campañas de campo específicas para describir las tres componentes del paisaje marino (la componentes marina, terrestre y de línea de costa).
	Limitaciones	• Actualmente no existe una definición académica de <i>paisaje marino</i>. • Los paisajes inventariados por el momento en España, son terrestres o como mucho costeros (también denominados de influencia marina).

RECURSOS ARQUEOLÓGICOS SUBMARINOS	
Impactos (apartado 5.12)	La instalación de las estructuras puede dar lugar a una afección directa a los recursos arqueológicos submarinos como consecuencia de la acción mecánica de las anclas, muertos, pilares de sujeción, etc. Al ser un recurso no renovable la afección al mismo es permanente y significativa. De forma indirecta, a través de un cambio en los patrones de sedimentación y transporte sedimentario, también se pueden dar impactos significativos sobre restos arqueológicos que pueden quedar al descubierto o ser enterrados.
Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.4	Metodología
	• Prospección documental: búsqueda bibliográfica, centrándose en la actividad marítima de la zona de estudio, a partir de los diferentes archivos históricos municipales, autonómicos y estatales • Prospección geofísica: localización e identificación de elementos culturales subacuáticos mediante técnicas geofísicas de muestreo remoto no intrusivas (sónares de barrido lateral, perfiladores de sedimento, ecosondas multihaz) y magnetómetros. • Prospección subacuática: verificación de elementos de interés arqueológico a partir de equipos autónomos y remotos, p.ej. cámaras de vídeo subacuáticas.
	Equipos
	Similares a los descritos en la ficha correspondiente a Geología y Geomorfología.
	Recomendaciones
	Se recomienda una combinación de los diferentes equipos, de tal manera que las limitaciones de unos se cubran con las capacidades de otros.
	Limitaciones
	• Dependencia directa con el estado del mar a la hora de poder ser utilizados los equipos. • En el caso de la sonda multihaz, existe un límite en la resolución espacial, lo que a su vez limita el tamaño del objeto que puede ser detectado. • En el caso del magnetómetro, éste no es capaz de detectar otro tipo de metales como el bronce o la plata.

SOCIOECONOMÍA

Impactos (apartado 5.13)		La afección del proyecto a la socioeconomía es ser similar en las tres fases del mismo y se encuentra asociada al impulso económico del proyecto en la zona de instalación, pues la inversión económica es muy significativa en la construcción de la infraestructura, se produce una generación de actividad directa e indirecta que conduce a la creación de puestos de trabajo directos e indirectos.	
Caracterización (Inventario Ambiental): ver apartado 4.4	Metodología	El desarrollo de cualquier proyecto en el medio marino, y en particular de un proyecto de energía renovable, afectará al valor de los bienes y servicios ambientales, y en este sentido se puede hablar de impactos directos e indirectos. La identificación de los mismos, que deberían considerarse en el inventario socio-económico, se realiza, cuando es posible, utilizando el código nacional de actividades económicas (CNAE). La caracterización de los elementos del inventario se realiza a partir de su valor (expresado en euros) en el estado pre-operacional (estado anterior al desarrollo del proyecto de aprovechamiento de energía marina). En todos los casos y con el fin de reducir efectos estacionales se debería utilizar la media del valor de los tres últimos años inmediatamente anteriores a la puesta en marcha de un proyecto de aprovechamiento de energía, actualizados al año inmediatamente anterior a la puesta en marcha del proyecto, utilizando para ello el índice de actualización publicado por el Banco de España.	
	Equipos	...	
	Recomendaciones	Implementación de un sistema de encuestas directas a los sectores implicados: • Contactar con los sectores identificados en el inventario. El número de agentes implicados (número de embarcaciones de pesca o bien número de cofradías o asociaciones de armadores, número de plantas de acuicultura, etc.) determinará la mayor/menor dificultad para aplicar un sistema de recogida de datos vía encuesta. • Garantizar la calidad de la información recogida vía encuesta. De una parte, será necesario establecer un canal adecuado de comunicación entre el entrevistador y el entrevistado. De otra, será necesario garantizar que la encuesta se lleve a cabo sobre una muestra de la población que resulte estadísticamente significativa.	
	Limitaciones	La mayoría de los impactos sobre el Medio Ambiente Marino tendrán a su vez un impacto directo o indirecto en términos socio-económicos. El Medio Ambiente Marino produce unos determinados “servicios ambientales” cuyo valor se va a ver modificado. Sin embargo, la propia determinación o identificación de dichos servicios ambientales, así como su valoración en el estado pre-operacional es complicada, y representa una de las dificultades de este inventario socio-económico.	

