

ANEXO V

Guía para buques que operen cerca de Instalaciones Renovables Marinas

INDICE: ANEXO V

1 ALCANCE	1
1.1 Puntos clave	1
2 INTRODUCCIÓN	1
3 PARQUES EÓLICOS	4
3.1 Visibilidad y aspecto	4
3.2 Ayudas a la navegación	6
3.3 Otras ayudas a la navegación	7
3.4 Señales sonoras	8
3.5 Boyas de amarre	8
3.6 Marcado e iluminación	8
3.7 Cartografía	8
3.8 Influencia de los parques eólicos en la planificación de la derrota	9
3.8.1 Separación	9
3.8.2 Profundidad del agua	10
3.8.3 Cambios en el lecho marino	10
3.8.4 Corrientes de marea	10
3.8.5 Buques	10
3.8.6 Enfilaciones costeras	11
3.8.7 Subestaciones marinas	11
3.8.8 Grados de movimiento de las estructuras	11
3.9 Efectos en los sistemas de comunicaciones y navegación	12
3.10 Influencia de los rotores de aerogeneradores marinos	13
3.11 Promulgación de información	14
4 INSTALACIONES MARINAS DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ Y MAREMOTRIZ	14
4.1 Los convertidores de energía undimotriz (CME)	14
4.2 Los convertidores de energía mareomotriz (CET)	16
4.3 Métodos de fijación de los CME y CET al lecho marino	18
4.4 Subestaciones marinas	19
4.5 Visibilidad y señalización de las instalaciones de energía undimotriz y mareomotriz	19
4.6 Promulgación de información	20
5 ZONAS DE EXCLUSIÓN Y SEGURIDAD DE LAS IRM	20

5.1 Acceso a las zonas de exclusión o seguridad y a la infraestructura IRM	21
5.2 Emergencias cerca o dentro de un centro IRM	21
5.3 Opciones para navegantes.....	22
6 MARCADO Y APARIENCIA DE LAS IRM	23
6.1 Ejemplos de marcado y señalización.....	23
6.2 Ejemplos de aerogeneradores.....	24
6.3 Ejemplos de dispositivos undimotrices y mareomotrices.....	25
7 CONCLUSIÓN	25

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Visibilidad de góndola y de la pala desde buques y embarcaciones.....	5
--	---

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Demarcaciones marinas españolas	1
Figura 2. ZAPER en la demarcación marina Noratlántica.....	2
Figura 3. ZAPER en la demarcación marina Canaria	2
Figura 4. ZAPER en la demarcación marina de Estrecho y Alborán	3
Figura 5. ZAPER en la demarcación marina Levantino-Balear	3
Figura 6. Partes de un aerogenerador marino (BSH, 2007)	5
Figura 7. Ejemplos de turbinas fijas y sus cimentaciones	6
Figura 8. Ejemplos de turbinas flotantes y sus amarres	6
Figura 9. Ejemplos de cartografía de parques eólicos marinos	9
Figura 10. Estelas de los aerogeneradores	14
Figura 11. Tipos de sistemas undimotrices. (FUENTE: OVACEN, Ovacen)	16
Figura 12. Tipos de sistemas mareomotrices. (FUENTE: OVACEN, Ovacen).....	18
Figura 13. Ejemplo de señalización luminosa de una IRM	23
Figura 14. Ejemplo de señalización de dispositivos de oleaje y mareas y de su zona de exclusión	24
Figura 15. Turbina de cimentación fija y turbina de cimentación flotante	24
Figura 16. Dispositivo undimotriz en escocia.....	25
Figura 17. Dispositivo mareomotriz en Escocia.	25

1 ALCANCE

Este Anexo es una adaptación de la Nota de Orientación Marina (MGN) 372: “[*Safety of Navigation: Guidance to Mariners Operating in the Vicinity of UK Offshore Renewable Energy Installations \(OREIs\)*](#)” de la Agencia Marítima y de Guardacostas (MCA) del Reino Unido.

El objeto de este documento es destacar las cuestiones que deben tenerse en cuenta por parte de las tripulaciones de los buques al planificar y emprender travesías marítimas en las proximidades de instalaciones de energía renovable marinas (IRM).

1.1 Puntos clave

- Las instalaciones de energías renovables en alta mar plantean nuevos retos para la seguridad de la navegación, pero una planificación adecuada del viaje y el acceso a la información relevante y necesaria por parte de los navegantes deberían garantizar que la seguridad no se vea comprometida.
- Se prevé que la mayoría de las IRM sean parques eólicos flotantes, aunque también se podrían llevar a cabo, en un futuro próximo, proyectos para instalaciones que utilizan energía undimotriz o mareomotriz.
- En este documento se facilita información que permite tomar decisiones adecuadas para la realización de los planes de viaje de los buques y embarcaciones.

2 INTRODUCCIÓN

Según la “Hoja de ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España”, las instalaciones de energías renovables en alta mar (IRM) en aguas españolas en el año 2030 podrían estar entre 1 GW y 3 GW en eólica marina y entre los 40 MW y 60 MW en energías del mar. Por lo tanto, la mayoría de las IRM serán parques eólicos de tipo flotante.

Hay cinco Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM), uno para cada demarcación marina española: Noratlántica, Sudatlántica, Canaria, Estrecho y Alborán, Levantino-balear. En cada zona se definen las zonas de alto potencial para la energía eólica marina (ZAPER), como una serie de polígonos donde los desarrollos de energía eólica o de otras energías renovables del mar es posible.



Figura 1. Demarcaciones marinas españolas

Estas zonas ZAPER cumplen con los siguientes criterios técnicos:

- El recurso eólico es idóneo para explotación comercial, al alcanzar valores superiores a 7,5 m/s de velocidad de viento, a 100 m de altura en las cuatro demarcaciones marinas peninsulares, y a 140 m de altura en la DM canaria.
- La profundidad no supera los 1000 m.
- Cuando ha sido posible, se han definido próximas a una zona en tierra con las infraestructuras eléctricas adecuadas para la evacuación de la energía generada.

A continuación se muestran cómo han sido delimitadas en estos planes (FUENTE: [Visor de Información Geográfica Marina](#))



Figura 2. ZAPER en la demarcación marina Noratlántica

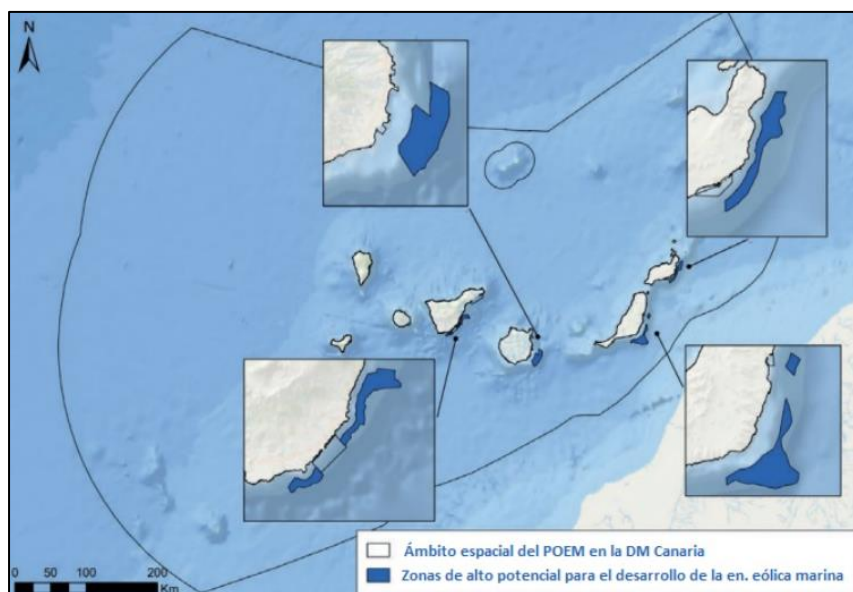


Figura 3. ZAPER en la demarcación marina Canaria

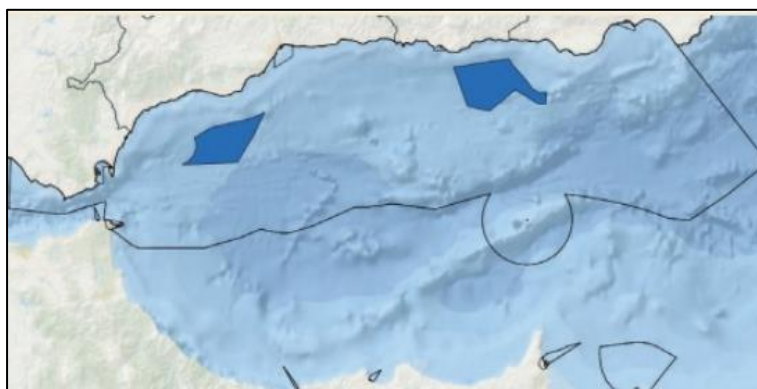


Figura 4. ZAPER en la demarcación marina de Estrecho y Alborán

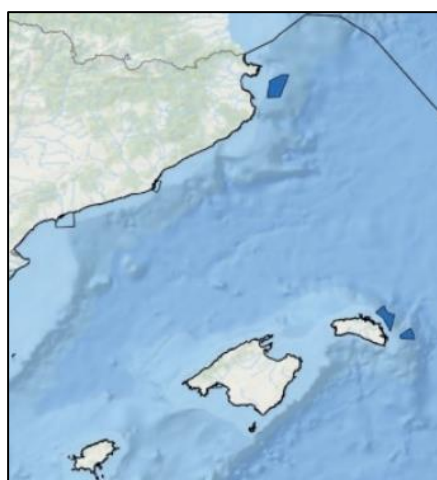


Figura 5. ZAPER en la demarcación marina Levantino-Balear

Los futuros parques eólicos pueden llegar a ser muy grandes, ya que podrían ocupar toda el área de los polígonos ZAPER. Los desarrollos adyacentes pueden estar muy cerca unos de otros, esto también aplica para los dispositivos de energía undimotriz y mareomotriz, aunque estos se ubicarán donde las condiciones de las olas o las corrientes mareales sean óptimas. Por ejemplo, para que los dispositivos mareomotrices tengan un rendimiento óptimo, la carrera de marea debe ser de mínimo 5 metros. Ya que las zonas ZAPER se refieren especialmente a la eólica marina, los dispositivos mareomotrices o undimotrices podrían encontrarse en otras áreas diferentes.

Las orientaciones de este Anexo pretenden ser una ayuda a los navegantes para realizar una evaluación de riesgos para el plan de viaje previsto. Las recomendaciones de este Anexo deben tenerse en cuenta junto con las orientaciones sobre planificación del viaje que figuran en otras publicaciones, relativas a la aplicación de la Regla 34 de SOLAS V ("Planificación del viaje"). A efectos del presente documento, el término "navegante" incluye a capitanes y oficiales de buques mercantes, patrones de pesca y usuarios recreativos de todo tipo de embarcaciones.

Se recuerda a los navegantes la obligación de navegar con seguridad en todo momento y estas orientaciones pretenden ayudarles a cumplir con dicha obligación. Las IRM son un nuevo

desarrollo, y esta guía es de naturaleza general, basada en la información disponible hasta la fecha por parte de la MCA del Reino Unido. Debe tenerse en cuenta que los detalles específicos de cada emplazamiento pueden variar. A medida que se disponga de información adicional a la luz de la experiencia, estas orientaciones podrán ser revisadas y actualizadas por la Administración Marítima. Para una correcta planificación de una travesía por mar, deberán estudiarse las representaciones, anotaciones y orientaciones que se publiquen en las cartas náuticas y en los derroteros por el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) o por la Oficina Hidrográfica del Reino Unido (UKHO). Una buena guía para la creación de planes de viaje se encuentra en el libro del UKHO “The Mariner's Handbook” (Admiralty NP100).

Toda información urgente de seguridad marítima relativa a los IRM se promulgará mediante avisos a los navegantes y radioavisos náuticos.

3 PARQUES EÓLICOS

3.1 Visibilidad y aspecto

Los parques eólicos son fácilmente identificables tanto visualmente como por radar desde una distancia considerable en buenas condiciones meteorológicas. Las turbinas se componen normalmente de una cimentación fija o flotante, tienen una sección de transición amarilla de no menos de 15 metros de altura medida por encima de la marea astronómica más alta, por encima de la cual hay una plataforma que forma la base de la torre de la turbina, que puede tener hasta 200 metros de altura desde el nivel del mar (Ver Figura 6). Las estructuras situadas por encima de la sección de la pieza de transición amarilla suelen estar pintadas de gris mate (véanse las ilustraciones del apartado 6 de este documento). En la parte superior de la torre de la turbina se encuentra la góndola, una estructura en forma de caja que alberga el generador. Las palas de la turbina están situadas frente a la góndola y cada pala puede tener más de 100 m de longitud.

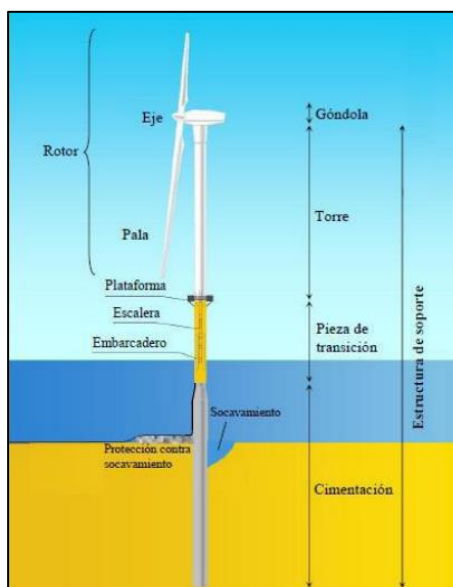


Figura 6. Partes de un aerogenerador marino (BSH, 2007)

Las puntas de las palas deberán ser de color rojo y los bordes de ataque de las palas tendrán tres puntos rojos como referencia para los helicópteros en vuelo estacionario. La altura total de una turbina y su rotor puede estar entre los 250 y los 300 metros. La siguiente tabla muestra el rango de visibilidad teórico de la punta de la pala y la góndola de un aerogenerador medido desde la perspectiva de diferentes usuarios del mar en condiciones ideales de visibilidad:

Tabla 1. Visibilidad de góndola y de la pala desde buques y embarcaciones

Usuario	Altura del observador	Altura de la góndola	Altura de la punta de la pala	Visibilidad
Pequeñas embarcaciones	3m	150m		28 mn
Pequeñas embarcaciones	3m		250m	34 mn
Buque tanque pequeño en lastre	28m	150m		34 mn
Buque tanque pequeño en lastre	28m		250m	40 mn

Las turbinas de cimentación fija se encuentran en aguas de profundidad menor de 60 m y se fijan al lecho marino utilizando uno de los diversos tipos de cimentación disponibles (por ejemplo: monopilote o por gravedad) en función de las características del lecho marino y la profundidad

del agua. En la base de la cimentación puede añadirse una protección contra la socavación. Por encima de la superficie del mar aparecen como una estructura única conectada a la cimentación.

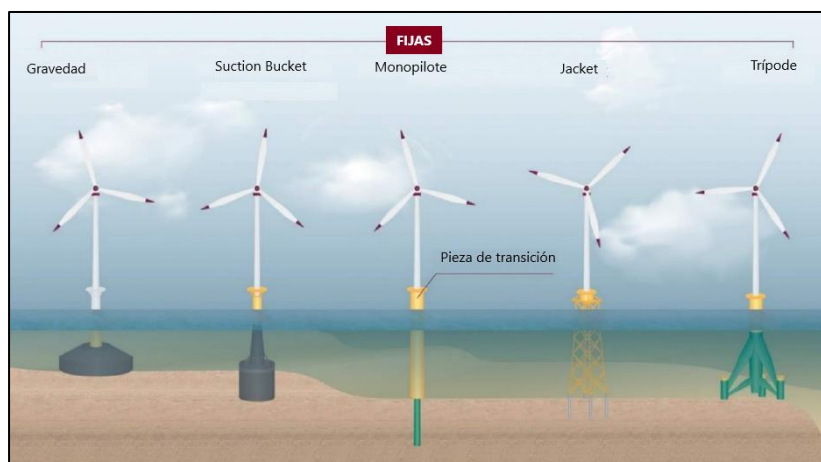


Figura 7. Ejemplos de turbinas fijas y sus cimentaciones

Las turbinas de cimentación flotante se encuentran en aguas de más de 50 m de profundidad y consisten en una plataforma que soporta uno o varios aerogeneradores fijados al lecho marino mediante líneas de fondeo, cadenas y anclas. El tipo de sistema de fondeo depende de la profundidad del agua, las condiciones del lecho marino y la infraestructura de anclaje, pero los principales tipos son: catenaria, semitensa y tensa.

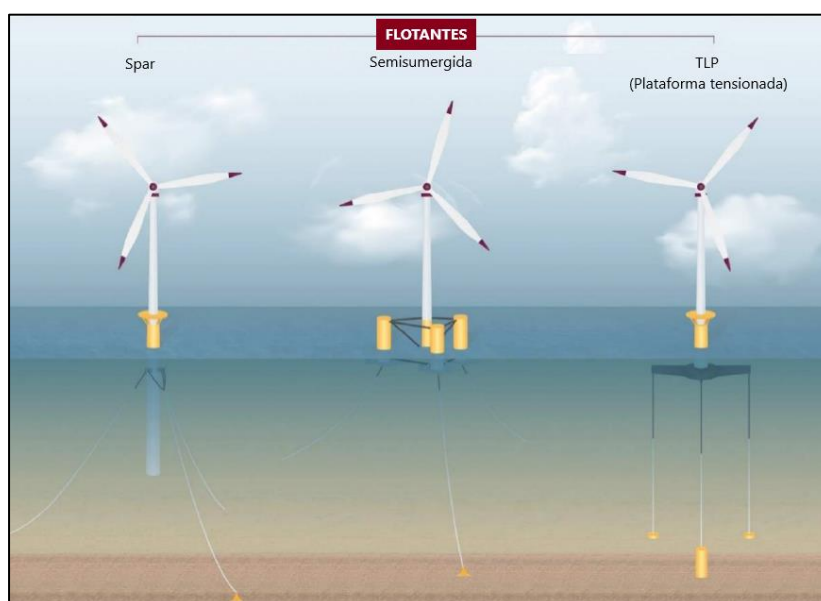


Figura 8. Ejemplos de turbinas flotantes y sus fondeos

3.2 Ayudas a la navegación

Los parques eólicos estarán marcados y señalizados mediante ayudas a la navegación según lo que especifique Puertos del Estado y la Comisión de Faros. La directriz G1162 de la Asociación

Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima y Autoridades de Faros (IALA) “*señalización de estructuras artificiales en alta mar*” exige que las turbinas eólicas en alta mar estén señalizadas de forma que sean visibles de día y de noche, teniendo en cuenta las condiciones de visibilidad y el tráfico marítimo. También podrán colocarse permanentemente boyas de señalización cardinal o especial junto a los parques eólicos.

Una estructura de esquina u otro punto significativo en el límite del parque eólico, se denomina Estructura Periférica Significativa (SPS). La SPS se marcará con luces visibles desde todas las direcciones en el plano horizontal. Estas luces deberán estar sincronizadas para mostrar simultáneamente una "marca especial" característica de la IALA, de color amarillo intermitente, con un alcance no inferior a cinco millas náuticas. Las ayudas a la navegación en estructuras individuales se colocan por debajo del arco de las palas del rotor, normalmente en la parte superior de la sección amarilla.

Como mínimo, cada SPS mostrará una luz característica de parpadeo sincronizado (amarilla con un parpadeo de 1s cada 5s). En algunos casos puede haber sincronización de todos los SPS. En el caso de un parque eólico grande o extendido, la distancia entre los SPS normalmente no debería superar las tres millas náuticas.

Las estructuras periféricas intermedias (IPS) seleccionadas en el límite de un parque eólico entre las SPS pueden estar marcadas con luces amarillas intermitentes (amarillas con un destello de 0,5s cada 2,5s) que son visibles desde todas las direcciones horizontalmente. Por tanto, el flash característico de estas luces difiere del de los SPS y tendrá un alcance no inferior a dos millas náuticas. La distancia entre los IPS o entre un IPS y el SPS más cercano no debe ser superior a dos millas náuticas. Las características de las luces y marcas se indicarán en las cartas náuticas del IHM y del UKHO.

Las estructuras individuales, que no formen parte de un grupo de turbinas, se marcan, de acuerdo con la directriz G1162 de la IALA, con una "U" en código Morse intermitente de luz blanca.

Durante la construcción se utilizarán marcas cardinales y especiales alrededor de la zona y los navegantes deberán ser conscientes de la presencia probable de cimientos sin una pieza de transición amarilla. Estos cimientos, para parques eólicos de cimentación fija, representan un riesgo importante para la navegación y se señalizarán adecuadamente.

Pueden instalarse luces amarillas intermitentes temporales de corto alcance (2NM) en estructuras de cimentación sin terminar. Estas luces no son obligatorias según las directrices de la IALA y se instalan a discreción del promotor para facilitar la navegación dentro del conjunto a las embarcaciones de construcción designadas.

3.3 Otras ayudas a la navegación

Además de las luces de ayuda a la navegación que marcan los SPS y los IPS seleccionados de un parque eólico, la IALA recomienda:

- a. Iluminación de las estructuras periféricas y de todas las estructuras del parque eólico
- b. Racons, (carácter morse que empieza por una "raya")

- c. Reflectores de radar y potenciadores de blancos de radar
- d. AIS como ayuda a la navegación (según la Recomendación A-126 de la IALA).
- e. Si la IRM tiene una zona de exclusión a la navegación alrededor de su perímetro, se balizará correspondientemente, según se indica en el Anexo 1.

Los navegantes deberán consultar la carta de mayor escala disponible para obtener más detalles sobre las ayudas a la navegación instaladas en una IRM en concreto.

3.4 Señales sonoras

Cuando se requieran señales sonoras en un parque eólico, el alcance de dicha señal acústica no será inferior a dos millas náuticas. Los detalles se indicarán en la carta náutica correspondiente.

3.5 Boyas de amarre

Cuando los buques que tengan que navegar dentro de un parque eólico, los navegantes deben conocer la ubicación y características de las boyas de amarre existentes dentro del desarrollo. Pueden ser boyas de amarre convencionales o boyas de carga eléctrica para buques y embarcaciones con tecnología híbrida. Esta información siempre deberá facilitarse a los buques que tengan que realizar operaciones dentro de la zona de un parque eólico.

3.6 Marcado e iluminación

Cada turbina se marcará con un identificador alfanumérico único que deberá ser claramente visible a una distancia no inferior a 150 metros. Por la noche, el identificador se iluminará para que pueda verse a la misma distancia. Por lo tanto, los aerogeneradores son fácilmente visibles en buenas condiciones; sin embargo, hay que tener en cuenta que pueden no ser tan fáciles de ver por la noche o con visibilidad reducida desde el interior del parque eólico.

Las luces rojas de aviación situadas en la parte superior de las góndolas pueden ser visibles para las embarcaciones de superficie (Morse-W intermitente), y hay que tener cuidado de no confundirlas con las luces de costado de los buques o las ayudas a la navegación marítima, a pesar de la posibilidad de que puedan tener una característica intermitente cuando se ven a través de las palas giratorias de las turbinas.

3.7 Cartografía

El IHM incluirá en las cartas náuticas todos los parques eólicos situados frente a las costas españolas, incluidos los que están en construcción, bien mediante un grupo de símbolos negros de aerogenerador en las cartas de mayor escala o bien mediante un límite exterior con un símbolo negro de aerogenerador rodeado en las cartas de menor escala.

Normalmente, el límite exterior del desarrollo en todas las escalas será una línea negra discontinua, o una línea discontinua magenta en forma de T si hay restricciones de navegación o de otro tipo en la zona (puede complementarse con una banda punteada de 3 mm del color apropiado). Este marcado también se realizará en las cartas del UKHO correspondientes.

La extensión del ancla de fondeo de los dispositivos flotantes se trazará en las cartas de menor escala.

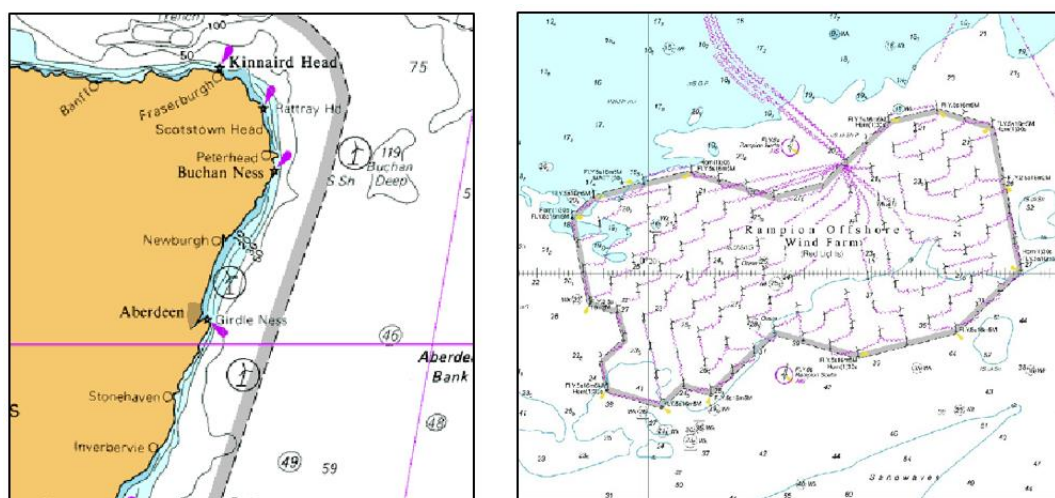


Figura 9. Ejemplos de cartografía de parques eólicos marinos

Del mismo modo, todos los parques eólicos en aguas españolas se mostrarán en las ENC's como IRM con simbología estándar S57 para turbinas y cables. La cartografía de todos los cables submarinos asociados a los parques eólicos dependerá de la escala de la carta.

Como con cualquier cable submarino, los navegantes deben tener en cuenta los peligros asociados con el fondeo o la pesca de arrastre cerca de ellos.

También deberán tenerse en cuenta las notas cartográficas relativas a las IRM que aparezcan en las publicaciones.

3.8 Influencia de los parques eólicos en la planificación de la derrota

Al planificar un viaje, los navegantes deben evaluar todos los peligros y riesgos asociados. La proximidad de parques eólicos y turbinas debe incluirse en esta evaluación.

Esta sección proporciona información sobre algunos de los efectos de las IERM, los parques eólicos y sus turbinas, que deben tenerse en cuenta:

3.8.1 Separación

Las turbinas de un parque eólico normalmente estarán separadas por una distancia mínima de 500 metros, dependiendo del tamaño que tengan las turbinas. Para aprovechar al máximo el recurso eólico, la separación de las turbinas es proporcional al tamaño del rotor y al efecto de estela creado por el viento a favor, por lo que cuanto mayor sea el diámetro del rotor, mayor será la separación. En caso de que se permita el acceso a la IRM o que se acceda durante el transcurso de una emergencia, las embarcaciones más pequeñas son las podrán navegar con mayor seguridad dentro de los límites del parque eólico.

3.8.2 Profundidad del agua

Los parques eólicos flotantes pueden establecerse en aguas profundas de más de 100 m. Se prevé que todos los parques eólicos en España sean de este tipo.

3.8.3 Cambios en el lecho marino

Las estructuras de los parques eólicos podrían, con el tiempo, afectar a la profundidad del agua en sus proximidades. En zonas de fondos marinos dinámicos con fuertes corrientes de marea, pueden producirse cambios en la socavación del fondo marino. Esto puede hacer que la información sobre la profundidad no sea fiable. Esto es especialmente importante para parques eólicos que se instalen en zonas de poca profundidad. Para los parques eólicos flotantes, dichos cambios en el lecho no afectarán normalmente al UKC de los buques.

Una vez que un parque eólico haya existido durante algunos años, se apreciará mejor cualquier socavación causada por las mareas o los cambios de profundidad. Los promotores están obligados a evaluar cualquier cambio potencial en la sedimentación que pueda producirse como consecuencia de sus planes.

En la práctica, los navegantes deben dejar suficiente resguardo bajo la quilla, con un margen de seguridad adecuado, cuando naveguen en las inmediaciones de un parque eólico ubicado en aguas someras. Algunas estructuras marinas de cimentación fija podrán protegerse contra la socavación mediante rocas o colchones de hormigón colocados alrededor de su base, esto también debe tenerse en cuenta cuando se vaya a navegar cerca de un parque eólico instalado en una zona de poca profundidad.

3.8.4 Corrientes de marea

Las estructuras de los parques eólicos pueden obstruir localmente las corrientes de marea, creando remolinos en las proximidades. Los navegantes deben ser conscientes de la probabilidad de que se produzcan estos remolinos, que probablemente sólo sean significativos muy cerca de las estructuras.

3.8.5 Buques

Dentro o alrededor de un parque eólico pueden encontrarse embarcaciones pequeñas de alta velocidad (por ejemplo, buques de transferencia de tripulación) o embarcaciones más grandes que participan en la construcción, el mantenimiento o realizan tareas de seguridad (por ejemplo, buques HLV, AHV, DSV, OSV, PLV, cableros, embarcaciones rápidas de vigilancia, remolcadores, etc.). Cabe esperar una mayor densidad de tráfico de buques empleados en parques eólicos durante los periodos de construcción o durante el desmantelamiento. En los meses de verano también habrá un mayor tráfico dentro o hacia la IRM, ya que es normal planificar los mantenimientos para que coincidan con los periodos de mejores condiciones meteorológicas posibles.

Durante la construcción, las turbinas flotantes serán remolcadas desde los puertos hasta el emplazamiento de la IRM y, también es muy probable que sean remolcadas hasta puerto para

llevar a cabo mantenimientos periódicos. Estos buques remolcadores navegarán en las inmediaciones de la IRM.

Los navegantes deberán estar atentos a la posible presencia de embarcaciones pesqueras faenando en la zona de la IRM y ser conscientes de que las estructuras podrían ocultarlos ocasionalmente, sobre todo por la noche. En general, todas las embarcaciones pequeñas dentro de los límites del parque eólico y en sus alrededores pueden no ser vistas con facilidad y presentar un peligro para la navegación. Los grandes buques también pueden quedar ocultos si se encuentran en el lado opuesto de un parque eólico.

Por lo tanto, aunque todos los buques y embarcaciones deben seguir cumpliendo el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes en el Mar (COLREG), en las inmediaciones de una IRM los navegantes deberán mantener una vigilancia exhaustiva mediante todos los medios disponibles en todo momento.

3.8.6 Enfilaciones costeras

En las zonas costeras, las enfilaciones costeras también pueden quedar oscurecidas por las estructuras de los parques eólicos. Puede ser necesario verificar cuidadosamente las características de las luces por la noche si las turbinas las ocultan temporalmente. Los navegantes deben estar atentos a este suceso, especialmente si están realizando una navegación costera. Cuando un parque eólico oculte las enfilaciones costeras, la posición del buque debe comprobarse por otros medios.

3.8.7 Subestaciones marinas

En los parques eólicos flotantes que se construyan lejos de la costa, habrá estaciones transformadoras eléctricas, que recibirán la energía de los dispositivos, elevarán la tensión hasta la tensión de transmisión y finalmente exportarán la energía a la red de suministro. Estas estaciones tienen un aspecto similar al de las pequeñas plataformas y se denominan subestaciones marinas (SSM).

Los cables submarinos conectan las turbinas a estas subestaciones, desde donde la energía generada se exporta a la costa. La cartografía de todos los cables submarinos depende de la escala de la carta, en algunos casos sólo se mostrará el cable de exportación. Por lo tanto, todas las embarcaciones que operen dentro de una IRM o cerca de sus cables submarinos, deben evitar fondear, salvo en caso de emergencia, ya que el ancla podría engancharse con los cables.

3.8.8 Grados de libertad de las estructuras

Las infraestructuras flotantes, ya sean turbinas eólicas o dispositivos de energía undimotriz o mareomotriz, se moverán sobre sus anclajes en función de las condiciones de clima marítimo, del tipo de sistema de fondeo y de las características de diseño de la estructura.

Cuando naveguen cerca de los dispositivos de una IRM, los navegantes deben prestar la debida atención a los seis grados de libertad de las estructuras: cabeceo, balance, guiñada, arfada, deriva y avance. Estos movimientos pueden afectar a peligros tales como el espacio aéreo entre una

embarcación y las palas de un aerogenerador o al resguardo bajo la quilla necesario sobre los elementos de fondeo.

3.9 Efectos en los sistemas de comunicaciones y navegación

En 2004, la MCA británica y la empresa QinetiQ, llevaron a cabo ensayos en el parque eólico de North Hoyle para determinar cualquier impacto de las turbinas eólicas en los sistemas de comunicaciones y navegación marinos. A continuación, se resumen los resultados de este informe, disponible en la página web de la MCA del gobierno británico.

Los ensayos indicaron que el impacto de las turbinas en la radio VHF, los receptores del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), los teléfonos móviles y el AIS es mínimo. Los sistemas UHF y otros sistemas de microondas sufrieron el efecto de enmascaramiento normal cuando las turbinas estaban alineadas con las transmisiones.

SE detectó que las turbinas producían fuertes ecos de radar que alertaban de su presencia. Sin embargo, a corta distancia, los ensayos demostraron que pueden producir múltiples ecos reflejados y de lóbulos laterales que pueden enmascarar objetivos reales. Estos ecos se producen aproximadamente a 1,5 millas náuticas, con un deterioro progresivo de la visualización del radar a medida que se reduce la distancia.

Cuando un buque navega por dentro de una IRM, se pueden esperar interferencias considerables a lo largo de una línea de turbinas. El tamaño del eco de la turbina aumenta cerca de la misma, con la consiguiente degradación de la definición del blanco y de la discriminación de marcación. Estos efectos se observaron tanto en los radares de 3 cm (banda X) como en los de 10 cm (banda S).

Durante las pruebas financiadas por la British Wind Energy Association (BWEA) que se llevaron a cabo frente al parque eólico de Kentish Flats en 2006, se observaron efectos similares. En las antenas de radar situadas de forma desfavorable con respecto a elementos estructurales del buque se pueden observar estos efectos negativos potenciados.

Un ajuste cuidadoso de los controles del radar puede suprimir algunos de estos ecos de radar espurios, pero se advierte a los navegantes que existe el consiguiente riesgo de perder objetivos con una pequeña sección transversal de radar, como boyas o pequeñas embarcaciones, en particular, yates o embarcaciones construidas con PRFV, por lo que debe tenerse el debido cuidado al realizar dichos ajustes.

Un estudio más reciente sobre el impacto de las turbinas eólicas en los radares marinos fue realizado en 2021 por la Ocean Studies Board's Division on Earth and Life Studies, de los EE.UU. En dicho estudio se realizaron análisis sobre el impacto de las IRM en los radares modernos de estado sólido y en los radares "clásicos" basados en magnetrones. El informe publicado, "*Wind Turbine Generator Impacts to Marine Vessel Radar*", concluyó que las turbinas eólicas en el entorno marítimo afectan a los radares de los buques de forma muy variable lo que complica la toma de decisiones por parte de los navegantes.

Existen posibilidades para reducir las interferencias de los aerogeneradores en los radares de los buques, como la mejora del tratamiento de las señales de radar y de la lógica de visualización, o la instalación de reflectores en los buques pequeños para minimizar los ecos perdidos.

Si existen ecos falsos, las prescripciones de la Regla 6 del COLREG “*Velocidad de seguridad*” son especialmente aplicables y deben observarse teniéndose en cuenta las circunstancias reinantes. En condiciones de visibilidad restringida se aplica la Regla 19 “*Conducta de los buques en condiciones de visibilidad restringida*” y el cumplimiento de la Regla 6 adquiere especial relevancia. En tales situaciones, los navegantes están obligados, en virtud de la Regla 5 “*Vigilancia*”, a tener en cuenta la información procedente de otras fuentes que pueden incluir señales sonoras e información por radio VHF, por ejemplo, de un VTS, o por medio del AIS. Sin embargo, los navegantes deben tener en cuenta que no todos los buques están equipados con AIS, las embarcaciones pesqueras de menos de 15 metros de eslora y las embarcaciones de recreo no están obligadas a llevarlo.

Cuando sea posible, es prudente que los buques de mayor tamaño planifiquen su viaje a una distancia de, al menos, 2 millas náuticas de los campos de turbinas.

3.10 Influencia de los rotores de aerogeneradores marinos

En la eólica marina fija se requiere que las turbinas tengan el punto más bajo del barrido del rotor a un mínimo de 22 metros por encima de la pleamar media, esta distancia será mayor en la eólica flotante, dependiendo de lo que determinen los estudios de comportamiento en la mar de las estructuras. La distancia que se determine debe ser suficiente para la mayoría de las embarcaciones pequeñas. Las embarcaciones mayores deberán ser conscientes de esta altura y tomar las precauciones oportunas y no se acercarán a las turbinas excepto en caso de emergencia.

En la captación de energía, las turbinas enmascaran el viento reduciendo su velocidad, a este efecto se le denomina efecto “estela”. Los estudios indican que la velocidad del viento a sotavento de una turbina eólica puede reducirse en un 10%.

Este efecto de enmascaramiento del viento puede existir dentro de la columna de aire vertical a alturas de aproximadamente 15 metros y superiores y su impacto se reduce con la distancia a sotavento hasta un aerogenerador y con la separación entre aerogeneradores. El viento, una vez modificado su flujo a través de los rotores, se recuperará a sotavento de la turbina produciéndose cizalladuras a medida que el viento vuelva a incrementarse. La anchura de la estela del rotor es similar al diámetro del rotor y como la estela interactúa con la superficie del mar, se darán otros efectos de sombra.

El efecto sobre el viento del rotor de una turbina puede representarse de forma simplificada como un cono horizontal, centrado en el buje del rotor y con el diámetro aproximado del rotor. El cono se extiende a favor del viento, atenuándose hasta un punto que se encuentra a una distancia proporcional a la velocidad del viento. Este efecto a favor del viento dependerá también del azimut del rotor. El impacto sobre un buque será proporcional a su área de barlovento y, en el caso de un velero, a la altura del mástil.

Los navegantes, sobre todo los que naveguen a vela, deben ser conscientes de estos efectos. Durante el día deberán tenerse en cuenta los cambios en la dirección e intensidad del viento observados visualmente en las proximidades del parque eólico. Durante la noche, cuando los cambios en el viento y en el oleaje no son tan fáciles de detectar, se deberá tener una precaución especial.

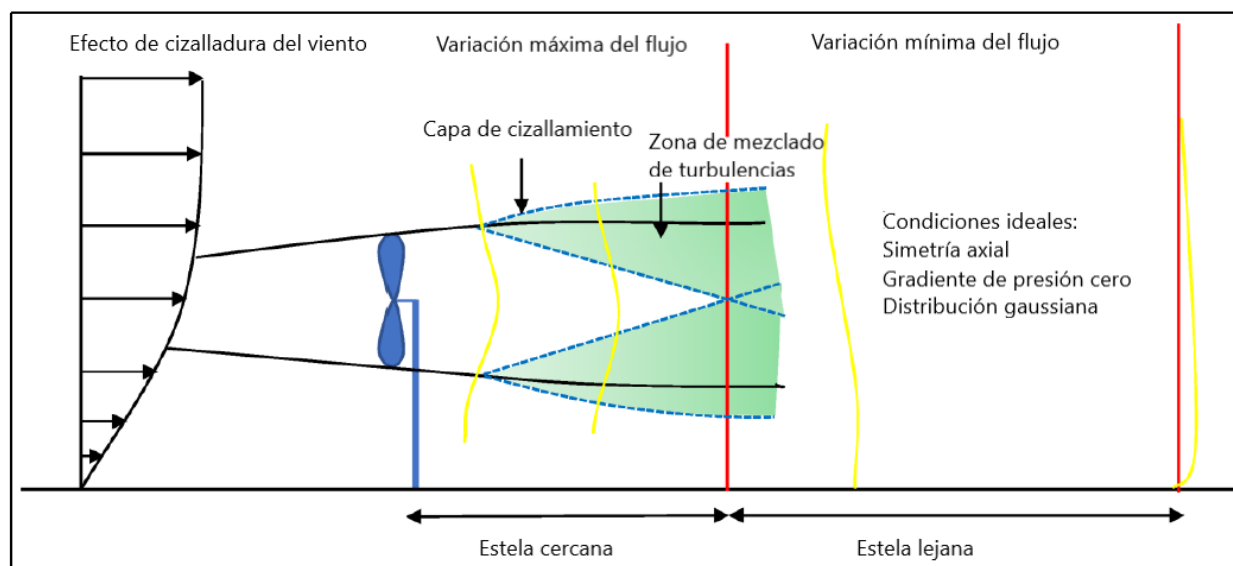


Figura 10. Estelas de los aerogeneradores

3.11 Promulgación de información

Los promotores de parques eólicos tendrán la responsabilidad de que se emitan, de forma local, avisos a los navegantes para dar a conocer la actividad asociada a la construcción y al mantenimiento de los parques eólicos. La notificación debe incluir el marcado, la ubicación y la extensión de las zonas de seguridad que se establezcan para esas operaciones.

4 INSTALACIONES MARINAS DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ Y MAREMOTRIZ

A diferencia de los parques eólicos, las instalaciones de energía undimotriz o mareomotriz pueden no ser claramente visibles para el navegante.

4.1 Los convertidores de energía undimotriz (CME)

Los Convertidores de Energía Undimotriz (CME) captan la energía cinética transportada por las olas. Suelen estar situados en la superficie o cerca de ella, anclados o sujetos de forma fija al lecho marino. Por lo tanto, los CME pueden ser flotantes o fijos y de superficie o semisumergidos.

Actualmente, existen varias tecnologías en uso de CME, cada dispositivo puede tener un diseño únicos y muy diferentes al resto. Las tecnologías más consolidadas son:

- **Atenuador de superficie:** Un atenuador es un dispositivo flotante que funciona en paralelo a la dirección de las olas y las surca con eficacia, por lo tanto, estos CME son

semisumergidos. Sus movimientos longitudinales pueden limitarse selectivamente para producir energía. Una instalación de este tipo podría consistir, por ejemplo, en una serie de grandes cilindros flotantes conectados por un sistema hidráulico orientados perpendicularmente al oleaje. Los movimientos de flexión de las unidades articuladas, producidos por el oleaje, activan las bombas hidráulicas que están dentro de los cilindros generando electricidad.

- **Boya de punto de absorción:** Se trata de una estructura flotante que absorbe energía en todas las direcciones mediante sus movimientos en la superficie del agua o cerca de ella. Normalmente son boyas fijadas al lecho marino mediante anclas de gran tonelaje. El sistema hidráulico que almacena la energía potencial se encuentra en el interior del poste que une la boya al pie. La energía eléctrica la produce un generador que se activa gracias al agua comprimida por el sistema hidráulico.
- **Convertidor oscilante de ola:** Se trata de un dispositivo sumergido que oscila con el movimiento de cada ola. Una instalación de este tipo podría consistir en un brazo que oscila como un péndulo, montado sobre una articulación pivotante, en respuesta al movimiento de las olas. La energía eléctrica se generará a partir del ascenso y el descenso de dicho brazo.
- **Columna de agua oscilante:** Una columna de agua oscilante es una estructura hueca parcialmente sumergida. Las olas hacen que la columna de agua suba y baje, permitiendo que el aire atrapado fluya hacia y desde la atmósfera a través de una turbina. La rotación de la turbina se utiliza para generar electricidad. Esta tecnología aprovecha la fuerza de llegada y de retirada de la ola por lo que es más efectiva en zonas de oleaje muy fuerte.
- **Dispositivo de desbordamiento:** Este tipo de dispositivo se basa en la captación física del agua de las olas, que se mantiene en un depósito por encima del nivel del mar. Luego el agua es devuelta al mar a través de turbinas convencionales a baja altura que generan energía. Un dispositivo de desbordamiento puede utilizar colectores para concentrar la energía de las olas. Estos dispositivos aprovechan la fuerza y la velocidad de las olas.
- **Convertidores sumergidos de presión diferencial:** Estos dispositivos suelen estar situados cerca de la costa y fijados al lecho marino. El movimiento de las olas hace que el nivel del mar suba y baje por encima del dispositivo, y este diferencial de presión se utiliza para generar electricidad. Los diseños más vanguardistas de este tipo de CME consisten en grandes membranas que separan el agua para ocasionar diferencias de presión con las olas y así generar energía eléctrica.
- **Columpio de olas de Arquímedes:** Este sistema está formado por una estructura fija, anclada permanentemente al fondo marino, y otra móvil que está llena de aire y se mueve verticalmente siguiendo el oleaje. El movimiento que se genera entre la parte fija y la móvil hace que el aire del flotador se comprima y se equilibren las presiones. Gracias a un sistema hidráulico y a un generador, la energía mecánica se transforma en electricidad.

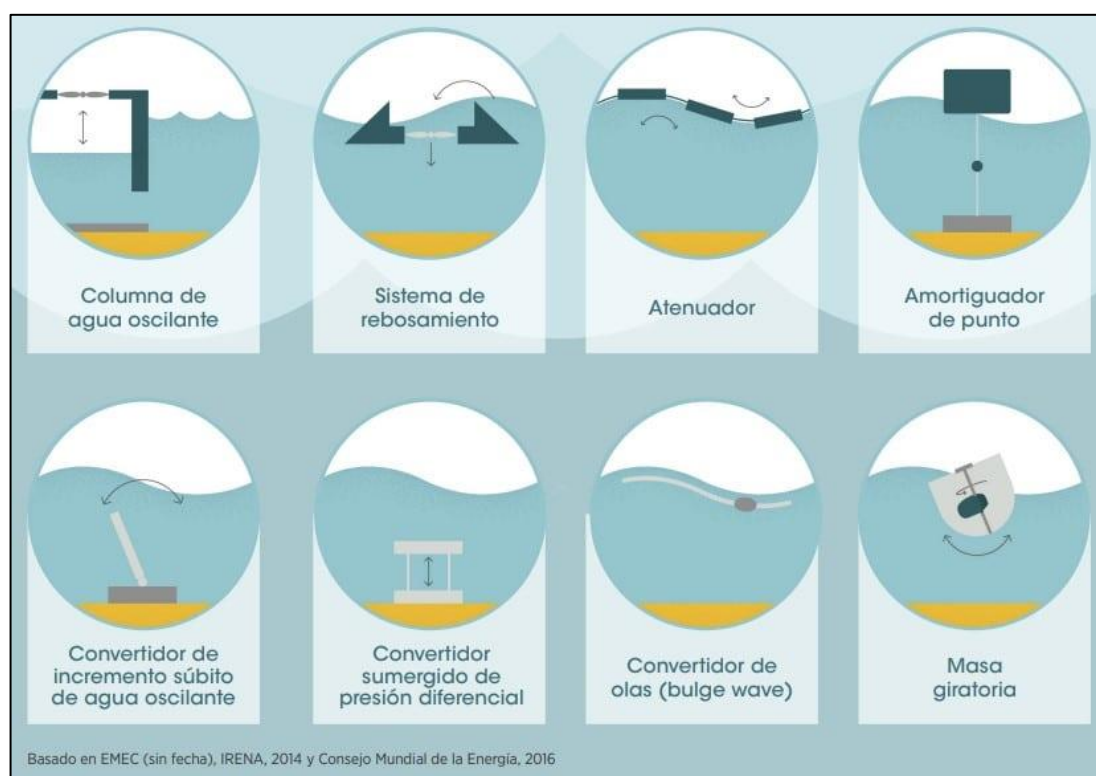


Figura 11. Tipos de sistemas undimotrices. (FUENTE: OVACEN, [Ovacen](#))

4.2 Los convertidores de energía mareomotriz (CET)

Los Convertidores de Energía Undimotriz (CET) capturan la energía potencial del movimiento de grandes masas de agua cuando las mareas suben y bajan. Los dispositivos CET pueden ser estructuras montadas en la superficie, bajo la superficie o en el lecho marino, que capturan la energía de agua en movimiento asociada a una corriente mareomotriz. La exportación de energía se realiza normalmente a través de cables submarinos hacia una subestación o directamente a tierra. Este tipo de IRM debe instalarse en zonas donde la carrera de marea sea de 5 metros o superior. Los tipos de CET existentes en la actualidad son:

- Presa de mareas: Consiste en una presa situada en el nivel más alto que alcanza la marea. Cuando la marea sube, las compuertas del dique se abren para que el agua llene el embalse. Y cuando éste alcanza su nivel máximo, se cierran. Más tarde, cuando la marea baja se abren las compuertas y el agua del interior del embalse sale hacia el mar poniendo en funcionamiento las turbinas. Este tipo de central mareomotriz es una de las menos comunes, puesto que no existen muchas zonas geográficas que presenten las condiciones ideales para construirlas.
- Generador de corriente de marea: También llamados TSG, emplean la energía cinética del agua en constante movimiento. Son instalaciones de turbinas que funcionan de forma similar a las turbinas eólicas, las hélices giran accionando un generador que transforma el movimiento en electricidad. Hay varios tipos de TSG:

- Turbina de eje horizontal: Este tipo de dispositivo extrae la energía del agua en movimiento. Consiste en una turbina con el eje horizontal (plano de rotación de las palas vertical) de diseño similar a una turbina eólica y con mismo funcionamiento.
- Turbina de eje vertical: Este dispositivo extrae la energía del movimiento de forma similar al anterior, sin embargo la turbina está montada sobre un eje vertical, es decir, utilizando un plano de rotación horizontal
- Turbina de eje horizontal de conducto cerrado: Consiste en una turbina de eje horizontal con álabes simétricos instalada dentro de un dispositivo colector en forma de embudo. Este diseño producirá un efecto Venturi para acelerar la columna de agua. Estos dispositivos tendrán que estar totalmente sumergidos en la corriente de marea. La electricidad será producida por un generador y, la turbina conectada a él se moverá gracias al flujo de agua o por la diferencia de presión inducida en el sistema.
- Dispositivo hidrodinámico oscilante: Este dispositivo podrá consistir en una pala similar a una “hidroala” unida a un brazo oscilante. La oscilación vertical de la pala horizontal, provocada por la corriente de marea que fluye a ambos lados de ella, será transmitida a un generador mediante un sistema de transmisión hidráulico. El área barrida por el dispositivo será rectangular, por lo que estos dispositivos serán óptimos en zonas con baja profundidad.
- Energía mareomotriz dinámica o DPT: Este tipo de central mareomotriz podría calificarse como una combinación de las dos anteriores. En estas instalaciones, el paso de las diferentes corrientes moverá las hélices de las grandes presas provocando la generación de energía.

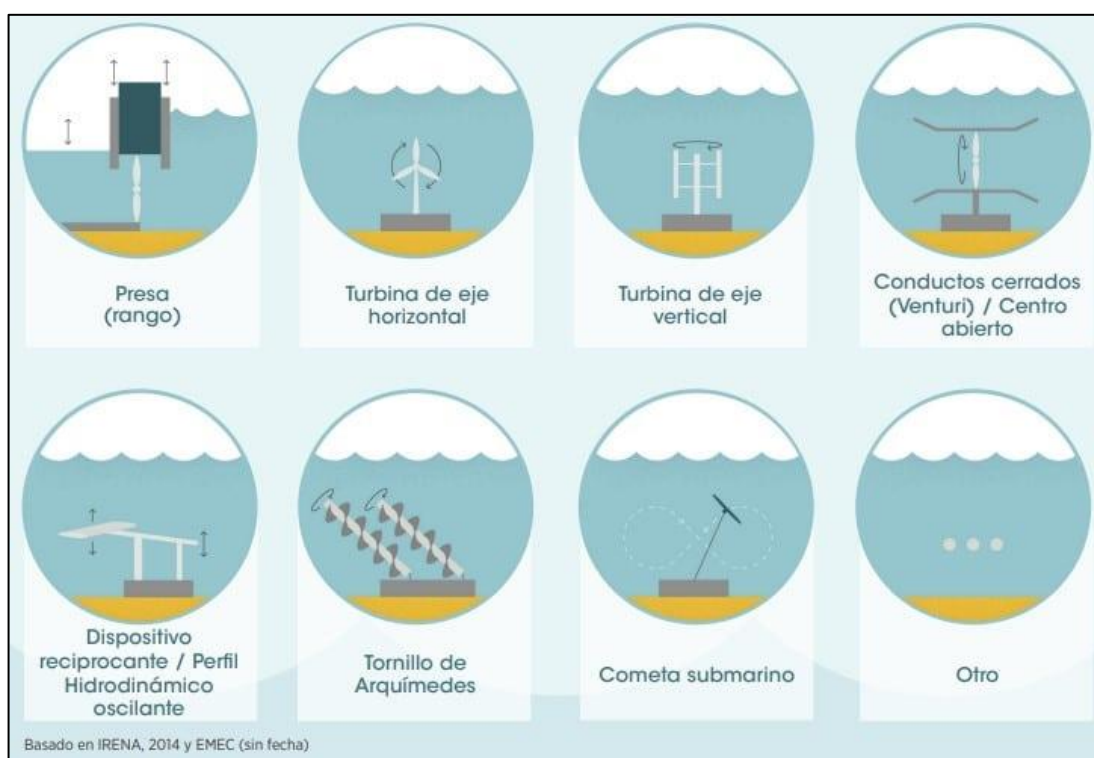


Figura 12. Tipos de sistemas mareomotrices. (FUENTE: OVACEN, [Ovacen](#))

4.3 Métodos de fijación de los CME y CET al lecho marino

Existen varios métodos para fijar los dispositivos al lecho marino que harán que éstos queden más sumergidos o más en la superficie, lo que afectará a su visibilidad sobre la superficie por parte de los navegantes.

- Dispositivos fijos montados en el lecho marino por gravedad: Se asientan físicamente en el lecho marino gracias a la suma del peso del dispositivo y de su cimentación. En algunos casos, puede haber una fijación adicional al lecho marino.
- Montaje sobre pilotes: Este sistema es análogo al utilizado para montar la mayoría de las grandes turbinas eólicas de cimentación fija, por el que el dispositivo se fija a un pilote que penetra en el fondo del océano.
- Amarre flexible flotante: El dispositivo está amarrado mediante un cable o cadena al lecho marino, que le permite una considerable libertad de movimiento. Esto permite que el dispositivo oscile a medida que cambia la dirección del oleaje o de la corriente con la marea.
- Amarre rígido flotante: El dispositivo se fija en su posición mediante un sistema de amarre fijo, que permite un movimiento mínimo.
- Fuerza descendente inducida por “hidroalas”: El dispositivo utiliza una serie de palas montadas en un bastidor para inducir una fuerza descendente de posicionamiento a partir del flujo de la corriente de marea.

4.4 Subestaciones marinas

Son estructuras, que pueden ser plataformas fijas o flotantes, que contienen equipos de conversión de energía. Están ubicadas dentro o fuera del conjunto de energía undimotriz o mareomotriz y se conectan a los generadores individuales mediante cables de alimentación. Una vez convertida la energía en la subestación, un cable submarino la transfiere a tierra.

4.5 Visibilidad y señalización de las instalaciones de energía undimotriz y mareomotriz

La visibilidad dependerá del tipo de dispositivo. Algunas instalaciones estarán totalmente sumergidas, mientras que otras sólo sobresaldrán ligeramente de la superficie del mar. El marcado, balizamiento y señalización será competencia de Puertos del Estado y se basará en las directrices G1162 de la IALA, donde se establece lo siguiente sobre el marcado de dispositivos de energía undimotriz y mareomotriz mar adentro:

Los dispositivos de extracción de energía undimotriz y mareomotriz deben marcarse como una sola unidad o como un bloque o campo de la siguiente manera:

1. Cuando las estructuras estén sujetas al lecho marino por medios fijos o flotantes y se extiendan por encima de la superficie, deberán marcarse de conformidad con estas orientaciones. Se recomienda que:
 - a) Después de realizarse la adecuada evaluación de riesgos, las zonas que contienen dispositivos de undimotrices o mareomotrices en superficie o semisumergidos se señalarán mediante las ayudas a la navegación (AtoN) apropiadas. Además, se debe considerar el uso de reflectores de radar, material retrorreflectante, racones o transpondedores AIS cuando el nivel de tráfico y el grado de riesgo lo requieran.
 - b) La AtoN debe ser visible para el navegante desde todas las direcciones relevantes en el plano horizontal durante el día y deberá estar iluminada de noche.
 - c) Teniendo en cuenta los resultados de una evaluación de riesgos, las luces deben tener un alcance nominal y una divergencia vertical adecuados y pueden estar sincronizadas.
 - d) Los dispositivos individuales de energía undimotriz y mareomotriz dentro de un emplazamiento que se extienda por encima de la superficie se pintarán predominantemente de amarillo por encima de la línea de flotación y llevarán cinta retrorreflectante amarilla, según requiera la autoridad competente. Si se permite la navegación dentro del emplazamiento, puede ser necesario marcar los dispositivos individuales.
 - e) Si están marcados, los dispositivos individuales deben tener luces amarillas intermitentes. El carácter intermitente de dichas luces debe ser suficientemente diferente al de las luces delimitadoras con un alcance nominal no inferior a dos millas náuticas.
 - f) Las AtoN flotantes podrían situarse fuera de las amarras de las estructuras flotantes.

2. Sobre la base de la evaluación de riesgos, una única estructura de extracción de energía undimotriz o mareomotriz, por sí sola, puede marcarse de la siguiente manera:
 - Marca de peligro aislada
 - Marca especial
3. Las AtoN aquí descritas deben cumplir las recomendaciones y directrices de la IALA y tener una disponibilidad adecuada normalmente no inferior al 99% (Categoría 2 de la IALA).

4.6 Promulgación de información.

Los promotores de energía undimotriz y mareomotriz serán responsables de que se emitan los correspondientes avisos locales a los navegantes, para dar a conocer la actividad asociada a la construcción, el desmantelamiento o el mantenimiento de un emplazamiento de energía undimotriz o mareomotriz. La notificación deberá incluir el marcado, la ubicación y la extensión de las zonas de seguridad que se establezcan para esas operaciones.

5 ZONAS DE EXCLUSIÓN Y SEGURIDAD DE LAS IRM

Podrán establecerse zonas de seguridad temporales alrededor de un área o de un grupo de dispositivos de una IRM cuando se vayan a realizar trabajos específicos en ellos. Estas zonas tendrán un mínimo de 500 metros de radio medidos desde el borde exterior del dispositivo de superficie. Cabe señalar que es posible que las anclas y líneas de fondeo en el fondo marino de un sistema de fondeo catenario para dispositivos flotantes queden fuera de la zona de seguridad de 500 metros, por lo que, en dichas instalaciones, la zona de seguridad debería ser mayor. Estas zonas de seguridad se concederán por la Administración Marítima previa solicitud de los interesados.

Las zonas de seguridad se aplican durante los periodos de construcción, mantenimiento importante y desmantelamiento de las IRM para reducir los riesgos de los buques que navegan en la zona y para el personal y los buques de operaciones que trabajan en la infraestructura. En este sentido, son similares a las zonas de seguridad que se puedan establecer en torno a las infraestructuras de petróleo y gas en alta mar.

Las zonas de seguridad difieren de las zonas de exclusión, que se establecen alrededor de toda la IRM o de todo un conjunto de IRM dentro de un mismo polígono ZAPER. Las zonas de exclusión a la navegación se mantendrán durante toda la vida del desarrollo y se determinarán en la fase de autorización. Podrán ser específicas para determinados tipos de tráfico, pudiendo diferenciarse por ejemplo entre buques mercantes y embarcaciones de recreo y de pesca. Si hubiera varias zonas de exclusión en un desarrollo deberán estar correctamente señalizadas cada una de ellas.

Dichas Zonas de Seguridad se promulgarán mediante Avisos a los Navegantes y Emisiones de Avisos a la Navegación por Radio. Las Zonas de Seguridad estarán vigiladas por embarcaciones de apoyo que podrán ser las embarcaciones empleadas por los promotores como buques de vigilancia, dirigidas desde el centro de control de operaciones del promotor. Los navegantes deben respetar estas zonas y los patrones de los buques pesqueros que faenen en la zona deberán

estar al tanto de cualquier información respecto a las IRM que se promulgue por radio u otros medios.

Las zonas de seguridad no se establecerán alrededor de un desarrollo entero, en cambio las zonas de exclusión a la navegación si se aplicarán en toda la extensión de la IRM durante su vida útil y se balizarán correspondientemente.

Además algunas actividades específicas (como la pesca de arrastre o el fondeo) estarán prohibidas en una zona definida alrededor de los cables submarinos enterrados.

El IHM publicará información sobre las zonas de exclusión y las zonas en las que se prohíban ciertas actividades alrededor de los cables submarinos, en las cartas náuticas y en sus publicaciones.

Algunos tipos específicos de desarrollos de IRM pueden requerir que se establezcan zonas de seguridad y zonas de exclusión más restrictivas. Algunos diseños de dispositivos undimotrices y mareomotrices no estarán fijos en una posición por lo que podrían desplazarse horizontalmente distancias considerables sobre o bajo la superficie del mar. Además, estos diseños pueden tener partes móviles potencialmente peligrosas. Algunos desarrollos sumergidos o semisumergidos puede ser difíciles de detectar visualmente o mediante radar.

5.1 Acceso a las zonas de exclusión o seguridad y a la infraestructura IRM

Los navegantes deben permanecer a la mayor distancia posible de la zona de exclusión de una IRM y no deben entrar en dicha zona o en una zona seguridad a menos que sea para cumplir con su deber de socorro a las personas en peligro en el mar. Este acceso siempre deberá ser autorizado por Salvamento Marítimo en coordinación con el centro de control de operaciones del promotor, ya que el acceso de un buque a una IRM para prestar auxilio a personas o embarcaciones podría dar lugar a una situación de peligro potencialmente aún más grave.

Los navegantes deben ser conscientes de que no hay derecho de acceso a ningún tipo de dispositivo IRM y de que se deben respetar las zonas de exclusión y de seguridad. Los accesos no autorizados serán debidamente sancionados por la Administración Marítima.

5.2 Emergencias cerca o dentro de un centro IRM

En caso de emergencias cerca de una IRM que afecten a la propulsión o al gobierno de los buques, como averías del motor o del timón, los navegantes deben informar inmediatamente a Salvamento Marítimo y estar preparados para utilizar las anclas si fuese necesario, teniendo en cuenta la existencia de cables submarinos y otras obstrucciones que pudiera haber en el lecho marino.

En caso de emergencia extrema, los marinos pueden refugiarse en las torres de los aerogeneradores. El acceso se podrá realizar a través de escaleras verticales, teniendo en cuenta que abordar las turbinas es peligroso y difícil, pero las torres pueden servir de refugio si las circunstancias lo requieren. Se puede obtener un refugio muy limitado contra los elementos hasta

que se produzca el rescate, ya que lo normal es que no sea posible acceder al interior de la torre de la turbina.

Si se refugian en una torre de turbina, se advierte a los navegantes que los rotores pueden seguir girando hasta que Salvamento Marítimo sea alertado e informado de su situación. Por lo tanto, en tales circunstancias, los navegantes deben alertar a Salvamento Marítimo por todos los medios disponibles, recordando que la torre de la turbina puede oscurecer la línea de visión de las comunicaciones por lo que puede que tengan que moverse por la plataforma hasta recibir respuesta.

Una vez alertado, Salvamento Marítimo podrá ponerse en contacto con la sala de control de operaciones del parque eólico, que tiene la capacidad de apagar a distancia las turbinas individuales, si es necesario. Puede que los navegantes no sean capaces de acceder a la estructura interna del aerogenerador para llegar a la zona de rescate por helicóptero de la góndola, en ese caso los marinos tendrán que esperar a ser evacuados por mar cuando las condiciones marítimas lo permitan.

Es poco probable que los marinos en situación de emergencia puedan utilizar las turbinas undimotrices o mareomotrices como lugares de refugio. Normalmente están situadas en zonas de gran altura de olas o fuertes corrientes y, como tales, puede que no sea seguro acercarse a ellas, sobre todo si los buques ya están en una emergencia y no pueden maniobrar con seguridad. Acercarse a estos dispositivos podría agravar las consecuencias de la emergencia.

Después de responder a una llamada de socorro o alerta desde el interior de un parque eólico u otro tipo de- IRM, los navegantes deberán ponerse en contacto con Salvamento Marítimo informando de la llamada recibida. Los buques de gran tamaño pueden no ser aptos para asistir en tareas de salvamento dentro de una IRM, pero todos los navegantes deben responder inicialmente a una llamada de socorro, tal y como exige el derecho internacional, y transmitir inmediatamente los detalles al Centro de Coordinación de Salvamento más cercano. Si Salvamento Marítimo solicita que un buque acceda a la IRM para apoyar en tareas de salvamento, los navegantes deberán de hacer una evaluación cuidadosa de los riesgos asociados a entrar en dicha zona, teniendo en cuenta las orientaciones descritas anteriormente.

Se recomienda que los buques que operen constantemente cerca de dispositivos undimotrices marinos, dispositivos de energía mareomotriz o de parques eólicos flotantes, desarrollen planes de contingencia y respuesta a emergencias que aborden la posibilidad de que un dispositivo se desprenda de su amarre y entre en deriva convirtiéndose en un peligro para la navegación.

5.3 Opciones para navegantes

Teniendo en cuenta todas estas orientaciones, existen, en términos sencillos, tres opciones para los navegantes:

1. Alejarse lo máximo posible de la zona de exclusión o seguridad de una IRM
2. Navegar por el borde de la zona de exclusión o seguridad de una IRM

3. Dependiendo del tipo de buque y de si hay zonas de exclusión o seguridad distintas por tipo de buque, algunos buques podrán navegar con precaución por el borde de una zona de exclusión o de seguridad específica más cercana a la IRM.

La elección de una opción u otra dependerá de varios factores, como las características del buque (tipo, tonelaje bruto, calado, maniobrabilidad, etc.), el tipo de IRM y las condiciones meteorológicas y marítimas.

Los navegantes deben ser conscientes de que los objetivos de radar pueden quedar oscurecidos cuando se encuentren cerca de un conjunto de turbinas eólicas.

Estas recomendaciones no proporcionan orientación sobre las distancias de seguridad específicas a las que pasar de la zona de exclusión o seguridad de una IRM. Sin embargo, cuando hay suficiente espacio marítimo es prudente evitar la zona por completo (opción 1). Al optar por navegar cerca de la zona de exclusión o seguridad de una IRM (opciones 2 y 3), los navegantes deben estar atentos a los peligros que se describen en este documento y, planificar su viaje en consecuencia.

6 MARCADO Y APARIENCIA DE LAS IRM

6.1 Ejemplos de marcado y señalización

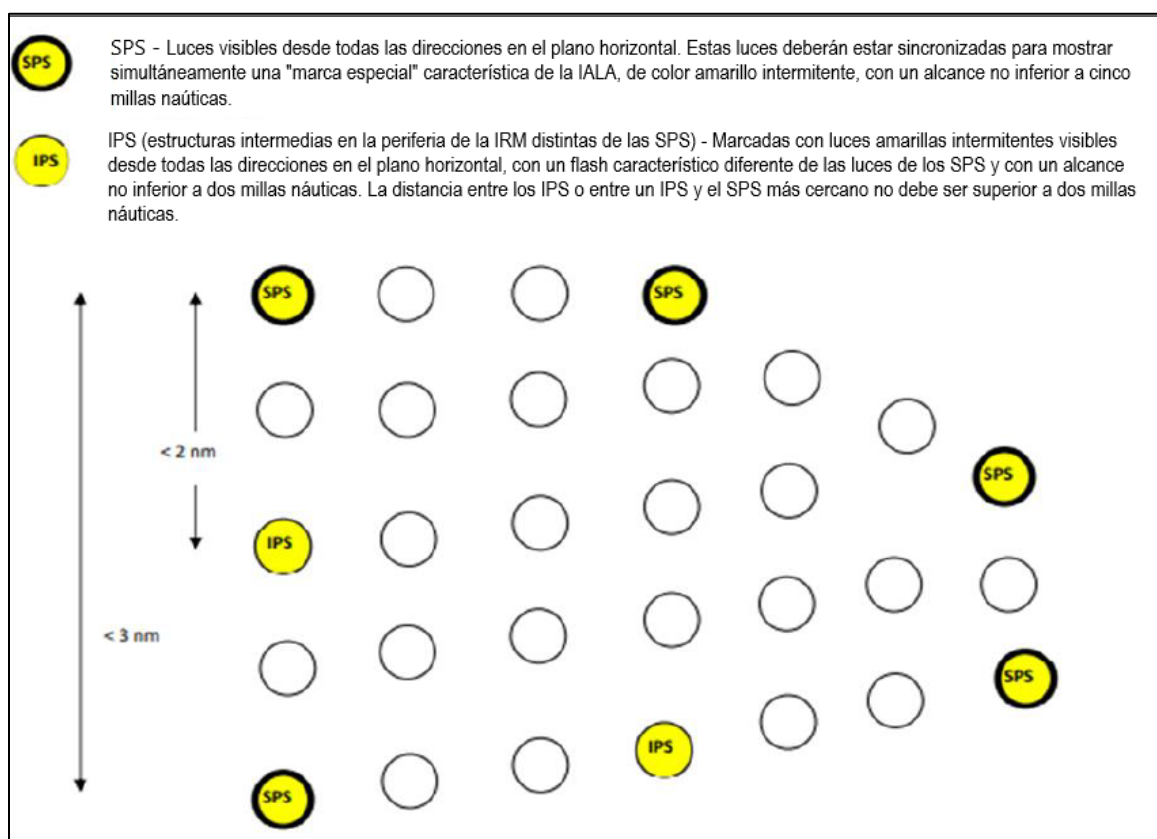


Figura 13. Ejemplo de señalización luminosa de una IRM

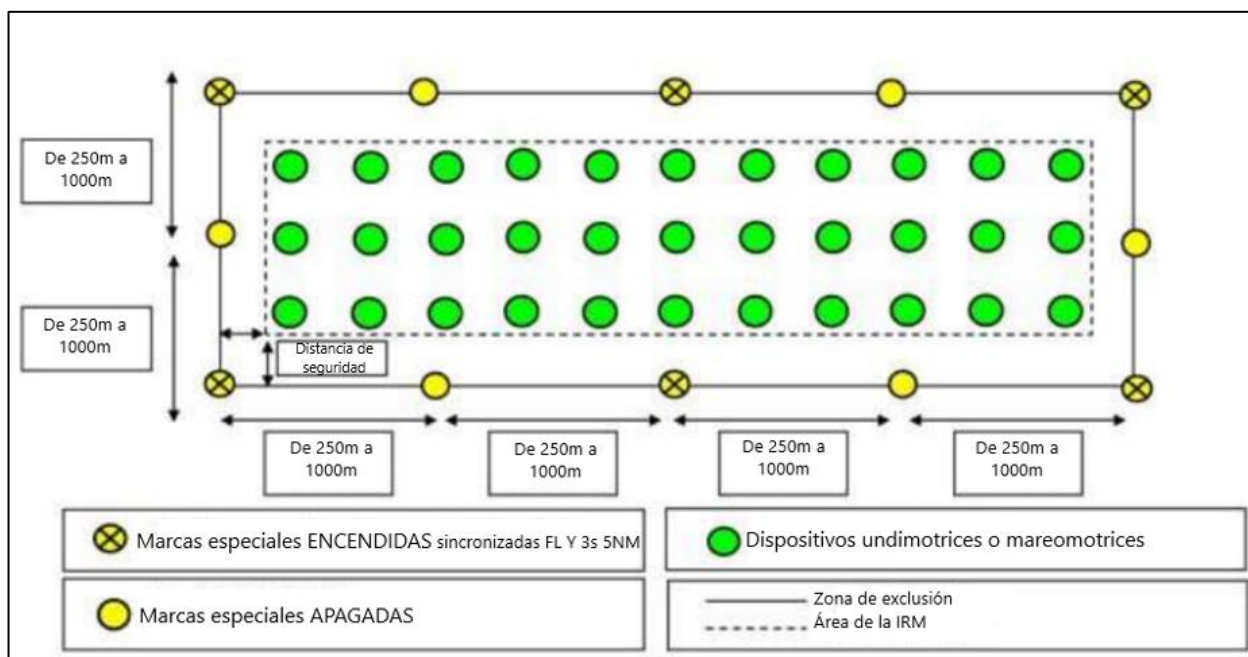


Figura 14. Ejemplo de señalización de dispositivos de oleaje y mareas y de su zona de exclusión

6.2 Ejemplos de aerogeneradores

En este apartado se muestran ilustraciones de varios IRM de Reino Unido y sus marcas. Estas ilustraciones son únicamente a modo ilustrativo ya que no existen en la actualidad desarrollos IRM en España. Las fuentes son las siguientes: figura 15, “Principle Power”; figura 16, “Mocean Energy”; figura 17, “Orbital Marine Power”.



Figura 15. Turbina de cimentación fija y turbina de cimentación flotante

6.3 Ejemplos de dispositivos undimotrices y mareomotrices



Figura 16. Dispositivo undimotriz en escocia

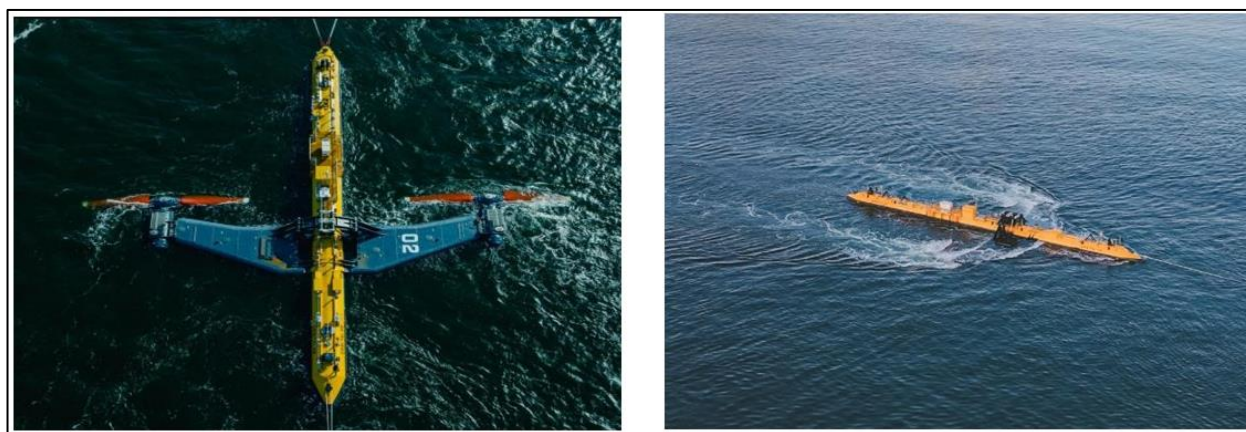


Figura 17. Dispositivo mareomotriz en Escocia.

7 CONCLUSIÓN

Esta guía se actualizará en el futuro a medida que se adquiera más experiencia con los parques eólicos marinos y otras IRM en España. Los problemas de carácter urgente relacionados con todos los tipos de IRM deben comunicarse inmediatamente a Salvamento Marítimo y a la Administración Marítima. Así mismo, los navegantes podrán informar de los efectos negativos en la navegación u otros problemas que experimenten en relación con las IRM a la Administración Marítima, ya sea a través de las Capitanías y Distritos Marítimos o comunicándose directamente con la DGMM.

Aunque las futuras instalaciones de energía renovable en alta mar plantean retos para la seguridad de la navegación en las costas españolas, una planificación adecuada del viaje basada en toda la información relevante sobre la IRM, deberían garantizar a buques y embarcaciones una travesía segura.