



# GUÍA DE LA IALA

## G1067-2

## FUENTES DE ENERGÍA

### Edición 2.0

Diciembre de 2017

Revoca las Guías 1042 y 1044 de la IALA



Puertos del Estado



# HISTORIAL DEL DOCUMENTO

Las revisiones realizadas a este documento de la IALA se anotarán en el siguiente cuadro antes de la puesta en circulación de un documento revisado.

Fecha	Detalles	Aprobación
Mayo de 2009	1ª edición	Consejo 45
Diciembre de 2017	Documento entero revisado y actualizado tras la remaquetación del documento según la nueva estructura de documentación de la IALA. Actualizado para reflejar la información del taller sobre luces y energía sostenible para la próxima generación de 2017.	Consejo 65

La revisión de la traducción de este documento ha sido realizada por el grupo de trabajo de Puertos del Estado en el que han participado:

*Luis Martínez (Autoridad Portuaria de Vigo);  
Enrique Abati (Autoridad Portuaria de Marín);  
Juan Manuel Vidal (Autoridad Portuaria de Gijón);  
Carlos Calvo (Autoridad Portuaria de Santander);  
Cristina García-Capelo (Autoridad Portuaria de Bilbao);  
Jose Luis Nuñez (Autoridad Portuaria de Pasajes);  
Juan Antonio Torres (Autoridad Portuaria de Huelva);*

*Septimio Andrés (Autoridad Portuaria de Sevilla);  
German Gamarro (Autoridad Portuaria de Algeciras);  
Santiago Tortosa (Autoridad Portuaria de Ceuta);  
Jaime Arenas (Autoridad Portuaria de Baleares);  
Antonio Cebrián y Guillermo Segador (Autoridad Portuaria de Barcelona);  
José Carlos Díez (Puertos del Estado).*

Coordinación de la edición en español y edición final:

*José Carlos Díez (Puertos del Estado)*

NOTA: Puertos del Estado no se responsabiliza de los errores de interpretación que puedan producirse por terceros en el uso del contenido de este documento, que corresponde a una traducción del documento original de la Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima y Autoridades de Faros (IALA) denominado según aparece en la carátula.



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
1.1. Ámbito de aplicación y objeto .....	6
1.2. Guía práctica sobre la selección de sistemas de energía.....	6
<b>2. CÓMO UTILIZAR ESTA GUÍA</b> .....	<b>6</b>
<b>3. ELECTRICIDAD DE CORRIENTE ALTERNA (CA) SUMINISTRADA POR RED</b> .....	<b>6</b>
3.1. General .....	6
3.2. Ventajas .....	7
3.3. Desventajas.....	7
<b>4. ENERGÍA FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>7</b>
4.1. General .....	7
4.2. Ventajas .....	8
4.3. Desventajas.....	8
<b>5. ENERGÍA EÓLICA</b> .....	<b>8</b>
5.1. General .....	8
5.2. Ventajas .....	9
5.3. Desventajas.....	9
<b>6. GENERADOR UNDIMOTRIZ</b> .....	<b>9</b>
6.1. General .....	9
6.2. Ventajas .....	10
6.3. Desventajas.....	10
<b>7. PILAS DE COMBUSTIBLE</b> .....	<b>10</b>
7.1. General .....	10
7.2. Ventajas .....	10
7.3. Desventajas.....	10
<b>8. GENERADORES DE DIÉSEL</b> .....	<b>11</b>
8.1. General .....	11
8.2. Ventajas .....	11
8.3. Desventajas.....	11
<b>9. GENERADORES DE GASOLINA/GAS</b> .....	<b>12</b>
9.1. General .....	12
9.2. Ventajas .....	12
9.3. Desventajas.....	12
<b>10. SISTEMAS DE ENERGÍA HÍBRIDOS</b> .....	<b>12</b>
10.1. General .....	12



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

10.2.	Ventajas .....	12
10.3.	Desventajas.....	12
10.4.	Observación .....	13
10.5.	Consideraciones sobre el diseño .....	13
<b>11.</b>	<b>PROTECCIÓN CONTRA RAYOS/SOBRETENSIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>12.</b>	<b>INSTALACIÓN.....</b>	<b>14</b>
12.1.	General .....	14
12.2.	Suministro de energía por red .....	14
12.3.	Energía fotovoltaica .....	14
12.3.1.	General 14	
12.3.2.	Protección contra los excrementos de aves .....	14
12.3.3.	Protección mecánica .....	14
12.3.4.	El ángulo del módulo .....	15
12.4.	Energía Eeólica.....	15
12.4.1.	Ubicación .....	15
12.4.2.	Estructuras.....	15
12.4.3.	Manejo.....	15
12.5.	Generador undomotriz .....	16
12.6.	Pilas de combustible .....	16
12.6.1.	Gestión del combustible .....	16
12.6.2.	Ventilación.....	16
12.6.3.	Gestión del agua .....	16
12.6.4.	Restricciones al funcionamiento.....	16
12.7.	Generadores diésel .....	16
12.7.1.	Gestión del combustible .....	16
12.7.2.	Ventilación.....	17
12.7.3.	Gestión de los gases de escape .....	17
12.7.4.	Sistema contra incendios.....	17
12.7.5.	Manipulación.....	18
12.7.6.	Ruidos y vibraciones .....	18
<b>13.</b>	<b>MANTENIMIENTO.....</b>	<b>18</b>
13.1.	Suministro de energía por red .....	18
13.2.	Energía fotovoltaica .....	18
13.3.	Energía eólica.....	18
13.4.	Generaador undimotriz .....	19
13.5.	Pilas de combustible .....	19
13.6.	Generadores de diésel .....	19
13.7.	Frecuencia de las visitas de mantenimiento .....	19



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

14. ACRÓNIMOS .....	20
15. REFERENCIAS .....	20

## Índice de tablas

<i>Tabla 1</i>	<i>Posibles combinaciones de fuentes de energía .....</i>	<i>13</i>
----------------	---	-----------

## Índice de figuras

<i>Figura 1</i>	<i>Perspectiva general de la estructura de la guía .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2</i>	<i>Conjunto de módulos solares del faro de Grasøyane .....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3</i>	<i>Varios aerogeneradores utilizados en Noruega .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4</i>	<i>Generador undimotriz .....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5</i>	<i>Ejemplos de la instalación de generadores de diésel en Francia.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6</i>	<i>Pequeño sistema de energía híbrido de un faro.....</i>	<i>12</i>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y OBJETO

Esta guía sustituye la Guía 1044 de la IALA sobre Fuentes de energía renovable para ayudas a la navegación (junio de 2005) e incluye texto de la Guía 1042 de la IALA sobre Fuentes de energía para ayudas a la navegación (diciembre de 2004), que también reemplaza.

Esta guía aporta orientación sobre la selección y diseño de fuentes de energía. Aunque ofrezca recomendaciones generales, los fabricantes de los productos pueden dar instrucciones específicas sobre la selección, funcionamiento y mantenimiento de los equipos.

Esta guía tiene por objeto orientar a los usuarios a elegir y mantener correctamente las fuentes de energía utilizados en los sistemas de ayudas a la navegación marítima (AtoN).

### 1.2. GUÍA PRÁCTICA SOBRE LA SELECCIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA

El Cuadro 1 de la Guía G1067-0 de la IALA - Selección de sistemas de energía para AtoN y equipos asociados tiene por objeto orientar en la selección de sistemas de energía para los tipos y tamaños de cargas, que, sin embargo, son sólo indicaciones aproximadas.

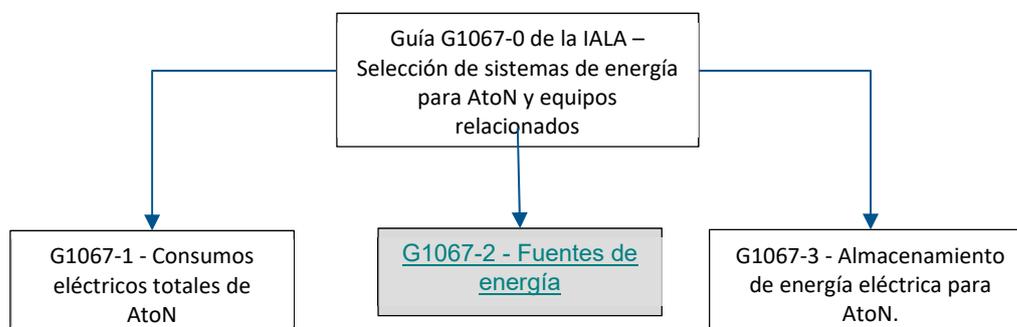
## 2. CÓMO UTILIZAR ESTA GUÍA

Este documento forma parte de un conjunto de guías y debe leerse junto con los siguientes documentos:

Guía G1067-0 de la IALA – Selección de sistemas de energía para AtoN y equipos relacionados.

Guía G1067-1 de la IALA - Consumos eléctricos totales de AtoN.

Guía 1067-3 de la IALA - Almacenamiento de energía eléctrica para AtoN.



**Figura 1** *Perspectiva general de la estructura de la guía*

## 3. ELECTRICIDAD DE CORRIENTE ALTERNA (CA) SUMINISTRADA POR RED

### 3.1. GENERAL

La disponibilidad de electricidad de corriente alterna de red en o cerca del emplazamiento debe ser la primera consideración y, donde esté disponible debe ser la fuente preferida. Para prevenir un fallo de la AtoN por interrupción del suministro que afecte de manera adversa la disponibilidad, pueden utilizarse sistemas de respaldo.

### 3.2. VENTAJAS

- La potencia de la carga que se alimenta del sistema no es crítica;
- Costes de capital y gastos corrientes bajos;
- Poco mantenimiento.

### 3.3. DESVENTAJAS

- Dependencia de entidades externas;
- Posible falta de fiabilidad del suministro;
- Tiempo de reparación prolongado en ubicaciones remotas;
- Podría necesitar un sistema de respaldo, que requerirá mantenimiento periódico;
- Puede que necesite protección contra rayos y sobretensiones;
- El coste de mantenimiento de las líneas eléctricas, si son en propiedad;
- Por motivos de seguridad, son necesarios ensayos e inspecciones periódicas;
- Riesgo eléctrico elevado para el personal de mantenimiento.

## 4. ENERGÍA FOTOVOLTAICA

### 4.1. GENERAL

Si no se dispone de suministro eléctrico de corriente alterna por red, no es fiable o es demasiado caro, la solución preferida será la energía solar.

El enfoque adoptado para el dimensionamiento de los sistemas de energía fotovoltaica puede variar en diferentes partes del mundo. Para una demanda de consumo o un emplazamiento determinado, no existe una sola solución correcta de diseño. Por ejemplo, para un nivel de consumo determinado, es posible aumentar la superficie de módulos fotovoltaicos y reducir la capacidad de las baterías, y también es factible la solución inversa.

Un sistema de energía fotovoltaica (FV) para AtoN, en su forma básica, consiste en un panel solar con, un regulador de carga y un acumulador. Los sistemas de energía FV cuentan con una tecnología de probada eficacia y son muchos los proveedores ofrecen estos equipos. Cuando están correctamente diseñados y, una vez considerada debidamente la protección contra el ambiente marino, son muy fiables, siendo la fuente de energía más utilizada para la carga de acumuladores.

En algunos países, ha habido una tendencia hacia la reducción del alcance de las AtoN de largo alcance, que, en combinación con el uso de fuentes luminosas modernas de alta eficiencia, lo que podría hacer que las AtoN puedan convertirse a energía FV.



**Figura 2** *Conjunto de módulos solares del faro de Grasøyane*

## 4.2. VENTAJAS

- Es una fuente sostenible de energía;
- Poco mantenimiento técnico;
- Larga Vida útil;
- Una tecnología bien probada y fiable;
- Costes de funcionamiento muy bajos;
- Sin costes de adquisición de energía;
- Seguridad eléctrica mejorada por usar sistemas de bajo voltaje.

## 4.3. DESVENTAJAS

- El funcionamiento depende de la irradiación solar y, por tanto, existe la necesidad de una gran capacidad de almacenamiento de energía para los periodos sin sol;
- Deterioro de la energía debido a los efectos ambientales como: arena, polvo, excrementos de aves, sal, sombras, etc. Dichos problemas también pueden aumentar los costes de mantenimiento;
- Necesidad de sobredimensionar el sistema debido a la variabilidad del ciclo solar;
- Es susceptible al vandalismo y el robo;
- En algunos lugares, es necesaria una gran superficie de instalación para generar suficiente energía;
- Puede que, el coste de los sistemas no sea eficaz en latitudes elevadas debido a la baja irradiación solar;
- Es susceptible a daños por el viento y el oleaje;
- Las restricciones del patrimonio histórico podrían limitar el uso;
- Reducción del rendimiento a temperaturas elevadas.

## 5. ENERGÍA EÓLICA

### 5.1. GENERAL

La energía eólica es una fuente de energía renovable que puede contemplarse como fuente de alimentación para las AtoN. El aerogenerador puede emplearse como una fuente secundaria de generación de energía, como parte de un sistema híbrido. Los aerogeneradores están disponibles en formato de eje horizontal y vertical.



**Figura 3** *Varios aerogeneradores utilizados en Noruega*

## 5.2. VENTAJAS

- Es una fuente sostenible de energía;
- Es una fuente secundaria de energía alternativa;
- La energía está disponible tanto de día como de noche;
- Elevada salida energética de una zona reducida;
- Sin costes de adquisición de energía.

## 5.3. DESVENTAJAS

- Muchas necesidades de mantenimiento;
- No es adecuada como fuente primaria de energía;
- Contiene piezas móviles y giratorias (seguridad);
- Proclive a daños debido a condiciones meteorológicas locales, como, por ejemplo, turbulencias por viento, agua nieve y tifones;
- Podría provocar una contaminación acústica elevada;
- Las piezas móviles pueden ser un peligro para las aves;
- Generación variable de energía;
- Es posible que se tenga que interrumpir durante las tormentas;
- Es necesario un mínimo de velocidad de viento para comenzar a generar energía;
- Se puede destruir debido a las vibraciones en la estructura portante;
- Es posible que haya que obtener permisos para la ubicación del aerogenerador;
- Se requiere un flujo de aire laminar para un funcionamiento fiable.

## 6. GENERADOR UNDIMOTRIZ

### 6.1. GENERAL

Los generadores undimotrices se utilizan instalándolos en el tubo de la cola de las boyas y pueden funcionar por sí solos o como parte de un sistema híbrido, normalmente con la energía solar.



***Figura 4*** ***Generador undimotriz***

## 6.2. VENTAJAS

---

- Densidad relativamente alta de energía en ayudas flotantes a la navegación, generando normalmente 60 a 100W de energía de salida;
- La energía está disponible de día y de noche, pero está sujeta al estado del oleaje.
- Es una fuente de energía renovable con el consiguiente ahorro de costes.

## 6.3. DESVENTAJAS

---

- Normalmente, se utilizan en el tubo de la cola de boyas, lo que puede dificultar su manejo;
- Costes de capital elevados;
- Costes de mantenimiento altos – normalmente, las instalaciones necesitan intervalos anuales de mantenimiento;
- Disponibilidad limitada – sólo hay una fuente de suministro;
- Nivel de contaminación acústica elevado;
- Las incrustaciones marinas tendrán un impacto negativo en el funcionamiento del generador undimotriz.

## 7. PILAS DE COMBUSTIBLE

---

### 7.1. GENERAL

---

La tecnología de pilas de combustible es bastante novedosa y se encuentra en continuo desarrollo. La pila de combustible puede utilizarse como una fuente primaria de energía o en combinación con la fotovoltaica o con aerogeneradores (sistema híbrido) en ubicaciones remotas.

En la actualidad, existen dos tipos de pilas de combustible en el mercado, con relevancia en AtoN:

- De membrana de intercambio de protones (PEM, del inglés, *Proton Exchange Membrane*);
- La membrana de intercambio de protones utiliza el hidrógeno en estado gaseoso como combustible directo y puede emplearse para luces fijas de medio o gran tamaño en zonas remotas;
- La pila de combustible de metano directo (DMFC, del inglés, *Direct Methanol Fuel Cell*);
- Esta tecnología emplea como combustible una mezcla de metanol y agua. En la actualidad, la tecnología puede producir energía de 100 vatios a 5kW.

### 7.2. VENTAJAS

---

- No hay piezas móviles en la membrana de intercambio de protones;
- Poco mantenimiento técnico;
- Pocas emisiones contaminantes;
- Costes de funcionamiento bajos;
- La energía es independiente de la mayoría de las condiciones meteorológicas.

### 7.3. DESVENTAJAS

---

- Problemas con el repostaje;
- Problemas con la seguridad y el transporte del combustible;

- La vida útil de la pila es limitada;
- Algunos tipos adolecen de bajo rendimiento a bajas temperaturas;
- Costes de capital.

## 8. GENERADORES DE DIÉSEL

### 8.1. GENERAL

En general, se utilizan para grandes requerimientos de energía en AtoN fijas en lugares remotos, o como respaldo para la electricidad suministrada por red.

Siempre que sea posible, se deben utilizar sistemas de energía renovable en lugar de generadores de diésel. La generación por diésel puede aportar la parte de la reserva de un sistema híbrido, o como una fuente de energía de emergencia. Cuando se requiera consumo doméstico, puede considerarse la instalación de un generador de diésel.



*Figura 5 Ejemplos de la instalación de generadores de diésel en Francia*

### 8.2. VENTAJAS

- Buena relación entre coste y energía;
- Es una tecnología bien asentada;
- La energía es independiente de la mayoría de las condiciones meteorológicas.

### 8.3. DESVENTAJAS

- La complejidad de la instalación;
- Requiere un espacio dedicado, como, p.ej. una sala de máquinas;
- Es necesario el mantenimiento periódico;
- Produce ruido y contaminación atmosférica;
- Es necesario el repostaje periódico;
- El coste del transporte del combustible;
- El intervalo de mantenimiento sin atención es corto, normalmente entre 4 y 6 meses;
- El riesgo medioambiental del almacenamiento del combustible tiene que abordarse en cada emplazamiento.

## 9. GENERADORES DE GASOLINA/GAS

### 9.1. GENERAL

En general, estos sistemas de energía se emplean de manera similar a la de los de diésel, descritos en la sección anterior. Debido a las desventajas enumeradas a continuación, no se recomiendan los generadores de gasolina en las instalaciones fijas.

### 9.2. VENTAJAS

- Para las ventajas. véase el apartado 8.2;
- Buena relación entre energía y peso.

### 9.3. DESVENTAJAS

- Véase el apartado 8.3;
- Implicaciones de seguridad del almacenamiento de combustible y el transporte;
- Son menos duraderos que los generadores diésel;
- Mayores necesidades de mantenimiento y más frecuentes al funcionar a mayores revoluciones.

## 10. SISTEMAS DE ENERGÍA HÍBRIDOS

### 10.1. GENERAL

Si un tipo de sistema (p. ej. uno FV) es insuficiente para recargar las baterías, se podrá añadir otro tipo de fuente de energía para complementar la fuente principal y crear lo que se conoce como un sistema híbrido.

Las ventajas de un sistema híbrido radican en la mezcla de fuentes de energía elegidas dan más fiabilidad al suministro a un sistema de AtoN. Esto se puede lograr combinando fuentes de energía diferentes, tales como módulos FV, aerogeneradores o, incluso generadores diésel, que proporcionen capacidad suficiente para alimentar la AtoN o recargar los dispositivos de almacenamiento de energía.



*Figura 6 Pequeño sistema de energía híbrido de un faro*

### 10.2. VENTAJAS

- Posibilidad de reducir la capacidad del sistema de almacenamiento de energía;
- Mayor fiabilidad para suministrar energía que una fuente única.

### 10.3. DESVENTAJAS

- Sistema más complejo;
- Aumento de mantenimiento;
- Costes de capital.

## 10.4. OBSERVACIÓN

Se debe hacer una comparativa de costos entre sobredimensionar un generador FV y agregar una fuente de energía secundaria, teniendo en cuenta que las fuentes de respaldo, por lo general, suelen ser menos fiables que los generadores solares FV.

Sin embargo, con generadores FV de gran tamaño (>1.000 W) en latitudes por encima de los 40 grados, donde los niveles de irradiación solar del verano y el invierno son bastante diferentes, puede considerarse el uso de una fuente secundaria para reducir la capacidad del sistema de baterías y, al mismo tiempo, reducir el peso, el volumen de los equipos y el espacio necesario en los edificios. Los generadores portátiles se han utilizado para minimizar los costes a lo largo de la vida útil, al incluir recargas durante el mantenimiento programado.

## 10.5. CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO

- Selección de la solución del almacenamiento de energía;
- El almacenamiento de energía se dimensionará para que pueda soportar el máximo de corriente de salida de las diferentes fuentes simultáneamente;
- Considerar la combinación de tecnologías. Idealmente, selección de dispositivos de diversos tipos, p.ej. pasivos y mecánicos;
- Elección del sistema de regulación;
- Debe tenerse debidamente en cuenta cuando se mezclan reguladores o conectan diferentes salidas en paralelo, p.ej., protección de diodos.

*Tabla 1 Posibles combinaciones de fuentes de energía*

Primaria Secundaria	Pila de combustible	Generador	Solar	Eólica	Undimotriz	Energía de red
Pila de combustible		0	++	++	+	++
Generador	0		++	++	0	++
Solar	++	++		++	++	+
Eólica	++	++	++		0	+
Undimotriz	+	0	++	0		0
Energía de red	++	++	+	+	0	

### Leyenda de la tabla:

++ - Preferida

+ - Recomendada

0 - No recomendada

## 11. PROTECCIÓN CONTRA RAYOS/SOBRETENSIONES

Para proteger un sistema de energía contra las sobretensiones eléctricas, tales como los de los rayos, se debe contemplar la protección contra rayos. La Guía de la IALA G1012 sobre la Protección de faros y ayudas a la navegación contra daños por rayo, de mayo de 2013, trata sobre este aspecto.

## 12. INSTALACIÓN

---

### 12.1. GENERAL

---

Para lograr una resistencia reducida y suficiente resistencia mecánica, se utilizarán cables con una sección transversal elevada (CSA) (mm<sup>2</sup>), que serán los apropiados para luz UV y el medio marino. Los conductores estarían mejor protegidos estando revestidos, como, p.ej., el hilo de cobre estañado.

En los sistemas fotovoltaicos, algunos fabricantes suministran sus módulos con cajas de derivación montadas en la parte trasera. En el caso de los módulos con cables aéreos, debe extremarse la precaución al fijarlos y garantizar que no estén sometidos a una carga mecánica excesiva en el punto por el que entran al módulo.

### 12.2. SUMINISTRO DE ENERGÍA POR RED

---

Se suele acordar con la compañía eléctrica. Si la fuente disponible más cercana se encuentra a cierta distancia, es posible que la compañía eléctrica cobre por el tendido de cable nuevo a la nueva ubicación. Esto puede resultar bastante caro, y habrá que compararlo con el coste del suministro de energía de otra fuente.

En cualquier caso, la autoridad de suministro eléctrico inspeccionará la instalación antes de proceder a la acometida final.

### 12.3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA

---

#### 12.3.1. GENERAL

Al diseñar un sistema de energía solar, la Guía 1039 - Diseño de sistemas de energía solar para AtoN [1] ayudará con el uso del modelo solar de la IALA, además de proporcionar información general.

El diseño de cualquier disposición de montaje solar será específico para cada ubicación y el tipo de los módulos utilizados. Cualquier disposición de montaje, debería prever una protección adecuada contra la corrosión galvánica entre metales diferentes (marco/estructura), utilizando aisladores o separadores, teniendo en cuenta el entorno en el que vaya a operar.

Se extremará el cuidado para asegurar que la estanquidad al agua de la caja de derivación del módulo solar sea la adecuada para la vida útil del módulo, lo que a menudo requerirá que la caja de derivación se encapsule durante su vida útil.

#### 12.3.2. PROTECCIÓN CONTRA LOS EXCREMENTOS DE AVES

En algunas zonas, las aves causan grandes problemas, al ensuciar los módulos con sus excrementos. Se ha diseñado un gran número de dispositivos, pero ninguno es totalmente eficaz, prefiriéndose las púas disuasorias de aves (de plástico o de metal). Los dispositivos que funcionan en un lugar no son efectivos en otros. Los módulos en posición vertical reducen el problema, pero, en algunos casos, eso implica sobredimensionar la instalación. Debe considerarse el peligro que puede suponer las púas disuasorias de aves de metal para el personal de mantenimiento.

#### 12.3.3. PROTECCIÓN MECÁNICA

En general, se requerirá protección para reducir el efecto del impacto del oleaje, las tormentas, el vandalismo, los robos y la manipulación en las boyas. El montaje en vertical de los módulos en AtoN flotantes reduce su vulnerabilidad, pero afecta al rendimiento del panel solar.

Debe extremarse el cuidado durante la instalación de sistemas fotovoltaicos para garantizar que los elementos de montaje no ejerzan presión sobre el módulo. Asimismo, se debe tener cuidado para evitar el sombreado total o parcial de los módulos durante el día o en cualquier estación del año. También se prestará atención al crecimiento de árboles, la hierba y a la existencia de otras estructuras. Cabe señalar que el sombreado de una célula de un módulo provocará que se pierda, parcial o totalmente, la salida de energía de todas las células en la serie en cuestión.



Los módulos solares son artículos muy codiciados y, como tal, se deberán emplear dispositivos adecuados (tornillos o tuercas especiales, piezas soldadas, etc.) para disuadir a los ladrones de llevarse los equipos. La colocación de señales indicando la importancia de la instalación para la seguridad marítima podría ayudar a evitar las pérdidas.

Es posible que unas planchas metálicas colocadas en la parte trasera de los módulos y una cubierta transparente en la parte frontal puedan reducir los efectos del vandalismo, pero, en general, una cubierta frontal afecta a la eficiencia, reduciendo la transmisión, que aumentará si la cubierta no es capaz de autolimpiarse. La plancha metálica, colocada en la parte trasera, puede proteger los módulos que contienen resina en la parte posterior contra el picoteo de las aves.

#### **12.3.4. EL ÁNGULO DEL MÓDULO**

Cuando sea factible, el conjunto de módulos solares se orientará al ecuador en las instalaciones fijas. Los módulos se suelen montar para que el ángulo entre el módulo y el plano horizontal varíe según el lugar en la tierra en el que se encuentren. En las latitudes altas, el ángulo de montaje del conjunto debería ser la latitud más 20 grados para optimizar la generación de energía durante los meses de invierno. En las latitudes bajas, el ángulo debe ser el ángulo de la latitud en cuestión. Sin embargo, para minimizar los efectos de los excrementos de aves (incluso con dispositivos disuasorios) y los depósitos de suciedad, es mejor no colocar los módulos de forma horizontal, y la inclinación nunca será menor de 20 grados.

En las AtoN flotantes, donde la orientación de los módulos es aleatoria, los módulos se suelen colocar en torno al eje de la boya. El montaje de los módulos a un ángulo pronunciado, o incluso en posición vertical, hace que sea más eficiente el lavado automático por la lluvia y las salpicaduras del mar. También puede hacer que sea más fácil su integración con la superestructura y la protección contra daños. La pérdida de energía a estos ángulos de montaje se ve parcialmente compensada por el reflejo de la superficie del agua (Radiación reflejada)<sup>1</sup>. Algunas autoridades han implantado una política de montar módulos individuales de forma horizontal encima de la linterna o las boyas. No se recomienda el montaje horizontal de módulos en las latitudes altas de los hemisferios norte y sur.

### **12.4. ENERGÍA EEÓLICA**

#### **12.4.1. UBICACIÓN**

Todos los aerogeneradores funcionan mejor cuando el flujo de aire es constante y laminar. Debido a las estructuras cercanas o al terreno, no suelen darse estas condiciones en los emplazamientos de AtoN ubicados mar adentro y en la costa y, por ello, cualquier ubicación es a menudo un compromiso.

#### **12.4.2. ESTRUCTURAS**

Cuando se instala un aerogenerador, la estructura de montaje suele requerir una excavación considerable en el terreno, lo que puede conllevar un coste significativo. Si se monta sobre una estructura existente, la edificación debe ser del tamaño adecuado para garantizar que pueda soportar todas las condiciones meteorológicas y, al mismo tiempo, permitir un fácil acceso para el mantenimiento. A menudo se emplean cables de atirantamiento para hacer la estructura más rígida, pero esto requiere un espacio apropiado.

La vibración suele ser un problema con los aerogeneradores. Esto debe tenerse en cuenta con un cuidado diseño y montaje, prestando particular atención para evitar las frecuencias naturales del soporte.

#### **12.4.3. MANEJO**

Cuando se eligen aerogeneradores con grandes salidas de energía (>1kW), las instalaciones disponibles en el emplazamiento serán una consideración fundamental para la manipulación de los equipos y colocarlos en su posición.

---

<sup>1</sup> Nota del Traductor

## 12.5. GENERADOR UNDOMOTRIZ

---

En general, estos pequeños dispositivos se montan en boyas con colas tubulares. Un factor clave para el funcionamiento eficaz es asegurar que haya un buen flujo de aire sobre la turbina de Wells y que el circuito de aire, que se pone a presión por la acción de las olas, esté perfectamente sellado.

En el diseño e instalación, se tendrá en cuenta cómo proteger el dispositivo de cualquier acción de las olas, de tal modo que sea suficiente para garantizar que no se provoquen daños a la turbina.

Como parte de la instalación, se necesita un método para mantener y limpiar el circuito de aire a fin de garantizar un funcionamiento eficaz, así como para eliminar las incrustaciones marinas, que pueden mermar rápidamente el funcionamiento del dispositivo.

## 12.6. PILAS DE COMBUSTIBLE

---

### 12.6.1. GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE

El combustible utilizado en los diferentes tipos de pilas de combustible varía desde el hidrógeno al metanol y el propano, por nombrar sólo algunos. Todos ellos requieren que sean seguros y se gestionen adecuadamente, con una cubeta de retención apropiada para los combustibles líquidos y ventilación para los combustibles gaseosos. Todos necesitarán un soporte seguro, que dependerá del lugar de operación del dispositivo. Es posible que se deban implantar mecanismos para la manipulación y el repostaje, aunque las unidades más pequeñas de metanol se pueden suministrar en pequeños contenedores de 25 litros.

### 12.6.2. VENTILACIÓN

El lugar donde se colocará la pila de combustible debe tener una protección adecuada contra el entorno, pero también una ventilación suficiente para asegurar un funcionamiento eficaz, ya que el proceso requiere un suministro inmediato de oxígeno para generar electricidad.

El proceso también produce calor, que bien se podrá disipar al entorno mediante la ventilación o emplearse dentro de la pila de combustible para proporcionar calefacción a la sala / edificio.

### 12.6.3. GESTIÓN DEL AGUA

En el proceso de generación de electricidad, se produce agua pura como subproducto, que se verterá al entorno o se capturará para su posterior eliminación. Deberán adoptarse medidas adecuadas para garantizar que dicha agua no se congele, ya que puede impedir el funcionamiento del dispositivo.

### 12.6.4. RESTRICCIONES AL FUNCIONAMIENTO

En función del tipo de pila de combustible utilizado, hay que tener en cuenta que el tiempo de arranque puede convertirse en un factor importante. Algunas pilas de combustible tienen que alcanzar una temperatura elevada de funcionamiento (200°C a 1.000°C) antes de que generen energía eléctrica como salida. La fuente de energía para esta fase de “calentamiento” puede ser el propio combustible o suministrarse a través de una fuente externa de electricidad.

## 12.7. GENERADORES DIÉSEL

---

### 12.7.1. GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE

Como parte de una instalación de generadores, el tamaño del tanque de almacenamiento de combustible tiene que ser lo suficientemente grande para soportar las demandas previstas de funcionamiento. Normalmente, el volumen almacenado puede oscilar entre 25 litros, para un generador portátil, y 25.000 litros, para una instalación permanente. Estas instalaciones grandes también están dotadas de medios para supervisar, de forma remota, el volumen disponible.

Debe extremarse el cuidado en el transporte del combustible desde el tanque al motor para minimizar la probabilidad de que haya fugas y, así, evitar la contaminación medioambiental. En el proceso de diseño e instalación



de un sistema de combustible, puede haber muchos reglamentos locales, nacionales e internacionales que se tendrán que cumplir y se debe consultar a los grupos de interés.

Todos los sistemas requerirán reabastecerse y por ello, deberá implantarse una solución adecuada al respecto. En los sistemas pequeños, esto puede ser muy sencillo, sin embargo, en sistemas más grandes o ubicados mar adentro, será necesario usar una solución más completa, teniendo en cuenta el punto de entrega que se vaya a utilizar.

Cuando se instale un generador dentro de una sala, las instalaciones deben ser capaces de capturar y retener los vertidos de combustible, para evitar que se introduzcan en el medioambiente. Dichos sistemas deben cumplir los reglamentos locales, nacionales e internacionales.

En los sistemas de combustible más sencillos, el suministro de combustible desde los tanques de almacenamiento se realiza por gravedad, en esta configuración, es necesaria una diferencia adecuada entre la altura del lugar de almacenamiento y la parte superior del motor. Si no se asegura que dicha diferencia sea suficiente, el motor se parará cuando el depósito de combustible esté parcialmente vacío.

#### **12.7.2. VENTILACIÓN**

Debe asegurarse la ventilación para todos los motores dentro del edificio. Todos los generadores portátiles se diseñan para que funcionen en el exterior y tendrán la ventilación suficiente para las condiciones de funcionamiento. Cualquier ventilación necesita asegurar que haya suficiente renovación de aire por hora para garantizar un ambiente estable para que el generador funcione bajo todas las demandas de consumo y condiciones ambientales.

La ventilación puede ser pasiva, con un único ventilador, o activa, en la forma de salidas de aire ventiladas. Además, el ventilador dispondrá de un dispositivo de cierre, que servirá tanto para aislar el motor del entorno cuando no esté en funcionamiento, como para cortar el flujo de aire en caso de incendio. Se podrá retrasar la apertura del dispositivo de cierre para permitir que aumente la temperatura del motor a su nivel normal de funcionamiento.

Los ventiladores siempre se instalan por parejas, una dentro (abajo) y otra fuera (arriba), e idóneamente en diferentes lados de la sala. Estos lugares no sólo permitirán un buen flujo cruzado de aire en la sala, sino que también permitirán que la ventilación funcione incluso a altas velocidades de aire de un solo ventilador.

#### **12.7.3. GESTIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE**

Cuando se instala un sistema de escape, hay una serie de aspectos que se deben integrar y tener en cuenta, que son:

- Unión flexible: Se trata de un componente fundamental para aislar la vibración del motor de la instalación fija del escape.
- Revestimiento y silenciadores: Ambos se necesitan para reducir los ruidos internos y externos, y para proteger al personal de las altas temperaturas en la superficie del escape.
- Cubierta del escape: Es necesario instalarlo a fin de proteger la salida del escape del entorno y para evitar que entre en contacto con el motor. Además, cuando la salida está en posición horizontal y expuesta al agua, una inclinación ligera hacia abajo facilitará que el agua que entre en el tubo se drene por sí sola.
- Materiales: Cuando el escape esté expuesto a las condiciones ambientales externas durante los ciclos de calentamiento y enfriamiento, se recomienda la utilización de un material resistente a la corrosión, como el acero inoxidable 316 A4.

#### **12.7.4. SISTEMA CONTRA INCENDIOS**

Cuando se instala un generador, debe tenerse en cuenta la protección de la vida y la propiedad en caso de incendio. Por lo tanto, tras una evaluación de riesgos o si lo exige la legislación vigente, se instalará un sistema automatizado contra incendios.



### 12.7.5. MANIPULACIÓN

Todos los generadores instalados tienen una masa considerable y se deberá disponer de instalaciones idóneas que permitan su instalación, mantenimiento y eliminación.

### 12.7.6. RUIDOS Y VIBRACIONES

Los generadores son una fuente de energía óptima y fiable, pero todos producen también gran cantidad de ruidos y vibraciones. Para reducirlos, pueden utilizarse alfombrillas o montajes antivibraciones sobre una base nivelada de hormigón, junto con materiales absorbentes del ruido.

## 13. MANTENIMIENTO

---

Desde luego, se debe planificar el mantenimiento de un sistema de energía en una AtoN e incluir todos los componentes en el emplazamiento de la ayuda. La evaluación del mantenimiento necesario se reflejará en el coste inicial de adquisición y formará parte de los costes a lo largo de la vida útil.

El mantenimiento del sistema de energía probablemente incluirá algunos o todos de los siguientes aspectos:

- Inspección de todos los componentes de las fuentes de energía en busca de corrosión (especialmente en las conexiones entre células y en los terminales de salida);
- Confirmación de que la demanda de consumo cae dentro de los límites especificados;
- Comprobación de las conexiones y el estado de los cables;

### 13.1. SUMINISTRO DE ENERGÍA POR RED

---

Como regla general, el nivel de mantenimiento necesario de un sistema alimentado por red es mínimo. Es una buena práctica realizar inspecciones visuales del cableado y las conexiones, pero también se debe comprobar el funcionamiento de los dispositivos de protección y el aislamiento de los cables. En algunos países, dichas comprobaciones son obligatorias por ley.

### 13.2. ENERGÍA FOTOVOLTAICA

---

Al realizar el mantenimiento grandes instalaciones de paneles solares, hay que extremar el cuidado con las tensiones y corrientes, que pueden ser muy altas. El mejor método para garantizar un mantenimiento seguro es cubrir el conjunto con una manta adecuada y dejar que el panel se enfríe antes de manipularlo.

Realice una inspección de los sistemas fotovoltaicos en busca de grietas, decoloración del encapsulante y delaminación en los bordos debido a los efectos del hielo.

Para garantizar que no haya corrosión o erosión, se debe hacer una inspección visual del bastidor y las fijaciones.

Debe comprobarse si se han producido cambios en las condiciones ambientales que puedan dar lugar a sombras en los módulos fotovoltaicos de, por ejemplo, los árboles, los edificios nuevos, etc.

Se podrá comprobar el funcionamiento de cada panel fotovoltaico a intervalos más largos, empleando una célula solar de referencia (para ensayar, al menos, la corriente de cortocircuito y la tensión en circuito abierto de cada módulo).

### 13.3. ENERGÍA EÓLICA

---

El mantenimiento de un aerogenerador se verá afectado, en gran medida, por la ubicación en la que se encuentre en funcionamiento. En lugares muy exigentes, donde el flujo del aire no es laminar o donde están expuestos a la acción del oleaje, puede que sea mayor el nivel de mantenimiento necesario para garantizar un funcionamiento continuo y continuado. Las comprobaciones típicas son las siguientes:

- Inspección de las palas y la cola en busca de agrietamiento y daños;
- Comprobación de que la guiñada (rotación en torno al eje vertical) sea suave y sin resistencia;



- Inspección visual del soporte y la turbina en busca de corrosión;
- Revisión de todas las fijaciones del soporte.

### **13.4. GENERADOR UNDIMOTRIZ**

---

Para el mantenimiento eficaz de un generador undimotriz, se necesita un buque capaz de izar una boya con cola tubular.

La clave del mantenimiento de un generador undimotriz es que la cola tubular se encuentre libre de incrustaciones marinas, esto puede llevar algún tiempo en despejarse y ser difícil de lograr debido a la dificultad de acceso.

Si no se oye el generador undimotriz en funcionamiento cuando se aproxima el buque, se tendrán que realizar comprobaciones de la turbina de Wells.

### **13.5. PILAS DE COMBUSTIBLE**

---

Salvo el repostaje de combustible y la eliminación del agua recogida, el mantenimiento periódico de las pilas de combustible es mínimo. Sin embargo, si la pila de combustible tiene una alta demanda operativa es muy posible que haya que cambiar una unidad para permitir que el fabricante sustituya la pila de combustible. La vida útil de una pila es de 4.000 horas garantizadas, pero a menudo se consiguen 7.000 horas en funcionamiento.

### **13.6. GENERADORES DE DIÉSEL**

---

Al estar fabricado de muchas piezas móviles, un generador de este tipo tiene una necesidad elevada de mantenimiento. Anualmente, se deben realizar una serie de comprobaciones, que se detallan a continuación, aunque no sea una relación exhaustiva:

- El aceite y el filtro se deben sustituir, independientemente de que las horas de funcionamiento sean pocas;
- Cambio del filtro de aire;
- Comprobación de que el escape esté libre de hollín y que el tubo no tenga fugas;
- Comprobación del funcionamiento completo del generador, tanto en baja carga a como a plena carga;
- Inspección visual del generador en busca de fugas y conexiones flojas, incluidos el electrólito de las baterías de arranque y la corrosión de la bancada;
- Revisión de los niveles del refrigerante, si procede;
- Comprobación y apriete de las terminaciones eléctricas de la salida del generador;
- Medición de la resistencia del aislamiento del devanado y registro de los valores.

### **13.7. FRECUENCIA DE LAS VISITAS DE MANTENIMIENTO**

---

La frecuencia de las visitas a una AtoN se suele determinar en función de los equipos instalados y requerirá mantenimiento programado, de estado o correctivo. Para más detalles sobre los tres enfoques, véase la Guía 1077 – Mantenimiento de ayudas a la navegación.

En muchas ubicaciones y para un sistema diseñado correctamente, debería ser suficiente una visita de mantenimiento al año. Puede haber lugares que requieran una programación más frecuente a causa de la contaminación industrial, la arena transportada por el viento o una gran población de aves. En algunos climas más cálidos, será mejor realizar dos visitas al año para la recarga puntual de la batería, según proceda.



## 14. ACRÓNIMOS

---

<b>ca</b>	Corriente alterna
<b>Amp</b>	Amperio
<b>AtoN</b>	( <i>Marine aid(s) to navigation</i> ) Ayuda/s a la navegación marítima
<b>CSA</b>	( <i>Cross-section area</i> ) Sección transversal
<b>cc</b>	Corriente continua
<b>DMFC</b>	( <i>Direct Methanol Fuel Cell</i> ) Pila de combustible de metano directo
<b>kW</b>	Kilovatio/s
<b>mm</b>	Milímetro
<b>PEM</b>	( <i>Proton Exchange Membrana</i> ) Membrana de intercambio de protones
<b>PV</b>	( <i>Photovoltaic</i> ) (FV) Fotovoltaico/a
<b>UV</b>	Ultravioleta (luz de 10-380 nanómetros)
<b>V</b>	Voltio/s
<b>W</b>	Vatio
<b>WAG</b>	( <i>Wave activated generator</i> ) Generador undimotriz
<b>°C</b>	Grados centígrado

## 15. REFERENCIAS

---

- [1] Guía 1039 de la IALA - Diseño de sistemas de energía solar para ayudas a la navegación.