

IALA Guideline No. 1042

On Power Sources for Aids to Navigation

Sobre FUENTES DE ALIMENTACIÓN PARA LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

**EDICIÓN 1
Diciembre 2004**

**(Sustituye a las directrices de la AISM sobre nuevas
fuentes de luz y sus sistemas de alimentación, diciembre
2001)**



**Traducida por el Grupo de Ayudas a la
Navegación de Puertos del Estado (ESPAÑA)**



20ter, rue Schnapper, 78100
Saint Germain en Laye, France
Telephone +33 1 34 51 70 0 Telefax +33 1 34 51 82 05
E-mail - iala-aism@wanadoo.fr Internet - <http://iala-aism.org>

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
<hr/>		
2	SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA.	5
<hr/>		
2.1	GENERALIDADES	5
2.2	ELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	5
2.3	NECESIDADES DE LOS USUARIOS	7
2.4	AUTOMATIZACIÓN	7
<hr/>		
3	CÁLCULO DEL CONSUMO TOTAL	7
<hr/>		
3.1	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO	8
3.2	FOTOSENSORES	8
3.3	CORRIENTES DE DRENAJE	8
3.4	EFFECTOS DE LA NIEBLA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA	8
3.5	RACON	9
3.6	CONTROL REMOTO Y MONITORIZACIÓN	9
3.7	AIS	9
3.8	CONSUMOS ALTERNATIVOS	9
3.9	VALORES DE CONSUMO TÍPICOS	9
<hr/>		
4	GENERACIÓN DE CORRIENTE	12
<hr/>		
4.1	CORRIENTE INDUSTRIAL	12
4.2	PANELES SOLARES FOTOVOLTÁICOS	12
4.3	ACETILENO Y GAS LICUADO (LPG)	12
4.4	GRUPOS ELECTRÓGENOS	13
4.5	GRUPOS ELECTRÓGENOS DE GASOLINA	13
4.6	PILAS DE COMBUSTIBLE	13
4.7	ENERGÍA EÓLICA	14
4.8	GENERADORES ACTIVADOS POR OLEAJE (WAG)	14
<hr/>		
5	ACUMULACIÓN DE ENERGÍA	15
<hr/>		
5.1	BATERÍAS PRIMARIAS (PILAS)	15
5.2	BATERÍAS SECUNDARIAS	16
5.3	NÍQUEL CADMIO	17
5.4	NÍQUEL METAL HIDRURO	18
5.5	LITIO-IÓN	18
<hr/>		
6	SISTEMAS FOTOVOLTÁICOS (SF)	19
<hr/>		

6.1	RECONVERSIÓN DE LUCES EXISTENTES A ENERGÍA FOTOVOLTAICA.	19
6.2	TECNOLOGÍA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.	19
6.3	FUENTES SECUNDARIAS DE ENERGÍA	20
6.4	DIMENSIONADO DE SF MEDIANTE PROGRAMAS INFORMÁTICOS	20
6.5	LAS BATERÍAS EN LOS SF	21
6.6	CONSIDERACIONES PRÁCTICAS	26
6.7	INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS	26
6.8	MANTENIMIENTO	28
6.9	PREPARACIÓN DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	29

7 OTRAS TECNOLOGÍAS EN EL ÁREA DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN **29**

7.1	BATERÍAS CON ELECTROLITO DE AGUA DE MAR	29
7.2	TURBINAS ACCIONADAS POR CORRIENTES Y MAREAS	29
7.3	MOTORES STIRLING	30
7.4	GENERADORES TERMOELÉCTRICOS	30

8 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS. CONSIDERACIONES **30**

9 REFERENCIAS **31**

9.1	DOCUMENTOS DE IALA	31
9.2	NORMAS DE REFERENCIA DE LA CEI	32

ANEXO 1- GLOSARIO SOLAR FOTOVOLTAICO **33**

ANEXO 2- RESULTADOS DE LA ENCUESTA DEL AÑO 2000 PARA MIEMBROS DE LA IALA SOBRE EL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA. **37**

1 RESPUESTAS **37**

2 CONCLUSIONES PRINCIPALES. **37**

2.1	TABLA RESUMEN - CARGA	38
2.2	TABLA RESUMEN – BATERÍAS.	38
2.3	TABLA RESUMEN – DIMENSIONADO TÍPICO DE GENERADORES SOLARES.	38

1 Introducción

La finalidad de esta guía es asesorar a las Autoridades de Faros en la elección de los sistemas de alimentación y almacenamiento de energía, suficientemente probados en la actualidad, destinados a las Ayudas a la Navegación (AtoN).

Contiene descripciones, junto con sus ventajas y desventajas, de los sistemas disponibles actualmente para su implantación en este tipo de ayudas, además de incluir en el documento sugerencias acerca de la Gestión de la Vida útil de los Equipos.

2 Selección de los Sistemas de Alimentación y Almacenamiento de Energía.

Aquí se identifican aquellos elementos que, referidos a estos temas, deben tenerse en cuenta para su elección en una AtoN. En la Tabla I podemos encontrar los más idóneos para la mayoría de las situaciones, las necesidades de alimentación y problemas ambientales.

2.1 Generalidades

No debemos basarnos solamente en las necesidades energéticas de la fuente de luz, ya que una ayuda también puede incluir en su misma instalación una sirena de niebla, Racon, sistemas de monitorización y control, además de las propias cargas domesticas, las cuales variarán sustancialmente dependiendo de si la señal está o no habitada, demandando energía solamente en las visitas de mantenimiento en este último caso.

Las tendencias a la automatización, las nuevas fuentes de luz y los actuales requerimientos de los usuarios, han modificado la importancia del dimensionado de los sistemas de alimentación.

De esta manera, los desarrollos tecnológicos han hecho posible disminuir el consumo energético en la AtoN sin afectar a la calidad del servicio proporcionado al navegante. En particular, se pueden instalar acumuladores alimentados por energías renovables como equipos principales o de reserva, en sustitución de los grupos electrógenos tradicionales.

2.2 Elección del Sistema de Alimentación

Probablemente el sistema mas barato es la corriente industrial, si se dispone de ella y es fiable el suministro. Asociado al mismo, es suficiente la instalación de un equipo de reserva con baterías secundarias trabajando en flotación. La capacidad de las mismas será la necesaria para cubrir el tiempo de desplazamiento y reparación en caso de avería.

La siguiente opción, si no se dispone de corriente industrial, es la energía fotovoltaica. En donde no sea posible, y con consumos moderados, las pilas pueden ser una alternativa.

Los grupos electrógenos deben considerarse para ayudas con elevados consumos.

2.3 Necesidades de los usuarios

Las necesidades de los usuarios juegan un papel importante en el consumo de energía. Los requisitos de las ayudas visuales y sonoras están cambiando, con tendencia a reducir alcances y por lo tanto a la disminución en la demanda de energía. Por cada milla que se reduzca el alcance, la intensidad luminosa necesaria es aproximadamente la mitad, con el consiguiente ahorro en los sistemas generadores de energía.

2.4 Automatización

La automatización implica la eliminación de los consumos domésticos, sin embargo introduce el de los elementos de control de los equipos, aunque estos ahorran energía al conectar y desconectar las ayudas cuando estas no son necesarias. Ejemplos de esto son los fotosensores, los detectores de niebla o los sensores del estado de carga de baterías para arrancar los grupos electrógenos.

2.4.1 Desventajas

La tendencia a la reducción de potencia de las luces, hace que el dimensionado de los sistemas de alimentación sea más pequeño, con los beneficios que supone este ahorro energético. Sin embargo, en las ayudas donde antes habitaba personal, se originan problemas que es preciso tener en cuenta.

Normalmente, en los edificios se disponía de algún sistema de calefacción para la comodidad de sus moradores, y, si con la automatización sólo tenemos en cuenta el consumo de las ayudas, no dispondremos de energía calorífica para la protección de los elementos estructurales del edificio, generando condensaciones y humedades que deteriorarán tanto éste como con los propios equipos de ayuda a la navegación.

En donde hay corriente industrial, el proceso de calefactar o deshumidificar no plantea problemas en el balance energético, en cambio, donde solo disponemos de energías alternativas, es muy probable que no tengamos la suficiente para acondicionar el edificio. En este caso, podemos considerar algunas alternativas, como:

- Mejora de la ventilación.
- Buen mantenimiento del edificio.
- Sistemas de calefacción auxiliares, como estufas de alta eficiencia de gas o diesel, alimentadas con energía solar o eólica.
- Motores de ciclo Stirling, que proporcionan calor a la vez que generan electricidad.

3 Cálculo del consumo total

Cuando se plantea la instalación de una nueva AtoN, o renovar una existente, es recomendable la elección de los equipos que, cumpliendo los alcances asignados, sean los de menor consumo y mayor eficiencia eléctrica, teniendo en cuenta los siguientes:

- lámpara y elementos ópticos;
- sistemas de control;
- y equipos de monitorización.

3.1 Tiempo de Funcionamiento

El primer requisito es establecer, lo mas aproximadamente posible, el tiempo de funcionamiento de cada carga para tener una estimación fiable de la carga eléctrica total, teniendo en cuenta que, si la ayuda opera solo de noche, las horas de funcionamiento variarán con la estación del año.

Un pequeño error en la estimación del tiempo total de funcionamiento se acumulará día tras día, magnificándolo a lo largo del año. Esto, que no tiene excesiva importancia en latitudes bajas, puede llegar a ser crítico en las altas. Si no se dispone de una información precisa, lo más aconsejable es colocarse en el peor caso, diseñando el sistema para la duración de la noche en el solsticio de invierno.

Los dispositivos de encendido-apagado deberán operar dentro de los niveles establecidos en el programa de cálculo para el tiempo de funcionamiento de la luz. En latitudes altas habrá un marcado efecto estacional, con grandes intervalos con la luz en servicio en época invernal.

El proceso de calentamiento del filamento en las luces de destellos debe de tenerse en cuenta, puesto que genera un sobreconsumo que incrementa los Ah/día necesarios. Las tablas y formulas están disponibles en la Guía IALA sobre Métodos Normalizados para el Cálculo y Definición del Perfil de Consumo de una AtoN (Dic 1999).

Se pueden consultar también las Guías IALA sobre Niveles de Luz Ambiental para Conectar y Desconectar una AtoN (Dic 2004) y sobre Diseño de Sistemas Fotovoltáicos para Ayudas a la Navegación (Dic 2004).

3.2 Fotosensores

Los fotodiodos (el propio panel o un fotodiodo separado) son más estables que las fotorresistencias, las cuales pueden cambiar sus características con el tiempo, alterando la duración de los tiempos de encendido y afectar al consumo energético.

3.3 Corrientes de Drenaje

La eficiencia energética es verdaderamente importante en las latitudes altas. Por ejemplo, 5mA de corriente de drenaje en un destellador durante el día no parece demasiado, pero en 60 días hemos extraído cerca de 7Ah de la capacidad de la batería.

3.4 Efectos de la Niebla en el Consumo de Energía

En zonas donde la nubosidad muy cargada y las nieblas son frecuentes, el ajuste del umbral de encendido/apagado debe realizarse con la precisión necesaria para que la señal funcione en las horas predeterminadas. Si el ajuste produce un encendido temprano, el incremento de consumo puede agotar la batería.

3.4.1 Sirenas de Niebla

En las sirenas que funcionan controladas por un detector de niebla, necesitamos los archivos históricos de funcionamiento para determinar con precisión su tiempo de servicio. Sin embargo, la tendencia en estas ayudas es su progresiva desaparición.

3.5 Racon

Es difícil estimar el consumo de un Racon, debido a que depende de la actividad del radar desarrollada en su área y del tráfico diario. Por ello es importante considerar un margen al calcular su consumo, aunque lo más recomendable es proporcionarle un sistema de alimentación independiente que nos asegure su funcionamiento.

3.6 Control Remoto y Monitorización

En los sistemas de supervisión remota se produce un gasto energético considerable en los momentos de comunicación vía radio, por lo que se debe establecer un estricto control en los protocolos de interrogación. En los centros de control que permiten al operador solicitar datos a las estaciones, se puede producir un gasto excesivo de energía si las consultas son demasiado frecuentes, saliéndonos de los parámetros establecidos en el diseño.

3.7 AIS

Con el sistema AIS disponemos de un potencial elemento de monitorización, además de funcionar en sí mismo como una AtoN. La recomendación A-126 de la IALA para el AIS como Ayuda a la Navegación lo contempla. Hay que considerar que el nivel de consumo viene determinado por el volumen y frecuencia de la información transmitida, además de:

- Potencia de transmisión.
- Número y tipo de mensajes transmitidos.
- Intervalo de repetición del mensaje.

Los transpondedores AIS están en pleno desarrollo, debiéndose consultar al fabricante acerca de su consumo estimado.

3.8 Consumos Alternativos

Es aconsejable disponer de algún control que asegure que los consumos domésticos no drenan energía del sistema de alimentación principal.

En los programas de cálculo de sistemas solares, tendremos en cuenta para definir el consumo si la operación es continua, diurna o solo nocturna, aunque la mayoría será de esta última clase. Consultar la Guía IALA sobre Diseño de Sistemas Fotovoltáicos para Ayudas a la Navegación (Dic. 2004).

3.9 Valores de Consumo Típicos

Las tablas 2 y 3 nos proporcionan una orientación acerca de los niveles de consumo y si estos nos permiten la utilización de sistemas fotovoltáicos.

TABLA 2

Energía requerida en Wh para un determinado				Consumo diario
Carga Vatios	Ciclo de trabajo	12 / 24 h	Consumo Wh/día	Clase de AtoN
3,000	100	24	72,000	Faro con elevado consumo
3,000	50	24	36,000	Faro con elevado consumo
3,000	10	24	7,200	Faro con elevado consumo
3,000	100	12	36,000	Faro con elevado consumo
3,000	50	12	18,000	Faro con elevado consumo
3,000	10	12	3,600	Faro con elevado consumo
1,000	100	24	24,000	Faro con consumo medio
1,000	50	24	12,000	Faro con consumo medio
1,000	10	24	2,400	Faro con consumo medio
1,000	100	12	12,000	Faro con consumo medio
1,000	50	12	6,000	Faro con consumo medio
1,000	10	12	1,200	Faro con consumo medio
300	100	24	7,200	Faro con poco consumo
300	50	24	3,600	Faro con poco consumo
300	10	24	720	Faro con poco consumo
300	100	12	3,600	Faro con poco consumo
300	50	12	1,800	Faro con poco consumo
300	10	12	360	Faro con poco consumo
100	100	24	2,400	Luces direccionales
100	50	24	1,200	Luces direccionales
100	10	24	240	Luces direccionales
100	100	12	1,200	Boya de grandes dimensiones
100	50	12	600	Boya de grandes dimensiones
100	10	12	120	Boya de grandes dimensiones
30	100	24	720	Luces direccionales
30	50	24	360	Luces direccionales
30	10	24	72	Luces direccionales
30	100	12	360	Balizas
30	50	12	180	Balizas
30	10	12	36	Balizas
10	100	24	240	Boya con Racon
10	50	24	120	Boya con Racon
10	10	24	24	Boya con Racon
10	100	12	120	Boya luminosa
10	50	12	60	Boya luminosa
10	10	12	12	Boya luminosa
Nota 1	Con la utilización de lámparas mas eficientes, tipo halógenas, de descarga, LEDs, se puede reducir significativamente la carga y por lo tanto el consumo diario, con el consiguiente nivel de ahorro.			

TABLA 3 – Sistema de alimentación recomendado para AtoNs en diferentes latitudes

Energía demandada/día Wh	Latitud (grados)	Días de autonomía	Alimentación recomendada	Capacidad del acumulador Wh	Tipo de acumulador	Coste aproximado del acumulador USD (\$)	Comentarios
10,000	0		Generador diésel	-		-	Autonomía dependiente del tiempo de reparación
10,000	40		Generador diésel	-		-	Autonomía dependiente del tiempo de reparación
10,000	70		Generador diésel	-		-	Autonomía dependiente del tiempo de reparación
3,000	0	5	Fotovoltaica	15,000	Plomo-ácido	3,750	
3,000	40		Generador diésel	-	Plomo-ácido	-	Autonomía dependiente del tiempo de reparación
3,000	70		Generador diésel	-	NiCd	-	Autonomía dependiente del tiempo de reparación
1,000	0	5	Fotovoltaica	5,000	Plomo-ácido	1,250	
1,000	40	20	Fotovoltaica	20,000	Plomo-ácido	5,000	
1,000	70		Generador diésel	-	NiCd	-	Autonomía dependiente del tiempo de reparación
300	0	5	Fotovoltaica	1,500	Plomo-ácido	375	
300	40	20	Fotovoltaica	6,000	Plomo-ácido	1,500	
300	70	120	Fotovoltaica	36,000	NiCd	36,000	
100	0	5	Fotovoltaica	500	Plomo-ácido	125	
100	40	20	Fotovoltaica	2,000	Plomo-ácido	500	
100	70	120	Fotovoltaica	12,000	NiCd	12,000	
30	0	5	Fotovoltaica	150	Plomo-ácido	38	
30	40	20	Fotovoltaica	600	Plomo-ácido	150	
30	70	120	Fotovoltaica	3,600	NiCd	3,600	Ver Nota 2
10	0	5	Fotovoltaica	50	Plomo-ácido	13	
10	40	20	Fotovoltaica	200	Plomo-ácido	50	
10	70	120	Fotovoltaica	1,200	NiCd	1,200	

Foot notes

- 1 En cualquier caso, la corriente industrial será la primera opción
- 2 La elección de NiCd es esencial por las bajas temperaturas
- 3 En instalaciones fotovoltaicas, el cálculo de la capacidad de la batería incluye el periodo mayor de no insolación además del tiempo empleado en desplazarse a la señal y efectuar una reparación (MTTR). Si existe grupo electrógeno, la autonomía de la batería será la necesaria para el MTTR aunque también puede operar la AtoN durante el periodo de emergencia.

4 Generación de Corriente

4.1 Corriente Industrial

La posibilidad de utilizar corriente industrial debe ser la primera consideración.

Ventajas:

- El consumo del sistema no es crítico.
- Bajo coste.
- Bajo mantenimiento.

Desventajas:

- Posibilidad de falta de suministro momentáneo.
- El disponer de un sistema de reserva implica mantenimiento periódico.

Comentarios:

- Se debe tener en cuenta la posibilidad de caída de rayos. Consultar la Guía IALA para la Protección de Faros y AtoNs contra Daños por Descargas Eléctricas (Jun 2000).

4.2 Paneles Solares Fotovoltáicos

Es el sistema mas utilizado para cargar baterías con energías alternativas y, correctamente diseñado, es muy fiable. Si no se dispone de corriente industrial, el suministro de ésta es poco fiable o demasiado caro, la opción fotovoltaica es la preferible.

Ventajas:

- Sin partes móviles.
- Poco mantenimiento de carácter técnico.
- Larga vida.
- Tecnología fiable.
- Muy bajo coste operacional.

Desventajas:

- Pérdida de energía debido a condiciones ambientales (excrementos, salitre, polvo, arena etc).
- Susceptible de robos y vandalismo.
- Para determinadas demandas de energía se necesita una gran superficie fotovoltaica.
- En altas latitudes (por encima de 55° N o S) el coste se incrementa considerablemente por la poca insolación.
- Susceptible de ser dañados por temporales y golpes de mar.
- Corrosión de los marcos del panel y terminales de los conductores.

Comentarios:

- Consultar la sección 6 de Sistemas Fotovoltáicos para más información.

4.3 Acetileno y Gas Licuado (LPG)

El acetileno se ha utilizado con profusión, sobre todo en boyas, al ser un sistema muy fiable, aunque su complicada manipulación y caro mantenimiento ha llevado a su sustitución por fuentes de energía más sencillas y eficaces como la solar. De todas maneras, si se considera el gas como alimentación de una AtoN, debe comprobarse que su suministro y la existencia de elementos de repuesto están asegurados.

Ventajas:

- Ninguna.

Desventajas:

- Caro de adquisición y mantenimiento.
- Necesita mucho espacio de almacenamiento para poca potencia de salida.
- La peligrosa naturaleza del combustible crea riesgos en el personal y entorno.

Comentarios:

- Se está reemplazando en la mayoría de los países.

4.4 Grupos Electrógenos

Se utiliza generalmente para aplicaciones con grandes consumos, en AtoN situadas en lugares remotos o bien como sistema de reserva de la corriente industrial.

Ventajas:

- Buena relación coste/potencia suministrada.
- Tecnología muy probada.
- Suministro de corriente independiente de las condiciones meteorológicas.

Desventajas:

- Complejidad de la instalación.
- Necesita una sala de motores específica.
- Mantenimiento caro.
- Genera ruido y polución atmosférica.
- Frecuentes reposiciones de combustible.
- Intervalo de mantenimiento corto, 4-6 meses normalmente.
- Se deberán de evaluar los riesgos de almacenaje del combustible.

Comentarios:

- Donde sea posible, es preferible el uso de energías alternativas en sustitución de los grupos, pudiendo éstos formar parte de sistemas híbridos o utilizarse como fuente de alimentación de emergencia.
- Donde se necesite suministro domestico, su instalación puede ser interesante.

4.5 Grupos Electrógenos de Gasolina

Generalmente su utilización es similar a los diesel descritos en la sección 4.4.

Ventajas:

- Ver Grupos Electrógenos Diesel.

Desventajas:

- Ver Grupos Electrógenos Diesel.
- Riesgos derivados del almacenamiento y transporte de combustible.
- Menos robustos que los generadores diesel.
- Mantenimiento adicional y más frecuente que los diesel.

Comentarios:

- No se recomiendan por las consideraciones anteriores.

4.6 Pilas de Combustible

Es una tecnología nueva y en continuo desarrollo. Puede ser utilizada en lugares remotos como fuente primaria de energía o en combinación con la eólica o fotovoltaica (sistemas híbridos).

Ventajas:

- Sin partes móviles en las pilas de membrana intercambiadora de protones (Proton Exchange Membrane , PEM).
- Mantenimiento sencillo.
- Sin emisiones contaminantes.
- Bajo coste operacional.

Desventajas:

- Recarga de combustible problemática
- Pocas prestaciones a bajas temperaturas en algunos modelos.

Comentarios:

- Hay dos tipos de pilas de combustible disponibles en el mercado para aplicaciones en AtoN.
 - *PEM (hidrógeno como combustible)*
Adecuadas para instalaciones medianas o grandes de AtoNs en lugares remotos.
 - *Conversión directa de metanol*
Tecnología no demasiado probada para su implantación en AtoNs.

4.7 Energía Eólica

Es una buena opción cuando se necesita complementar la energía aportada por el sol, o como sustitución de grupos electrógenos.

Ventajas:

- Fácil instalación.
- Donde hay poca insolación, es una buena alternativa a la solar.
- Fuente renovable, con la consiguiente economía.

Desventajas:

- Mantenimiento muy especializado con los generadores actuales.
- Dependiente del lugar de instalación.
- Susceptible de daños por granizos, huracanes o condiciones extremas.

Comentarios:

- Se puede utilizar como fuente primaria de energía, pero preferiblemente con un sistema asociado de reserva. En algunos casos se debe solicitar permiso para la instalación de la turbina eólica.

4.8 Generadores Activados por Oleaje (WAG)

Se utilizan en boyas con el tubo de la cola hueco, combinados con módulos fotovoltaicos.

Ventajas:

- Relativamente alto aporte de energía en boyas, 60 a 100 W normalmente.
- Fuente renovable, con la consiguiente economía.

Desventajas:

- Generalmente utilizados en boyas de cola hueca, lo que puede ser un inconveniente por su tamaño.
- Alto coste inicial.
- Mantenimiento frecuente, normalmente en periodos anuales.
- Disponibilidad limitada al ser una fuente única.
- El crecimiento de flora y fauna puede afectar al funcionamiento de algunos WAGs.

Comentarios:

- Tecnología todavía en desarrollo.

5 Acumulación de Energía

5.1 Baterías Primarias (Pilas)

Cuando se instale un conjunto elevado de pilas, se aconsejan protecciones eléctricas.

5.1.1 Baterías Secas de Aire Despolarizadas

Ventajas:

- Potentes pero caras.
- Muy poca autodescarga (del orden de un 8% en dos años).

Desventajas:

- Necesita buena aireación, lo que puede limitar su utilización a lugares donde la ventilación se haya estudiado cuidadosamente. Su desecho plantea problemas.

5.1.2 Zinc Carbon

Han sido desplazadas por las de tipo alcalino.

Ventajas:

- Las selladas son baratas y fiables y no requieren mantenimiento, siendo adecuadas para boyas, Racon o lugares remotos, pero su disponibilidad esta siendo limitada en determinados lugares del mundo.
- Sistema de alimentación fiable para equipos de seguridad.

Desventajas:

- Corta vida útil.
- La limitación en la potencia de salida es de unos 10 W para luces de destellos.
- A menudo no se puede disponer de mas del 20% de su factor de potencia.
- Prestaciones pobres a bajas temperaturas.
- Su reciclado es comprometido.

5.1.3 Alcalinas Estancas

Su alto coste puede verse compensado por su bajo nivel de mantenimiento.

Ventajas:

- Muy útiles en boyas luminosas o donde se necesiten unas condiciones de seguridad muy elevadas.

- Buenas prestaciones a baja temperatura.

Desventajas:

- Coste alto. Su bajo voltaje nominal implica la utilización de varios acumuladores para conseguir sistemas de 12 V.
- Su reciclado es comprometido.

5.1.4 Litio

Dependiendo de la tecnología utilizada, tienen diferentes niveles de seguridad.

Ventajas:

- Poco peso y alta energía en poco espacio. Las selladas permiten su operación debajo del agua.

Desventajas:

- La producción de gases peligrosos por explosión y contaminantes, aconseja su instalación con unas rigurosas condiciones de seguridad.
- Su reciclado es complicado y costoso, pero puede venir incluido en el precio de adquisición.

5.2 Baterías Secundarias

Se incluyen en esta sección las generalmente disponibles para las AtoN como sistemas de alimentación. TODOS los tipos de baterías secundarias necesitan algún nivel de ventilación cuando están siendo cargadas.

- Es recomendable la instalación de protecciones eléctricas.
- Para su reciclado, lo mejor es el retorno al fabricante o empresa especializada.
- Deben de seguirse las instrucciones del fabricante en su instalación y operación.

5.2.1 Plomo Ácido con Electrolito Líquido

Es el tipo más común de acumulador recargable.

Ventajas:

- Generalmente disponible en todo el mundo.
- Relativamente barata comparada con otros medios de acumulación.
- Tiempo de almacenamiento razonable (se puede añadir el electrolito en el momento de su instalación).
- Fácilmente reciclables.
- Gran eficiencia energética comparada con las de Ni-Cd (95% v 80%).
- Fácil comprobación del estado de carga.

Desventajas:

- No aconsejables con funcionamiento en temperaturas extremas.
- Incompatibles con ciclos de descarga profunda.
- Difíciles de transportar e instalar.
- Necesita buena ventilación.
- Electrolito corrosivo e hidrógeno desprendido potencialmente explosivo

- Transporte complicado cuando está cargada con el electrolito.
- Se derrama el electrolito si se inclina el acumulador.
- El plomo está catalogado como material peligroso en determinados países.
- Se pueden producir procesos de estratificación cuando se cargan baterías de gran capacidad con pocos paneles fotovoltaicos.

5.2.2 Plomo Ácido con Válvula de Regulación (VRLA)

Son particularmente aconsejadas en ayudas fijas y flotantes, al necesitar poca ventilación y manejarse con cierta facilidad.

5.2.2.1 Electrolito absorbido en fibra de vidrio (AGM)

Ventajas:

- No necesita reposición de electrolito.
- Requieren un mínimo mantenimiento.
- Reciclables.
- Buena eficiencia energética.
- Más seguras en su manipulación que las de electrolito líquido.
- Permiten una elevada corriente de carga.
- No tienen el efecto “memoria” con profundidades de descarga elevadas.
- Buenas prestaciones con bajas temperaturas.

Desventajas:

- Vida mas corta que las de plomo-ácido de electrolito líquido (5/8 años de media).
- Necesitan un control de carga muy preciso.
- Con altas temperaturas, su vida se acorta.
- Complicado verificar su capacidad remanente.
- Susceptibles de daño por descargas profundas.
- Necesitan buena ventilación.
- Electrolito corrosivo e hidrógeno desprendido potencialmente explosivo
- El plomo está catalogado como material peligroso en determinados países.

5.2.2.2 Electrolito de Gel

Parecidas características a las AGM, aunque estas son preferibles en climas muy cálidos. No hay derrames de electrolito.

5.3 Níquel Cadmio

Adecuadas donde se esperen profundidades de descarga elevadas y temperaturas extremas (no se congelan) y una larga expectativa de servicio.

Ventajas:

- Buen rendimiento con altas o bajas temperaturas.
- Muy alta fiabilidad.
- Larga vida útil.

- Robustas. Resisten bien el manejo poco cuidadoso.
- Baja autodescarga.
- Vida útil estimada mayor de 20 años.
- Muy buena recuperación de descargas profundas.

Desventajas:

- El cadmio está catalogado como material peligroso en determinados países.
- Alrededor del doble de precio que las de plomo-ácido.
- Las secas adquieren el efecto “memoria”.
- Poca densidad de energía.
- Necesitan buena ventilación.
- Rellenado periódico, excepto en las de recombinación.
- Electrolito corrosivo e hidrógeno desprendido potencialmente explosivo
- Difícil de transportar.
- Para su reciclado, generalmente se deben retornar al fabricante.

5.4 Níquel Metal Hidruro

Tecnología actualmente en pruebas con elementos de 1,2 kWh.

Ventajas:

- Proceso de carga similar al de las de Níquel-Cadmio y Plomo-Ácido.
- Alta capacidad de energía / poco peso.
- Reciclado mas fácil que las de Ni-Cd.
- Vida útil estimada del orden de 15 años.

Desventajas:

- Doble coste que las de Níquel-Cadmio.

5.5 Litio-lón

Tecnología en rápido desarrollo pero poco contrastada. En la actualidad se efectúan pruebas con acumuladores de 30 y 45 Ah con 11,1V de tensión nominal.

Ventajas:

- Alta capacidad de energía / poco peso.
- Reciclado mas fácil que las de Ni-Cd.
- Vida útil del orden de 20/25 años.
- Amplio rango de temperatura de funcionamiento.
- Monitorización del estado de descarga.
- Baja autodescarga.
- Alta eficiencia en la carga.

Desventajas:

- Tensión nominal no normalizada de 3,7 V.
- Complejo sistema de carga.

- Alto coste inicial.

6 Sistemas Fotovoltáicos (SF)

Más del 50% de las AtoN emplean sistemas fotovoltaicos, y la tendencia es aumentar su utilización.

El dimensionado de un sistema fotovoltaico (en adelante SF) difiere según la zona geográfica que se considere. Para una determinada carga o zona no existe una única solución. Podemos, por ejemplo, incrementar el número de módulos y disminuir la capacidad de las baterías, o al revés.

Un SF elemental consiste en un panel fotovoltaico, una batería secundaria y, opcionalmente, un regulador de carga. Es una tecnología bien probada y el suministro de los equipos no plantea problemas. Son sistemas altamente fiables y duraderos si están correctamente diseñados y protegidos contra el agresivo ambiente marino, disponiendo de una inagotable fuente de energía renovable para la carga de baterías secundarias.

6.1 Reconversión de Luces existentes a Energía Fotovoltaica.

La tendencia general a reducir el alcance de las luces más potentes, junto con la utilización de las actuales fuentes de luz de alta eficiencia, nos puede llevar a reconsiderar a los SF como alternativa a los sistemas tradicionales de alimentación.

6.2 Tecnología de los Módulos Fotovoltaicos.

La más comúnmente utilizada es la de células solares de silicio monocristalino o policristalino, encapsuladas entre un frontal de vidrio y una parte trasera de resina, tedlar, metálica o también vidrio. Los módulos de células de silicio amorfo no son generalmente recomendables para su uso en ayudas a la navegación, ya que son menos eficientes y tienen una progresiva reducción en la potencia de salida, junto con una expectativa de vida útil mucho más corta.

Las tecnologías de las células de silicio mono o policristalino están en constante avance, con nuevos sistemas de conexión entre ellas, con el objetivo de reducir costes. Los módulos con especificaciones marinas se producen en menor cantidad, pero con una especial atención puesta en la protección de su estructura y demás elementos contra el agresivo ambiente marino.

Desde el punto de vista de la gestión, una mayor vida útil proporciona un mayor nivel de servicio.

6.2.1 Consideraciones en Diseños Modulares

Si la instalación solar es para alimentar una sola carga de la AtoN, normalmente será suficiente un solo equipo de alimentación, el cual se compone de uno o más módulos fotovoltaicos, batería y regulador de carga.

Si necesitamos alimentar varias cargas de la AtoN, o una combinación de cargas y un sistema de telecontrol, tendremos que decidir entre un equipo de alimentación para cada una, o bien un solo equipo que suministre energía a cada carga a través de un conector común de salida.

Con un equipo para cada carga se tiene la ventaja de operar con normalidad en los demás si uno de ellos falla, pero con los inconvenientes de tener un mayor costo inicial y requerir algo más de tiempo en las labores de mantenimiento e inspección.

Una única alimentación común para todos los sistemas permite un mejor equilibrio entre el dimensionado del SF y consumo total de la AtoN, aunque también implica la instalación de protecciones contra sobreconsumos y cortocircuitos en las cargas.

La decisión acerca del sistema a utilizar puede venir impuesta cuando los equipos utilizados en la AtoN operen a diferentes voltajes. De todas maneras, la configuración final del sistema dependerá de una cuidadosa evaluación de las ventajas y desventajas de las diferentes opciones, en aras de una buena disponibilidad operacional.

6.2.2 Ejemplo de Concepto de Diseño Modular

La Autoridad Australiana de Seguridad Marítima ha introducido el siguiente esquema: Utilizar un generador fotovoltaico modular normalizado (módulo fotovoltaico + batería + regulador de carga), del cual se instalan las unidades necesarias para alcanzar la potencia o la fiabilidad requerida.

6.3 Fuentes Secundarias de Energía

Teniendo en cuenta el hecho de que, generalmente, las fuentes alternativas al SF son menos fiables que éste, podemos valorar la posibilidad de: o bien sobredimensionar el generador fotovoltaico, o disponer de una fuente secundaria de energía. Por encima de los 40° de latitud, donde la insolación en verano e invierno es muy diferente, y con generadores mayores de 1000 Wp, la instalación de una segunda fuente puede ser interesante a efectos de reducir la capacidad de las baterías, disminuyendo peso y volumen ocupado en la señal. También se puede considerar la utilización de generadores portátiles que carguen el sistema durante las operaciones de mantenimiento.

6.4 Dimensionado de SF Mediante Programas Informáticos

Los programas informáticos permiten interrelacionar varios parámetros, como las estadísticas de insolación anuales, coeficientes de reflexión en tierra y en el mar, variaciones debidas a la temperatura, ángulos de inclinación de los paneles, eficiencia de baterías y paneles, niveles de autodescarga de baterías, temperatura del electrolito, perfil preciso del consumo etc. Deberán tener en cuenta estos factores para periodos del año (idealmente para cada mes) y, muchos de ellos, también disponen de una base de datos de niveles de insolación de gran parte de lugares del mundo.

Algunos vienen preparados para resolver el dimensionado introduciendo el tipo de panel y características de la batería y, los menos sofisticados, requieren del operador la introducción de los valores de los parámetros de la instalación para efectuar el cálculo.

El principal requerimiento para un correcto dimensionado de la instalación es el conocimiento de los niveles de insolación locales, normalmente proporcionados por diversas entidades para una zona determinada.

Es importante comparar las condiciones del lugar donde se han obtenido los datos con las del lugar de la instalación, ya que las condiciones locales de topografía, nubosidad, nieblas etc, pueden afectar considerablemente al conjunto de paneles oscureciendo el ambiente. En tierra, también la vegetación puede variar las previsiones de insolación del programa, así como los posibles depósitos de arena, polvo o residuos industriales en la superficie de los paneles.

Los problemas del dimensionado en latitudes altas son más importantes, debido a la gran variación de energía producida y consumida en épocas de verano e invierno.

6.4.1 Balizas Fotovoltaicas Compactas

No es posible disponer de la misma intensidad de luz usando el mismo equipo fotovoltaico en todo el mundo.

Se debería solicitar al proveedor la vida útil estimada, la fiabilidad y prestaciones según las condiciones de diseño determinadas para un periodo de tiempo concreto, normalmente de tres a cinco años.

Se deben especificar las necesidades operativas, ya que en condiciones de baja tensión de batería, la luz se puede apagar o reducir su intensidad proporcionalmente al estado de carga de la misma.

Para definir correctamente el empleo de este tipo de balizas, se requieren los datos meteorológicos específicos para la zona. Para poder determinar el alcance tendremos en cuenta la divergencia vertical, y los periodos luz-oscuridad, así como la capacidad de la batería y su nivel de degradación para la autonomía que se considere.

En la instalación de la baliza se verificarán las condiciones topográficas locales con el fin de minimizar las zonas de sombra.

6.4.2 SF en Boyas

El cálculo para el dimensionado en boyas es más complicado que en las estructuras fijas. Aunque algunos programas tienen en cuenta el balanceo y la rotación de la boya a efectos del cálculo, la propia experiencia en dimensionados solares en boyas es muy importante. En la elección de un programa informático de cálculo, se debe tener en cuenta qué reglas aplica ese programa.

6.4.3 Disponibilidad de Programas Informáticos

Algunas autoridades que disponen de sus propios programas, los ponen a disposición de los miembros de IALA sin cargo alguno, pero la especificidad de los datos y el idioma pueden ser un inconveniente en su utilización.

Fabricantes de AtoN y de módulos fotovoltaicos suelen disponer de programas de cálculo para dimensionar un SF.

La Guía IALA lo contempla en “Diseño de Sistemas Fotovoltaicos para Ayudas a la Navegación”(Dic. 2004).

6.5 Las Baterías en los SF

Un buen punto de partida para dimensionar adecuadamente un SF es determinar los Ah de la batería en función de los días de autonomía requeridos (entendiendo “autonomía” como el tiempo que el diseñador establece para que el equipo continúe funcionando en condiciones de no insolación - Ver “Terminología” en Anexo 1).

6.5.1 Cálculo de la Capacidad

La capacidad de batería que se requiere se calcula normalmente multiplicando la carga diaria máxima en amperios-hora/día, por las horas (días) deseadas de autonomía, dividido por el nivel de carga más bajo, calculado según la tecnología de la baterías ($> 0,3$), y finalmente multiplicando por un coeficiente de seguridad (alrededor de 1,3), el cual permite tener en cuenta la pérdida de capacidad durante la vida operativa de la batería, pérdidas resistivas, etc. Esto se realiza automáticamente por los programas de cálculo de SF.

6.5.2 Efectos de la Temperatura

La capacidad efectiva se reducirá notablemente (hasta un 50%) cuando la batería alcance temperaturas por encima de 40°C o por debajo de -5°C . En climas fríos o cálidos, se deben adoptar medidas de precaución especiales para protegerlas de una temperatura excesiva, y los fabricantes deberían ofrecer a los clientes los rangos de temperatura de operación para el tipo de batería en cuestión. Las altas temperaturas tendrán efecto negativo sobre la vida útil.

6.5.3 Capacidad Mínima y Máxima

La capacidad mínima dependerá de la elección realizada o impuesta por las siguientes restricciones de diseño:

- Máxima descarga profunda diaria
- Nivel de carga más bajo aceptable durante los meses de invierno
- Días de no insolación (en función de los datos locales de insolación). Un mínimo de 20 días es la regla general para latitudes medias, que podrán ser menos en latitudes más bajas y más en las más altas.
- Facilidad de acceso a las AtoN
- Aptitud de la batería para aceptar la salida más alta del generador sin sobrecargarse, principalmente para las de tipo estancas (una situación que puede surgir con un sistema autorregulado).

Ha de tenerse en cuenta que:

- La capacidad máxima vendrá normalmente determinada con relación al coste, espacio disponible, peso y capacidad de manejo. Como regla general, el número de baterías en paralelo debería reducirse a un mínimo (cinco es la cifra normal para baterías de buena calidad procedentes del mismo lote de fabricación, instaladas al mismo tiempo y funcionando bajo el mismo régimen de carga y descarga, aunque, dependiendo de la calidad, esto puede variar). Algunos fabricantes ofrecen elementos individuales o en bloques de dos o tres, con gran capacidad Ah, y normalmente será mejor instalar éstos en serie antes que baterías más pequeñas en paralelo.
- El uso de baterías de ácido-plomo puede requerir un aumento en la capacidad, con el fin de prevenir una descarga completa durante los meses de invierno, teniendo también muy en cuenta el efecto de las bajas temperaturas. Por estos motivos, las de cadmio-níquel, metal-níquel-hidruro y de ión litio, deberían tenerse en consideración en los peores casos (latitudes muy altas en los hemisferios norte y sur y bajas temperaturas).
- Cuando se requieren largos periodos de autonomía, es interesante recurrir a las que tienen un bajo nivel de autodescarga.

6.5.4 Baterías en las Boyas

La vida útil en las boyas puede ser más corta que cuando se instalan en tierra, debido a los esfuerzos que se generan en las placas, especialmente en las de electrolito líquido.

Las AGM y las estancas se usan con mucha frecuencia para prevenir vertidos de electrolito.

6.5.5 Avances Tecnológicos

Se debería consultar a los proveedores o fabricantes durante el diseño del sistema de la AtoN, ya que la tecnología está evolucionando continuamente.

6.5.6 Calidad Frente a Precio

Una solución aceptable en determinados lugares puede ser el uso de baterías de bajo coste y asumir que sea necesaria su sustitución de forma más frecuente que si utilizaran otras de mayor calidad. Tal decisión estará influida por los costes de desplazamiento a la AtoN, y por la facilidad de un rápido acceso en caso de avería.

6.5.7 Mantenimiento

Ver las referencias de IALA con respecto al Mantenimiento de Baterías (última edición). Es importante destacar que se requiere una adecuada ventilación cuando se está cargando cualquier tipo de batería.

Incluso instalaciones solares muy pequeñas pueden sobrecargar una batería si se dan determinadas circunstancias. Las estancas disponen de válvula de sobrepresión, y si se sobrecargan, liberan hidrógeno en proporciones potencialmente explosivas. Cualquier lugar que albergue baterías, incluyendo las boyas, deben estar eficientemente ventilado y libre de cualquier fuente de ignición.

Hay que extremar la seguridad cuando se proceda a la apertura de las cajas o compartimentos de baterías.

6.5.8 Regulación de la Carga

Para que la mayoría de la energía producida por el SF sea almacenada en la batería, es necesario un sistema de carga. Un buen regulador de carga electrónico, generalmente garantiza esto.

Existen tres posibilidades para el régimen de carga:

6.5.8.1 Sin regulador de carga y módulo fotovoltaico convencional

- Principalmente utilizado en bajas latitudes y con baterías níquel-cadmio.
- La falta de regulador puede dar lugar a la sobrecarga periódica y la emisión de gases, siendo necesario reponer agua con frecuencia. Este sistema no es recomendable.

6.5.8.2 Módulos fotovoltaicos autorregulados

- Normalmente se trata de módulos con sólo 32 elementos solares o menos, en sistemas de 12V, con el fin de igualar el voltaje de carga requerido por la batería.
- Con este sistema, es aconsejable estudiar la posibilidad de incrementar la capacidad de la batería con el fin de prevenir sobrecargas.
- Con baterías VRLA (válvula de regulación), la intensidad de carga no debería exceder del 1%, de su capacidad en Ah (a C/100 de régimen de descarga).

- En climas cálidos, se debería evitar el uso de baterías VRLA con módulos autorregulados.
- La mayor ventaja de utilizar este tipo de módulos (sin regulador de carga), es su sencillez. En la práctica, la batería no tendrá las condiciones óptimas de trabajo y su vida útil será algo menor, necesitando sustituirse con mas frecuencia.

6.5.8.3 Regulador de Carga Electrónico.

- Protege de las sobrecargas o descargas completas. Puede ser de tipo serie o paralelo
- Baterías de ión litio requieren un tipo específico de regulador incorporado en el paquete de la batería.
- La ventaja de la regulación paralelo es que cuenta con pocos componentes y bajo autoconsumo.
- Todos los reguladores requieren algo de ventilación.
- Prolonga la vida de la batería y reduce la necesidad de sustitución.
- Garantiza que la batería opera dentro de las especificaciones de diseño.
- Con un regulador en serie existe solo una pequeña pérdida de energía.
- Generalmente los reguladores de carga poseen un largo Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF). Los reguladores de carga con relés de estado sólido (MOS-FET) poseen un alto nivel de fiabilidad con muy poca caída de tensión.

6.5.9 Parámetros de la Carga

Para una larga vida de la batería, se debería ajustar la máxima tensión de carga con el fin de asegurar que está completamente cargada en un periodo importante de tiempo durante el verano. Este ajuste representa un delicado equilibrio entre el consumo de agua excesivo y la existencia de una batería no completamente cargada.

Antes de su instalación, para conseguir su máxima vida útil y capacidad, se deben de ejecutar preferentemente tres ciclados completos carga-descarga.

En las de electrolito liquido, se puede considerar normal la perdida de agua entre el máximo y el mínimo en un período de un año de operación.

En las estancas, la sobrecarga puede significar una pérdida de capacidad. Se deben seguir con exactitud las recomendaciones de los fabricantes al respecto.

Puede ser de gran utilidad disponer de un regulador electrónico que maximize automáticamente la carga para cualquier nivel de insolación.

La desconexión de la alimentación por bajo voltaje, es una función recomendable para prevenir el deterioro prematuro de la batería o su posible fallo, evitando profundidades de descarga que la dañarían irreversiblemente. Algunas balizas disponen de esta función, con lo cual podrían formar parte de sistemas sin regulación ó autorregulados. Los reguladores electrónicos también se encuentran disponibles con esta característica.

Es muy importante que el voltaje medido por el regulador no se vea afectado por una caída de tensión debido a la sección del conductor o a malas conexiones (bloqueo, corrosión), ya que el regulador se referencia a esta tensión para ejecutar sus procesos de control. Algunos reguladores de carga, especialmente para sistemas solares más grandes, disponen de conexiones directas a los bornes del acumulador para evitar este problema.

El régimen de control de carga debería tener en cuenta la temperatura del electrolito, particularmente en condiciones de temperatura bajas y altas. El nivel de corte de tensión se define generalmente para los 25°C. Se debe reducir en unos pocos mV por cada grado de aumento de la temperatura. Se consultarán las especificaciones de los fabricantes, para ajustar el valor exacto.

Las de Níquel-Cadmio requieren ajustar la tensión de carga en función de la temperatura ambiente para evitar un consumo de agua excesivo.

Las Níquel-Metal-Hidruro requieren un control de voltaje mediante regulador serie.

Las de Ión-Litio requieren un control de carga especial bastante complejo.

Para grandes SF (mayores de 1000Wp), los reguladores que dispongan de las siguientes características pueden ayudar a incrementar el rendimiento de la carga a la batería:

- Ecuación automática posterior a una descarga profunda.
- Indicador de estado de carga conectado al sistema de monitorización.
- Contador Ah o Wh.
- Monitorización remota de los principales parámetros de carga.
- En largos períodos de tiempo se deben considerar los efectos de estratificación del electrolito.

6.5.1 Supervisión Remota del Estado de las Baterías

En principio, donde pueden ser más rentables estos sistemas son en los SF de cierta importancia como faros o grandes balizas situados en altas latitudes de ambos hemisferios, donde la supervisión remota permite incluso tomar acciones correctivas desde el propio centro de control, evitando problemas que por el tamaño de la instalación pudieran ser muy onerosos.

Algunos reguladores disponen de la posibilidad de supervisar los parámetros de carga e integrarlos directamente en el sistema de monitorización a través de un puerto de salida.

6.5.2 Diodos de Bloqueo

Se utilizan para impedir la descarga de las baterías a través de los módulos fotovoltaicos, posibilidad que también existe cuando está instalado un regulador tipo paralelo.

Los más recomendables son los tipo Schottky de bajo voltaje, instalando uno por módulo, en vez de uno solo a la salida del regulador.

El relé de desconexión de los reguladores serie nos permitiría el ahorro de la instalación del diodo de bloqueo y su correspondiente pérdida de energía, pero en caso de avería del relé, tendríamos el problema de la descarga. Con los reguladores paralelo, su instalación es esencial.

Deben de permitir el paso de una corriente de, al menos, el triple del valor de la corriente de cortocircuito del módulo o grupo donde van instalados, y su tensión de polarización inversa, al menos el doble de la tensión en circuito abierto del sistema.

6.5.3 Diodos Bypass (Sombras)

Por encima de los 24 V, y para prevenir daños cuando en parte de los paneles se proyectan sombras, su instalación es imprescindible.

6.6 Consideraciones Prácticas

Hay que tener en cuenta que la mayoría de las veces, los SF de la AtoN se ubican en lugares de condiciones ambientales difíciles, como:

- Sitios aislados, con la posibilidad de robos o vandalismo.
- El mar, con impactos de olas, temporales, corrosión, hielo, nieve, granizo, abrasión por la arena o descargas eléctricas.
- Zonas de aves, en las que su afición al picoteo de los plásticos y sus excrementos es mas que probable que nos causen problemas.

La vida estimada de un panel fotovoltaico puede ser mayor de 20 años, y normalmente, los fabricantes ofrecen una garantía de 10 años y un máximo de pérdida de potencia de salida de un 10% de la nominal. Como en todas las decisiones económicas, se deberá sopesar el coste de la inversión inicial y el derivado de las operaciones de mantenimiento (vehículos, embarcaciones, helicóptero o personal).

Considerar también que, en un futuro, puede ser difícil el obtener paneles de repuesto del mismo modelo. Como ayuda a la gestión, la enajenación del material usado puede ser interesante.

6.6.1 Guía para la Elección de SF

Las tablas 2 y 3, nos pueden ser de utilidad en la elección del sistema, aunque los datos sólo son a título aproximado.

6.7 Instalación de Paneles Fotovoltaicos

6.7.1 Conexiones Eléctricas

En general, los paneles vienen con una caja de conexiones estancas en la parte posterior. En los que traen los cables al aire, hay que tener la precaución de no ejercer una excesiva carga mecánica sobre ellos, y deben tener la sección adecuada para no tener pérdidas resistivas, así como ser suficientemente robustos. La protección contra rayos UVA en las cubiertas es imprescindible como también lo es el que los conductores estén estañados.

6.7.2 Montaje

Hay que tener la precaución de que los bastidores de soporte no produzcan esfuerzos en los marcos de los paneles cuando se proceda a su fijación.

Para prevenir la corrosión galvánica entre dos metales diferentes, se deben intercalar entre ellos aisladores no metálicos que los separen.

Evitar en lo posible el sombreado sobre los módulos producido por árboles, vegetación o construcciones, y verificarlo para cualquier época del año (por la declinación del sol).

La sombra en una célula del panel anula parcial o totalmente la salida eléctrica de todas las que están conectadas en serie con ella.

Para disuadir del robo de los paneles se pueden utilizar tornillos o tuercas especiales o puntos de soldadura, y también es recomendable el aviso mediante carteles de la importancia en la seguridad marítima de esas instalaciones.

Tener en cuenta que, en las zonas donde los robos son un problema, las linternas compactas son muy deseables.

La detección de intrusos mediante supervisión remota es muy útil.

6.7.3 Protección Contra los Excrementos de las Aves

Donde la población de aves es numerosa, el problema de los excrementos en los paneles es de difícil solución. Se ha probado de todo y lo más eficaz son las varillas metálicas o plásticas que impiden el posado de las aves en las instalaciones, aunque suponen un peligro potencial para el personal de mantenimiento. También el montaje vertical de los módulos reduce el problema, aunque implica el sobredimensionado del sistema.

6.7.4 Protecciones Mecánicas

Generalmente se necesitan para la protección contra el impacto de olas, temporales, robo, vandalismo o el mismo manejo de las boyas. Las planchas metálicas en la parte posterior del panel lo hacen más robusto y evitan el picoteo de las aves, pero no deberían afectar a la temperatura de funcionamiento de las células y por lo tanto a su rendimiento. Sopesar la robustez y su efectividad.

Las defensas protegen de las posibles colisiones de la embarcación de trabajo.

Los paneles instalados verticalmente son menos vulnerables.

Las planchas traslucidas en el frontal de los módulos y las metálicas en la posterior, protegen contra el vandalismo, pero generalmente la frontal afecta al rendimiento al disminuir la transmisión, sobre todo si no son autolimpiables.

6.7.5 Ángulo de Inclinación de los Módulos

En instalaciones fijas, los módulos deben orientarse hacia el Ecuador. El ángulo entre la horizontal y el panel será el mismo que la latitud en las latitudes bajas y unos 20° más que la latitud en las altas. Para minimizar los efectos de los depósitos de suciedad y excrementos de aves, es recomendable no instalar los paneles horizontales, siendo aconsejable una inclinación mínima de 20°, incluso teniendo protección antipájaros.

En las boyas, donde la orientación es variable, lo habitual es distribuir los paneles alrededor de su eje vertical (2 a 180°, 3 a 120° etc). Montados verticales o casi verticales facilitan su autolimpieza, además de ser más sencilla su integración en la superestructura y estar más protegidos contra posibles daños. La pérdida de energía producida por este montaje se compensa parcialmente por la reflexión de la luz en la superficie del agua. En algunos casos se opta por la instalación horizontal de un módulo por encima de la linterna, aunque no es recomendable en latitudes altas en ambos hemisferios.

En los meses de invierno, en latitudes medias ($45^{\circ} \pm 5^{\circ}$) 2 módulos verticales producen alrededor de 1,5 veces más energía que uno horizontal de su misma potencia pico, y uno vertical 0,7 veces la de uno instalado con su grado óptimo de inclinación para la peor época de insolación.

6.7.6 Protección Contra Rayos

Se puede decir que es mejor no disponer de protección que tener un mal sistema.

Si se dispone de pararrayos, el sistema debe de revisarse una vez al año.

Una práctica bastante común es interconectar todos los elementos metálicos de la instalación con cables desnudos, para posteriormente hacer una toma de tierra.

En las boyas de plástico, se puede minimizar el daño de las descargas eléctricas instalando un cable en la parte superior de la boya conectado con el tren de fondeo.

Ver la Guía IALA para la protección de Faros y AtoN's contra descargas eléctricas, Junio 2000.

6.8 Mantenimiento

El mantenimiento del SF debe planearse como parte del programa del total de los componentes de la AtoN. Los ciclos de vida útil se alargan aplicando un mínimo de mantenimiento, teniendo esto en cuenta en las inversiones iniciales y en la correcta elección de los equipos.

6.8.1 Mantenimiento Programado

Un programa de mantenimiento de un SF incluirá probablemente lo siguiente:

- Reposición de electrolito.
- Verificación del estado general y nivel de carga de las baterías, tensión en circuito abierto y con carga, medida de la densidad (en baterías con electrolito líquido).
- Aspecto de las placas y depósitos de sedimentos cuando la carcasa sea translúcida.
- Inspección de posibles corrosiones, especialmente en las conexiones entre las células y en los terminales de salida, decoloración de los encapsulados, deslaminaciones y suciedades.
- Verificación de que la corriente en la carga es la calculada.
- Comprobación de las conexiones y estado del cableado.
- Comprobación de que los cambios en el entorno no producen sombras en los paneles (vegetación, nuevas construcciones etc).
- Limpiezas de rutina y protección de los terminales de la batería.

El mantenimiento de los módulos será suficiente con la inspección visual y limpieza.

6.8.2 Comprobación del Nivel de Degradación de los Módulos

Se pueden verificar, en intervalos prolongados, las prestaciones de los módulos comparando sus parámetros con los de una célula solar de referencia (como mínimo, se debería medir la intensidad en cortocircuito y la tensión en circuito abierto de cada módulo).

6.8.3 Frecuencia de las Visitas de Mantenimiento

Una visita por año debería ser suficiente si el sistema está correctamente diseñado. En lugares donde la actividad industrial sea intensa, haya muchas aves, o el viento transporte polvo o arena, se debe establecer un número mayor de visitas. En zonas muy cálidas es aconsejable el programar dos anualmente para rellenar el electrolito.

En las nuevas instalaciones, una buena práctica es programar dos visitas al año:

- Una en el otoño para asegurarse que la batería está a plena carga y el parque solar en buenas condiciones.
- Otra en la primavera para corregir cualquier daño invernal, reponer electrolito y asegurarse que el SF cargará adecuadamente las baterías en el verano.
- Después de una temporada, se puede reducir a una inspección anual.

La experiencia nos irá diciendo la posibilidad de alargar los periodos de mantenimiento.

En las boyas, la tendencia es hacia períodos de dos años (o más), limitados por el mantenimiento de otros elementos, como el tren de fondeo.

6.9 Preparación del Personal de Mantenimiento

Un SF es una parte crucial de una AtoN, y el personal dedicado a su mantenimiento debería ser capaz de comprender su funcionamiento y determinar el por qué del fallo de alguno de sus componentes. También deben valorar las actuaciones con peligro durante su instalación, manipulación o reparación, que normalmente serán mayores cuanto mayor sea el sistema.

En los cursos de preparación se debería incluir lo siguiente:

- Explicación de como trabaja un panel, incluida la variabilidad de la insolación por causas meteorológicas.
 - Función de los diodos de bloqueo y By-Pass.
 - Estructura del panel y su adecuado cuidado.
 - Si se utiliza regulador de carga, explicación de su funcionamiento.
 - Principios electro-químicos de las baterías y su adecuado mantenimiento.
 - Seguridad en la manipulación de las baterías. Cuidados con el electrolito, uso de elementos de protección adecuados en la prevención de accidentes.
 - Cuidados con respecto al hidrógeno y gases peligrosos desprendidos en los procesos de carga. Ventilaciones adecuadas.
 - Identificación de fallos en el sistema.
 - Toma de medidas y comprobación de equipos en las labores de mantenimiento.
- N del T (Se debería incluir aquí el conocimiento del funcionamiento de los aparatos de medida, como polímetros, densímetros, fotómetros etc).**
- Se debe de establecer una metodología de toma de datos durante las operaciones de mantenimiento que permita disponer de información a la persona responsable,. [También es aconsejable llevar un registro de los datos obtenidos.]
 - Normas de seguridad en el trabajo.

7 Otras Tecnologías en el Área de las Ayudas a la Navegación

Se describen tecnologías en desarrollo que no han sido suficientemente comprobadas con respecto a la fiabilidad requerida por IALA. Esta información puede no estar suficientemente actualizada.

7.1 Baterías con Electrolito de Agua de Mar

Necesitan una mayor evolución tecnológica antes de poder recomendarse en instalaciones de AtoN.

7.2 Turbinas Accionadas por Corrientes y Mareas

Actualmente en desarrollo.

7.3 Motores Stirling

Son motores de combustión externa adecuados para aplicaciones que requieran una combinación de fuente de calor y energía eléctrica, p.ej. en Faros, como parte de un sistema solar híbrido.

Disponen de una potencia calorífica de unos 5 kW y una salida de corriente de 0,7 kW (DC) para la carga de baterías.

Ventajas:

- Menor polución que un motor diesel convencional de combustión interna.

Inconvenientes:

- Sistema de control complejo.
- Asistencia técnica especializada.
- El combustible diesel debe ser transportado y almacenado.

Comentarios:

- Se siguen desarrollando programas con combustibles alternativos.

7.4 Generadores Termoeléctricos

Ventajas:

- Más simple que una termopila (1 vs. muchas).
- Quemador venturi muy sencillo (vs. catalítico).
- Bajo mantenimiento (cada 10,000 horas).
- Alta fiabilidad.
- Fuente energética barata para largos períodos de tiempo.
- Ecológica.
- Se pueden reconsiderar los sistemas híbridos solares/eólicos aplicados con esta tecnología, que antes pudieran no ser interesantes.

Inconvenientes:

- Baja eficiencia.
- Necesita fuente de combustible.

8 Gestión de los Residuos. Consideraciones

Hay un gran aumento de sensibilidad en función del grado de reciclaje de los equipos, su concepción basándose en su reutilización, que también influye en el aspecto económico.

La eliminación de los que contienen materiales peligrosos se tendrá muy en cuenta. La tendencia es al aumento de la vida útil de los equipos mediante la reutilización de sus componentes, y su posterior reciclado en vez de su desechado.

9 Referencias

9.1 Documentos de IALA

- Recomendación para la determinación de la intensidad luminosa y el alcance de una luz. Noviembre, 1966.
- Recomendación para la determinación del alcance nominal diurno de una Ayuda a la Navegación direccional. Abril 1974.
- Recomendación para los colores de las luces en las Ayudas a la Navegación. Diciembre 1977.
- Recomendación para el cálculo de la intensidad luminosa de una Ayuda a la Navegación. Diciembre 1977.
- Recomendación para el cálculo de la intensidad eficaz de una luz periódica. Noviembre 1980.
- Recomendación E-110, para el ritmo de las luces de Ayudas a la Navegación. Mayo 1998.
- Recomendación E-112, para Luces de Enfilación. Mayo 1998.
- Recomendación E-123, Fotometría en luces de Ayudas a la Navegación. Junio 2001.
- Recomendación A-126 para la utilización de AIS en Ayudas a la Navegación. Diciembre 2003
- IALA Notas prácticas para la implantación de sistemas fotovoltaicos en Ayudas a la Navegación, Septiembre 1993.
- IALA Guía para la definición de una Norma para el cálculo del consumo eléctrico en un Ayuda a la Navegación. Diciembre 1999.
- IALA Guía para la instalación y mantenimiento de baterías, Diciembre 2001.
- IALA Guía de las nuevas fuentes de luz y de energía, Diciembre 2001
- IALA Guía para el diseño de sistemas fotovoltaicos para Ayudas a la Navegación (Diciembre 2004)
- IALA Guía para la protección contra descargas eléctricas en Faros y Ayudas a la Navegación, Diciembre 2000.

9.2 Normas de referencia de la CEI

9.2.1 Relacionadas con las Baterías

<u>Norma</u>	<u>Situación</u>	<u>Título</u>
IEC 62060	Borrador	Guía para la implantación de sistemas de monitorización en baterías de plomo-ácido.
IEC 61427	Publicado	Baterías primarias y secundarias para aplicaciones fotovoltaicas – Requisitos y métodos de comprobación.
IEC 60896	Borrador	Baterías estacionarias de plomo-ácido – Capítulo 21: Con válvula de regulación – Características y métodos de comprobación

9.2.2 Relacionadas con Sistemas Fotovoltaicos

<u>Norma</u>	<u>Situación</u>	<u>Título</u>
IEC 62253	Nueva Publicación	Sistemas fotovoltaicos aislados – Criterios de Diseño y Certificación.
IEC 62111 Now renumbered as 62257 Parts 1-10	Borrador	Normas generales para la utilización de energías renovables en electrificaciones rurales y aisladas – Normas de diseño y funcionamiento – Instalaciones de electrificación empleando módulos fotovoltaicos.
IEC 62109	Borrador	Normas de seguridad con reguladores de carga y convertidores instalados en sistemas fotovoltaicos.
IEC 61427	Publicado	Baterías primarias y secundarias para aplicaciones fotovoltaicas.
IEC 61683	Publicado	Sistemas Fotovoltaicos - power conditioners - procedure for measuring efficiency.
IEC 61836-2	Nueva publicación	Especificaciones generales para la utilización de energías renovables en electrificaciones rurales y aisladas.

Eficiencia de conversión (Rendimiento):

La relación entre la potencia pico de salida del panel, y el producto de su área por la radiación incidente medida bajo unas condiciones definidas y expresada como porcentaje.

$$N \text{ del T: } \eta = (I_{cc} \times V_{ca} \times FF / A \times P_{sol}) \times 100$$

Característica I-V (I = f(V)):

La corriente de salida de un elemento fotovoltaico como función del voltaje de salida (para unas condiciones particulares de temperatura y radiación)

Factor de Forma (FF):

La relación entre la máxima potencia (potencia pico) y el producto de la tensión en circuito abierto (V_{ca}) y la corriente en cortocircuito (I_{cc}).

N del T: FF siempre es un valor inferior a 1 y la célula será tanto mejor cuanto FF se aproxime más a la unidad.

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{ca} * I_{cc}}$$

$$N \text{ del T: } FF = W_p / (V_{ca} \times I_{cc})$$

Radiación:

(Wm^{-2}) Energía irradiada incidente sobre la unidad de superficie.

Radiación directa (Wm^{-2}):

La energía irradiada desde el disco solar y desde una pequeña región circunsolar del cielo incidente con un ángulo subtendido menor de 5° sobre una unidad de superficie.

Radiación difusa: (Wm^{-2}):

El total de la energía irradiada incidente sobre una superficie excluyendo la radiación directa.

Irradiación: (Wh/m^2)

La suma de la radiación durante un periodo de tiempo determinado (MJm^{-2} por hora, día, semana, mes, año.....)

Módulo (Panel Fotovoltaico):

La asociación de células más elemental protegida por completo de los agentes atmosféricos.

Área del Módulo:

La totalidad de la superficie frontal del módulo, incluyendo espacios entre células y los bordes del marco (m^2).

Eficiencia del Módulo:

La relación entre el área ocupada por la totalidad de las células respecto al área del módulo.

Grupo de Módulos:

Un conjunto de módulos agrupados, pre-ensamblados y conectados entre si, diseñado para instalarse y funcionar dentro de un campo de paneles.

Área del Grupo de Módulos (m^2):

La totalidad de la superficie frontal del grupo, incluidos módulos, espacios y marcos.

Eficiencia del Grupo:

La relación entre el área total del grupo y el área de los módulos.

Efecto Fotovoltaico.

Conversión directa de energía radiante en energía eléctrica.

Sistema fotovoltaico (SF):

Un conjunto de componentes y subsistemas interconectados que unidos aprovechan el efecto fotovoltaico para convertir energía solar en energía eléctrica adecuada para conectarse a una aplicación. La forma más simple de sistema fotovoltaico consiste en un panel o paneles conectados a la aplicación, pero puede además incluir reguladores de carga, equipos de monitorización y control, acumuladores eléctricos y distribuidores de energía.

Factor de Intensidad

Valor de la intensidad de un elemento fotovoltaico a determinada tensión, bajo unas Condiciones de Medida Específicas.

N del T: Las más universalmente aceptadas son las Condiciones Standard de Medida (Radiación = 1000 W/m^2 ; Distrib. espectral = AM 1.5G; Incidencia normal y Temperatura de la célula = 25°).

Factor de Máxima Potencia:

El valor de potencia máxima de un elemento fotovoltaico bajo unas Condiciones de Medida Específicas.

Factor de potencia:

El valor de la potencia entregada por un elemento fotovoltaico a determinada tensión bajo unas Condiciones de Medida Específicas.

Factor de Tensión:

Tensión a la cual un elemento fotovoltaico se diseña para aproximarse a la máxima potencia eléctrica bajo unas Condiciones de Medida Específicas.

Célula Solar de referencia:

Célula fotovoltaica utilizada para medir radiación o simular niveles comparativos de radiación, para una distribución espectral de luz solar determinada.

Corriente de Cortocircuito (I_{cc}):

La corriente entregada por un elemento fotovoltaico en cortocircuito (Tensión en sus bornas = 0v) para una temperatura y radiación determinadas.

Célula Solar:

El elemento fotovoltaico elemental que genera electricidad cuando es expuesto a la luz solar.

Área de la Célula Solar:

El área frontal completa de la célula solar, incluida la rejilla (cm^2).

Respuesta Espectral (absoluta) (S abs):

La cantidad de corriente de cortocircuito generada por unidad de radiación para una determinada longitud de onda (AW^{-1}), trazada como una función de esta.

Respuesta espectral (relativa) (S_{rel}):

Respuesta espectral normalizada a la longitud de onda mas energética.

Coefficiente de Temperatura:

Variación de la tensión en circuito abierto de una célula fotovoltaica, por grado Celsius de variación en la temperatura de la célula.

Este coeficiente varía con la radiación y en menor medida con la temperatura.

Anexo 2- Resultados de la encuesta del año 2000 para miembros de la IALA sobre el uso de sistemas de energía fotovoltaica.

Durante el año 2000, IALA solicitó información a sus miembros por medio de un cuestionario sobre fuentes de energía, con el objetivo de generar estadísticas relativas al uso de diferentes fuentes de energía para Ayudas a la Navegación, particularmente energía fotovoltaica.

1 Respuestas

Los países que contestaron la encuesta abarcaban todas las latitudes desde 0° a 80° Norte y Sur, y representaban la gestión de:

- 30.425 Ayudas flotantes y
- 44.044 Ayudas fijas.

Se debe mencionar que a pesar del razonablemente amplio número de respuestas al cuestionario en el 2000, el resultado se vio necesariamente afectado a causa del elevado número de señales que gestionan algunas Autoridades, comparado con las cantidades de otras. Por esta razón el resultado se analizó por número de señales y no por el número de organismos

2 Conclusiones principales.

Como resultado de un análisis de los cuestionarios cumplimentados, resulta que en 2000, para las señales mantenidas por los encuestados:

- El 49% de las ayudas fijas y el 30,6% de las ayudas flotantes estaban alimentadas por sistemas de energía fotovoltaica.
- El 12,6% de las ayudas fijas se alimentaban mediante corriente industrial.
- El 3,3% de las ayudas fijas y el 8,2% de las flotantes estaban alimentadas por pilas (no recargables), principalmente en países donde gestionan ayudas flotantes por encima de los 60° de latitud.
- El 1,2% de las ayudas fijas y el 2,3% de las flotantes estaban alimentadas con gas (principalmente acetileno).
- El 1,2% de las ayudas fijas estaban alimentadas por generadores diesel.
- El 0,1% de las señales fijas estaban alimentadas con queroseno (petróleo).
- El 0,3% de las ayudas fijas y ninguna flotante estaban alimentadas por aerogeneradores.
- Solo un número muy pequeño de ayudas utilizaban generadores activados por olas, baterías de agua marina u otras fuentes de energía poco frecuentes.
- Algunas ayudas fijas tenían sistemas híbridos. Principalmente eran paneles solares con un generador diesel de apoyo y ocasionalmente también con aerogenerador de apoyo.
- Un pequeño número de ayudas flotantes (menor de un 1%) tenían sistemas híbridos principalmente paneles solares y generadores de olas, o paneles solares y pilas.

2.1 Tabla resumen - Carga

El análisis de los cuestionarios mostraba que el promedio de los valores de carga eran los siguientes:

Parámetros	Fijas			Flotantes		
	Min	Medio	Max	Min	Medio	Max
Potencia media de la carga (Vatios)	3	21	50	3	10	22
PotenciaMax.de la carga (Vatios)	5	181	1000	5	25	100
Potencia Min. de la carga (Vatios)	1.5	7	20	2	7	10
Ciclo medio de trabajo	0.1	0.2	0.5	0.1	0.21	0.5

Potencia media de la carga: $\Sigma (P \text{ lamp} \times \text{ciclo de trabajo}) / N^{\circ} \text{ total de de AtoN consideradas.}$

Ciclo medio de trabajo: $\Sigma (\text{ciclo de trabajo}) / N^{\circ} \text{ total de de AtoN consideradas.}$

2.2 Tabla resumen – Baterías.

El análisis de los cuestionarios mostraba que el promedio de las capacidades de las baterías eran los siguientes:

Parámetros	Fijas			Flotantes		
	Min	Media	Max	Min	Media	Max
Capacidad media (Ah)	100	310	500	100	285	1000
Tecnología	La mayoría Plomo-ácido, electrolito liquido (56%)			La mayoría estancas con válvula de regulación y electrolito gel (81%), excepto en lugares muy fríos.		
Autonomía media sin radiación solar, en días	4	30	120	10	45	90
Instalación de las baterías				Generalmente en la superestructura de la boya, en cajas ventiladas (30 %)		
Duración media, en años, al 75% de capacidad nominal al final de su vida útil	4	9	20	3	5	10

2.3 Tabla resumen – Dimensionado típico de generadores solares.

Los resultados, cubriendo una potencia de 840 kWp en módulos instalados, mostraban los siguientes promedios de potencia pico para los generadores fotovoltaicos.

	Fijas			Flotantes		
	Min	Typical	Max	Min	Typical	Max
Potencia media por AtoN (Wp)	20	186	833	20	89	300
Campo de paneles mayor (Wp)	100	1495	4400	30	256	3500
Campo de paneles menor (Wp)	3	22	48	3	41	300
Potencia pico del modulo usado con mayor frecuencia	10	50	80	10	50	80
Ángulo de inclinación	Latitud + 15°			Generalmente mas de 60° (a veces horizontal)		

