Manual de Ayudas a la Navegación de la AISM/IALA

IALA Aids to Navigation Manual IALA NAVGUIDE

AISM-IALA : 20 ter rue Schnapper - 78100 Saint-Germain en Laye - France
Telephone: + 33 1 34 51 70 01 - fax: + 33 1 34 51 82 05
E-mail : iala-aism@wanadoo.fr - Internet: //www.iala-aism.org

© IALA-AISM 2006
Reproducción autorizada para formación o propósitos educativos

Este trabajo ha sido dirigido y coordinado por la Dirección de Planificación y Desarrollo Portuario de Puertos del Estado (ESPAÑA)

Director de Planificación y Desarrollo Portuario
Jose Luis Estrada Llaquet

Subdirector de Explotación
Javier Martín Santo Domingo

Jefe del Área de Ayudas a la Navegación
Juan Francisco Rebollo Lledó

Dirección del Proyecto
Carmen Martínez Clemente
Jefe de División de Planificación

Grupo de trabajo de Ayudas a la Navegación:

Autoridad Portuaria Almería: Mario Sanz Cruz
Autoridad Portuaria de Alicante: Manuel Giménez Gil
Autoridad Portuaria de Barcelona: Guillermo Segador Cuevas
Autoridad Portuaria de Cádiz: Antonio J. Magariño Rivas
Autoridad Portuaria de Cartagena: Jose Luis Gandolfo Pretel.
Autoridad Portuaria de Ceuta: Santiago Tortosa Muñoz
Autoridad Portuaria de Gijón: Juan Manuel Vidal de la Plaza
Autoridad Portuaria de Huelva: Juan Antonio Galán Casana
Autoridad Portuaria de Málaga: Jorge Casesnoves Granado
Autoridad Portuaria de Marín y Ría de Pontevedra : Enrique Abati Gómez
Autoridad Portuaria de Santander: Carlos Calvo Gómez
Autoridad Portuaria de Sevilla : Septimio Andrés Domínguez
Autoridad Portuaria de Valencia: Javier González de la Iglesia
Autoridad Portuaria de Vigo: Luis Martínez González
La Maquinista Valenciana: Fernando Romero
Puertos del Estado: Enrique Tortosa Solvas (colaborador)
Puertos del Estado: Ildefonso Lorite Beltrán (colaborador)

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 IALA denominado ***IALA Aids to Navigation Manual. IALA NAVGUIDE.***

PRESENTACIÓN DE LA EDICIÓN ESPAÑOLA

La “NAVGUIDE” es la publicación más tradicional de la Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima y Autoridades de Faros (IALA) y, como documento técnico, se actualiza periódicamente coincidiendo con las Conferencias cuatrienales. Esta quinta edición se presenta dentro de la XVI Conferencia de la IALA que tendrá lugar en Shanghai en mayo de 2006.

Puertos del Estado, con objeto de potenciar la presencia de la lengua española en la comunidad técnico-científica en un mundo en el que las publicaciones en español no se corresponden con la población que habla y trabaja en esta lengua, viene desarrollando, en el marco de las ayudas a la navegación, la iniciativa de traducir a nuestro idioma los documentos técnicos de la IALA elaborados por el Comité de Ingeniería, Medioambiente y Conservación. Esta edición en español de la “NAVGUIDE”, que hoy tengo el honor de presentar, completa el trabajo realizado en la IALA por el Grupo de Ayudas a la Navegación durante el periodo 2002-2006.

Agradezco a todos los que han colaborado para que esta edición sea una realidad, su esfuerzo, dedicación, interés y profesionalidad y espero que su difusión nacional e internacional sirva para acercar a todos los interesados tanto las nuevas tecnologías como la gestión de las ayudas a la navegación marítima, campos en los que se puede considerar a la “NAVGUIDE” como el auténtico libro del conocimiento en la materia.

Madrid, marzo de 2006
Mariano Navas Gutiérrez, Presidente de Puertos del Estado

PRÓLOGO

La NAVGUIDE de la IALA será de interés y ayuda para todas las organizaciones, instituciones pedagógicas y personas relacionadas con las Ayudas a la Navegación. Esta quinta edición ha sido desarrollada a lo largo de los últimos cuatro años conservando el compromiso entre la excelencia y la claridad de la presentación.

El Comité de Gestión de Ayudas a la Navegación de la IALA ha coordinado la revisión general de la NAVGUIDE y todas las secciones se han actualizado o corregido de acuerdo con los expertos de los Comités de la IALA - Ingeniería, Medioambiente y Conservación (EEP); Servicio de Tráfico de Buques (VTS); Sistemas de Identificación Automática (AIS); y Radionavegación(RNAV).

Esta NAVGUIDE rinde tributo a aquellos profesionales de todo el mundo que, aunque muy ocupados en sus propios países, comparten su experiencia con otros miembros de la comunidad marítima internacional con objeto de armonizar las ayudas a la navegación marítima. Es un testimonio del esfuerzo de todos los miembros de los Comités de la IALA.

Cualquier comentario o sugerencia de los usuarios de esta Navguide será bienvenido y considerado para la elaboración de futuras ediciones. Por favor, enviar los comentarios a iala-aism@wanadoo.fr a la atención del Director de Coordinación Técnica de la IALA.

Torsten Kruuse, Secretario General de la IALA
Febrero 2006

INDICE

PRÓLOGO 4

CAPÍTULO 1. AISM - IALA 9

1.1 INTRODUCCION 9

1.2 TIPOS DE MIEMBROS 10

1.3 ESTRUCTURA DE LA IALA 12
1.3.1 CONSEJO DE LA IALA 12
1.3.2 ASAMBLEA GENERAL 13
1.3.3 COMITÉS 14
1.3.4 PANEL CONSULTIVO DE POLÍTICA 14
1.3.5 CONFERENCIAS Y EXPOSICIONES 15
1.3.6 TALLERES Y SEMINARIOS 15

1.4 PUBLICACIONES DE LA IALA 16
1.4.1 RECOMENDACIONES DE LA IALA: 16
1.4.2 DIRECTRICES DE LA IALA: 17
1.4.3 MANUALES DE LA IALA: 17
1.4.4 DICCIONARIO DE LA IALA: 18
1.4.5 OTRA DOCUMENTACIÓN: 18

CAPÍTULO 2. CONCEPTOS Y EXACTITUD EN LA NAVEGACIÓN 19

2.1 MÉTODOS DE NAVEGACIÓN 19

2.2 ESTÁNDARES DE EXACTITUD PARA LA NAVEGACIÓN 20

2.3 FASES DE NAVEGACIÓN 20
2.3.1 NAVEGACIÓN OCEÁNICA 21
2.3.2 NAVEGACIÓN COSTERA 22
2.3.3 APROXIMACIÓN A PUERTO 22
2.3.4 AGUAS RESTRINGIDAS 23

2.4 ERRORES DE MEDIDA Y EXACTITUD 24
2.4.1 ERRORES DE MEDIDA 24
2.4.2 EXACTITUD 24

2.5 CONSIDERACIONES HIDROGRÁFICAS 26
2.5.1 CARTAS 26
2.5.2 DATUM 27
2.5.3 GRADO DE PRECISIÓN DE LAS CARTAS 31
2.5.4 POSICIÓN DE LAS BOYAS EN LAS CARTAS 32

CAPÍTULO 3. AYUDAS A LA NAVEGACIÓN 33

3.1 AYUDAS VISUALES A LA NAVEGACIÓN 33
3.1.1 DESCRIPCIÓN 34
3.1.2 CARACTERÍSTICAS QUE LAS DISTINGUEN 34
3.1.3 COLORES DE LAS SEÑALES 35
3.1.4 VISIBILIDAD DE LAS MARCAS 38
3.1.5 VISIBILIDAD METEOROLÓGICA 39
3.1.6 TRANSMISIVIDAD ATMOSFÉRICA 39

3.1.7 REFRACCION ATMOSFERICA 40
3.1.8 CONTRASTE 40
3.1.9 USO DE PRISMÁTICOS 40
3.1.10 ALCANCE DE UNA MARCA VISUAL 41
3.1.11 LUCES DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN 43
3.1.12 AYUDAS FIJAS A LA NAVEGACIÓN 86
3.1.13 AYUDAS FLOTANTES A LA NAVEGACIÓN. 88
3.1.14 LUCES DE SECTORES Y LÍNEAS DE ENFILACIÓN 95
3.1.15 FACTORES DE DISMINUCIÓN DE RIESGO EN EL DISEÑO DE VÍAS DE NAVEGACIÓN 103

3.2 RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN 107
3.2.1 POLITICA SOBRE RADIOAYUDAS 108
3.2.2 RADIOFAROS MARÍTIMOS 109
3.2.3 REFLECTOR DE RADAR 109
3.2.4 INTENSIFICADOR DE BLANCO RADAR (RTE) 110
3.2.5 TRANSPONDEDOR RADAR (SART) 111
3.2.6 BALIZA DE RADAR ACTIVA (RACON) 111
3.2.7 LORAN / CHAYKA 114

3.3 SISTEMAS DE RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE 115
3.3.1 POLÍTICA DE LA IALA 115
3.3.2 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS) 115
3.3.3 SISTEMA GLOBAL DIFERENCIAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (DGNSS) 118
3.3.4 SISTEMA DE RADIONAVEGACIÓN DE COBERTURA MUNDIAL (WWRNS) 120

3.4 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁ-TICA (AIS) 121
3.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL 121
3.4.2 PROPÓSITO Y FUNCIÓN 121
3.4.3 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA 122
3.4.4 IMPLANTACIÓN A BORDO 126
3.4.5 PRECAUCIONES EN LA UTILIZACIÓN DEL AIS 126
3.4.6 APLICACIONES ESTRATÉGICAS DEL AIS 126
3.4.7 NORMATIVA INTERNACIONAL, RECOMENDACIO-NES Y GUÍAS 127

3.5 SERVICIOS DE TRÁFICO MARÍTIMO (VTS) 129
3.5.1 DEFINICIÓN 129
3.5.2 SERVICIOS 129
3.5.3 SISTEMAS VTS 130

CAPÍTULO 4. OTROS SERVICIOS 131

4.1 EL PRACTICAJE 131
4.1.1 EL PRACTICAJE COMO AYUDA A LA NAVEGACIÓN 131
4.1.2 TIPOS DE PRACTICAJE 132
4.1.3 OTRAS CONSIDERACIONES SOBRE PRACTICAJE 132

4.2 CORREDORES DE TRÁFICO 133
4.2.1 OBJETIVOS 133
4.2.2 DEFINICIONES 134
4.2.3 CANALES DE APROXIMACIÓN 136
4.2.4 CONSIDERACIONES SOBRE LA MANIOBRA DE BUQUES 136
4.2.5 SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL 137

4.3 SEÑALES ACÚSTICAS 138
4.3.1 CONSIDERACIONES SOBRE SEÑALES ACÚSTICAS Y SU USO 138
4.3.2 CONSIDERACIONES SOBRE LOS DETECTORES DE NIEBLA 139
4.3.3 SEÑALES ACÚSTICAS EN EL MUNDO 139
4.3.4 ALCANCE DE UNA SEÑAL ACÚSTICA 140

4.4 PUBLICACIONES NÁUTICAS 141
4.4.1 AVISOS A LOS NAVEGANTES 141
4.4.2 SERVICIO DE AVISOS A LA NAVEGACIÓN MUNDIAL 142
4.4.3 LISTA DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN 142
4.4.4 DESCRIPCIONES ESTÁNDAR 143
4.4.5 INFORMACIÓN DE SEGURIDAD MARÍTIMA (MSI) 146

4.5 SISTEMA DE INFORMACIÓN EN PANTALLA DE CARTAS ELECTRÓNICAS (ECDIS) 148
4.5.1 ESTANDARES DE FUNCIONAMIENTO 148

4.6 SONDAS DE MAREA Y MEDIDORES DE CORRIENTE 149
4.6.1 COMISIÓN OCEANOGRÁFICA INTERGUBERNA-MENTAL 149

CAPÍTULO 5. FUENTES DE ENERGÍA 151

5.1 TIPOS 151

5.2 FUENTES NO ELÉCTRICAS 151
5.2.1 ACETILENO 151
5.2.2 PROPANO 152

5.3 FUENTES ELÉCTRICAS NO RENOVABLES 152
5.3.1 PILAS O BATERÍAS PRIMARIAS 152
5.3.2 GRUPOS ELECTRÓGENOS 154

5.4 FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA RENOVABLES 155
5.4.1 ENERGÍA SOLAR (CÉLULAS FOTOVOLTÁICAS) 155
5.4.2 ENERGÍA EÓLICA 158
5.4.3 ENERGÍA DEL OLEAJE 159

5.5 BATERÍAS RECARGABLES (SECUNDA-RIAS) 160
5.5.1 TIPOS PRINCIPALES 160
5.5.2 CONSIDERACIONES TÉCNICAS 161

5.6 CARGAS ELÉCTRICAS Y PROTECCIÓN CONTRA RAYOS 163
5.6.1 CARGAS ELÉCTRICAS 163
5.6.2 PROTECCIÓN CONTRA RAYOS 164

CAPÍTULO 6. ASUNTOS SOBRE GESTIÓN 165

6.1 PRESTACIÓN, DISEÑO Y GESTIÓN DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN 165
6.1.1 CRITERIOS INTERNACIONALES 165
6.1.2 NIVEL DE SERVICIO (LOS) 167
6.1.3 GESTIÓN DEL RIESGO 174
6.1.4 OBJETIVOS DE DISPONIBILIDAD 178
6.1.5 REVISION Y PLANIFICACIÓN 186
6.1.6 MEDICIÓN DEL FUNCIONAMIENTO 188
6.1.7 GESTIÓN DE CALIDAD 189
6.1.8 MANTENIMIENTO 191
6.1.9 ENTREGA DE SERVICIOS (GESTIÓN INDIRECTA) 195

6.2 MEDIO AMBIENTE 197
6.2.1 MATERIALES PELIGROSOS 197
6.2.2 CONSERVACIÓN DE FAROS 202

6.3 ASPECTOS SOBRE RECURSOS HUMANOS 204
6.3.1 HABILIDADES 205

6.3.2 FORMACIÓN PARA EL PERSONAL DE MANTENI-MIENTO 205

ANEXO A - SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARÍTIMO DE LA IALA 207

ANEXO B. INDICE DE TABLAS 221

ANEXO C. INDICE DE FIGURAS 222

CAPÍTULO 1. AISM - IALA

1.1 INTRODUCCION

La navegación es una industria internacional que se regula a través de organizaciones internacionales. Las naciones han reconocido los beneficios y ventajas de regular y controlar la navegación a través de una normativa internacional. Esas organizaciones pueden ser inter-gubernamentales (ej. La Organización Marítima Internacional (OMI), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), o no gubernamentales.

La Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación y de Autoridades de Faros [1] (IALA) es una organización no gubernamental sin ánimo de lucro dedicada a la armonización de las ayudas a la navegación. Se formó en 1957 como una asociación técnica con el objetivo de proporcionara un marco de trabajo a las autoridades de ayudas a la navegación, fabricantes y consultores de todas partes del mundo y de hacer un esfuerzo común dirigido a:

- Armonizar las normas de los Sistemas de Ayudas a la Navegación alrededor del mundo.
- Facilitar la seguridad a la navegación, y el movimiento eficiente de los barcos:
- Mejorar la protección del medio ambiente marino.

Las funciones de la IALA incluyen:

- Desarrollar la cooperación internacional fomentando las relaciones de trabajo y asistencia entre los miembros;
- Recopilar y poner en circulación información sobre los últimos desarrollos y asuntos de interés común;
- Colaborar con relevantes organizaciones intergubernamentales e internacionales. Por ejemplo: La Organización Marítima Internacional (IMO), la Organización Hidrográfica Internacional (OHI), la Comisión sobre la Iluminación (CIE), y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT);
- Colaborar con organizaciones que representan a los usuarios de ayudas a la navegación;

[1] Actualmente llamada Asociación Internacional de Autoridades de Faros

- Promocionar las nuevas tecnologías de navegación, los asuntos relacionados con la hidrografía y la gestión del tráfico de buques;
- Proporcionar ayuda o asistencia especializada sobre ayudas a la navegación (incluyendo asuntos técnicos, de organización y de formación);
- Establecer Comités o Grupos de Trabajo para:
- Formular y publicar guías y recomendaciones de la IALA apropiadas;
- Contribuir al desarrollo de normas y reglas internacionales;
- Estudio de temas específicos;
- Alentar a los miembros de la IALA a desarrollar políticas que afronten los problemas sociales y ambientales asociados con el establecimiento y operación de ayudas a la navegación. Esto incluye asuntos tales como:
- la conservación de faros históricos, y;
- el uso de ayudas a la navegación como base para recoger datos u otros servicios gubernamentales o comerciales;
- Organizar conferencias, simposiums, talleres y seminarios relacionados con las ayudas a la navegación.

1.2 TIPOS DE MIEMBROS

La IALA tiene cuatro tipos de miembros que se describen a continuación:

- **Miembro Nacional**,- Aplicable a la Autoridad Nacional de cualquier país que sea legalmente responsable de la provisión, gestión, mantenimiento u operación de las ayudas a la navegación marítima;
- **Miembro Asociado**,- Aplicable a cualquier otro servicio, organización o agencia científica relacionada con ayudas a la navegación o asuntos afines;
- **Miembro Industrial**,- Aplicable a fabricantes, distribuidores y vendedores de equipos de ayudas a la navegación u organizaciones que provean servicios o asesorías técnicas en este campo mediante contrato;
- **Miembro Honorario**, - Que puede ser otorgado de por vida por el Consejo de la IALA, a cualquier persona que se haya distinguido por haber realizado una contribución importante al trabajo de la IALA.

Figura 1 Los países sombreados son miembros de la IALA

1.3 ESTRUCTURA DE LA IALA

La estructura organizativa de la IALA se muestra en la figura 2

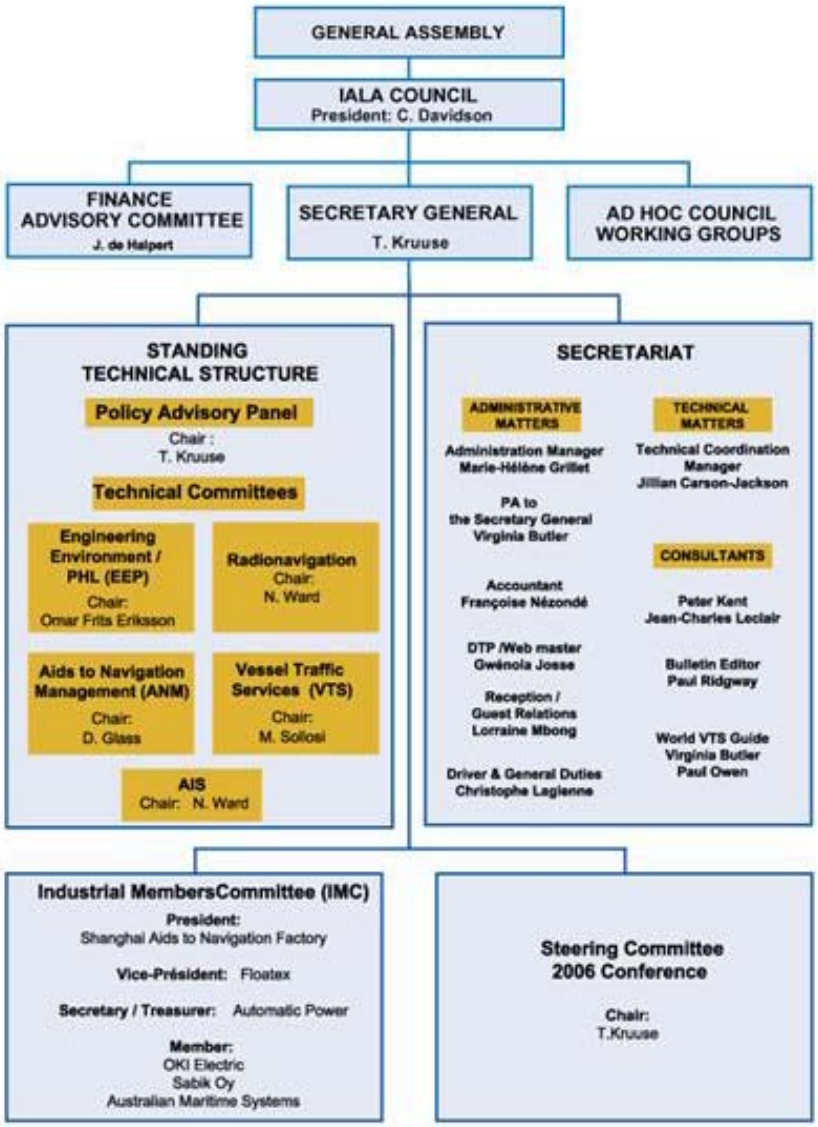


Figura 2.Estructura de la Organización de la IALA

1.3.1 CONSEJO DE LA IALA

La IALA está administrada por un Consejo de dieciocho miembros electos y dos no electos:

- Los consejeros electos se determinan mediante los votos de todos los miembros nacionales que asisten a la Asamblea General. Solamente puede ser elegido consejero un miembro nacional por cada país y se procura que existan consejeros de las diferentes partes del mundo.

- Los consejeros no electos son siempre el Jefe de la Autoridad Nacional que organizará la próxima Conferencia de la IALA y el Jefe de la Autoridad Nacional que ha celebrado la última.

Los miembros del Consejo eligen un Presidente, un Vicepresidente y un Comité Asesor Financiero para el periodo de 4 años entre Conferencias. El Consejo también nombra un Secretario General que actúa como representante legal y director ejecutivo de la IALA.

El Consejo se reúne por lo menos una vez al año y puede ser convocado por el Presidente, el Vicepresidente, o el Secretario General; o bien a petición de dos consejeros.

1.3.1.1 Funciones del Consejo

Las funciones del Consejo son:

- Implementar la política general de la IALA definida en sus objetivos o a través de la Asamblea General;
- Establecer los Comités necesarios para alcanzar los objetivos de la IALA y aprobar los nombramientos del Presidente y Vice-Presidente de cada Comité;
- Determinar las reglas de trabajo de los Comités y sus términos de referencia;
- Aprobar las Recomendaciones, estándares y guías de la IALA.
- Decidir el lugar y el año de la próxima Conferencia de la IALA;
- Establecer reglas de participación en las conferencias de la IALA;
- Convocar las Asambleas Generales;
- Aprobar el presupuesto anual y las cuentas;
- Decidir sobre los asuntos relativos a la condición de miembros;
- Determinar la tarifa de suscripción.

1.3.2 ASAMBLEA GENERAL

Las Asambleas Generales de los miembros de la IALA son convocadas por el Consejo de la IALA y generalmente coinciden con las Conferencias de la IALA, que tienen lugar cada 4 años (ver sección 1.3.5).

La Asamblea General, entre otras cosas:

- Decide las políticas generales de la IALA y su Constitución;
- Elige a los miembros del Consejo;

Únicamente los miembros nacionales tienen derecho de voto en la Asamblea General.

1.3.3 COMITÉS

Los Comités son establecidos por el Consejo para estudiar una serie de asuntos, determinados por la Asamblea General, con el objeto de preparar recomendaciones, normas y guías para los miembros de la IALA. Además preparan documentación para Organizaciones Internacionales. Un comité también puede ser requerido para hacer un seguimiento continuo de aquellos elementos que puedan influir en decisiones relativas a la prestación de ayudas a la navegación, incluyendo VTS.

El Consejo desarrolla términos de referencia para cada Comité cuando se establece éste. El Consejo revisa y modifica estos términos de referencia cuando lo considera necesario, principalmente antes de cada Conferencia.

Los Comités se reúnen regularmente y son importantes para el trabajo de la IALA porque sus expertos se mantienen al corriente de todos los desarrollos, incluyendo los tecnológicos, relativos a cada área de trabajo y preparan y revisan las publicaciones de la IALA de acuerdo con lo aprobado en su programa de trabajo. Los programas de los Comités generalmente cubren un periodo de estudios de 4 años, desde una Conferencia a la siguiente.

Los documentos creados por los Comités cubren materias relativas a la gestión, operación, ingeniería, nuevas tecnologías y formación que deben ser aprobados por el consejo de la IALA.

Todos los miembros de la IALA están invitados a participar en los Comités.

Los Comités que han existido durante los últimos cuatro años hasta la Conferencia de la IALA del 2.006 fueron:

- Ingeniería, Medioambiente y Conservación (EEP)
- Gestión de Ayudas a la Navegación (ANM)
- Servicio de Tráfico de Buques (VTS);
- Radionavegación (RNAV)
- Sistemas de Identificación Automática (AIS).

1.3.4 PANEL CONSULTIVO DE POLÍTICA

El Panel Consultivo de Política (PAP) es un grupo que componen: el Secretario General, el Asesor Técnico del Secretario General, el Presidente y Vice-Presidente de cada Comité y los Consejeros especiales de la IALA. Este Panel

se reúne una vez al año para revisar el trabajo que están desarrollando los Comités.

La tarea que desarrolla el PAP es:

- Identificar cualquier solape de trabajo entre los Comités y asegurar que éste se realice de acuerdo al cronograma;
- Revisar la función general de los comités y;
- Informar al Consejo de la IALA sobre el funcionamiento de la Oficina Principal.

1.3.5 CONFERENCIAS Y EXPOSICIONES

La IALA organiza una Conferencia General cada cuatro años. A estas conferencias pueden asistir los miembros de la IALA y también las autoridades de ayudas a la navegación no miembros de la IALA.

Los documentos, presentaciones y discusiones tratan sobre una amplia gama de asuntos referentes a las ayudas a la navegación y también al trabajo de la IALA durante los cuatro años previos. Todos los miembros están invitados a presentar comunicaciones para su discusión.

El Comité de los Miembros Industriales organiza tradicionalmente una exposición conjuntamente con la Conferencia (ver sección 1.3.2).

La IALA tradicionalmente lleva a cabo su Asamblea General a la vez que la Conferencia.

El trabajo de la IALA tradicionalmente comprende los cuatro años que transcurren entre las conferencias.

Además, la IALA puede celebrar un symposium sobre un tema de interés específico. Por ejemplo, el symposium sobre VTS tiene lugar cada 4 años, separado dos años de la Conferencia de la IALA.

1.3.6 TALLERES Y SEMINARIOS

La IALA convoca talleres y seminarios sobre temas que surgen durante el periodo de trabajo.

Un Taller es una reunión especial que se convoca para:

- Hacer el máximo uso de la experiencia técnica de los participantes, promover el trabajo de la IALA sobre un tema específico, o;

- Desarrollar las habilidades y la comprensión de nuevas técnicas, que pueden aprenderse por medio de conferencias combinadas con simulaciones o métodos similares.

Un Seminario es una pequeña reunión de especialistas sobre un tema específico en la que se realizan presentaciones seguidas por sesiones de preguntas y respuestas.

La aprobación de un taller o un seminario corresponde al Consejo previa recomendación del Secretario General.

1.4 PUBLICACIONES DE LA IALA

La IALA es responsable ante sus miembros de la elaboración de una colección completa de publicaciones que tiene como objetivo primario, el facilitar una aproximación uniforme a los sistemas de señalización marítima en todo el mundo. Los tipos de publicaciones incluyen:

- Recomendaciones;
- Directrices;
- Manuales;

Las publicaciones de la IALA se rigen por procedimientos internos especificados en la "Jerarquía de la documentación de la IALA".

Estos principios incluyen:

Facilidad de uso.- El sistema ha de ser tan intuitivo como sea posible, incluyendo todos los documentos de la IALA mientras que se mantenga el esquema de numeración de las Recomendaciones de la IALA.
Aspecto.- Los documentos deben presentar un aspecto común con una indicación visual de que se trata de un documento de la IALA así como del tipo de documento de la IALA de que se trata.
Validez.- La fecha del ejemplar y la fecha de revisión de la edición deben ser claramente visibles para indicar a los miembros de que disponen de la versión más actualizada posible.
Disponibilidad.- La documentación relativa a la seguridad en la navegación debería estar disponible para todo el que la necesite, p ej. en formato electrónico o descargable sin costo desde la página web de la IALA.

1.4.1 RECOMENDACIONES DE LA IALA:

Representan el nivel más alto de la documentación de la IALA y proporcionan a sus miembros directrices y procedimientos uniformes para conseguir los objetivos de la IALA. Las Recomendaciones de la IALA contienen información sobre como sus miembros deberían operar y gestionar las ayudas a la

navegación y pueden constituir una referencia importante para las normas internacionales y las directrices de la IALA

Las Recomendaciones se identifican mediante un código alfanumérico (series de cien):

- A-### representa las recomendaciones relativas al AIS
- E-### representa las recomendaciones relativas al EEP
- H-### representa las recomendaciones relativas a temas de conservación (p.ej. Conservación de Faros)
- O-### representa recomendaciones relativas a temas de operación y gestión.
- R-### representa recomendaciones relativas a temas de radionavegación.
- V-### representa recomendaciones relativas a los VTS.

Las Recomendaciones de la IALA están disponibles en formato PDF en la web de la IALA para que puedan ser descargadas por los interesados sin ningún coste. (www.iala-aism.org).

1.4.2 DIRECTRICES DE LA IALA:

Estos documentos proporcionan información detallada y en profundidad sobre temas específicos, opciones indicadas, mejores prácticas y sugerencias de implementación. Están relacionadas con la planificación, funciones y gestión de las ayudas a la navegación.

Las Directrices se identifican con una secuencia numérica (series de mil), seguida del título (p. Ej. “IALA Guideline 1001””Directrices de la IALA sobre el diseño de enfilaciones”), pero no llevan ninguna letra como indicativo del comité que las ha preparado.

1.4.3 MANUALES DE LA IALA:

Los Manuales de la IALA proporcionan a los miembros, no miembros e instituciones dedicadas a la formación una perspectiva general de un tema muy amplio, por ejemplo la NAVGUIDE o el Manual de VTS. A la vez que se introduce en el tema a una variada audiencia, se hace referencia a las Directrices y Recomendaciones de la IALA así como a otra documentación internacional relacionada con éste.

1.4.4 DICCIONARIO DE LA IALA:

Proporciona un listado de palabras y frases usadas para explicar y describir la planificación, operación, gestión, equipamiento, sistemas y términos científicos relativos a las Ayudas a la Navegación (la última edición es de 1980).

1.4.5 OTRA DOCUMENTACIÓN:

Otra documentación disponible en la IALA incluye:

- Presentaciones realizadas en las Conferencias;
- Informes;
- Boletín de la IALA (revista de publicación trimestral)
- Lista de publicaciones de la IALA:

La IALA se esfuerza en proporcionar todas las publicaciones sin coste o con un coste mínimo.

CAPÍTULO 2. CONCEPTOS Y EXACTITUD EN LA NAVEGACIÓN

Las autoridades nacionales de ayudas a la navegación se ocupan generalmente de establecer un régimen de navegación segura que facilite el comercio y el desarrollo económico. Los servicios primarios están por tanto dirigidos hacia las necesidades de los buques mercantes. En algunas áreas, las autoridades pueden proporcionar servicios adicionales para los ferrys, las embarcaciones pesqueras y de recreo y actividades marítimas especializadas.

Esta sección se ocupa de los métodos de navegación y las exigencias de precisión desde la perspectiva de los buques mercantes.

2.1 MÉTODOS DE NAVEGACIÓN

La OMI (Organización Marítima Internacional) define la navegación como "el proceso de planificación, registro y control del movimiento de un buque de un lugar a otro[2].

Los principales métodos de navegación marítima se describen brevemente a continuación:

- **Reconocimiento por Estima:** Navegación basada en el control de la velocidad, el tiempo transcurrido y la dirección seguida desde una posición conocida. El término se basa originalmente en el rumbo mantenido y la velocidad a través del agua, sin embargo, la expresión también se puede referir a posiciones determinadas usando el rumbo y la velocidad esperados sobre el agua, por lo tanto haciendo una estimación aproximada de los elementos perturbadores como el viento y la corriente. La posición determinada por este método se le llama habitualmente una posición de estima.
- **Navegación Terrestre:** Navegación por medio de información obtenida por la observación visual o mediante radar de objetos conspicuos o marcas situadas en tierra.
- **Navegación Celeste o Astronómica:** Navegar usando información obtenida de cuerpos celestes; por ejemplo el sol, la luna, los planetas y las estrellas.
- **Radionavegación:** Navegación que utiliza señales de radio para determinar la posición o una línea de posición (ejemplo: LORAN C, GPS, etc.).

[2] Resolución de la IMO A.915(22). Ap 1

2.2 ESTÁNDARES DE EXACTITUD PARA LA NAVEGACIÓN

La resolución de la OMI A.915(22), adoptada en Enero de 2002 estableció los estándares de exactitud para la navegación marítima.

La siguiente tabla presenta los estándares más importantes adoptados en los apéndices 2 y 3 de esa resolución.

Tabla 1 Requerimientos mínimos de exactitud para los navegantes.

Aplicación	Exactitud horizontal absoluta (95%) (m)
Navegación general	
Oceánica	10-100[3]
Costera	10
En Aguas restringidas	10
En Puerto	1
En Aguas interiores	10
Hidrografía	1-2
Oceanografía	10
Gestión de ayudas a la Navegación	1
Operaciones portuarias:	
Control de Tráfico Marítimo Local	1
Gestión de Carga de contenedores	1
Aplicación de la Ley	1
Manejo de la Carga	0.1

2.3 FASES DE NAVEGACIÓN

Habitualmente la navegación se ha dividido en tres fases: **navegación oceánica**, **navegación costera** y navegación en aguas restringidas. Más recientemente, algunos documentos han introducido otras fases, a saber: **aproximaciones a puerto**, **navegación dentro del puerto** y **navegación en canales interiores**.

La fase de aproximación al puerto es como una particularidad de la fase de aguas restringidas, pero será tratada separadamente en esta guía.

[3] La resolución de la OMI A.915(22) en su Apéndice 2 incluye el requerimiento para una exactitud de 10 m. en la navegación oceánica, mientras que la resolución de la OMI A.953(23) menciona que " en aquellos lugares en los que se emplea un sistema de radionavegación para asistir a los barcos en la navegación en aguas oceánicas, el sistema debería proporcionar una precisión de 100 m. con una probabilidad del 95%.

La navegación dentro del puerto y en aguas interiores son otros dos casos específicos de navegación en aguas restringidas y no se tratarán separadamente en esta guía porque las precauciones y requerimientos que se exigen para las aguas restringidas son aplicables también para aquellos.

2.3.1 NAVEGACIÓN OCEÁNICA

En esta fase el barco está normalmente:

- por detrás de la plataforma continental (200 metros de profundidad) y a más de 50 m. n. de tierra;
- en aguas donde la fijación de posición por referencia visual a tierra o ayudas flotantes a la navegación no es práctica;
- suficientemente lejos de masas de tierra y áreas de tráfico en que los peligros de bajos y de colisión son comparativamente pequeños.
- Los requisitos para la exactitud en la fase oceánica no son muy estrictos y se basan en dotar al barco de la capacidad de planear correctamente la aproximación a tierra o a aguas restringidas.

Los aspectos de eficiencia económica de la navegación, por ejemplo: el tiempo de transito y el consumo de combustible, mejoran con la disponibilidad de un sistema de posicionamiento continuo y exacto que permite a un buque seguir la ruta mas corta y segura con precisión.

Aunque la OMI ha adoptado medidas de precisión más estrictas (véase Tabla 1) se considera que los requisitos mínimos de navegación para la fase oceánica tienen una exactitud previsible de 2 a 4 m. n. junto con un intervalo deseable de actualización de posición de 15 minutos o menos (máximo con un intervalo de 2 horas).

Nota:
En tanto que la descripción de la fase oceánica es válida para los grandes buques, la distancia de 50 m. n. de tierra puede no ser realista para barcos pequeños, especialmente embarcaciones de recreo y algunos buques de pesca y en algunas zonas geográficas:

Para los pequeños navíos, podría considerarse que la fase oceánica de navegación comienza cuando la distancia excluye la fijación de posición por referencia visual a tierra o a señales marítimas fijas o flotantes.

De forma similar hay numerosas áreas del mundo donde existen aguas profundas sin tierra a la vista, pero a menos de 50 m. n. de tierra y donde no hay peligros naturales ni ayudas a la navegación.

2.3.2 NAVEGACIÓN COSTERA

En esta fase el barco está habitualmente:

- dentro de las 50 m. n. de la costa o del límite de la plataforma continental (200 metros de profundidad);
- en aguas contiguas a grandes masas de tierra o grupos de islas donde las rutas transoceánicas vienen a converger hacia las áreas de destino y donde existe tráfico ínter portuario en rutas que son esencialmente paralelas a las líneas de costa.

El barco puede encontrar:

- Sistemas de Información de Barcos (SRS) y Servicios de Tráfico Marítimo (VTS);
- explotación de la costa y actividad científica en la plataforma continental;
- alguna actividad pesquera y recreativa aunque estas tienden a concentrarse en la zona costera dentro de las 20 m. n. de la línea de costa.

Se considera que existe la fase costera cuando la distancia desde la orilla permite navegar por medio de observaciones visuales, radar y, si es necesario, por sonar. En la fase oceánica las distancias pueden variar para tener en cuenta los buques más pequeños y las características geográficas locales.

Aunque la OMI ha adoptado medidas de precisión más estrictas (véase Tabla1) estudios internacionales han establecido los requisitos mínimos de navegación para buques mercantes que operan en la fase costera con un sistema de navegación capaz de dar posicionamiento con una exactitud de 0,25 m. n. combinado con un intervalo de actualización, a ser posible de 2 minutos (máximo 15 min.).

Operaciones marítimas más especializadas dentro de fase costera pueden requerir sistemas de navegación capaces más exactos y de un menor tiempo de actualización, bien permanentemente o bien ocasionalmente. Estas operaciones pueden incluir investigación científica marina, estudios hidrográficos, pesca comercial, explotación minera o petrolífera y búsqueda y rescate (SAR).

2.3.3 APROXIMACIÓN A PUERTO

Esta fase representa la transición de la navegación costera a la navegación en puerto.

- El barco se mueve desde aguas relativamente libres de la fase costera a otras más restringidas y con tráfico más denso cerca y /o dentro de la entrada a una bahía, un río o un puerto;
- El navegante se enfrenta con la exigencia de una actualización de la posición más frecuente y de tener que maniobrar el navío para evitar la colisión con otros buques y con peligro de varada.
- El barco estará generalmente en zonas:
- De cobertura de ayudas a la navegación de complejidad variable (incluyendo los faros, racones, enfilaciones y luces de sectores).
- Áreas de practicaje, y;
- Las fronteras SRS y VTS.

Las condiciones de seguridad en la navegación durante la Fase de Aproximación a Puerto exigen unos requisitos mas restrictivos sobre la exactitud del posicionamiento, los ratios de fijación de posición y otras informaciones en tiempo real sobre la navegación, que durante la Fase Costera.

La tecnología GPS y DGPS ha proporcionado los medios para alcanzar los requisitos de aproximación a puerto con una exactitud muy alta y una actualización de posición con intervalos menores de 10 seg. Sin embargo esto no es práctico para situar estas actualizaciones de posición sobre una carta náutica al estilo tradicional. Para utilizar esta información de forma efectiva se requiere algún tipo de pantalla automática que la represente en forma de carta náutica, Sistema de Cartas Electrónicas (ECS) o el Sistema de Información en Pantalla de Cartas Electrónicas, tecnología ECDIS.

2.3.4 AGUAS RESTRINGIDAS

En tanto que es similar a la fase de aproximación a puerto, en cuanto a la proximidad de peligros y con las limitaciones de libertad de maniobra, la fase de aguas restringidas también puede tener lugar durante una fase de navegación costera, por ejemplo, en varios estrechos del mundo.

El piloto o el práctico de un gran buque en aguas restringidas debe dirigir su movimiento con gran seguridad y precisión para evitar encallar en bajos, golpearse con peligros sumergidos o colisionar con otros buques en un canal congestionado. Si un gran buque se encuentra en una situación de emergencia de navegación, sin ninguna posibilidad de girar o parar, puede verse forzado a navegar dentro de un límite de escasos metros para evitar un accidente.

Los requisitos de seguridad para la navegación en aguas restringidas hacen deseable que los sistemas de navegación nos doten de:

- una verificación exacta de la posición casi continuamente;

- una información que detecte cualquier tendencia del navío a desviarse de su ruta primitiva;
- una indicación instantánea de la dirección en la que el barco debe ser gobernado para mantener el rumbo adecuado

Estos requisitos no son habitualmente alcanzables mediante el uso exclusivo de ayudas visuales y del radar del barco pero, como en la aproximación a puerto, pueden lograrse con una combinación del DGPS y de los sistemas de cartas electrónicas (ECS).

2.4 ERRORES DE MEDIDA Y EXACTITUD

Una buena práctica, tanto en la navegación como en las ayudas a la navegación, nos dice que la fijación de la posición debería acompañarse de una indicación del error o de la inexactitud en la medida de los parámetros.

2.4.1 ERRORES DE MEDIDA

El ***Error de medida*** se define como la diferencia entre el valor verdadero y el valor medido.

En general se reconocen tres tipos de errores:

- ***Errores Sistemáticos:*** (errores normales o de sesgo) son errores que persisten y se relacionan con la precisión inherente al equipo o resultan de un calibrado inadecuado del mismo. Este tipo de error puede ser previsto hasta cierto punto y compensado adecuadamente.
- ***Errores Aleatorios***:- Producen lecturas que toman valores aleatorios por arriba o por debajo de un valor medio. Pueden ser debidos al observador, al operador o al equipo y se manifiestan al tomar lecturas repetidas. Este tipo de error no puede ser previsto de antemano ni totalmente compensado.
- ***Fallos y Errores***:- Los errores de este tipo pueden reducirse con un entrenamiento adecuado y siguiendo procesos ya definidos.

2.4.2 EXACTITUD

En un proceso en el que se toman diversas medidas, el término **exactitud** se refiere al grado de conformidad entre el parámetro medido en un determinado momento y el verdadero valor del parámetro en ese instante.

(El término *parámetro* se refiere a: posición, coordenadas, velocidad, tiempo, ángulo, etc.).

Con relación a la navegación se pueden definir cuatro tipos de exactitud:

- ***Exactitud Absoluta (Exactitud Geodésica o Geográfica):*** La exactitud de una posición con respecto a las coordenadas geográficas o geodésicas de la tierra.
- ***Exactitud Predecible***: La exactitud con la que una posición puede ser definida cuando se han tomado en cuenta los errores previstos. Depende, por tanto, del estado de conocimiento de las fuentes de error.
- ***Exactitud Relativa o Exactitud Relacional***: Es la exactitud con la que un usuario puede determinar su posición relativa a la de otro usuario con el mismo sistema de navegación al mismo tiempo.
- ***Exactitud Repetible:*** La exactitud con la que un usuario puede volver a una posición cuyas coordenadas han sido calculadas previamente utilizando medidas no correlativas mediante el mismo sistema de navegación.

Para la navegación general, la ***Exactitud Predecible*** y la ***Absoluta*** son las más importantes. La ***Exactitud Repetible*** es de más interés para los pescadores, la industria del gas y petróleo en las plataformas offshore, los barcos que hacen viajes regulares dentro de un área de aguas restringidas y las Autoridades de Faros cuando sitúan ayudas flotantes a la navegación.

2.4.2.1 Exactitud de Fijación de una Posición

Son necesarias un mínimo de dos líneas de posición (LOP) para determinar una posición en el mar. Dado que hay un error asociado con cada LOP, la fijación de posición tiene un error en dos dimensiones. Hay diversas formas de analizar la frontera de error, sin embargo se ha adoptado como método preferido el que la posición se encuentre, con un 95% de probabilidad, dentro de un círculo de centro la posición verdadera y radio la posición relativa.

2.4.2.2 Medidas de Posicionamiento en Navegación

La tabla 2 muestra la exactitud típica (95% de probabilidad) que se alcanza usando técnicas e instrumentos de navegación comunes .

Tabla 2. Exactitud de algunos procesos y sistemas de fijación de posición

Procesos	Exactitud típica (95% de probabilidad	Exactitud a 1 m.n. (metros)
Brújula magnética apuntando Sobre un faro o marca terrestre	+- 3% La exactitud puede disminuir en latitudes elevadas	93
Giro-compás tomando la demora a un faro o una marca terrestre.	0.75% X la secante de la latitud (por debajo de los 60º de latitud)	<62
Demora por radio direccional	±3º a ±10º	93-310
Demora de radar	±1º Suponiendo una presentación estabilizada y un barco razonablemente estable	31
Distancia medida por radar	1% del máximo rango de la escala en uso o 30 mts, la que sea mayor.	
LORAN-C / CHAYKA	0.25 m.n.	
GPS	13-36 mts.	
DGPS (GNSS) (Formato ITU-R M.823/1)	1-3 mts.	
Estima (DR)	Aproximadamente 1 m.n. por cada hora de navegación	

2.5 CONSIDERACIONES HIDROGRÁFICAS

2.5.1 CARTAS

La definición de la OMI[4] de una carta o publicación náutica es un mapa o un libro con un propósito especial, o una base de datos, especialmente preparada, de la que se deriva tal mapa o libro que está publicado oficialmente por una autoridad, un Gobierno, una Oficina Hidrográfica autorizada u otra institución gubernamental y se diseña para cumplir con los requerimientos de la navegación marítima.

La principal organización internacional en asuntos de cartas náuticas es la Organización Hidrográfica Internacional (OHI).

La (OHI) es una Organización Intergubernamental consultiva y técnica que fue establecida en 1921 para apoyar la seguridad en la navegación y la protección del entorno marítimo.

El objetivo de la organización es:

[4] SOLAS, Capítulo 5, Regla 2

- Coordinar las actividades de las oficinas hidrográficas nacionales;
- La mayor uniformidad posible en las cartas náuticas y documentos;
- La adopción de métodos fiables y eficaces para llevar adelante la ejecución y explotación de los estudios hidrográficos;

El desarrollo de las ciencias en el campo de la hidrografía y de las técnicas empleadas en la oceanografía descriptiva: organismo responsable de determinar los estándares internacionales de calidad de las investigaciones hidrográficas y de la producción de cartas y mapas

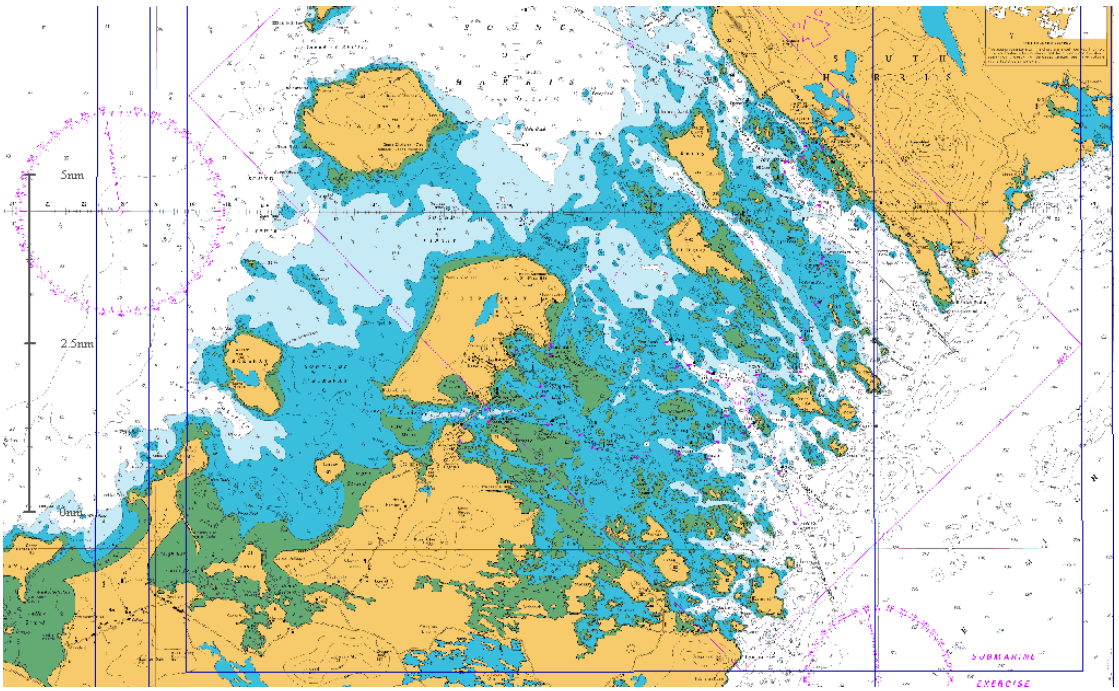


Figura 3. Carta proporcionada por LIDAR

2.5.2 DATUM

En su forma más simple un datum es un punto teórico inicial asumido o definido como origen desde el que se toman medidas.

Un ejemplo más complejo de un datum es el **Datum Geodésico** usado en la representación matemática de la superficie de la tierra. Se han utilizado muchos tipos de datum diferentes a lo largo del tiempo para definir el tamaño y la forma de la tierra y el origen y la orientación de los sistemas de coordenadas para los mapas y cartas de navegación. Estos han evolucionado desde considerar la tierra esférica, a los modelos geoidales y elipsoidales y también a las proyecciones planas usadas para cartas y mapas.

El modelo **geoidal** define la tierra como una superficie equipotencial[5] que podría suponerse coincidente con el nivel del mar, en ausencia de mareas, corrientes, variaciones de densidad de agua y efectos atmosféricos.

Una aproximación más precisa usa un **elipsoide,** que es una superficie matemática "suavizada" para dar un aspecto del geoide mas adecuado. Los primeros modelos de elipsoide se desarrollaron para adecuar los mapas y cartas de las regiones locales o países. Sin embargo, no necesariamente proveían una solución satisfactoria en otras partes del mundo; algunas cartas náuticas hacen referencia a un datum local, por ejemplo: Elipsoide Hayford, o Internacional – Datum Postdam, Paris o Lisboa.

2.5.2.1 Datum de la Carta

El datum de la carta se define como el datum o plano de referencia con el que se relacionan todas las batimetrías y altimetrías que figuran en dicha carta. Está relacionado con un área determinada y es un nivel, por debajo del cual, la marea generalmente no baja. Se define habitualmente como la **marea astronómica más baja** (y en algunos casos como Indian Spring Low Water).

2.5.2.2 Datum de Nivel o Datum de Control Vertical

Estos son términos genéricos para nivelación de superficies que se usan para determinar los niveles o elevaciones. Se usan en cartas náuticas como por ejemplo:

- Profundidades de agua que se miden desde un datum de la carta al fondo del mar;
- Las elevaciones de masas de tierra y estructuras artificiales se referencian bien a la pleamar media de sicigias (donde las mareas son predominantemente semi diurnas) o a la media de pleamares altas (donde las mareas son predominantemente diurnas) ;[6]
- La altura de los ojos de los puentes se referencia generalmente a la marea astronómica más alta (HAT).

La definición de estos niveles y otros niveles relativos se dan en la tabla 3.

[5] Conjunto de puntos que tienen el mismo potencial gravitatorio

[6] Debe hacerse notar que las elevaciones y las características de la tierra en los mapas se referencian generalmente al **Nivel Medio del Mar**

Tabla 3. Descripción de algunos niveles comunes relativos a la navegación en aguas restringidas y costeras

Niveles y descripción	Abreviatura en inglés
La marea astronómica mas alta: El nivel de marea mas alto que pueda ser predicho que ocurra en unas de condiciones meteorológicas medias y en una determinada combinación de condiciones astronómicas (diccionario OHI S 32 5.ª edición, 2.244).	HAT
Nivel medio entre las mayores pleamares: La altura media de las pleamares mas altas en un lugar y un periodo de mas de 19 años (diccionario OHI S 32 5.ª edición,3.140).	MHHW
Nivel medio de pleamares sicigias: La altura promedio de las pleamares de mareas sicigias. También llamadas pleamar de sicigia (diccionario OHI S 32 5.ª edición,3.144).	MHWS
Nivel medio del mar: La altura media de la superficie del mar en un estado de marea para todos los estados de marea en un periodo de más de 19 años, generalmente determinado por lecturas horarias de alturas, medidas desde un nivel de referencia predeterminado y fijo (diccionario OHI S 32 5.ª edición, 3.156).	MSL
Promedio de bajamares de sicigia: La altura promedio de bajamares de mareas de sicigias (diccionario OHI S 32 5.ª edición, 3.150).	MLWS
Promedio de la bajamar más acusada: La altura promedio de la bajamar más baja en un lugar, sobre un periodo de 19 años (diccionario OHI S 32 5.ª edición, 3.145).	MLLW
Bajamar de sicigia india: Un datum de marea aproximando el nivel del promedio de la bajamar más baja de las mareas de sicigia; también se llama plano indio de mareas (diccionario OHI S 32 5.ª edición, 2.427). **ISLW** fue definido por GH Darwin para las mareas de la India a un nivel bajo MSL y fue encontrado restando del nivel medio del mar la suma de las componentes armónicas M2, S2, K1 y O1.	ISLW
Marea astronómica más baja: El nivel de marea más bajo que puede predecirse que ocurra en unas condiciones meteorológicas medias y bajo cualesquiera condiciones astronómicas (diccionario OHI S 32 5.ª edición, 2.936).	LAT

2.5.2.3 Modelos de Datum de Carta

Hasta la llegada de la navegación por satélite, las cartas náuticas se referían generalmente a los datums locales y nacionales. Ahora, el ampliamente usado sistema de posicionamiento global por satélite, utiliza un datum centrado en la tierra referido al sistema geodésico mundial 1984 (WGS–84)[7] que se ha considerado que es la mejor solución para representar la superficie entera de la tierra.

[7] El World Geodetic System (W G S – 84) es un conjunto de parámetros que describen el tamaño y forma de la tierra desde posiciones de una red de puntos

Generalmente, WG–84 es un sistema geodésico asociado a la emisión de información de corrección diferencial a través de las estaciones marítimas DGPS usando el formato de señal ITU-R M.823/1.

La Resolución Técnica del OHI-B1.1 recomienda que todos los países que emitan cartas de navegación nacionales, deberían basarlas en el sistema geodésico WGS-84. Para muchos países este simple objetivo representa un formidable trabajo y llevará bastantes años alcanzarlo, por lo tanto muchas cartas náuticas continuarán refiriéndose a datums distintos del WGS-84 y pueden existir discrepancias de varios cientos de metros entre una posición derivada del GPS y la posición de la carta. Durante este periodo de transición es importante, para los navegantes y otras personas que usan las cartas, tener en cuenta:

- el datum aplicable a la carta que se esté usando;
- incluir el datum de referencia aplicable cuando se comunique una posición medida;
- determinar si puede ser directamente representada o no, sobre una carta, una posición derivada de satélite. En algunos casos la carta incluirá información para ajustar una posición derivada de satélite al datum de la carta;
- saber que algunos receptores GPS son capaces de convertir automáticamente las posiciones WGS-84 a otros sistemas de coordenadas geodésicas y mostrarlas en la pantalla. El usuario debería estar al tanto de los ajustes que se han aplicado al receptor.

Ejemplos del tipo de notas que se encuentran en algunas cartas[8] náuticas son los siguientes:

POSICIONES DERIVADAS DEL SATELITE Las posiciones obtenidas mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en el datum WGS 1984 deben desplazarse 0,09 min. hacia el sur y 0,06 min. hacia el oeste para que coincidan con esta carta.

POSICIONES DERIVADAS DEL SATELITE Las posiciones obtenidas mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en WGS 1984 pueden ser representadas directamente en esta carta.

con respecto al centro de la masa de la tierra; transformaciones desde datums geodésicos mayores y el potencial de la tierra (OMI Resolución A 860 (20).

[8] Ejemplo tomado de cartas australianas

POSICIONES DERIVADAS DEL SATELITE
Las posiciones obtenidas mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en WGS 1984 no pueden ser representadas directamente en esta carta. Las diferencias entre las posiciones GPS y las posiciones de esta carta no pueden determinarse; debe advertirse al navegante que esas diferencias pueden ser significativas y se advierte que deben usar fuentes alternativas de información de la posición, particularmente cuando se encuentren próximos a la costa o cerca de algún peligro.

Figura 4.Notas de GPS en las cartas

2.5.3 GRADO DE PRECISIÓN DE LAS CARTAS

A nivel nacional, es importante que las Autoridades responsables de las ayudas a la navegación y los servicios hidrográficos trabajen juntos para asegurar que tanto la red de ayudas a la navegación como las cartas disponibles son apropiadas para que los usuarios naveguen con seguridad.

Los requerimientos de precisión para la navegación en general se relacionan con la escala de la carta necesaria para cada parte de la travesía.

La tabla 4 muestra escalas de carta con los correspondientes requerimientos de exactitud recomendados por la OHI y la dimensión equivalente de un punto de 0.5 mm. sobre una carta.

Tabla 4.Escalas de carta, aplicaciones y consideraciones relativas a la precisión.

Escala de la carta [9]	Exigencia de precisión correspondiente (metro)	Anchura aproximada del lápiz (0.5mm) Equivalencia (metros)[10]	Aplicación
1:10.000.000	10.000	5.000	
1:2.500.000	2.500	1.250	Navegación Oceánica
1:750.000	750	375	------
1:300.000	300	150	Navegación Costera
1:100.000	100	50	------
1:50.000	50	25	Aproximación
1:15.000	15		------
1:10.000	10	7.5	Aguas restringidas
1:5.000	5	5	Planos de Puerto
		2.5	

[9] La escala de la carta suele estar referenciada a una latitud determinada. Ej.: 1:300.000 en la latitud 27º 15' S.

[10] Esta información puede ser útil para ayudar en los requerimientos prácticos de exactitud durante el fondeo del sistema de anclaje de las boyas.

2.5.4 POSICIÓN DE LAS BOYAS EN LAS CARTAS

No se puede confiar en que las ayudas flotantes mantengan siempre sus posiciones exactas. Las boyas deberían, por lo tanto, considerarse con precaución y no como marcas infalibles de navegación, especialmente cuando están en posiciones expuestas; un barco debería, siempre que sea posible, navegar por marcaciones de objetos fijos y/o ángulos horizontales entre ellos y no confiando sólo en las boyas.

CAPÍTULO 3. AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

Una **Ayuda a la Navegación** marítima es todo dispositivo externo al buque que está diseñado y construido para mejorar la seguridad a la navegación de los buques y facilitar el tráfico marítimo.

Una ayuda a la navegación marítima no debería confundirse con una **ayuda de navegación**. Una ayuda de navegación es un instrumento, dispositivo, carta, etc. que los barcos llevan a bordo para ayudarle a determinar su rumbo.

Este capítulo describe los principales tipos de ayudas a la navegación actualmente en uso y además incluye comentarios sobre la aplicación y el desarrollo de la tecnología. También cubre los Servicios de Tráfico de Buques (VTS) y los Sistemas de Identificación Automática (AIS), dado que estos servicios también se consideran ayudas a la navegación.

El concepto de e-navegación está cobrando importancia. En el MSC81, se requirió a la OMI para que tuviera en cuenta el desarrollo de la e-navegación. La IALA ha identificado este concepto en su planificación estratégica y ha constituido un comité de e-navegación para el próximo programa de trabajo 2006-2010. IALA ha definido la e-navegación como:

" La e-navegación es la recogida, integración y visualización de información marítima a bordo y en tierra por medios electrónicos para mejorar la navegación puerto a puerto y los servicios relacionados, la seguridad en el mar y la protección del ambiente marino."

3.1 AYUDAS VISUALES A LA NAVEGACIÓN

Las marcas visuales para la navegación pueden ser naturales o bien objetos artificiales hechos por el hombre. Incluyen estructuras específicamente diseñadas para ayudas a la navegación de corto alcance u objetos fácilmente visibles como promontorios, cimas de montaña, rocas, árboles, torres de iglesia, minaretes, monumentos, chimeneas, etc.

Las marcas visuales de corto alcance pueden estar dotadas de luz si hay navegación nocturna o ser ciegas si solamente hay navegación diurna.

La navegación nocturna es posible hasta cierto punto si las ayudas ciegas están provistas de:

- Un reflector de radar, si el buque tiene radar ;

- Material retro-reflectante si el buque tiene un foco de búsqueda. Esta aproximación solamente sería aceptable para barcos pequeños operando en aguas seguras con la ventaja de conocer la zona.

3.1.1 DESCRIPCIÓN

Las ayudas visuales a la navegación están construidas para comunicar a un observador capacitado que se encuentra a bordo de un buque, información que le pueda ayudar en la tarea de la navegación. El proceso de comunicación se conoce como Señalización Marítima.

Ejemplos comunes de ayudas a la navegación incluyen faros, balizas, enfilaciones, buques faro, boyas (luminosas o ciegas), marcas diurnas (tableros) y señales de tráfico.

La efectividad de una ayuda visual a la navegación se determina por factores tales como:

- El tipo y las características de la ayuda de que se trate;
- La situación de la ayuda respecto a rutas típicas de los buques;
- El alcance de la ayuda respecto al observador;
- Condiciones atmosféricas;
- El contraste sobre el fondo (conspicuidad);
- La fiabilidad y disponibilidad de la ayuda.

Publicaciones de la IALA relacionadas:

- *Recomendación de la IALA O-130 sobre Objetivos de Disponibilidad para Ayudas a la Navegación de corto alcance*
- *Directriz de la IALA 1035 sobre fiabilidad y disponibilidad de las ayudas a la navegación.*
- *Capítulo 6 de ésta Guía*

3.1.2 CARACTERÍSTICAS QUE LAS DISTINGUEN

Las ayudas visuales a la navegación pueden distinguirse por:

- Tipo
- Estructura fija
- Plataforma flotante
- Localización
- Inclusión de ayudas secundarias

- Relación con otras ayudas a la navegación y características observables
- Características
- Forma
- Tamaño
- Elevación
- Color
- Ciegas/Luminosas
- Fases de luz/oscuridad de la señal
- Intensidad de la luz
- Sectores
- Materiales de construcción
- Características retro-reflectantes
- Nombres letras y números

Foto cortesía de la IALA

3.1.3 COLORES DE LAS SEÑALES

La IALA ha hecho recomendaciones sobre los colores de las luces de ayudas a la navegación y de los colores de la superficie de las ayudas visuales a la navegación.

Las luces usan un sistema de cinco colores que comprende el blanco, el rojo, el verde, el amarillo y el azul, como definirá la recomendación de la IALA E-XXX[11] Parte 1, que desarrollará en el periodo 2006-2010. Aunque las regiones definidas en esta recomendación coinciden con las de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) Standard S 004/E2001

[11] La nueva recomendación de la IALA, al término del periodo 2006-2010 reemplazará a la de "Colores de las luces de señalización", Diciembre 1977.

"[12]Colores de las luces de señalización"., las fronteras de cada región difieren en algunos casos. Para las regiones indicadas en el Standard la CIE recomienda usar no mas de cuatro colores en cualquier sistema de señales.

Se recomienda que los colores de la superficie de las señales visuales de ayudas a la navegación sean de la siguiente manera:

- Los colores ordinarios deberían limitarse al blanco, negro, rojo, verde, amarillo o azul [13].
- El naranja y el rojo fluorescente, amarillo, verde y naranja pueden utilizarse para propósitos especiales que requieran gran visibilidad

Referencias en publicaciones de la IALA.

- *Recomendación de la IALA E-106 para el uso de material retroreflectante en las marcas de ayudas a la navegación dentro del Sistema de Balizamiento Marítimo.*
- *Recomendación E-108 para los colores usados en las superficies de las ayudas visuales a la navegación*
- *Directriz de la IALA 1015 sobre pintura de boyas de ayudas a la navegación (incluye referencias a la guía práctica sobre los colores de la superficie)*

La norma CIE sobre la medida de colores (colorimetría) se basa en tres colores de referencia (ejemplo de un sistema de tri-estímulo) que, en combinación variable, pueden generar el espectro de colores. Un color particular se describe con los símbolos **X, Y,** y **Z** que representan las proporciones de los colores de referencia.

Usando proporciones de los valores de tri-estímulos tales como **X + Y + Z = 1** los colores pueden definirse en términos de **cromaticidad** usando solamente los valores **x [= X/(X+Y+Z)]** e **y [= Y/(X+Y+Z)]** . La ventaja de este sistema es que los colores pueden convertirse en un **diagrama cromático** de dos dimensiones.

Los estándares de color de la CIE para la señalización marítima pueden describirse como áreas en el diagrama de cromático. Estas áreas están definidas por fronteras expresadas como funciones (ecuaciones) de **X** y de **Y**.

Si se conocen las coordenadas cromáticas de una luz de color, de un material de un filtro o de un producto de pintura, puede determinarse fácilmente si dicho color es aplicable para señalización marítima.

[12] CIE S 004/E2001 reemplaza a CIE 2.2 -1975, "Colours of Light Signals"

[13] Los colores de superficie azules pueden usarse en aguas interiores estuarios y puertos donde los colores pueden verse a corta distancia. Ver la recomendación (E 108).

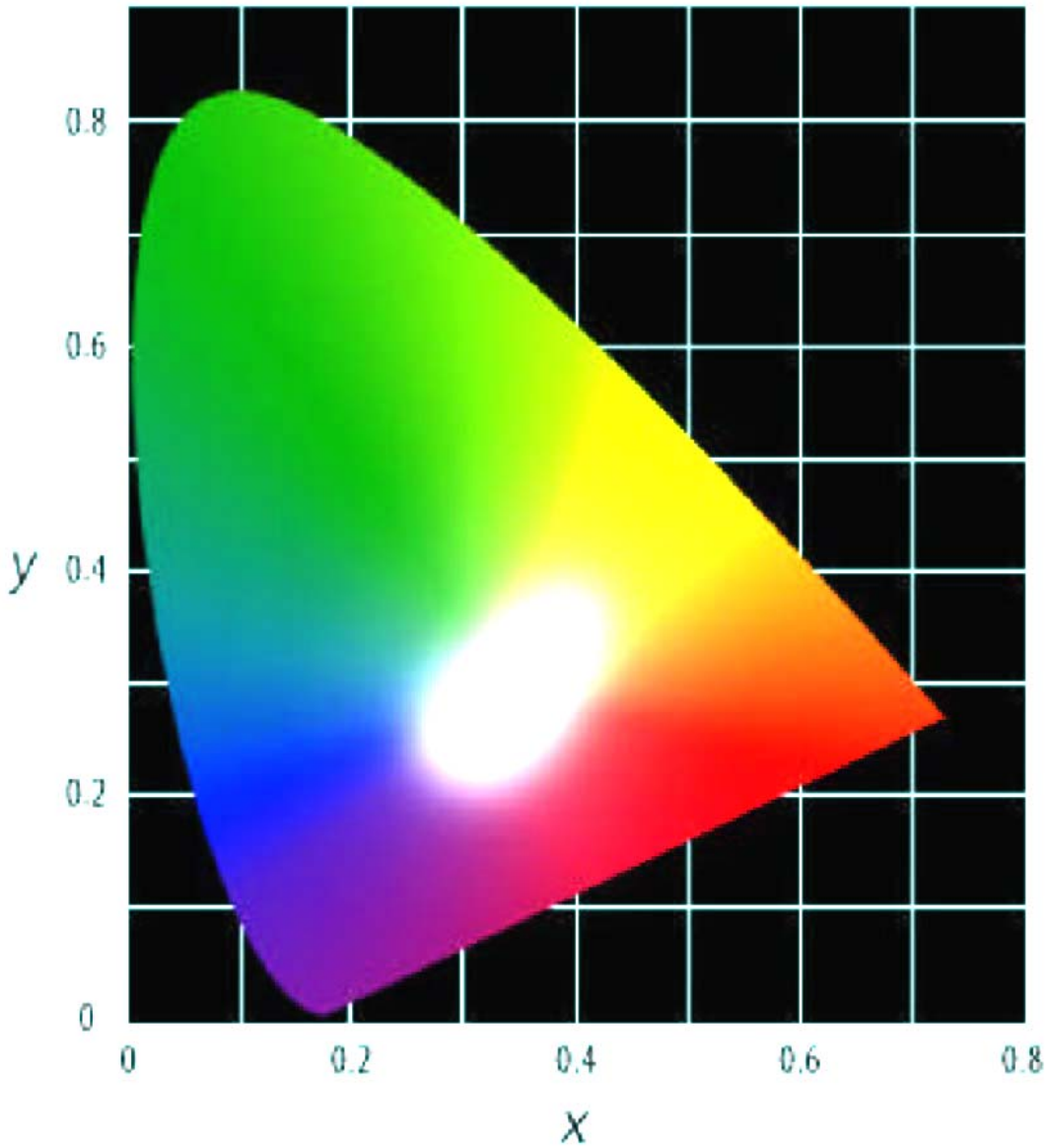


Figura 5. Ilustra las zonas de color en el diagrama de cromaticidad de la CIE de 1.931 (Nótese que el color resultante es solamente orientativo).

El estándar CIE para los colores de señalización marítima ha sido revisado recientemente con algunos ajustes en las fronteras de los colores de las señales. Más información sobre los colores de las superficies de las señales pueden encontrarse en la Recomendación E108 de la IALA. Información sobre los colores de las luces pueden encontrarse en la Recomendación de la IALA para los colores de las luces de ayudas a la navegación, Diciembre 1977 Para más detalles sobre las coordenadas de cromaticidad y ecuaciones de las fronteras diríjase a la normativa sobre los colores de señales luminosas [14] CIE S 004/E – 2.001.

[14] La dirección de la pagina Web de CIE es : http://www.cie.co.at/cie

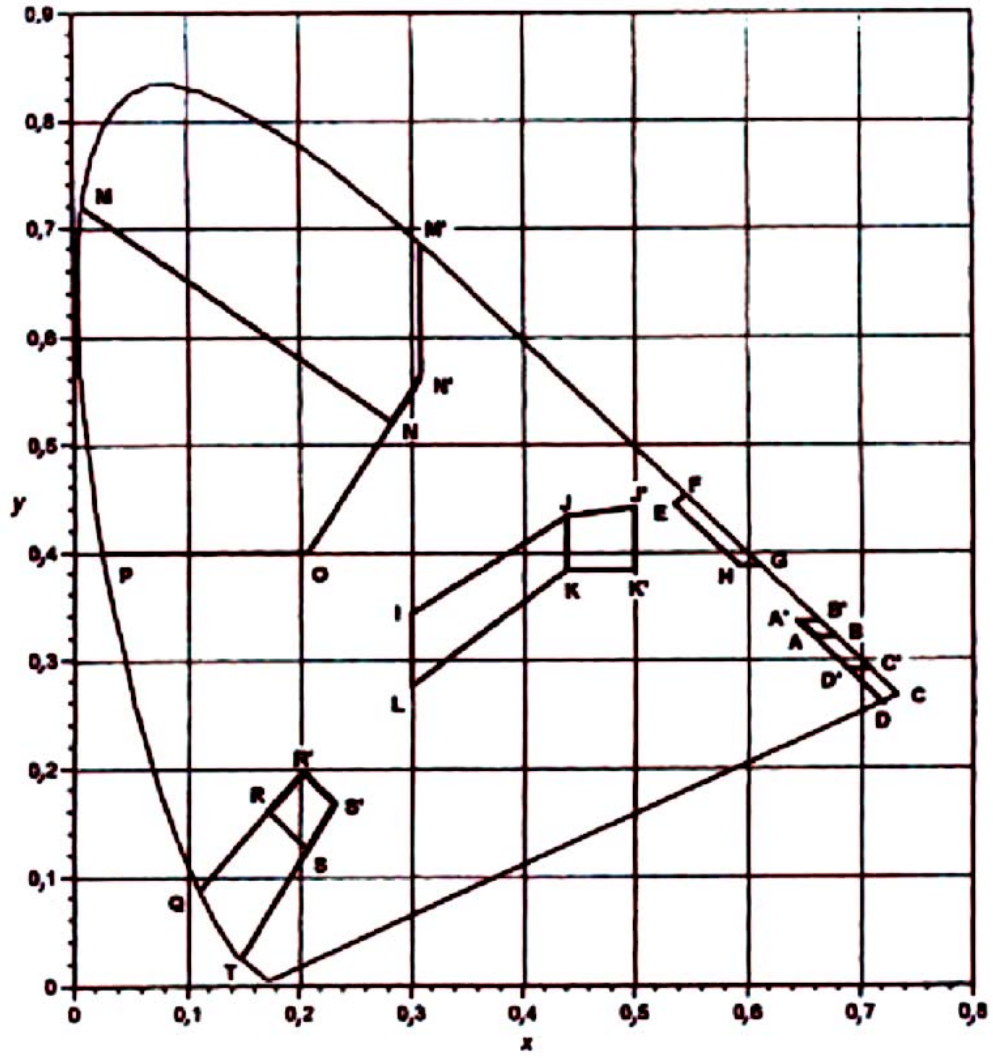


Figura 6 . Áreas cromáticas permitidas por la IALA para el rojo, amarillo, verde, azul, blanco y negro tomadas del diagrama de cromaticidad de la CIE 1.983, Colores ordinarios para las superficies. Cortesía de CIE.

3.1.4 VISIBILIDAD DE LAS MARCAS

La visibilidad de una marca se encuentra afectada por uno o más de los siguientes factores:

- Distancia de observación (alcance)
- Curvatura de la Tierra
- Refracción atmosférica
- Transmisividad atmosférica (visibilidad meteorológica)

- Altura de la ayuda sobre el nivel del mar
- Percepción visual del observador
- Altura del ojo del observador
- Condiciones de observación (día o noche)
- Conspicuidad de la marca (forma, tamaño, color, reflectancia, y las propiedades del material retro-reflectante)
- Contraste (Tipo de fondo – luz de ciudad, vegetación, nieve, etc.…)
- Marca ciega o luminosa
- Intensidad y carácter

Foto cortesía de Trinity House, UK

3.1.5 VISIBILIDAD METEOROLÓGICA

Se define la visibilidad meteorológica (V) como la mayor distancia a la cual puede ser visto e identificado de día sobre el horizonte un determinado objeto negro de forma y dimensiones convenidas y, en el caso de observaciones nocturnas, si la iluminación general fuera similar a la diurna. Se mide en kilómetros o en millas náuticas.

3.1.6 TRANSMISIVIDAD ATMOSFÉRICA

Se define la transmisividad atmosférica (T) como la transmitancia o porción de luz emitida por una fuente que se conserva después de recorrer a través de la atmósfera una distancia especificada, al nivel del mar.

Como la atmósfera no es uniforme a lo largo de las distancias de observación de la mayoría de las ayudas visuales, se utiliza un valor representativo:

- Típicamente, la transmisividad atmosférica se toma como T = 0.74 sobre una milla náutica;
- El valor T = 0.84 se usa ocasionalmente en regiones donde la atmósfera es muy clara.

Algunos países recogen datos de transmisividad atmosférica en diferentes partes de su costa. Esto permite que el alcance luminoso de luces sea:

- calculado con más precisión, y;

- se ajuste mejor a las condiciones locales y a los requisitos de los usuarios.

3.1.7 REFRACCION ATMOSFERICA

Este fenómeno es el resultado de la disminución de la densidad atmosférica desde la superficie de la Tierra hasta la estratosfera. Esto provoca que los rayos de luz se dirijan oblicuamente hacia la atmósfera para ser refractados (o doblados) hacia la Tierra.

3.1.8 CONTRASTE

La capacidad para detectar diferencias de luminancia entre un objeto y un fondo uniforme es un requisito visual básico y se suele definir como contraste. Se representa por la ecuación:

$$C = \frac{(L_o - L_B)}{L_B}$$

Donde:

C = Contraste
LB = Luminancia de fondo (cd/m2)
Lo = Luminancia del objeto (cd/m2)

El contraste en el que un objeto puede ser detectado contra un fondo dado, un 50% del tiempo, se llama contraste umbral. Para observaciones meteorológicas, debe emplearse un umbral mayor para asegurar que el objeto será reconocido.

Se adopta como base el valor de contraste de 0.05 para la medida del alcance óptico meteorológico..

3.1.9 USO DE PRISMÁTICOS

Aunque generalmente se supone que las observaciones se realizan a simple vista los navegantes, la mayoría de las veces, usan prismáticos. Esto puede permitir:

- Que se observe una luz o sus características a una distancia mucho mayor que a simple vista.
- Una mayor sensibilidad para apreciar las luces de enfilación. Alrededor de un 30% de mejora en la detección desde una determinada demora.
- La identificación de una luz con luminosidad de fondo

Generalmente, la mayoría de los prismáticos que se utilizan en el mar son del tipo:

- 7 x 50[15] para la noche, y;
- 10 x 50 para el día

3.1.10 ALCANCE DE UNA MARCA VISUAL

El alcance de una ayuda a la navegación puede definirse como la distancia a la que un observador puede detectar e identificar la señal. En el caso de marcas visuales el observador la detecta con sus propios ojos. Esta amplia definición de alcance da lugar a otras definiciones más específicas que se describen a continuación.

3.1.10.1 Alcance Geográfico

Es la mayor distancia a la que puede ser visto un objeto o una fuente de luz en condiciones de perfecta visibilidad, limitado solamente por la curvatura de la Tierra, por la refracción de la atmósfera, y por la altura del ojo del observador y del objeto o la luz. (Diccionario Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima de la IALA). Una tabla de Alcance Geográfico se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Tabla de Alcance Geográfico.

Alcance Geográfico en Millas Náuticas											
Altura del ojo del Observador en metros	**Elevación de la Marca en metros**										
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**10**	**50**	**100**	**200**	**300**
1	2.0	4.1	4.9	5.5	6.1	6.6	8.5	16.4	22.3	30.8	37.2
2	2.9	4.9	5.7	6.4	6.9	7.4	9.3	17.2	23.2	31.6	38.1
5	4.5	6.6	7.4	8.1	8.6	9.1	11.0	18.9	26.9	33.3	39.7
10	6.4	8.5	9.3	9.9	10.5	11.0	12.8	20.8	26.7	35.1	41.6
20	9.1	11.1	12.0	12.6	13.1	13.6	15.5	23.4	29.4	37.8	44.2
30	11.1	13.2	14.0	14.6	15.2	15.7	17.5	25.5	31.4	39.8	46.3

Los valores de la Tabla 5 se deducen de la fórmula:

$$R_g = 2.03 \times \left(\sqrt{h_o} + \sqrt{H_m} \right)$$

donde:

[15] Esto significa una magnífica potencia de 7 y una lente objetivo de 50mm de diámetro

Rg = Alcance geográfico (millas náuticas)
ho = Altura del ojo del observador (metros)
Hm = Altura de la marca (metros)

Nota:

El factor 2.03 tiene en cuenta la refracción atmosférica.
Las variaciones climáticas alrededor del mundo pueden dar lugar a que se recomienden factores diferentes. Los valores típicos se encuentran entre 2.03 y 2.12.

3.1.10.2 Alcance Óptico Meteorológico

Es la distancia, medida a través de la atmósfera, que se requiere para atenuar un 95% el flujo luminoso de un haz colimado de luz, utilizando una fuente con una temperatura de color de 2700ºK.

El alcance óptico meteorológico se relaciona con la transmisividad atmosférica por la fórmula:

$V = d\,\frac{\log 0.05}{\log T}$ siendo $T = 0.05^{d/V}$

Donde:

V = Alcance meteorológico óptico (millas náuticas)
d = Distancia (millas náuticas)
T = Transmisividad atmosférica

Suele ser conveniente simplificar la expresión anterior dando a la distancia el valor unidad, quedando así:

$T = 0.05^{1/V}$ $\qquad$ $T^V = 0.05$

3.1.10.3 Alcance Visual

Es la máxima distancia a la cual, el contraste de un objeto contra el fondo, queda reducido por la atmósfera al umbral de contraste del observador. El alcance visual puede aumentar si el observador utiliza prismáticos, pero su eficacia depende de la estabilidad de la plataforma sobre la que se encuentre el observador. Puede interpretarse como la distancia a la que un observador puede ver una determinada luz.

3.1.10.4 Alcance Luminoso

Es la máxima distancia a la que una determinada señal luminosa puede ser vista por el ojo del observador en un momento dado, dependiendo de la

visibilidad meteorológica que haya en ese instante. Su cálculo se ve afectado por :

- la altura de la luz,
- la altura del ojo del observador o
- la curvatura de la Tierra.

3.1.10.5 Alcance Nominal

El alcance nominal es el alcance luminoso cuando la visibilidad meteorológica es de 10 millas náuticas, lo que equivale a un factor de transmisión de T = 0.74. Generalmente son los datos que se utilizan en las documentaciones oficiales como las cartas náuticas, libros de faros, etc.

La definición de alcance nominal supone que la luz se observa sobre fondo oscuro, sin luminosidad de fondo.

3.1.11 LUCES DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

3.1.11.1 Breve historia

Hasta la primera aplicación de la electricidad para la iluminación, a finales del siglo XIX, toda la luz artificial se producía mediante el fuego. Las fuentes luminosas evolucionaron desde las piras de madera, usadas hasta el año 1.800, a las lámparas de mecha de aceite, aceite vaporizado, quemadores de gas, arco eléctrico y lámparas de filamento de tungsteno. Los equipos ópticos se ajustaron a estos avances, primero con los sistemas de reflectores y más tarde con las lentes.

Es interesante observar que los esfuerzos para entender la percepción humana de la luz y mejorar la eficiencia y la eficacia de las fuentes de luz para las ayudas luminosas a la navegación y de los equipos ópticos estuvieron durante muchos años al frente de los avances científicos.

El diseño de las lentes de vidrio, del que Fresnel fue pionero sobre 1820, sigue siendo un elemento principal de las modernas ayudas luminosas a la navegación. Sin embargo las lentes se hacen con más frecuencia de plástico en vez de vidrio.

Algunos países mantienen aún luces de gas que queman acetileno o propano. Sin embargo, la mayoría de las luces de ayudas a la navegación emplean lámparas eléctricas de diversos tipos. Cada vez en mayor medida estas lámparas se alimentan de fuentes de energías renovables como la solar, la eólica o la mareomotriz.

Las lámparas eléctricas han sido diseñadas específicamente para aplicaciones en ayudas a la navegación. Sin embargo también pueden

usarse o adaptarse para las ayudas a la navegación otras lámparas seleccionadas del enorme surtido de productos comerciales.

La tecnología de los Diodos Emisores de Luz (LED) está aflorando como una alternativa a las lámparas de filamento.

3.1.11.2 Luces de Gas

Acetileno

La luz de acetileno tiene un lugar especial en la historia de las ayudas a la navegación principalmente por ser el primer medio fiable para automatizar los faros, las boyas y las balizas durante la primera parte del siglo 20. Los sistemas de luces de acetileno derivan de los inventos de Gustaf Dalen y fueron fabricados por muchas empresas. El acetileno tiene la propiedad de quemar con llama blanca cuando se mezcla con aire de manera correcta. Esto facilita el desarrollo de quemadores de llama abierta.

La tecnología de las luces de acetileno fue posteriormente mejorada con el desarrollo del mezclador Dalen que permitía al gas y al aire entrar en una cámara y ser consumido en un capillo incandescente que producía una luz mas brillante que la del quemador de llama desnuda. El capillo incandescente puede funcionar como un destellador dentro de una óptica fija o como un quemador de llama continua dentro de una óptica giratoria. Los avances en este tema incluían un mecanismo accionado por el gas para el cambio de capillo y un mecanismo de relojería para el giro de la óptica.

Referencia a la publicación de la IALA:

- *Nota práctica para el manejo seguro de gases*

Propano y Butano

El propano y el butano también se han usado como combustibles para sistemas luminosos de gas. El equipo luminoso tiene que usar un quemador de capillo incandescente para ambos gases, que queman con llama amarilla/naranja en los quemadores de llama abierta.

Algunos países continúan usando instalaciones de gas por su robustez y simplicidad de operación. En otros muchos han sido reemplazadas por instalaciones eléctricas o solares, lo que supone un ahorro considerable en costes de operación.

3.1.11.3 Luces Eléctricas

3.1.11.3.1 Filamento incandescente

Filamento de tungsteno

Descripción de funcionamiento

- Pueden funcionar directamente con un suministro eléctrico apropiado.
- Voltaje nominal de 6 a 240V. Para corriente continua o corriente alterna.
- Estas fuentes de luz se han usado en la mayor parte de los países desde principios del siglo XX. Durante años se han diseñado lámparas especiales con distintos tamaños de filamento y forma que tienen que ser bien puestas en foco en el sistema óptico.

Usos típicos:

- Todo tipo de balizas luminosa (enfilaciones, luces de sectores, luces todo horizonte, luces sobre boyas, etc.).

Algunos países y fabricantes han adoptado diseños estándar, con códigos de referencia para las lámparas diseñadas especialmente para aplicaciones en faros. Esos diseños incluyen soportes para el filamento que mantienen la forma de éste y aseguran una salida de 360 grados de azimut.

Datos técnicos:

- Potencia: de 2 a 1000 vatios (en el pasado se han usado lámparas de 3500 vatios).
- Eficiencia: de 9 a 19 lúmenes/W
- Vida útil: de 300 a 1500 horas.

Ventajas

- La codificación se consigue fácilmente sin más que interrumpir la alimentación eléctrica.
- La geometría del filamento se puede diseñar para alojarlo en una óptica determinada.
- La envoltura difusora (ej. perlada o grabada) puede mejorar la iluminación de la lente cuando se usan en ópticas antiguas, aunque a expensas de que se reduzca la intensidad.
- El amplio espectro de color proporciona un buen rendimiento con filtros coloreados.
- Salida razonablemente estable durante toda la vida útil, pero el bulbo de la lámpara puede empezar a ennegrecer antes de que ésta falle.
- Sencillas de monitorizar mediante un sensor de corriente.

Desventajas:

- Vida útil relativamente corta.
- Las lámparas especiales para Ayudas a la Navegación son caras.
- El color en la región blanca no es el adecuado (tiende al amarillo).
- Eficiencia pobre.

Seguridad:

- Alta temperatura del bulbo cuando está en uso.
- El voltaje de funcionamiento puede ser peligroso.
- Riesgo de arco eléctrico.
- Riesgos generales del vidrio.

Residuos:

- Seguridad apropiada para residuos de metal y vidrio.

Lámparas halógenas de tungsteno

Descripción de funcionamiento:

Las lámparas halógenas de tungsteno contienen una pequeña cantidad de haluro con un gas inerte. El filamento de tungsteno se calienta y se evapora, combinándose con el halógeno, difundiéndose la luz sobre la pared del bulbo. Debe cuidarse el diseño del bulbo, que opera a alta temperatura y previene el depósito del tungsteno sobre el vidrio. El haluro de tungsteno se dirige por convección al filamento, donde se descompone, depositándose el metal sobre el filamento.

- Pueden funcionar directamente con alimentación eléctrica apropiada.
- Voltaje nominal 12 a 240V, con corriente continua o corriente alterna

Usos típicos

Todo tipo de balizas luminosas aunque en las grandes ópticas giratorias puede usarse un grupo de varias lámparas para producir una fuente de luz extensa similar a otras no alimentadas con electricidad.

Datos técnicos:

- Potencia: De 5 a 1000w, excepcionalmente 1500 y 2000w
- Eficiencia:20 a 25 lumen/w
- Vida útil: 300 a 4000 horas (algunas lámparas muy brillantes tienen una vida útil más corta)

Ventajas:

- La codificación se consigue fácilmente sin más que interrumpir la alimentación eléctrica.
- Luminancia más alta que la de las lámparas de tungsteno
- Salida muy estable a lo largo de toda la vida útil.
- Buen rendimiento de color o en la región del blanco
- Alto rendimiento de las lámparas con bajo coste.
- Las lámparas pequeñas (10 a 100w) tienen gran robustez mecánica
- Los tamaños de los bulbos son menores que los de las lámparas de tungsteno lo que permite su uso en sistemas ópticos más pequeños.

Desventajas:

- El tamaño del filamento es pequeño por lo que su geometría no es aconsejable para modernizar las fuentes de luz de las ópticas antiguas.
- Generalmente los bajos voltajes de operación dan lugar a corrientes elevadas, requiriendo un cuidadoso diseño del cambiador de lámparas y del cableado asociado.
- Para alojar las lámparas pequeñas en las grandes ópticas existentes es necesario montarlas en grupos.
- Las lámparas no están hechas específicamente para usarlas en las ayudas a la navegación por lo que sus especificaciones pueden cambiar sin aviso previo.
- El destello de las lámparas halógenas de tungsteno puede causar la interrupción del ciclo de halógeno con el consecuente ennegrecimiento del bulbo y dar lugar a un fallo prematuro. Se recomienda realizar ensayos prácticos con el voltaje de operación y la característica asignada o bien consultar con otros miembros de la IALA.
- Las lámparas no deben tocarse con las manos desnudas porque puede reducirse su vida útil.

Seguridad:

- El voltaje de operación puede ser peligroso
- Peligros generales asociados al vidrio
- Altas temperaturas de la superficie a causa del pequeño tamaño del bulbo.
- Riesgo de explosión en las lámparas de alta presión.

Residuos

- Debe consultarse la normativa nacional e internacional en materia de residuos de las lámparas halógenas de tungsteno.

3.1.11.4 Lámparas de Descarga

3.1.11.4.1 Fluorescentes

Descripción de funcionamiento:

Voltaje del sistema de110 a 240V AC, con un equipo eléctrico asociado que proporciona un alto voltaje de arranque.

Usos típicos:

Flechas de dirección, señales y tubos o barras luminosas usadas para enfilaciones
Aplicaciones donde la iluminación de un área extensa supone una ventaja.

Datos técnicos:

- Potencia: 8 a 100W
- Eficiencia: 80 a 100 lumen/w
- Vida útil: más de 20.000 horas

Ventajas:

- Alta eficiencia luminosa.
- Iluminan un área extensa. En determinadas aplicaciones no se necesitan elementos ópticos, lo que significa un bajo coste para las ayudas a la navegación.
- Rango muy amplio de productos comerciales disponibles a bajo precio.
- Muchos colores disponibles (no es necesario añadir filtros de color).

Desventajas:

- Baja luminancia.
- Difíciles de usar en los sistemas ópticos debido al tamaño de la fuente.
- La salida de la luz cae considerablemente a lo largo de la vida útil.
- Requiere un circuito eléctrico adicional y aplicar cierto voltaje para el arranque de la lámpara.
- El diseño del circuito eléctrico-electrónico necesario para producir destellos es complejo.
- Posibles problemas EMC

Seguridad:

- Alimentación de red.
- Peligros generales asociados al vidrio.
- El recubrimiento interno de los tubos puede ser peligroso si queda al descubierto y puede contener rastros de mercurio gaseoso.
- Alto voltaje para el arranque del equipo.

Residuos:

El recubrimiento de los tubos puede ser peligroso y contener restos de mercurio. Consultar las normas locales y nacionales sobre residuos.

3.1.11.4.2 Lámparas de vapor de sodio de baja presión.

Descripción de funcionamiento:

- 110 y 240V, corriente alterna con equipo eléctrico asociado.
- NOTA: Solo disponibles en color amarillo.

Usos típicos:

- Luces flotantes e iluminación externa de estructuras, torres, diques, etc.

Datos técnicos:

- Potencia: 20 a 180
- Eficiencia: 180 lumen/w
- Vida útil: 10.000 horas.

Ventajas:

- Larga vida.
- Alta eficiencia luminosa.
- Libres de mercurio.
- Baja temperatura del bulbo.
- Pueden usarse para proporcionar luces de color amarillo.
- Atracción de insectos mínima.

Desventajas:

- Solo producen luz amarilla.
- Baja luminancia.
- No son prácticas para producir destellos.
- Posiciones de operación limitadas.

Seguridad:

- Peligros generales derivados del vidrio.
- Alto voltaje en corriente alterna.
- Peligros químicos debido al contenido de sodio.

Residuos:

- Consultar la normativa regional y local sobre eliminación de residuos de sodio.

3.1.11.4.3 Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Descripción de funcionamiento:

- 110 a 240V en corriente alterna con equipo eléctrico asociado.

Usos típicos:

- Las lámparas blancas pueden usarse como fuentes de luz para las ayudas a la navegación.

Datos técnicos:

- Potencia: 50 a 400W
- Eficiencia: 90 lumen/W
- Vida útil: 10.000 horas

Ventajas:

- Larga vida.
- No contienen mercurio.
- Alta eficiencia.
- Disponibles en blanco

Desventajas:

- No pueden producir destellos
- Solo son prácticas para luz blanca. Su bajo contenido de rojo hace impracticable usar filtros coloreados.
- Necesitan una elevada corriente de arranque.
- Requiere un cambiador de lámparas complejo debido al largo periodo de calentamiento y de enfriamiento necesarios para volver a arrancar.
- La geometría del tubo del arco no es adecuada para algunas ópticas.
- La salida de la luz cae a lo largo de la vida útil y el color blanco se degrada hacia el amarillo.

Seguridad:

- Peligros generales asociados al vidrio.
- Alto voltaje.
- Riesgos químicos que pueden crear problemas de residuos o problemas de salud.

Residuos:

- Consultar las normas nacionales y locales para los residuos de sodio.

3.1.11.4.4 Halogenuros metálicos

Descripción de funcionamiento

Las lámparas de halogenuros metálicos pertenecen a la familia de las lámparas de descarga y su tubo de arco está hecho de vidrio de sílice. El principio de emisión es el siguiente: 1) un elevado voltaje en el balasto, inicia el flujo de corriente entre los electrodos. 2) Como la temperatura de la lámpara aumenta, los halogenuros metálicos se evaporan y se disocian emitiendo radiación luminosa.

- 110 y 240Vac Controlando el circuito eléctrico asociado permiten voltajes de entrada de 12V a 240V.

Usos típicos:

- Se usan como fuente de luz fija en ópticas giratorias, lentes fijas con pantallas giratorias y en general para luces flotantes.

Datos técnicos:

- Potencia: 10 a 2000W
- Eficiencia: 80 a 110 lumen/W
- Vida útil: 6.000 a 20.000 horas (depende del número de veces que la lámpara se apague).

Ventajas:

- Alta eficiencia luminosa
- Las de bulbo claro tienen alta iluminancia
- Las de haz sellado tienen una buena geometría para las ópticas tradicionales.
- Larga vida.
- Muchos tipos de lámparas comerciales disponibles.
- El rendimiento de color es bueno dentro del área cromática definida por la IALA.
- La ausencia de filamento las hace resistentes a la vibración y al choque.

Desventajas:

- No son prácticas para producir destellos.
- Calentamiento inicial lento.

- Necesitan enfriarse antes de rearmarse así que el diseño del cargador de lámparas es complejo.
- Difíciles de monitorizar con un simple sensor de corriente.
- La salida de luz cae con el uso.
- El espectro del rojo está limitado por lo que el uso de filtros rojos es posible aunque no demasiado bueno, los filtros verdes van mejor.

Seguridad:

- Peligro por alto voltaje.
- Peligro por radiación ultravioleta.
- Posibles problemas de EMC
- Riesgo de explosión.
- Riesgos asociados al vidrio.
- Pueden contener metales peligrosos.

Residuos:

- Consultar las normas nacionales y locales para esas lámparas porque algunas pueden contener mercurio.

3.1.11.4.5 Lámparas de Xenón

Descripción de funcionamiento

Las lámparas de xenón son lámparas de descarga, con gas xenón incluido en un tubo de silicio a alta presión. Una descarga eléctrica a través del xenón genera una luz blanca de alta intensidad. (Estas lámparas se usan habitualmente en el flash de las cámaras de fotos).

- 110 y 240V típicamente
- La alimentación con corriente continua requiere un circuito eléctrico complejo.
- Hay dos tipo de lámparas: de descarga por pulsos o continua.

Usos típicos:

- Se utiliza especialmente cuando es de vital importancia que la fuente de luz sea de alta intensidad.
- Pueden usarse en ópticas fijas o giratorias.

Datos técnicos:

- Potencia: 150 a 2000W
- Eficiencia: 35 lumen/W
- Vida útil: 2000 horas

Ventajas:

- La alta luminancia permite altas intensidades en ópticas apropiadas.
- El ancho del espectro del color blanco permite el uso de filtros de color.

Desventajas:

- El sistema de control eléctrico es complicado.
- El diseño del cambiador de lámparas es muy complejo.
- Corta vida útil.
- El control electrónico de los componentes tiene una vida corta.
- Relativamente caras
- El consumo es variable debido a los ciclos de carga/descarga del sistema, lo que da lugar a la existencia de una carga variable para el sistema de alimentación.

Seguridad:

- Altos voltajes
- Riesgo de explosión por tratarse de lámparas con un gas a presión.
- Alta radiación UV
- Alta temperatura de la superficie
- Riesgos generales del vidrio

Residuos:

- Consultar las normas nacionales y locales para este tipo de lámparas. Pueden contener residuos de mercurio..

3.1.11.5 Diodos Emisores de Luz (LEDs)

LED 350. Foto cortesía de Sabik Oy

Descripción y funcionamiento:

LEDs coloreados

- Los LEDs son dispositivos electrónicos semiconductores que emiten una radiación casi monocromática. La unión semiconductora se encapsula en un plástico protector transparente que habitualmente incorpora una lente. Los LEDs pueden agruparse para proporcionar una fuente de luz del tamaño e intensidad requeridas con lámparas redundantes. Los nuevos Leas de alta potencia permiten construir balizas de corto alcance usando un LED único.
- Los LEDs funcionan con corriente continua de bajo voltaje. Su funcionamiento correcto depende de la precisión con que se controle la corriente aplicada.

LEDs blancos

- La unión semiconductora que emite luz azul/violeta se encapsula con fósforo integral de manera que la banda azul y la amarilla próxima se emiten a la vez para dar lugar a una luz cercana al blanco. La investigación sobre combinar luces de LEDs rojas y verdes para producir luz blanca dentro de las especificaciones cromáticas de la IALA progresa rápidamente.
- Se informa a veces que las linternas de LEDs tienen colores más intensos y alcances más largos que los obtenidos con los métodos de cálculo que utiliza la IALA normalmente. Actualmente la IALA está desarrollando un trabajo sobre este punto.

Usos típicos

- Balizas luminosas sobre boyas y otras ayudas a la navegación de corto alcance, aunque están apareciendo en el mercado balizas de LEDs para alcances más largos.
- El alcance de las luces está determinado por el número de LEDs alojados en cada corona o por el que proporciona un solo LED de alto brillo.

Datos técnicos

- Alimentación
  LEDs únicos: 1mw a 5 mw
  Grupos de LEDs en una baliza: 1w a 60w o aún más

- Eficiencia
  Depende del color:

1).- Rojo y verde: 25 a 30 lumen/w
2.)-Amarillo: 20 a 30 lumen/w

3).- Blanco: 20 a 30 lumen/w
4).- Azul: 10 lumen/w

NOTA: La amplia investigación en la tecnología LED está proporcionando continuamente productos más eficientes.

- Vida útil
  Depende de la temperatura a la que opere la unión semiconductora y de la del entorno.
  Los posibles valores para un solo diodo superan las 100.000 horas.

Ventajas

- Muy larga vida (sobre todo si la alimentación de entrada y la temperatura se controlan cuidadosamente).
- La vida útil es tan larga que no son necesarios los cambiadores de lámparas.
- Alta eficiencia luminosa para el rojo y el verde.
- Como la luz que producen es coloreada no son necesarios filtros de color.
- Robustez mecánica cuando se comparan con lámparas convencionales.
- Tiempos de encendido y apagado muy rápidos.
- No sufren calentamiento.
- Fáciles de montar en grupos.

Inconvenientes

- Necesitan un complejo control electrónico para asegurar larga vida y alto rendimiento.
- Difíciles de acoplar en ópticas tradicionales.
- La eficiencia luminosa disminuye con la vida útil.
- Los LEDs blancos quedarán fuera de la zona blanca de la nueva CIE (2001).
- Los LEDs blancos serán ineficientes con filtros rojos y verdes.
- La vida de la lámpara puede reducirse sensiblemente si la alimentación de entrada y la temperatura de operación no se controlan cuidadosamente.
- La tecnología LED no es todavía la mejor para luces de largo alcance.

Seguridad

- No presentan ningún peligro especial.

Residuos

- Las reglas nacionales y locales relativas a deshecho de materiales semiconductores.

3.1.11.6 Láseres

Un láser es un dispositivo que produce un haz colimado coherente de luz monocromática.

Su uso no está establecido en los sistemas de ayudas a la navegación, a pesar del trabajo que se ha hecho durante décadas. Sin embargo hay dos áreas en las que se encuentra en desarrollo:

1. Se pueden usar láseres de alta potencia para proporcionar una línea en el cielo donde las partículas de polvo, agua, etc., al ser iluminadas por el rayo láser, constituyan una enfilación. Esos dispositivos requieren una alimentación considerable (varios Kw.). El servicio y operación requieren medidas de seguridad considerables.

2. El Servicio de Guardacostas Canadiense está ensayando láseres de baja potencia donde el rayo se dirige directamente al navegante. Se utilizan rayos láser de diferentes colores para identificar la importancia de las distintas áreas de navegación. La luz del láser es visible en un rango útil también durante el día.

Se necesita una baja alimentación (decenas de vatios). Los proyectores láser son caros y requieren complejos sistemas de control. El servicio y operación requieren medidas de seguridad considerables.

También se están realizando ensayos con láser en Rusia y Japón.

Ventajas

- Longitud de onda única.
- Luz fuertemente direccional.
- Diseño óptico simple.

Inconvenientes

- Se requiere alta potencia de alimentación para los láseres de alta potencia.
- La complejidad del sistema puede ser un problema en algunas ubicaciones.

Seguridad

Posibles daños en el ojo del observador, en ciertas condiciones, si no se aplican las necesarias normas de seguridad.

Referencias en publicaciones de la IALA:

- *Directriz 1043 sobre fuentes de luz usadas en ayudas visuales a la navegación*

3.1.11.7 FOTOMETRÍA DE LAS SEÑALES LUMINOSAS DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN MARÍTIMA

3.1.11.7.1 Medida de la Luz

Referencias en publicaciones de la IALA:

- *Recomendación E122 de la IALA sobre Fotometría de las Señales Luminosas de Ayudas a la Navegación*

El comportamiento de la luz, en física, normalmente se estudia dentro de dos contextos, bien como si fuera una forma de radiación electromagnética o bien un movimiento de partículas. El último incluye el concepto de "rayos" de luz que se usa para el análisis de las interacciones de la luz con las lentes.

Las unidades de interés para las aplicaciones electromagnéticas de la luz son generalmente metros (para la longitud de onda) y vatios (para la potencia).

La fotometría y el uso de luces para señalización han necesitado desarrollar unidades paralelas que tengan en cuenta los aspectos fisiológicos de cómo el ojo humano evalúa una fuente de luz.

La sensibilidad espectral del ojo humano (o la respuesta del ojo a diferentes luces de colores) ha sido evaluada en pruebas con gran número de personas. Los resultados han sido presentados como una distribución de la sensibilidad espectral estándar o V(λ) curva para observaciones fotópicas y V'(λ) para observaciones escotópicas.

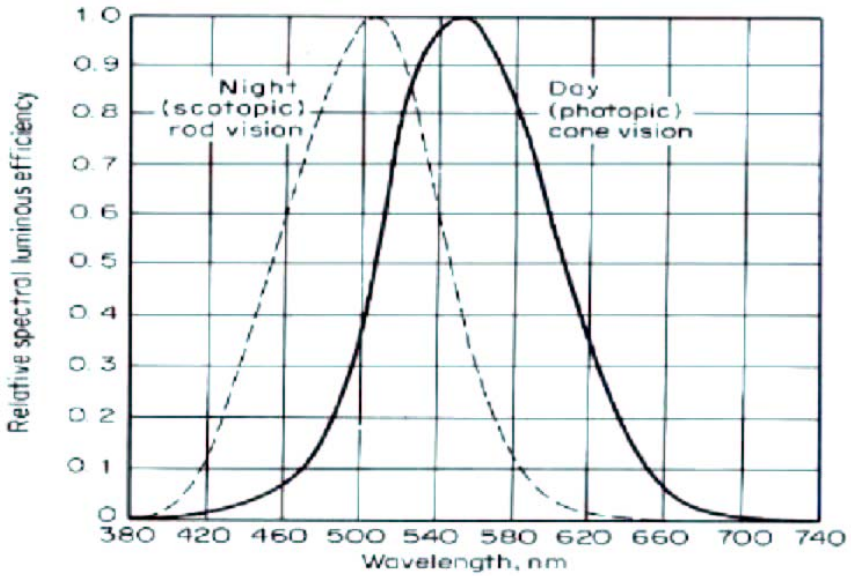


Figura 7. Distribución de la sensibilidad espectral o curvas V(ם) y V'(ם) para el ojo humano que muestran la diferencia entre la visión diurna y nocturna.

3.1.11.7.2 Unidades de Medida

Tabla 6. Unidades fotométricas de medida

Denominación	Descripción	Unidad	Abreviatura
Flujo luminoso	Esta es la cantidad de luz total emitida desde la fuente (por ejem. Lámpara) La sensibilidad de pico del ojo humano tiene lugar cerca de los 555 nanómetros, una longitud de onda que corresponde al verde. En esta longitud de onda un vatio equivale a 680 lúmenes	Lúmenes	lm.
Intensidad luminosa	Esta es el flujo luminoso en una determinada dirección. También se expresa como el flujo luminoso por **Angulo sólido** o **(estereorradián [16])**	Candela	Cd.
Luminancia (Brillo)	Es la porción del flujo luminoso emitido en una dirección especifica por la unidad de superficie de un cuerpo luminoso . Esta variable es un termino importante para calcular la sensación de brillo o luminosidad de las fuentes de luz y objetos iluminados	Candelas por metro cuadrado o bien : Candelas por centímetro cuadrado	Cd/m^2 Cd/cm^2
Iluminancia	Es la densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. Es el cociente del flujo luminoso y la superficie cuando dicha superficie está uniformemente iluminada	Lux Lúmenes / m^2	lx
Eficacia luminosa	Esta es la relación entre las características fotométricas y radiométricas de una fuente de luz. Mide la eficiencia con que la potencia eléctrica se convierte en radiación visible	Lúmenes por vatio o potencia eléctrica consumida	
Temperatura de color	Hace referencia a la temperatura del cuerpo negro. Cuando un cuerpo se calienta pasa por una serie de colores diferentes que van del rojo al amarillo y del blanco al blanco azulado. El color de una lámpara de filamento de tungsteno es similar al de un cuerpo negro a la misma temperatura.	Kelvin	º Kelvin
Índice del rendimiento del color CRI	Caracteriza la calidad del rendimiento de color de la luz de una lámpara . Por definición es el mismo para todas las lámparas de incandescencia y su valor es 100		

3.1.11.7.3 Umbral de Luminancia

En términos físicos el umbral de luminancia es el nivel mas bajo de luminancia de una fuente puntual de luz producida en el ojo que permite ver una fuente de luz dada cuando ésta se proyecta sobre un fondo de luminancia también dada.

[16] El estereorradián es el equivalente en la geometría sólida a la definición de radian en la geometría plana. El estereorradián se define como la unidad de medida de un ángulo sólido con su vértice en el centro de una esfera y que abarca un área de la superficie esférica igual a la del cuadrado cuyos lados sean iguales a la longitud del radio. Hay 40 estereorradianes en una esfera.

Para aplicaciones de señalización visual, el umbral de iluminancia E se toma como 0,2 microlux.

En caso de enfilaciones de alcance limitado y con un alto nivel de iluminación de fondo, las cifras dadas antes pueden ser demasiado bajas. Para observar la posición relativa de las luces fácilmente y obtener la máxima exactitud posible en las luces de enfilación y de sectores es generalmente necesario tener una iluminación mínima de 1 microlux[17] en el ojo del observador.

La Recomendación de la IALA para la definición del alcance nominal diurno de las luces de señalización marítima para guiar a los barcos durante el día (1974), proporciona el método de diseño de las luces de ayudas a la navegación para su uso diurno.

Para la luces sobre ayudas flotantes debe tenerse cuidado con la divergencia vertical para que la iluminancia mínima en el ojo del observador se mantenga durante los movimientos de giro e inclinación de la boya.

3.1.11.7.4 Intensidad luminosa

La intensidad luminosa de una luz de navegación es directamente proporcional a la luminancia de la fuente de luz.

La dimensión de la fuente de luz es inversamente proporcional a su luminancia y directamente proporcional a la divergencia del sistema óptico.

La candela (cd) es la unidad de medida que se usa para cuantificar la intensidad luminosa de una ayuda luminosa a la navegación.

3.1.11.7.5 Ley del Inverso del Cuadrado

La luz emitida desde una fuente radia en todas direcciones. Para una fuente puntual podemos imaginar que los frentes de onda de la luz son superficies esféricas. Según se muestra en la figura 8, cuanto más se aleja la luz de la fuente mayor es la superficie de la esfera y, consecuentemente, mas baja es la luminancia. Dado que la luminancia se mide en lúmenes por metro cuadrado y el área de la superficie de una esfera aumenta proporcionalmente al cuadrado del radio, la luminancia disminuye en proporción al cuadrado de la distancia a la fuente. La disminución de la luminancia con la distancia se conoce como la **ley del inverso del cuadrado**.

[17] Esta condición se encuentra en los límites del segmento útil para la mínima visibilidad meteorológica bajo la cual las luces de enfilación van a ser usadas.

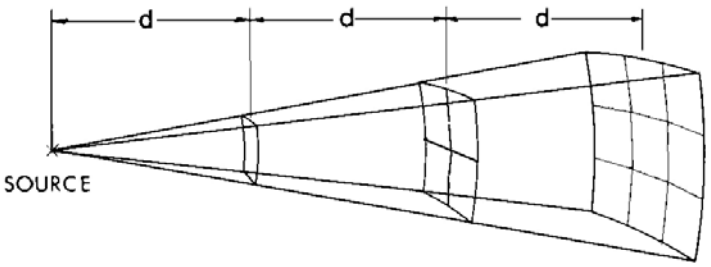


Figura 8. Ilustra el concepto de Ley del Inverso del Cuadrado.

3.1.11.7.6 Ley de Allard

La luminancia de una fuente de luz que alcanza el ojo de un observador determina si la luz se ve. La relación entre la luminancia producida en el ojo del observador, la intensidad luminosa de la fuente de luz, la distancia al observador y la transmisión atmosférica se conoce como ley de Allard:

$$E = \frac{IxT^{d}}{d^{2}}$$

Donde :

E = La luminancia en el ojo del observador (lm /m^2)
I = Es la intensidad real de la fuente de luz (cd)
T = Transmisión atmosférica
d = Distancia entre la fuente de luz y el observador
[Como *T* se mide por milla náutica*, d* en el numerador debe también estar en millas náuticas, en el denominador *d,* está en metros]

La **Ley de Allard** se aplica solamente cuando la luminancia del fondo es pequeña comparada con la luminancia media de la luz.
Cuando hay una gran luminancia de fondo, como sucede siempre de día, la ecuación se convierte en:

$$E = [I - (L - L')A]x\frac{T^{d}}{d^{2}}$$

Donde:

L = Luminancia de fondo (cd/cm2) medida en la dirección de la línea de visión desde una posición cercana a la luz (ej. una zona de cielo cerca del faro)

L' = La luminancia promedio (cd/cm2) de la señal sin iluminar medida en la dirección de la línea de visión desde una posición cercana a un faro (ej.medida de la luminancia de la óptica de un faro cuando la lámpara está apagada)

A = Es el área (m2) del rayo de luz proyectado sobre un plano normal a la línea de visión (ej. medida del área luminosa de la óptica de un faro).

(L – L') A = Como *I=LA*, esta es la intensidad de luz requerida para que la luminancia promedio del proyector sea igual a la del fondo (Cd.).

Nota 1: La luminancia es igual a la intensidad dividida por el área (L=I/A). Las medidas de luminancia pueden hacerse con un medidor de luminancia; típicamente son dispositivos que miden la cantidad de luz a través de una abertura fija de área conocida.

Nota 2: Cuando la luz que tiene la ayuda a la navegación tiene un color significativamente diferente de la luz del fondo, la ley de Allard no es aplicable.

3.1.11.7.7 Medida colorimétrica de las luces (medida del Color)

La medida del color de las luces se describe en la publicación Nº 15.2 de la CIE, Colorimetría, (1986). Hay dos tipos principales de instrumentos para medir el color de una luz: uno es el **colorímetro** y el otro el **espectrorradiómetro**.

Colorímetros: habitualmente tienen tres fotorreceptores, cada uno de ellos con un filtro coloreado. Cada filtro está diseñado para responder a uno de los tres receptores del ojo, rojo, verde y azul. Estos dispositivos se llaman colorímetros "triestímulo". El colorímetro da tres salidas, una para cada filtro, que se corresponden con las funciones X,Y, Z del observador humano.

Espectroradiómetros: consisten en un monocromador y un fotorreceptor. El monocromador separa la luz en longitudes individuales de onda (igual que hacemos con un prisma para obtener el arco iris). Cada una de ellas se gira y sale por una ranura. El fotorreceptor detrás de la ranura mide las diferentes secciones del espectro cuando se gira el monocromador. La salida son una serie de lecturas que permiten realizar un gráfico de la intensidad con que está presente cada longitud de onda. Los resultados pueden analizarse y obtener las funciones X,Y,Z que producen el color en el ojo del observador.

Los monocromadores por pasos del tipo descrito anteriormente son bastante lentos de operación y no son apropiados para medir luces de destellos. Los **colorímetros triestímulo**, por otra parte, permiten medidas del color mucho más rápidas. Un nuevo tipo de espectroradiómetro, conocido como **espectroradiómetro de grupo**, está ya disponible. En vez de un fotorreceptor simple y un monocromador giratorio, tiene un

monocromador fijo con salida directa a un grupo de dispositivos CCD. Esos dispositivos son capaces de medir mucho más deprisa que los monocromadores por pasos.

Los desarrollos más recientes en la medida del color han dado lugar a la tecnología de las cámaras digitales. Los "**fotómetros de imagen**", como se conocen, son algo más que la calibración de cámaras digitales, algunas con filtros triestímulo. Estos son capaces de medir rápidamente una escena completa, haciendo un trabajo muy útil fuera del laboratorio. Sin embargo, la precisión de algunos dispositivos baratos deja mucho que desear.

En resumen:

- Los colorímetros triestímulo son rápidos pero los modelos baratos cometen errores cuando miden fuentes de luz de banda estrecha como los LEDs.
- Los monocromadores por pasos son caros y lentos pero muy precisos.
- Los espectroradiómetros por grupos son rápidos y no demasiado caros pero pueden cometer errores cuando están lejos de la luz.
- Los fotómetros de imagen son caros y no demasiado precisos pero pueden registrar una escena completa en lugar de una sola luz.

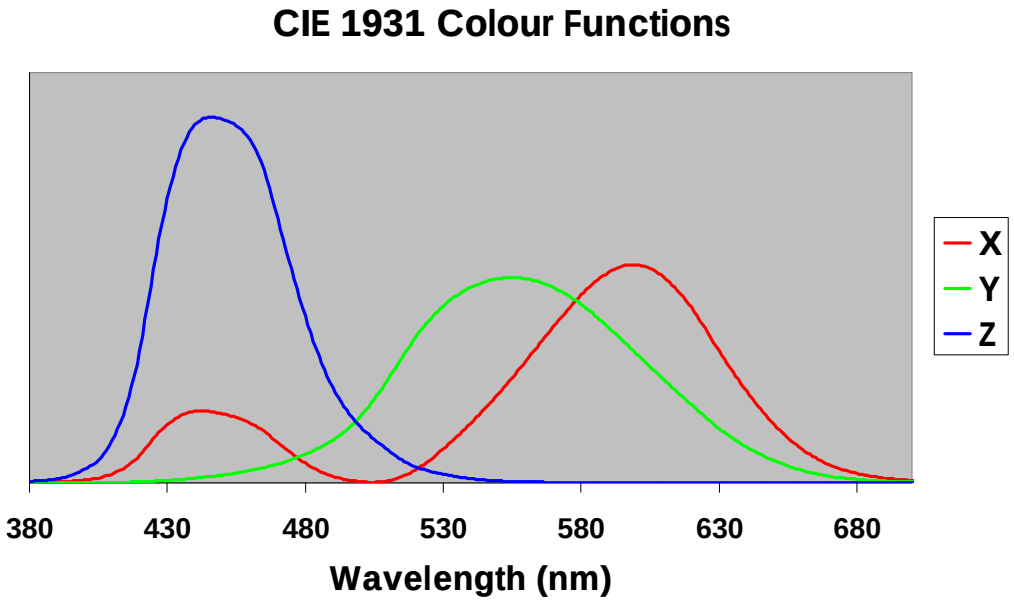
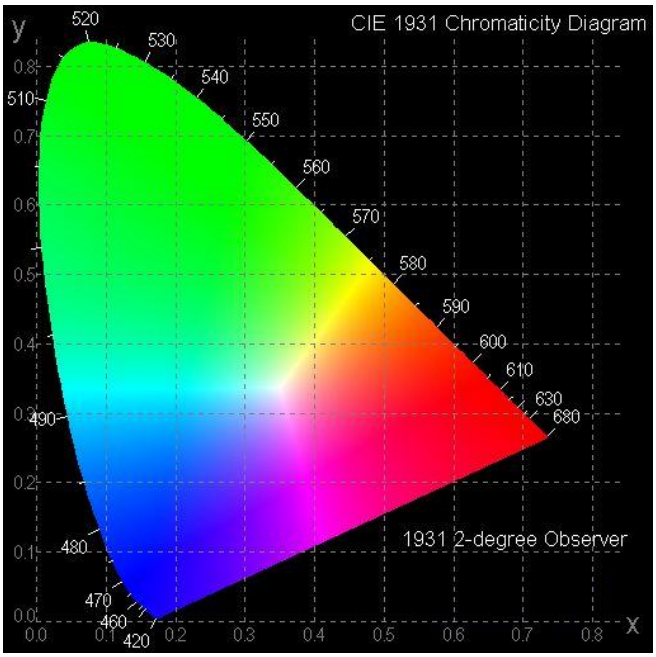


Figura 9. Funciones de color. CIE 1931

Los datos resultantes de las medidas de color habitualmente se representan sobre la carta de cromaticidad desarrollada por la CIE en 1931. Los tres valores X,Y,Z se reducen a dos x,y como se muestra en la figura 10..



CIE 1931 x, y Chromaticity Chart

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

Figura 10. Carta de cromaticidad x, y. CIE 1931

3.1.11.8 Ritmos/Características

La IALA ha publicado una Recomendación sobre las características de las luces de ayudas a la navegación

Referencia a las publicaciones de la IALA: *Recomendación E-110 sobre los caracteres rítmicos de las luces de ayudas a la navegación*.

Las tablas de clasificaciones y especificaciones de las características de las ayudas a la navegación se reproducen en la Tabla 7, Clasificación de los caracteres rítmicos de las luces

Los caracteres rítmicos de las luces se encuentran en la tabla 8- Caracteres rítmicos de las luces del Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA.

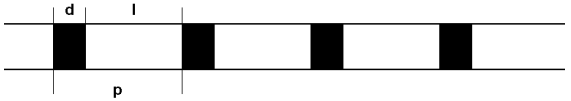
Tabla 7 CLASIFICACION DEL CARACTER RITMICO DE LAS LUCES					
	Clase	Abreviatura	Descripción general	Especificación de la IALA	Uso según el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA
1	LUZ FIJA	F F	Luz que aparece continua y uniforme	Una luz fija debe utilizarse con precaución porque puede no ser identificada como una luz de Ayuda a la Navegación	No deberá utilizarse una simple luz fija.
2	LUZ DE OCULTACIONES		Luz en la que la duración total de la luz en un periodo es mas larga que la duración total de la oscuridad y en la que los intervalos de oscuridad tienen habitualmente la misma duración.	Luz en la que la duración total de la luz en un periodo es claramente mas larga que la duración total de la oscuridad y en la que todas las ocultaciones son de igual duración.	
2.1	Luz de Ocultaciones Aisladas	Oc.	Luz en la que las ocultaciones se suceden regularmente.	La duración de una aparición de luz no debe ser inferior a tres veces la duración de una ocultación. El periodo no debe ser inferior a dos segundos .  1 ≥ 3 d; p ≥ 2 s Ejemplo = 3 s; d = 1 s; p = 4 s	Una luz blanca de ocultaciones aisladas indica una marca de aguas navegables

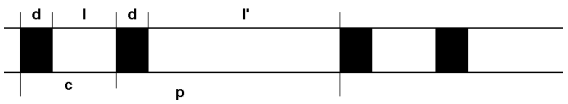
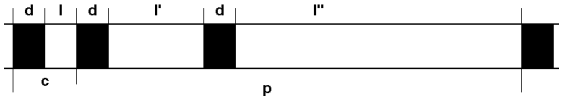
Tabla 7 CLASIFICACION DEL CARACTER RITMICO DE LAS LUCES					
2.2	Luz de Grupos de Ocultaciones	Gp Oc.(#) Ej:GpOc(2)	Luz en la que los grupos, de un número dado de ocultaciones, se suceden regularmente	Las apariciones de luz entre las ocultaciones de un mismo grupo son de igual duración y ésta es claramente mas corta que la aparición de luz entre dos grupos sucesivos. El número de ocultaciones de un grupo no debe exceder de cuatro en general y no llegar a 5 más, que excepcionalmente. La duración de la aparición de luz en un grupo no debe ser inferior a la duración de una ocultación . La duración de una aparición de luz entre dos grupos no debe ser inferior a tres veces la duración de la aparición de luz en un grupo. En un grupo de dos ocultaciones, la duración acumulada de una ocultación y de la aparición de luz en el grupo no debe ser inferior a un segundo . En un grupo de tres o mas ocultaciones, la duración acumulada de una ocultación y una aparición de luz en el grupo no debe ser inferior a dos segundos.  Oc(2) l' ≥ 3 l; 1 ≥ d; c ≥ 1 s Ejemplo: l' = 6 s; l = 2 s; d = 1 s; c = 3 s; p = 10 s	Una luz amarilla de grupos de ocultaciones indica una marca especial.
2.3	Luz de Grupos Complejos de Ocultaciones	Oc(#+#) Ej.Oc(2+1)	Una luz similar a la luz de grupos de ocultaciones excepto que los grupos sucesivos en un periodo tienen diferente números de ocultaciones o eclipses.	No se recomienda la utilización de ésta clase de luces rítmicas porque son difíciles de reconocer.  Oc(2+1) 1'' ≥ l' ; l' ≥ 3 l ; l ≥ d ; c ≥ 1 s Ejemplo: l'' = 9 s; l' = 3 s; l = 1 s; d = 1 s; c = 2 s; p = 16 s	

Tabla 7 CLASIFICACION DEL CARACTER RITMICO DE LAS LUCES					
3	LUZ ISOFASE	Iso.	Luz en la que las duraciones de luz y de oscuridad son claramente iguales	Conviene que el período no sea nunca inferior a 2 s., y preferentemente que no sea inferior a 4 s para evitar el riesgo de confusión con las luces de ocultaciones o destellos de los mismos períodos. l = d ; p ≥ 2 s Ejemplo: l = d = 2 s; p = 4 s	Una luz blanca Isofase indica una marca de aguas navegables.
4	LUZ DE DESTELLOS		Luz en la cual la duración total de luz en un período es mas corta que la duración total de oscuridad y en la que los destellos tienen habitualmente la misma duración.	Luz en que la duración total de luz en un periodo es claramente mas corta que la duración total de oscuridad y en la que todos los destellos son de igual duración.[18].	
4.1	Luz de Destellos Aislados	D	Luz en la cual los destellos se suceden regularmente (a una frecuencia inferior a 50 destellos por minuto.)	La duración del intervalo de oscuridad entre dos destellos sucesivos no debe ser inferior a tres veces la duración de un destello. El período no debe ser inferior a 2 segundos (ó 2,5 segundos en los países en los que se utilicen 50 destellos por minuto para las luces centelleantes.) d ≥ 3 l ; p ≥ 2 s Ejemplo: d = 3 s; l = 1 s; p = 4 s	Una luz amarilla de destellos aislados indica una marca especial.

[18] El término “destello largo”, se usa en las descripciones de las luces de destello largo y de las características de luces reservadas para señales Cardinales Sur, tienen una apariencia de luz no menor de dos segundos. El término “destello corto” no se usa habitualmente y no aparece en la clasificación. Si una Autoridad necesita discriminar entre dos luces destellantes que solamente difieren en tener destellos de diferente duración, entonces el destello más largo debería ser descrito como “Destello Largo” y ser de una duración no inferior a 2 segundos, y el destello corto debería ser descrito como “Destello Corto” y debería ser de un ritmo característico no mayor de 1/3 de la duración de la luz del destello largo.

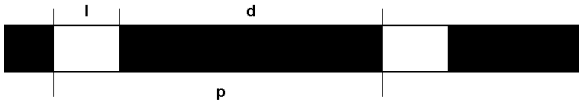
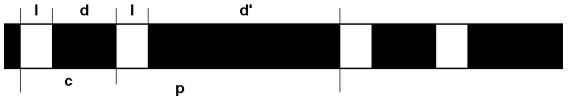
Tabla 7 CLASIFICACION DEL CARACTER RITMICO DE LAS LUCES					
4.2	Luz de Destellos Largos	Dl	Luz de destellos aislados en la cual las apariciones de luz de una duración de 2 s. Como mínimo (destellos largos) se suceden regularmente.	 d ≥ 3 l ; l ≥ 2 s Ejemplo: d = 8 s; l = 2 s; p = 10 s	Una luz blanca de destellos largos con un período de 10 segundos indica una marca de aguas navegables.
4.3	Luz de Grupos de Destellos)	GpD (#) Ej:GpD(2))	Luz en la cual los grupos, de un número dado de destellos (especificados en el número) se suceden regularmente	Los intervalos de oscuridad entre los destellos de un mismo grupo son de igual duración y ésta es claramente mas corta que la duración del intervalo de oscuridad entre dos grupos sucesivos. El número de destellos de un grupo no debe exceder de 5 en general y no llegar a 6 mas que excepcionalmente. La duración de un intervalo de oscuridad en un grupo no debe ser inferior a la duración de un destello.... La duración del intervalo de oscuridad entre dos grupos no debe ser inferior a tres veces la duración del intervalo de oscuridad, en un grupo. En un grupo de dos destellos, la duración acumulada de un destello y del intervalo de oscuridad en el grupo no debe ser inferior a un segundo. En un grupo de tres o mas destellos la duración acumulada de un destello y un intervalo de oscuridad en el grupo no debe ser inferior a dos segundos (o inferior a 2,5 segundos en los países en que se utilice el ritmo centellante de 50 destellos por minuto)  GpD(2) d' ≥ 3 d ; d ≥ l ; c ≥ 1 s Ejemplo: d' = 6 s; d = 2 s; l = 1 s; c = 3 s; p = 10 s	Una luz blanca de grupos de dos destellos con un período de 5 ó 10segundos indica una marca de peligro aislado. Una luz amarilla de grupos de 4, 5 destellos o excepcionalmente 6 destellos, indica una marca especial.

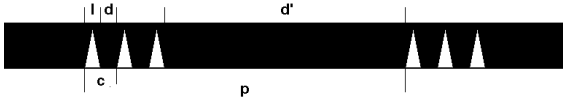
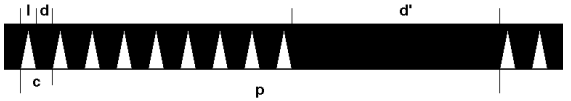
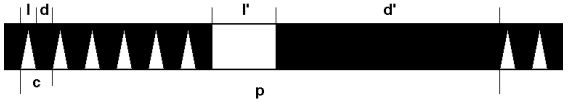
Tabla 7 CLASIFICACION DEL CARACTER RITMICO DE LAS LUCES					
5	LUZ CENTELLEANTE		Luz en la cual los destellos (centelleos) se suceden con una frecuencia comprendida entre 50 y 80 destellos por minuto.	Una luz en la cual los destellos idénticos se suceden con la frecuencia de 60 (ó 50) destellos por minuto. Es preferible la frecuencia mas rápida.	
5.1	Luz Centelleante Continua	Ct	Luz Centelleante en la que los destellos se suceden regularmente.	 d ≥ l ; l s ≤ p ≤ 1.2 s Ejemplo: l = d = 0.5 s; p = 1 s	Una luz blanca centelleante continua indica una marca cardinal Norte.
5.2	Luz de Grupos de Centelleos	Gp Ct(3) Gp Ct(9) GpCt(6) +Dl	Luz Centelleante en la cual los grupos de un número dado de destellos se suceden regularmente.	Conviene que el número de destellos de un grupo sea tres o nueve Una característica excepcional de luz esta reservada en el sistema de Balizamiento Marítimo de la AISM-IALA para indicar una marca cardinal Sur  Ct(3) d ≥ l ; d'>d ; 1 s ≤ c ≤ 1.2 Ejemplo: d' = 7.5 s; l = d = 0.5 s; c = 1 s ; p = 10 s  Ct(9) d ≥ l ; d'>d 1 s ≤ c ≤ 1.2 s Ejemplo: d' = 6.5 s; l = d = 0.5 s; c = 1 s; p = 15 s  Ct(6)+Dl d' ≥ 3 l' l' ≥ 2 s ; d ≥ l ; 1 s ≤ c ≤ 1.2 s Ejemplo: d' = 7 s; l' = 2 s; l = d = 0.5 s; c = 1 s.; p = 15 s	Una luz blanca de grupos de tres centelleos con un período de 10 segundos indica una marca cardinal Este. Una luz blanca de grupos de nueve centelleos con un período de 15 segundos indica una marca cardinal Oeste Una luz blanca de grupos de seis centelleos seguido por un destello largo de al menos dos segundos con un período de 15 segundos indica una marca cardinal Sur.

Tabla 7 CLASIFICACION DEL CARACTER RITMICO DE LAS LUCES					
6	LUZ CENTELLEANTE RÁPIDA		Luz en la cual los destellos (centelleos) se suceden con una frecuencia comprendida entre 80 y 160 destellos por minuto .	Luz en la cual los destellos idénticos se suceden con una frecuencia de 120 (ó 100) destellos por minuto . Es preferible la frecuencia mas rápida.	
6.1	Luz Centelleante Rápida	Rp.	Luz centelleante rápida en la cual los destellos se suceden regularmente	 d ≥ l ; 0.5 s ≤ p ≤ 1.6 s Ejemplo: l = d = 0.25 s; p = 0.5 s	Una luz centelleante rápida indica una marca cardinal Norte .
6.2	Luz de Grupos de Destellos Rápidos	GpRp (#) GpRp (3) GpRp (9) GpRp (6)+DL	Luz centelleante rápida en la que los grupos de un numero dado de destellos se suceden regularmente.	Conviene que el número de destellos en un grupo sea 3 ó 9 . Una característica de luz excepcional está prevista en el sistema de balizamiento marítimo de la AISM IALA para indicar una marca cardinal Sur. GpRp(3) d' ≥ 1,5 s ; d ≥ l ; 0.5 s ≤ c ≤ 0.6 s Ejemplo: d' = 3.75 s; l = d = 0.25 s; c = 0.5 s; p = 5 s GpRp(9) d' ≥ 1.5 s ; d ≥ l ; 0.5 s ≤ c ≤ 0.6 s Ejemplo: d' = 5.75 s; l = d = 0.25 s; c = 0.5 s; p = 10 s GpRp(6)+Dl d' ≥ 1.5 l' ; l' ≥ 2 s ; d ≥ l ; 0.5 s ≤ c ≤ 0.6 s Ejemplo: d' = 5 s; l' = 2 s; l = d = 0.25 s; c = 0.5 s; p = 10 s	Una luz blanca de grupos de 3 centelleos rápidos con un periodo de 5 segundos indica una marca cardinal Este. Una luz blanca de grupos de 9 centelleos rápidos con un periodo de 10 segundos indica una marca cardinal Oeste . Una luz blanca de grupos de 6 centelleos rápidos seguido de un destello largo de al menos 2 segundos con un periodo de 10 segundos, indica una marca cardinal Sur .

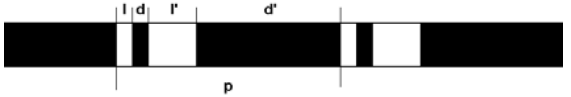
Tabla 7 CLASIFICACION DEL CARACTER RITMICO DE LAS LUCES					
7	LUZ CENTELLEANTE ULTRA-RAPIDA		Luz en la cual los destellos (centelleos) se suceden con una frecuencia de 160 destellos por minuto como mínimo	Luz en la cual los destellos se suceden con una frecuencia comprendida entre 240 y 300 destellos por minuto	
7.1	Luz Centelleante Ultra-Rápida Continua	UQ	Luz Centelleante ultra-rápida en la cual los destellos se suceden regularmente.		
8	LUZ DE SEÑALES MORSE	Mo(#) Ej.Mo(A)	Luz en la cual las apariciones de luz tienen dos duraciones claramente diferentes y están agrupadas para formar una o varias letras del alfabeto Morse .	Los ritmos utilizados deben estar limitados en general a una sola letra del alfabeto Morse constituyendo dos letras solamente una excepción. La duración de un “punto” debe ser del orden de 0,5 segundos y la duración de una “raya” al menos 3 veces la duración de un punto .  Mo(A) l' ≥ 3 l ; d ≥ l ; l = 0.5 s Ejemplo: l’ = 1.5 s; l = 0.5 s; d = 0.5 s; d’ = 4.5 s; p = 7 s	Una luz blanca de señales Morse con el carácter aislado de la letra “ A “ indica una marca de aguas navegables . Una luz amarilla de señales Morse que no tenga el carácter aislado de las letras “ A” o “U” indica una marca especial.
9	LUZ FIJA VARIADA POR DESTELLOS	FD(#)	Luz compuesta por una luz fija combinada con una luz de destellos de mayor intensidad.	Debe utilizarse con cuidado este tipo de luces porque la componente fija de la luz puede no ser siempre visible a la misma distancia que la componente rítmica . d ≥ 3 l ; l ≤ 1 s Ejemplo: d = 3 s; l = 1 s; p = 4 s	

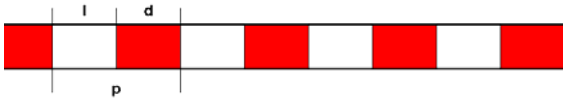
Tabla 7 CLASIFICACION DEL CARACTER RITMICO DE LAS LUCES					
10	LUZ ALTERNANTE	Alt##	Luz que muestra colores distintos alternativamente	Debe utilizarse con cuidado esta clase de luz y esforzarse en asegurar que los diferentes colores son igualmente visibles para un mismo observador .  AltBR l ≅ d Ejemplo: l = d = 2 s; p = 4 s	

Tabla 8. CARÁCTER RITMICO DE LAS LUCES EN EL SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARÍTIMO DE LA IALA

	Marca	**Carácter rítmico de la luz**	**Observaciones y otras recomendaciones**
	LATERAL	Todas las clases de ritmos recomendados [19], pero un ritmo de grupos de (2 + 1) destellos se reserva para las marcas laterales modificadas que marcan los canales a tomar preferentemente.	Únicamente se utilizan los colores rojo y verde
	Lateral modificada (canal preferente)	Luz de grupos de (2 + 1) destellos con un periodo no mayor de 16 segundos.	La duración del intervalo de oscuridad que sigue al destello único deberá ser al menos tres veces la duración del intervalo de oscuridad que sigue al grupo de dos destellos.
	CARDINAL		Solamente se utiliza el color blanco
	Cardinal Norte	(a) Luz centelleante rápida continua (b) Luz centelleante continua	
	Cardinal Este	(a) Luz de grupos de 3 centelleos rápidos en un periodo de cinco segundos (b) Luz de grupos de 3 centelleos en un periodo de diez segundos.	
	Cardinal Sur	(a) Luz de grupos de 6 centelleos rápidos seguidos de un destello largo de dos segundos, por lo menos, en un periodo de diez segundos (b) Luz de grupos de 6 centelleos seguidos de un destello largo de dos segundos, por lo menos, en un periodo de 15 segundos	La duración del intervalo de oscuridad que precede inmediatamente al destello largo debe ser igual a la duración de los intervalos de oscuridad entre los centelleos rápidos. La duración del destello largo no debe ser mayor que la duración del intervalo de oscuridad que sigue inmediatamente al destello largo. La duración del intervalo de oscuridad que precede inmediatamente al destello largo debe ser igual a la duración de los intervalos de oscuridad entre los centelleos. La duración del destello largo no debe ser mayor que la duración del intervalo de oscuridad que sigue inmediatamente al destello largo.
	Cardinal Oeste	(a) Luz de grupos de 9 centelleos rápidos en un periodo de 10 segundos (b) Luz de grupos de 9 centelleos en un periodo de 15 segundos	

[19] Una luz fija sola no debe ser usada en ninguna señal dentro del sistema de balizamiento marítimo de la IALA por que puede no ser reconocida como una Ayuda a la Navegación.

	Marca	**Carácter rítmico de la luz**	**Observaciones y otras recomendaciones**
	PELIGRO AISLADO	(a) Luz de grupos de dos destellos en un periodo de cinco segundos (b) Luz de grupos de dos destellos en un periodo de diez segundos	Solo se utiliza el color blanco La duración acumulada de un destello y del intervalo de oscuridad en un grupo debe estar comprendida entre 1 s. y 1,5 s. La duración acumulada de un destello y del intervalo de oscuridad en un grupo debe estar comprendida entre 2 s. y 3 s.
	SEÑAL DE AGUAS NAVEGABLES	(a)Luz de destellos largos con periodo de10 segundos (b) Luz isofase. (c) Luz de ocultaciones aisladas (d) Luz de señales Morse mostrando sólo la letra **"A "**	Solo se utiliza el color blanco
	ESPECIAL	(a) Luz de grupos de ocultaciones . (b) Luz de destellos aislados excepto luz de un destello largo en un periodo de diez segundos. (c) Luz de grupos de cuatro, cinco o excepcionalmente seis destellos. (d) Luz de Grupos complejos de destellos c. (e) Luz de señales Morse no mostrando las letras **"A "** o **" U "** [20]	Solo se utiliza el color amarillo . Una luz de grupos de cinco destellos con la frecuencia de 30 destellos por minuto en un periodo de 20 segundos se asigna a las boyas de los sistemas de adquisición de datos oceanográficos (SADO)

[20] Una luz blanca de código Morse con la letra " **U "**se asigna a estructuras fuera de la costa, (Ejemplo: En Plataformas).

3.1.11.9 Periodos máximos para la característica de las luces

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Recomendación E-110 sobre el carácter rítmico de las ayudas a la navegación.*
- *Recomendación para el cálculo de la intensidad eficaz de una luz rítmica, Noviembre 1980.*

La tabla 9 es un extracto de los periodos máximos recomendados para las luces.

Tabla 9. Periodos Máximos para las características de las luces de ayudas a la navegación.

Tipo de característica	Periodo Máximo (Segundos)
Luz Isofase	12
Luz de ocultaciones aisladas	15
Luz de destellos aislados	15
Luz de grupos de centelleos rápidos	15
Luz de centelleos rápidos interrumpidos	15
Luz de centelleos ultra-rápidos interrumpidos	15
Luz de grupos de ocultaciones	20
Luz de destellos largos	20
Luz de grupos de dos destellos	20
Luz de grupos de centelleos	20
Luz de interrupciones rápidas	20
Luz de grupos de tres o más ocultaciones	30
Luz de grupos de tres o más destellos	30
Luz de grupos de destellos compuestos	30
Luz de código Morse	30

3.1.11.10 Temporización astronómica

La descripción de una luz de Ayuda a la Navegación enfatiza en las operaciones de servicio en periodo nocturno pero su papel durante el día es también importante. Los fenómenos astronómicos que definen la transición del día a la noche se muestran en la tabla 10[21].

[21] La temporización astronómica puede aplicarse a los cálculos (programas informáticos) para dimensionar la alimentación por energía solar.

Tabla 10. Temporización astronómica.

Suceso	Condición	Iluminación típica Lux	Comentario (Suponiendo la ausencia de luz de luna, luz artificial o condiciones meteorológicas adversas)
Ocaso/orto	Borde del disco del sol coincidiendo con el horizonte.	600	
Crepúsculo Civil (salida / puesta de sol)	El centro del sol está en un ángulo de depresión de seis (6) grados por debajo del horizonte.	6	La iluminación es suficiente para que se vean los grandes objetos pero no se distinguen los detalles. Las estrellas más brillantes y los planetas pueden verse. Para la navegación marítima el horizonte marino está claramente definido.
Crepúsculo náutico. (salida/puesta de sol)	El centro del sol está a un ángulo de depresión de doce (12) grados por debajo del horizonte	0.06	Está oscuro para actividades normales. Para la navegación marítima el horizonte marino no es visible.
Crepúsculo astronómico (salida / puesta de sol)	El centro del sol está en un ángulo de depresión de dieciocho (18) grados por debajo del horizonte.	0.0006	La iluminación debida a la luz dispersada por el sol es menor que la de las estrellas y de otras fuentes de luz natural en el cielo.

3.1.11.11 Niveles de luz de encendido/apagado.

Para el encendido de las ayudas a la navegación que solo operan de noche, el nivel de luz ambiental elegido para encender las AtoN deberá ser lo suficientemente alto para permitir la navegación segura, mientras que no deberán encenderse en condiciones de niebla cuando las AtoN no son necesarias para la navegación segura

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz de la IALA 1038 sobre los niveles de luz ambiental a los cuales las luces de ayudas a la navegación se deben encender y apagar.*

3.1.11.12 Servicio Nocturno

Referencias a publicaciones de la IALA:

- Recomendación para el cálculo de la intensidad luminosa y el alcance de las luces (R-y), noviembre 1966.

3.1.11.12.1 Alcance nominal e Intensidad luminosa.

La tabla 11 es un extracto de la Recomendación de la IALA para el control de la intensidad luminosa y el alcance de las luces y proporciona una conversión entre el alcance nominal y la intensidad luminosa.

Tabla 11.Tabla de la IALA para conversión de Intensidades Luminosas y Alcance Nominal para observaciones nocturnas. Esta supone una transmisibilidad atmosférica de T=0,74 y un umbral de iluminación de 0,2 microlux.

Alcance Nominal (Millas náuticas)	Intensidad Luminosa (candelas)	Alcance Nominal (Millas náuticas)	Intensidad Luminosa (candelas)
1	0.9	12	3600
1.5	2.4	13	5700
2	5	14	8900
2.5	9	15	14000
3	15	16	21000
3.5	24	17	32000
4	36	18	49000
4.5	53	19	73000
5	77	20	110000
6	150	21	160000
7	270	22	240000
8	480	23	360000
9	820	24	520000
10	1400	25	770000
11	2200	26	1100000

3.1.11.12.2 Iluminación de fondo.

El alcance nominal nocturno se calcula sin considerar el resplandor del fondo. Un excesivo resplandor de fondo de luces de la calle, anuncios de neón, etc. frecuentemente convierten una ayuda a la navegación en menos efectiva y, en algunos casos, se pierde completamente en el resplandor general de fondo.

La luz puede ser más fácil de distinguir incrementando su intensidad, cambiando su color, o variando su ritmo.

3.1.11.12.3 Deslumbramiento.

El deslumbramiento puede producirse por luces brillantes emitidas desde la costa, tales como las luces de un coche, o por otro buque que esté usando indiscriminada-mente una luz de búsqueda. Una luz de ayuda a la navegación también puede causar deslumbramiento si a distancias cortas es demasiado brillante, especialmente cuando el plano focal de la luz y el ojo del observador están a la misma altura. Esta situación puede producirse con las dos luces de las enfilaciones.

Para las luces de ayuda a la navegación se acepta generalmente que la iluminancia en el ojo del navegante desde la luz:

- No debería exceder de 0,1 lux y
- Debería reducirse a 0,01 lux si el fondo está muy oscuro

Referencias a las publicaciones de la IALA:

- *Recomendación E-112 para las enfilaciones (incluyendo programa en Excel)*
- *Directriz 1023 para el diseño de enfilaciones*

En situaciones donde el deslumbramiento es un problema una o varias de las modificaciones siguientes pueden proporcionar a un resultado satisfactorio:

- Elevar el plano focal de la luz de forma que el navegante use el halo de la luz o una parte menos intensa de la distribución vertical de la misma.
- Reducir la intensidad de la luz
- Reducir la iluminancia de la fuente luminosa;
- Reducir el tamaño de la óptica;
- Apantallar la óptica con, por ejemplo, una lamina de metal perforado;
- Apantallar los arcos innecesarios de la óptica;
- Usar dos o más luces de intensidad más baja en lugar de una luz de intensidad tan alta.

Cualquiera que sea el método usado será necesario medir o calcular la intensidad y distribución de la luz del sistema luminoso modificado.

3.1.11.12.4 Pérdidas de intensidad

Algunos equipos luminosos están instalados dentro de una linterna de protección. A menos que sea posible medir la intensidad luminosa de la instalación completa, es práctica normal aplicar un factor de pérdida de intensidad al equipo luminoso para tener en cuenta las pérdidas por reflexión y transmisión en el acristalamiento de la linterna. Generalmente conocido como **factor de pérdida por acristalamiento**. Los montantes de la linterna pueden reducir la intensidad de la luz en determinados ángulos. La instalación de montantes no verticales superará esta reducción en cierto grado. El plano focal de la luz deberá estar situado fuera de los montantes horizontales o las intersecciones.

La IALA recomienda que, en ausencia de una información más precisa, el factor de pérdida por acristalamiento sea tomado como 0.85 para un sistema limpio.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Recomendación sobre la determinación de la intensidad luminosa de una ayuda a la navegación, Diciembre (1977)*

3.1.11.12.5 Factor de condiciones de servicio

En condiciones normales de trabajo es probable que la intensidad luminosa de una luz se degrade durante los periodos o intervalos de servicio (mantenimiento). Hay varios elementos que influyen en esta degradación:

- Las condiciones meteorológicas (que pueden ser solo temporales);
- La suciedad y los depósitos de sal (que pueden ser minimizados con un programa eficiente de limpieza del sistema óptico y linterna), y;
- Progresivo deterioro de la fuente luminosa a lo largo de los intervalos de servicio.

Es claramente imposible representar un conjunto tan complejo de factores de una forma simple y solamente podría hacerse una adecuada evaluación mediante mediciones a intervalos regulares en cada lugar. Sin embargo para dar una idea más realista del rendimiento de la luz en condiciones normales de trabajo, cuando se mide la intensidad luminosa en el laboratorio o el alcance fotométrico, puede ser adecuado tener en cuenta un **factor de condiciones de servicio**.

La IALA recomienda que en ausencia de una información más precisa, el factor de condiciones de servicio sea tomado como 0.75.

3.1.11.13 Operaciones diurnas

Algunas Autoridades han establecido señales de enfilación diurnas en los puertos y vías de navegación más importantes para conseguir las mejores prestaciones posibles con paneles diurnos.

3.1.11.13.1 Alcance nominal diurno e intensidad luminosa

Referencia a publicaciones de la IALA

- *Recomendación para la definición del alcance nominal diurno de las luces de señalización marítima diseñadas para guiar a los barcos durante el día, abril 1974.*
- *Recomendación E-111 sobre señales de tráfico portuario*.

La tabla 12 es un extracto de esta recomendación y proporciona una conversión entre el alcance nominal diurno y la intensidad luminosa.

Tabla 12. Tabla de la IALA para la conversión entre la Intensidad luminosa y el alcance nominal diurno.

Alcance Nominal Diurno (millas náuticas)	Intensidad Luminosa (candelas)	Alcance Nominal Diurno (millas náuticas)	Intensidad Luminosa (candelas)
1	4600	11	11000000
2	25000	12	18000000
3	75000	13	28000000
4	182000	14	45000000
5	383000	15	69000000
6	745000	16	105000000
7	1400000	17	161000000
8	2400000	18	244000000
9	4100000	19	367000000
10	6900000	20	549000000

3.1.11.13.2 Marcas diurnas (Tableros diurnos)

El tamaño de un tablero deberá estar determinado por la máxima distancia de reconocimiento y las condiciones de mínima visibilidad. Los tableros en enfilaciones son generalmente rectangulares con el lado vertical más largo. La relación de medidas del rectángulo es generalmente de 2:1(alto = 2 x ancho).

La distancia típica de reconocimiento de los tableros bajo distintas condiciones de visibilidad se muestra en la tabla 3.7

Tabla 13. Distancia típica de reconocimiento de las marcas diurnas.

Distancia de reconocimiento de las marcas diurnas (Millas náuticas)					
	Altura de las marcas diurnas (metros) Proporciones: altura = 2 anchura				
Visibilidad mínima (millas náuticas)	**1.8**	**2.4**	**3.7**	**4.9**	**7.3**
1	0.5	0.7	0.9	1.0	1.1
2	0.6	0.9	1.2	1.4	1.5
3	0.6	1.1	1.5	1.9	2.1
4	0.7	1.3	1.8	2.3	2.7
5	0.8	1.5	2.1	2.7	3.3
6	0.8	1.6	2.3	2.9	3.6
7	0.9	1.7	2.4	3.3	4.0
8	0.9	1.7	2.6	3.5	4.2
9	0.9	1.9	2.8	3.8	4.5
10	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0

3.1.11.14 Diagrama de Alcance Luminoso

El Diagrama de Alcance Luminoso, mostrado en la fig. 3.5, permite al navegante determinar el alcance aproximado al cual puede ser vista una luz, de día o de noche, en las condiciones meteorológicas existentes en ese momento, y para varios niveles de iluminación de fondo o de resplandor del cielo, respectivamente.

Referencia a publicaciones de la IALA

- *Recomendación de la IALA para la medida de la intensidad luminosa y alcance de las luces, noviembre 1966;*
-
- *Recomendación de la IALA para la definición de alcance nominal diurno de las luces de señalización marítima para la orientación de los barcos por el día, abril 1974.*
- *Recomendación de la IALA E-111 sobre señales de tráfico portuario*

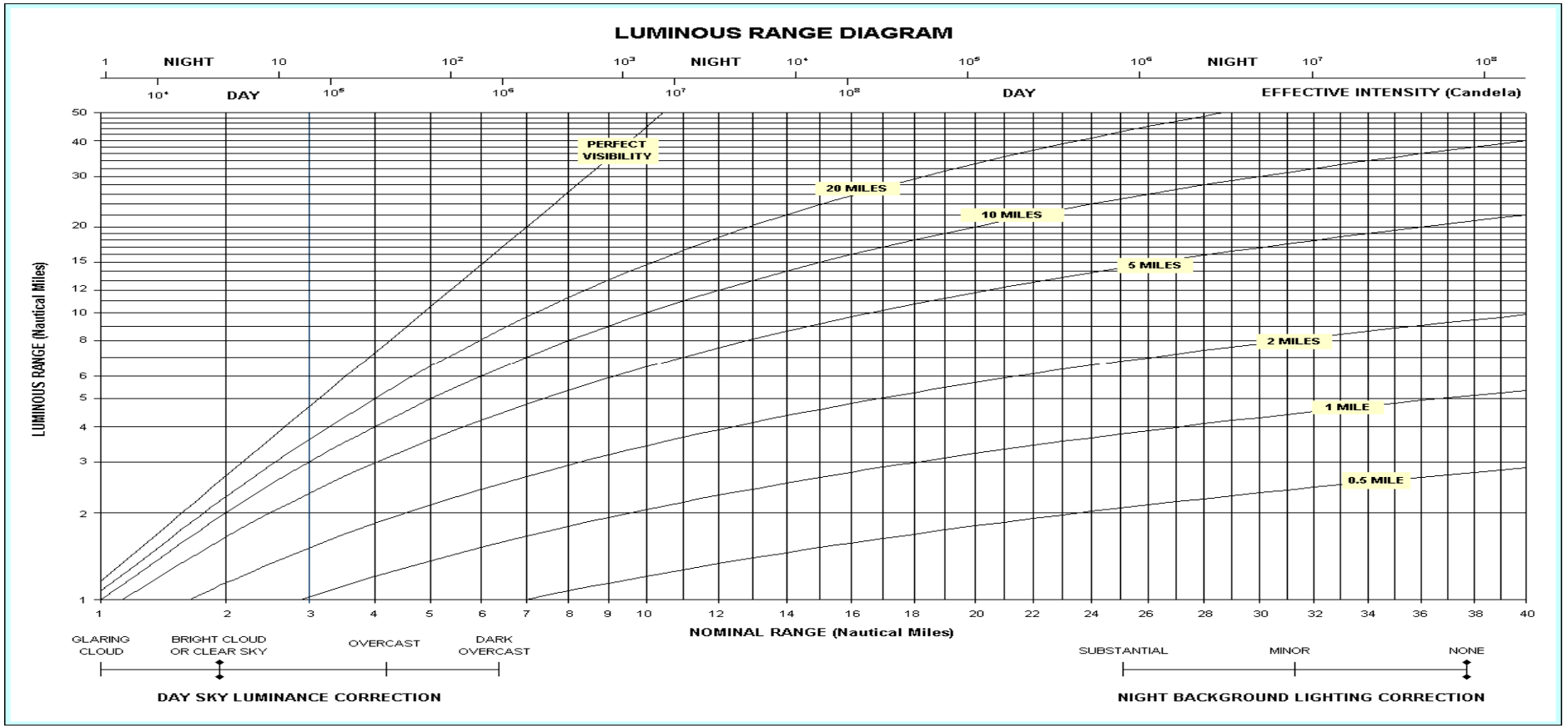


Figura 11.Diagrama de alcances luminosos

La escala superior en el gráfico da los valores de intensidad equivalente en candelas tanto para operaciones diurnas como nocturnas y debe usarse solamente cuando se conoce la intensidad de la luz. Debe recordarse que:

La transmisibilidad atmosférica no es necesariamente consistente entre el observador y la luz.

No se consideran las limitaciones de alcance impuestas por la altura del ojo del observador o la elevación de la luz. Debe hacerse una comprobación aparte usando la tabla de alcance geográfico para confirmar que la luz será visible a la distancia estimada.
El deslumbramiento debido a la iluminación de fondo reducirá considerablemente el alcance al cual se ve de noche una luz.

3.1.11.15 Uso del diagrama de alcance luminoso

Ejemplo 1

Hay algunos países que publican el alcance de las luces con una visibilidad meteorológica distinta[22] a la visibilidad meteorológica de 10 m.n. usada en la definición de alcance nominal. Si es conocido el valor de la visibilidad meteorológica, el alcance de la luz, puede ser convertido a alcance nominal usando el gráfico como sigue:

- Localizar el alcance luminoso sobre el eje de la izquierda;
- Trazar una línea horizontal hasta cortar la curva de la visibilidad meteorológica dada;
- Entonces trasladarse verticalmente hacia abajo hasta llegar a la escala inferior y leer el alcance nominal equivalente;
- Por ejemplo: Una luz con un alcance de 24 m.n. con una visibilidad meteorológica de 20 m.n. tiene un alcance nominal de 15 m.n.

Ejemplo 2

Para determinar el alcance luminoso de una luz después de hacer una estimación de las condiciones meteorológicas predominantes:

- Localizar el alcance nominal en el eje inferior;
- Entonces trasladarse verticalmente hasta interceptar la curva de la visibilidad meteorológica estimada;
- Leer el alcance luminoso en la escala de la izquierda;
- Por ejemplo: una luz con un alcance nominal de 9 m. n. Tendrá un alcance luminoso de 6 m.n. cuando la visibilidad sea de 5 m.n.

Ejemplo 3

Para determinar el alcance luminoso cuando la luz esté afectada por el resplandor del fondo:

- Estimar el nivel del resplandor del fondo entre ninguno y sustancial;
- Seleccionar el ajuste del intervalo desde la escala de la derecha en el gráfico;
- Restar este intervalo del alcance nominal de la luz;
- Moverse verticalmente hasta interceptar con la visibilidad meteorológica estimada;

[22] La visibilidad meteorológica más común para todas las alternativas es de 20 millas náuticas.

- Leer el alcance luminoso en la escala de la izquierda;
- Por ejemplo: Si hay un importante resplandor de fondo de una instalación portuaria o de un núcleo urbano, una luz de 18 m.n. debe ser corregido primero a 8 millas antes de que pueda ser determinado el alcance luminoso para las condiciones meteorológicas dominantes.

Ejemplo 4

Para determinar el alcance luminoso para una luz de uso diurno bajo condiciones luminosas diurnas:

- Estimar la luminancia del cielo entre nubes, clara y cielo cubierto, la condición nominal para uso diurno es luz brillante o cielo despejado (mirando hacia un sitio lejos del sol);
- Seleccionar el intervalo de ajuste de la condición nominal desde la escala auxiliar de la izquierda del gráfico;
- Sumar o restar este intervalo del alcance nominal de la luz;
- Entonces moverse verticalmente hasta interceptar con la curva para la visibilidad meteorológica estimada;
- Leer el alcance luminoso en la escala de la izquierda;
- Por ejemplo: Cuando una luz con un alcance nominal de 5 m.n. por el día se vea contra un cielo cubierto, el alcance luminoso puede incrementarse alrededor de 8,8 m.n. antes de determinar el alcance luminoso para las condiciones meteorológicas dominantes;
- Si una luz con un alcance nominal de 5 m.n. es vista por el día sobre el fondo de una nube muy clara el alcance nominal debería estar reducido a 3 m.n. antes de determinar el alcance luminoso en las condiciones meteorológicas dominantes.

Ejemplo 5

El gráfico también puede ser usado para mostrar:

- Usando la escala superior e inferior, que una luz con una intensidad de 100.000 candelas tiene un alcance nominal un poco superior a 20 m.n.;
- Si la misma luz se veía a 12 m.n. esto implicaría que la visibilidad meteorológica es de unas 5 m.n.;
- La misma luz tendría un alcance nominal diurno ligeramente por encima de 3 m.n.

3.1.12 AYUDAS FIJAS A LA NAVEGACIÓN

El Diccionario Internacional de la IALA de Ayudas a la Navegación Marítima define una baliza como “una señal artificial fija para ayuda a la navegación” que puede ser reconocida por su forma, color, diseño, marca de tope, característica de su luz, o una combinación de ellas. Mientras esta definición funcional incluye faros y otras ayudas a la navegación fijas, los términos faro y baliza se usan más específicamente para indicar la importancia y el tamaño de la señal.

3.1.12.1 Definiciones

Faro

Generalmente se considera como faro una gran estructura llamativa (marca visual diurna) en tierra, próxima a la línea de costa o en el agua que

- actúa como marca diurna, y:
- da soporte generalmente a una luz de señalización marítima de gran alcance.

Otras ayudas a la navegación o señales acústicas pueden encontrarse en el faro o cerca de él.

Un faro puede estar atendido por el técnico que lo habita o tener instalaciones automáticas. Lo primero cada vez menos frecuente.

Un faro automatizado será a menudo monitorizado a distancia y en algunos casos telecontrolado.

Foto cortesía del Servicio de Seguridad Marítima de Australia

Balizas

Se considera usualmente como baliza una pequeña marca visual fija, ya sea en tierra o en el mar. La apariencia está a menudo definida por marcas diurnas, marcas de tope y números. Si procede, puede tener luz, que generalmente será de menor alcance que las de los faros.
En canales navegables se pueden usar balizas de espeque como alternativa a las boyas[23].

3.1.12.2 Finalidad de faros y balizas.

Un faro o una baliza deben llevar a cabo una o más de las siguientes funciones relacionadas con la navegación:

- marcar la posición de un punto destacado;
- marcar una obstrucción o un peligro;
- indicar los límites laterales de un canal o una vía navegable;
- indicar el punto de un cambio de rumbo o un cruce en una vía navegable;
- marcar la entrada de un Dispositivo de Separación de Tráfico.
- formar parte de una línea de enfilación.
- marcar un área.
- proporcionar una referencia a los navegantes para tomar una demora o línea de posición.

No obstante no es extraño, en particular para los faros, que sean utilizados para otros fines, como pueden ser:

- base para equipos AIS.
- puestos de vigilancia o Guardia Costera.
- puestos VTS (Control de Tráfico Marítimo).
- base para señales acústicas de niebla (Sirenas, etc..)
- estaciones receptoras de datos meteorológicos y/o oceanográficos.
- instalaciones de radio y telecomunicación.
- instalaciones turísticas.

[23] En esas situaciones la baliza mostrará un color y una marca de tope de acuerdo con el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA

3.1.13 AYUDAS FLOTANTES A LA NAVEGACIÓN.

Una ayuda flotante tiene una misión similar a una baliza o un faro. Sin embargo la ayuda flotante está asociada normalmente con puntos donde:
no sería práctico establecer una ayuda fija debido a la profundidad, las condiciones del lecho marino o los costes.
el peligro cambia a lo largo del tiempo (bancos de arena, un naufragio inestable, etc.).
la baliza corra un alto riesgo de daños o pérdida por flujos de hielo o abordajes y, como consecuencia, tendría poca disponibilidad.
se requiera una marca temporal.

3.1.13.1 Boyas

Se define una boya como una ayuda flotante menor, normalmente iluminada aunque hay casos en los que no se instala luz.

Estos tipos de ayudas a la navegación están específicamente reguladas por el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA y suelen tener flotador de formas circulares con un diámetro entre 1 y 3 metros.

Además, debido a las limitaciones de la estructura, es aplicable lo siguiente:

- las que tienen luces están generalmente alimentadas por energía solar o baterías primarias, aunque hay todavía en uso boyas de gas.
- el alcance de la luz está generalmente restringido desde 2 a 5 millas náuticas, aunque en algunas aplicaciones se usan alcances mayores.
- pueden también disponer de señales sonoras.
- debido a las limitaciones de espacio y de alimentación, los servicios adicionales son reducidos, pero a veces se montan unidades racon y AIS como complemento de la luz.

3.1.13.2 Barcos-faro, Faros flotantes y Grandes Boyas (LANBYS)

Los barcos-faro, faros flotantes y LANBYS (o LNB) son calificados como ayudas flotantes mayores y pueden llevar un racon, señal sonora, y en algunos casos un radiofaro en combinación con la ayuda luminosa. Un barco-faro puede exhibir además una luz blanca todo horizonte para señalizar “buque fondeado”.

Estos tipos de ayudas:

- generalmente tienen un alto coste operativo.
- son solo utilizadas para puntos críticos.

- tienen a menudo asignado un objetivo de disponibilidad mayor que el de una boya.
- no están específicamente reguladas por el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA.

Algunos barcos-faro continúan siendo tripulados pero la tendencia es a hacerlos funcionar automáticamente, a menudo con monitorización y control remoto.

Ver la Recomendación de la IALA para ayudas flotantes mayores (O-104), Noviembre 1989.

Foto de un Lamby, cortesía de los Commissioners of Irish Lights

Referencia a publicaciones de la IALA:

- *Recomendación de la IALA O-104 sobre señales en grandes ayudas flotantes lejos de la costa*

3.1.13.3 Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA (MBS)

El MBS representa uno de las mayores contribuciones de la IALA para aumentar la seguridad en la navegación. Hasta fecha tan reciente como 1976 había más de treinta sistemas de balizamiento en uso a lo largo del mundo y se aplicaban reglamentos contradictorios. En 1980, Autoridades de Faros de cincuenta países representando a nueve organizaciones internacionales alcanzaron un acuerdo sobre las normas para un sistema más sencillo.

El Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA usa 5 tipos de marcas, que pueden usarse combinadas. El navegante puede distinguirlas por la característica que las identifica. El sistema incluye marcas laterales y cardinales. El sistema lateral diferencia las señales de la región A de balizamiento y la región B. En respuesta a las peticiones de los miembros

sobre la señalización de nuevos y peligrosos naufragios, la IALA ha redactad directrices y recomendaciones específicas, incluyendo el intento de introducir una boya especial para marcar naufragios.

Referencia a publicaciones de la IALA:

- *Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA (con las directrices relacionadas)*
- *Directriz 1046 de la IALA sobre plan de respuesta a la señalización de nuevos naufragios.*
- *Recomendación O-133 de la IALA sobre boyas de emergencia para señalización de naufragios.*

El contenido de los "Principios Generales y Normas del MBS de la IALA" se pueden encontrar en el Anexo A.

La IALA también elabora recomendaciones y guías para orientar en temas con necesidades específicas tales como parques eólicos, cultivos marinos y estructuras en alta mar.

3.1.13.4 Criterios de funcionamiento para Ayudas Flotantes.

Disponibilidad: se define como

La probabilidad de que una ayuda a la navegación o sistema de ayudas, de la manera que lo defina la autoridad competente, está cumpliendo su función en cualquier instante. Esto se expresa como un porcentaje del tiempo total que la ayuda o sistema de ayudas debería haber estado cumpliendo su función.[24]

La disponibilidad de una ayuda flotante es la principal medida de funcionamiento determinada por la IALA. Los objetivos de disponibilidad son los siguientes:

Tabla 14. Objetivos de disponibilidad

Tipo de Ayuda (solo ejemplos)	Objetivo de disponibilidad	
Ayudas flotantes consideradas muy importantes para la navegación	Categoría 1	al menos el 99.8%
Ayudas flotantes que son consideradas importantes para la navegación.	Categoría 2	al menos el 99%
Ayudas flotantes que tienen una consideración menos importante para la navegación que las categorías 1 ó 2.	Categoría 3	al menos el 97%

[24] Adaptada de la Directriz de la IALA sobre fiabilidad y disponibilidad de las ayudas a la navegación, teoría y ejemplos (edición 2, Diciembre 2004)

Nota: Los objetivos de disponibilidad asignados a las ayudas flotantes, de acuerdo con el Sistema de Balizamiento Marítimo, también incluyen la marca de tope.

3.1.13.5 Consideraciones Técnicas para Ayudas Flotantes

3.1.13.5.1 Coste

El coste de establecimiento de una ayuda flotante en un lugar determinado será generalmente menor que el de una estructura fija. Este se incrementa con el aumento de la profundidad y las cargas de viento y oleaje al que esté expuesta.

Por el contrario, el coste de mantenimiento tiende a ser mayor en relación al valor del capital. Esto ha provocado que algunas autoridades examinen con detalle el potencial ahorro a través de cambios de diseño, el uso de materiales alternativos y la delegación de servicios (contratación externa), generalmente con el propósito de aumentar los intervalos de mantenimiento.

Cuando una autoridad marítima tiene a su cargo un elevado número de ayudas flotantes, puede resultar rentable disponer de una embarcación dedicada al cuidado de las boyas con equipamiento especializado para minimizar el tiempo en las operaciones de cambio de las mismas y, a la vez, mejorar las condiciones de seguridad en que estos cambios se efectúan.

Referencias a publicaciones de la IALA:

Directriz de la IALA 1047 sobre metodología de comparación de costes de tecnologías de boyas.

3.1.13.5.2 Diseño de Ayudas Flotantes.

El proceso de diseño de una boya para hacer frente a unas determinadas condiciones es una tarea bastante especializada. Ello incluye, pero no se limita a:

- determinar las características para el desempeño de su función.
- precisar el equipamiento, necesidades energéticas y fuentes de alimentación.
- contemplar el tipo y capacidad de los buques que usaran los servicios de la boya.
- selección del tamaño del modelo y del tren de fondeo.
- integración del equipamiento y el suministro de energía.
- valoración de las necesidades de mantenimiento.

- técnicas de fondeo y recuperación.
- protección de los equipos contra daños.
- capacidad para reparar fallos sin tener que izar la boya.
- determinar la respuesta de la boya a las condiciones de oleaje, viento y corriente de los lugares.
- optimización del diseño.

Referencias a publicaciones de la IALA:

Sistema de balizamiento marítimo de la IALA y directrices relacionadas.

Directriz de la IALA 1006 sobre boyas de plástico

Directriz de la IALA 1011 sobre el método standard para definir y calcular el perfil de carga de las ayudas a la navegación.

Directriz de la IALA 1036 sobre consideraciones medioambientales en la ingeniería de ayudas a la navegación.

Directriz de la IALA 1037 sobre la toma de datos de las ayudas a la navegación para calcular su rendimiento.

Directriz de la IALA 1039 sobre diseño de sistemas de alimentación solar para ayudas a la navegación (con hoja excel).

Directriz de la IALA 1040 sobre el mantenimiento de boyas y pequeñas estructuras de ayudas a la navegación.

Directriz de la IALA 1042 sobre Fuentes de alimentación y almacenamiento de energía en las ayudas a la navegación.

Directriz de la IALA 1043 sobre Fuentes de luz usadas en las ayudas visuales a la navegación.

3.1.13.5.3 Diseño de Trenes de Fondeo y Radio de Borneo

El tren de fondeo para una ayuda flotante es la suma de los elementos que la mantienen situada dentro de un área determinada. Esos componentes han de resistir las fuerzas del viento, el oleaje y la corriente sobre su estructura e impedir el garreo. Los métodos para determinar las fuerzas se recogen en la recomendación E107 de la IALA. Las premisas básicas son las siguientes:

- la parte del tren inmediata al anclaje deberá permanecer tangencial al lecho marino bajo cualquier condición de corriente y viento en el lugar.
- el eje de la boya permanecerá vertical bajo las condiciones más habituales de viento y corriente.

- la relación entre la tensión de rotura del tren de fondeo y el esfuerzo calculado no será inferior a 5 para las condiciones más desfavorables de viento y corriente.
- la reserva de flotabilidad de la ayuda flotante completamente equipada será mayor que la combinación de las cargas de viento y corriente en las condiciones más desfavorables.

Radio de Borneo

La recomendación de la IALA para el diseño de trenes de fondeo normalizados (E-107), Mayo 1998, indica que el radio de borneo máximo (radio del círculo de vigilancia) es:

$$r_m = \sqrt{L^2 - H^2}$$

donde:

r_m = Máximo radio de borneo en metros.
L =Longitud del tren de fondeo en metros.
H=Profundidad en metros. (definida como la profundidad máxima e incluye el nivel en pleamares vivas y la mitad de la altura máxima de ola en la zona).

La longitud mínima recomendada para un tren de fondeo es:

- Lmin = 2H para profundidades menores de 50 metros;
- Lmin = 1.5H para profundidades mayores de 50 metros;

Referencia a publicaciones de la IALA

Notas prácticas IALA sobre el uso de cadenas de anclaje para ayudas flotantes a la navegación.

Recomendación IALA E-107 sobre diseño de líneas de anclaje

Directriz IALA 1024 sobre líneas de anclaje sintéticas

3.1.13.5.4 Posicionamiento de Ayudas Flotantes

La situación en la carta de una ayuda flotante indica la posición nominal (verdadera) del ancla o del peso muerto.

En la mayoría de las ayudas flotantes, es posible que el anclaje esté fuera de posición debido a los temporales o que lo esté por los errores cometidos mientras se efectúa la maniobra de fondeo.

Tradicionalmente los pesos muertos han sido largados (fondeados) mientras se tomaban demoras y/o ángulos horizontales con el sextante a marcas visuales fijas. Cuando no se divisaba tierra, el proceso se realizaba mediante radiofaros o ayudas de radio-posicionamiento, y aunque todavía se usa este procedimiento, el uso de receptores DGPS se considera como el método más adecuado debido a su comodidad, elevada precisión y fiabilidad.

Un buque balizador, usando el DGPS, puede situarse en torno a los 10 metros respecto a la posición nominal de la boya en el momento de arriar el fondeo. Si éste es largado libremente, la posición final en el fondo dependerá de la corriente dominante, la profundidad, la forma del muerto y la naturaleza del fondo marino. El controlar el descenso del peso muerto en la operación de fondeo contribuirá sustancialmente a mejorar la precisión en la posición de la boya.

3.1.13.6 Rótulos y Marcas de tope.

3.1.13.6.1 Rótulos

Las ayudas flotantes suelen estar identificadas por nombres, abreviaturas, letras y/o números rotulados en la estructura. Las autoridades deben asegurarse que se corresponden con las referencias del Libro de Faros y las indicaciones de las Cartas Náuticas.

3.1.13.6.2 Marcas de Tope

El tipo, color y disposición de las marcas de tope sobre una boya se definen en el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA, un extracto del cual se puede consultar en el Anexo A.

Las marcas pueden ser cónicas, cilíndricas, esféricas o en forma de cruz.

Marcas de tope cónicas (para marcas laterales y cardinales):

- la altura vertical de un cono desde la base hasta el vértice debería ser alrededor del 90% del diámetro de la base.
- para marcas cardinales, la distancia de separación entre conos debería ser en torno al 50% del diámetro de la base del cono.
- el espacio vertical entre el punto más bajo de la marca de tope y la brida de sujeción debería ser al menos el 35% del diámetro de la base del cono.
- en el caso de una boya, el diámetro de la base debería ser del 25%-30% del diámetro de la boya en su línea de flotación.

Marcas de tope cilíndricas (para marcas laterales):

- la altura de un cilindro debería ser de 1 a 1,5 veces el diámetro de su base.
- el espacio vertical entre la parte más baja del cilindro y su brida de sujeción debería ser al menos el 35% del diámetro del cilindro.
- en el caso de una boya, el diámetro de la base del cilindro debería ser de un 25%-30% del diámetro de la boya en su línea de flotación.

Marcas de tope esféricas (para marcas de peligros aislados y aguas navegables):

- en el caso de una boya, el diámetro de la esfera(s) debería ser al menos del 20% del diámetro de la boya en la línea de flotación.
- para las marcas de Peligro Aislado la distancia de separación entre esferas debería ser en torno al 50% de su diámetro.
- el espacio vertical entre la parte más baja de la esfera y la brida de sujeción debería ser al menos del 35% del diámetro de la esfera.

Marcas de tope en 'X' (Cruz de San Andrés para marcas especiales):

- en el caso de una boya, los brazos de la “X” deberían estar inscritos diagonalmente dentro de un cuadrado con una longitud del lado de alrededor del 33% del diámetro de la boya en la línea de flotación. La anchura de los brazos de la “X” debería ser de en torno al 15% de la longitud del lado del cuadrado.

3.1.14 LUCES DE SECTORES Y LÍNEAS DE ENFILACIÓN

Nota:
Demoras, enfilaciones y límites de los sectores suelen darse desde la situación del navegante. Las demoras pueden llevar el sufijo “TBS” (True Bearing from Seaward, demora verdadera contada desde la mar) para recalcarlo.

3.1.14.1 Luces de Sectores

Una luz de sectores es una ayuda a la navegación que muestra diferentes colores y/o ritmos sobre un determinado arco de horizonte.

La forma más común de crear un sector es intercalar un filtro de color frente a la luz principal. También puede generarse mediante la instalación de una luz adicional sobre la misma estructura, adoptando alguna de las siguientes formas:

- como luz direccional
- baliza con óptica de color, apantallándola para conseguir el ángulo del sector.
- baliza equipada con filtros internos o externos
- luces direccionales de precisión.

Los límites o bordes de un sector no siempre están definidos con precisión, debido a las características de la fuente luminosa y a la perdida de definición de los colores o cambios de ritmos entre sectores adyacentes.

Para una baliza equipada con filtros, la causa de la falta de precisión en la transición por el límite del sector se observa en la fig. 12, en la cual se aprecia la geometría de la fuente luminosa, la lente y el filtro. La zona de transición viene definida por un **"ángulo de incertidumbre"**

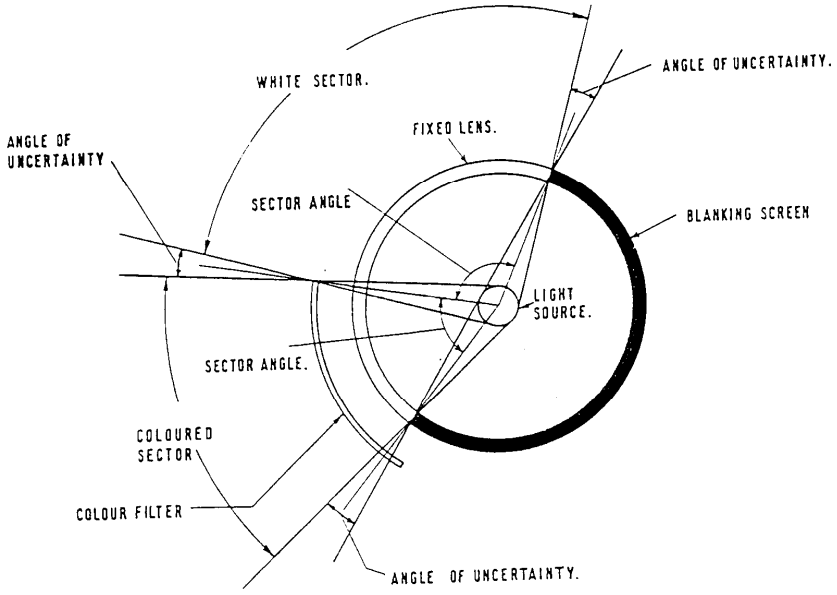


Figura 12. Ángulo de incertidumbre

Puede observarse también que:

- el ángulo de incertidumbre observado es generalmente menor que el ángulo geométrico, debido a las diferentes intensidades de color en los sectores (mezcla de color) durante el paso del observador a través de la zona de transición.
- si el espacio disponible en la linterna no es un factor limitador, suele ser posible lograr un ángulo de incertidumbre en torno a 0.25º con este tipo de disposición.

- el ángulo de incertidumbre puede reducirse por la disminución del tamaño físico de la fuente luminosa o por el aumento de la distancia radial entre esta y el filtro de color.
- en situaciones donde la luz principal tiene una amplia área de proyección, como en las ópticas giratorias o las de paneles de reflectores, generalmente es preferible instalar una luz de sectores separada en vez de instalar filtros de color frente a la luz principal.

Últimamente se han desarrollado un tipo de luces de sectores especializadas que muestran diferentes ritmos sobre diferentes sectores. Esta capacidad se encuentra en las denominadas Luces Direccionales de Precisión (PDL Precisión Direction Light, también conocidas como PEL).

Una Luz Direccional de Precisión[25] es una forma especializada de luz de sectores que genera unos bordes de sectores muy bien definidos. Esta característica es particularmente útil para aplicaciones que requieren uno o varios sectores estrechos. La PDL permite usar una fuente de luz blanca con filtro de color, pero en los últimos diseños se están utilizando LED y luces láser.

Las luces de sectores PDL son tan precisas que un cambio completo de color en el borde de un sector se produce en un ángulo menor de 1 minuto de arco en la mayoría de los modelos.

3.1.14.1.1 Aplicaciones

El diseño de una luz de sectores puede llegar a ser una tarea complicada. El proceso debe llevarse a cabo con la referencia de una carta de la zona de buena calidad, y preferentemente con un buen conocimiento del lugar.

Las luces de sectores pueden utilizarse para indicar una o más de las siguientes aplicaciones:

- márgenes de una vía navegable;
- la posición de un cambio de rumbo;
- bajos, bancos de arena, etc.;
- un área o posición (ej. una zona de fondeo);
- la parte con más calado de una vía navegable;
- verificaciones de posición para ayudas flotantes.

Una **Luz Direccional de Precisión** permite aplicaciones adicionales, que incluyen la capacidad de:

[25] También se conocen por el nombre comercial PEL

- generar sectores muy estrechos con unos ángulos de incertidumbre por debajo del minuto de arco;
- definir la zona central de un canal;
- marcar exactamente el margen lateral de un canal estrecho (un par de PDLs pueden cubrir las combinaciones de convergencia, divergencia y canales paralelos);
- caracterizar sectores adyacentes con diferentes ritmos.

3.1.14.1.2 Ejemplos

Algunos ejemplos de aplicaciones de luces de sectores se muestran en las figuras 13 y 14

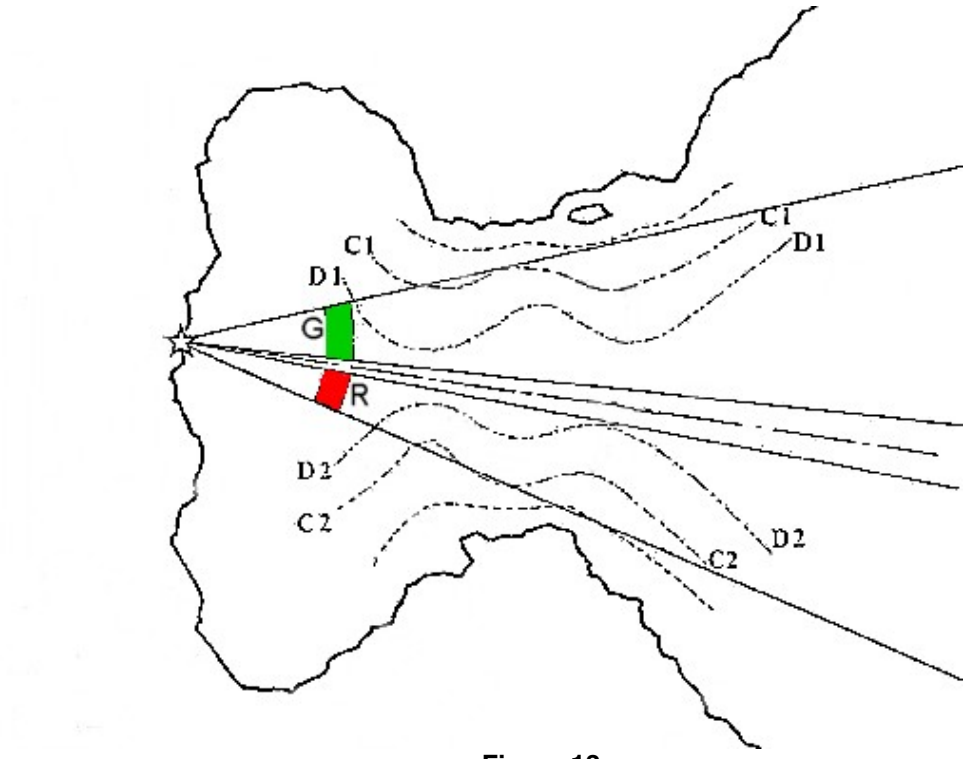


Figura 13

Aquí se siguen las convenciones de color del Sistema de Balizamiento de la IALA para la Región A (rojo a babor viniendo desde la mar). El sector blanco debe ser, si es posible, lo bastante ancho para proporcionar un margen de seguridad a los buques que, inadvertidamente, abandonaran el sector blanco. Las curvas C y D indican los contornos de profundidad (batimétricas) o zonas peligrosas que imponen los bordes de los sectores.

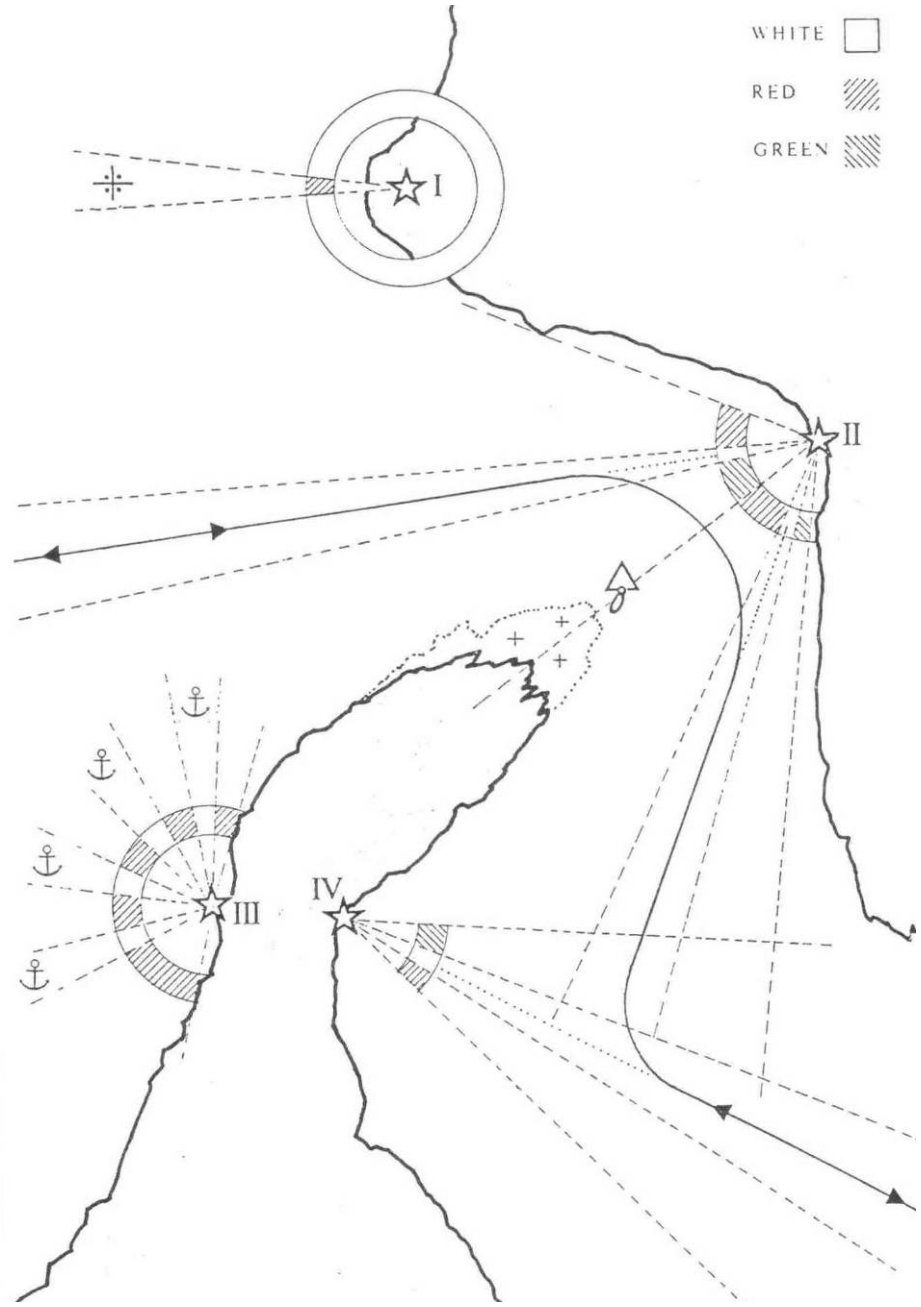


Figura 14. Algunas aplicaciones de luces de sectores.

La función de cada luz se describe debajo:

- Luz I: ayuda costera con luz blanca, y un sector rojo balizando un peligro. En este caso, no es esencial una elevada precisión en los límites del sector.
- Luz II: luz de sectores, ciega hacia tierra, con dos sectores blancos balizando el canal. La intersección entre los sectores rojo y verde indica la existencia de una boya.
- Luz III: luz de sectores con luz roja y 4 sectores blancos indicando zonas de fondeo. El sector hacia tierra es ciego.
- Luz IV: luz de sectores que dispone de un sector blanco indicando el canal de navegación.

3.1.14.1.3 Consideraciones acerca del diseño.

Donde una única luz de sectores define un canal navegable o un peligro, deberían considerarse los siguientes puntos:

- **Posición lateral**: el buque no dispone de una referencia lateral de posición dentro del canal, hasta que se alcanzan los límites del sector. Esto puede generar problemas en zonas de fuerte corriente trasversal. Los buques con buen conocimiento local pueden utilizar la zona de incertidumbre como guía para saber la cercanía al límite del sector.
- **Margen de seguridad**: si es posible, se debe de dejar un margen de seguridad entre el límite del sector y los peligros adyacentes. Donde esto no sea posible, los peligros deberán balizarse independientemente.
- **Ángulo de incertidumbre**: las zonas definidas por el ángulo de incertidumbre se considerarán como un margen adicional de seguridad sobre los límites del sector principal.
- **Tamaño del barco**: en el proceso de diseño de los sectores, se debe de tener en cuenta la velocidad y capacidad de maniobra de los buques que se suponga que van a utilizar esta ayuda, su curva de evolución una vez que han cruzado el límite del sector y las posibles interferencias con otros buques situados en las proximidades.
- **Luces y filtros**: cuando se utilicen filtros coloreados, se deberá tener muy en cuenta la distribución espectral de la fuente de luz, además de la proporción de luz trasmitida a través del material del filtro. También se deberán tener en cuenta los potenciales problemas de deslumbramiento.
- **Característica de la luz**: los periodos de las luces deben seleccionarse de tal manera que proporcionen al marino el tiempo suficiente para reconocer las fases de transición que tienen lugar en los límites de los sectores[26].
- **Sectores de color**: para los faros o las balizas se prefiere, en primer lugar, la luz blanca. Si a una luz blanca se le añade un único sector, su color será preferentemente el rojo. Cuando un sector blanco baliza un canal de navegación, es recomendable añadir a cada lado un sector coloreado para indicar los límites laterales. En tales casos conviene emplear el rojo y el verde siguiendo el convenio del Sistema de Balizamiento de IALA.
- **Sectores múltiples**: para mejorar la percepción de la posición lateral del buque dentro del sector se pueden utilizar sectores múltiples, pero a costa de hacer mas complejo el diseño y mas difícil la interpretación para el navegante.

[26] Ver también la Recomendación de la IALA E110, el Carácter Rítmico de las Luces de Ayudas a la Navegación.

Referencia a las publicaciones de la IALA:

Directriz de la IALA 1041 sobre luces de sectores.

3.1.14.2 Tránsitos (o alineaciones) o /Enfilaciones (Alcance)

Un tránsito se define como la alineación de dos o más marcas.

Una luz de enfilación (o alcance) es una aplicación particular de un tránsito.

Una alineación simple puede usarse para:

- Proporcionar una referencia para girar
- Definir claramente la línea que limita el canal de navegación.
- Proporcionar una marca a cierta distancia a lo largo de un canal.

3.1.14.2.1 Enfilaciones (alcance)

Una enfilación es una ayuda a la navegación compuesta por dos estructuras separadas con marcas o luces que están alineadas cuando se observan desde el eje de un canal o desde lo más profundo de una ruta a lo largo de una sección recta de dicho canal.

En una enfilación de dos torres, las estructuras se ubican a lo largo de la prolongación del eje central del canal. La estructura posterior debe tener una mayor elevación que la anterior para que sea posible la visión simultánea de ambas marcas o de sus luces.

La enfilación proporciona al buque una buena referencia y una indicación visual de la magnitud de su deriva o abatimiento.

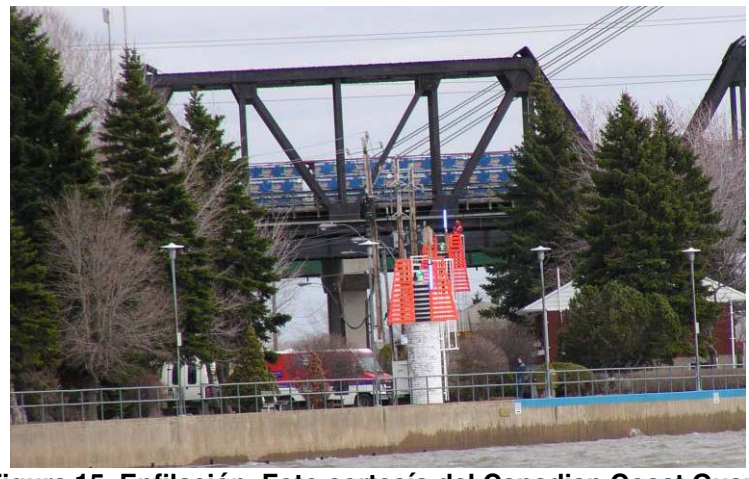


Figura 15. Enfilación. Foto cortesía del Canadian Coast Guard

3.1.14.2.2 Usos de las enfilaciones.

Pueden utilizarse para:

- indicar el eje de un canal o vía navegable;
- indicar la ruta mas profunda a buques de gran calado;
- indicar el canal navegable donde no existen otras ayudas a la navegación[27] o donde estas no satisfagan plenamente los requerimientos de precisión para una navegación segura;
- definir una demora segura de aproximación a puerto o entrada fluvial, especialmente cuando existen corrientes de través;
- separar dos vías de tráfico (ej. por debajo de un puente).

3.1.14.2.3 Particularidades de diseño para enfilaciones.

Una enfilación bien diseñada debería permitir que los buques de determinado tipo y tamaño que usen el canal sean capaces de :

- identificar plenamente las marcas o luces tanto en la sección de entrada como en la de salida de un canal que indican al buque su posición con respecto al eje de la enfilación y detectar su desviación respecto al centro del canal;
- detectar los errores de deriva o abatimiento con suficiente sensibilidad para que los barcos que usan el canal puedan evitar cambios bruscos de rumbo o velocidad;
- observar las luces conjuntamente, anterior y posterior, seleccionando los ritmos de cada una para que los periodos de luz se solapen en el tiempo. En determinadas situaciones es preferible recurrir al sincronizado de sus características;
- observar las luces en todo tipo de condiciones ambientales para las que se hayan calculado, sin que se produzca deslumbramiento; si la enfilación se utiliza día y noche debería adaptase la intensidad luminosa a cada situación, en previsión de problemas de deslumbramiento durante las horas nocturnas.

Referencias a publicaciones de la IALA:

Recomendación de la IALA E-112 para enfilaciones (incluyendo programa excel)

Directriz de la IALA 1023 para el diseño de enfilaciones

Recomendación de la IALA para la definición del alcance nominal diurno de las luces de señalización marítima para guiar la navegación durante el día, (Abril 1974)

[27] Por ejemplo en canales donde las ayudas pueden estar a la deriva o destruidas por la existencia de hielo

3.1.15 FACTORES DE DISMINUCIÓN DE RIESGO EN EL DISEÑO DE VÍAS DE NAVEGACIÓN

La disposición y número óptimo de boyas y enfilaciones en una vía de navegación dependerá fundamentalmente de la anchura del canal, su longitud y la forma de la sección, recta o curva, del rendimiento de esas ayudas y de la facilidad con que el marino las perciba. Las podemos dividir en dos clases relacionadas, pero con distintos propósitos;

- Las boyas básicamente marcan los límites laterales de un canal en una vía de navegación donde es seguro navegar, incluyendo también el balizamiento de los peligros naturales. Normalmente se utilizan cuatro formas de disponer las boyas en un canal: boyas simples en el centro, boyas simples alternadas, parejas de boyas no sincronizadas y boyas sincronizadas.
- Las enfilaciones y luces de sectores indican la línea mas segura de navegación en un área concreta y las alteraciones de rumbo que deben realizarse para seguirla.

La tabla 15 nos proporciona una indicación de la combinación de boyas, enfilaciones y luces de sectores que se usan normalmente en función del ancho del canal:

Tabla 15. Combinación de boyas y enfilaciones usadas en canales de diferentes anchuras.

Ancho del canal (Metros)	Disposición de las boyas				Enfilaciones
	Individuales		Parejas		
	centrales	alternadas a los lados	sincronizadas	no sincronizadas	
100 – 400			□	□	□
400 - 800	□	□	□	□	
800 - 1600	□	□	□		

3.1.15.1 Distancia de separación óptima entre boyas y numero aconsejable de parejas o boyas individuales

La distancia entre boyas en una vía de navegación depende de factores como la longitud del canal, de la anchura del mismo y de si la sección es recta o curva. Puede calcularse como se describe a continuación:

- La separación óptima de parejas de boyas en los tramos rectos es la longitud del tramo dividido por 3 veces la anchura media del mismo;

- La separación óptima de parejas de boyas en un tramo curvo es la longitud del tramo dividido por 2,8 veces la anchura media del mismo;[28]
- Con boyas individuales, la separación óptima es la longitud del tramo considerado dividido por 2,1 veces la anchura media del canal;
- En un tramo curvo con boyas individuales la separación óptima es la longitud del tramo dividido por 2 veces la anchura media del canal.

El número de boyas en parejas o individuales determinadas para un tramo de una vía de navegación es función de la longitud del tramo y de la adecuada separación entre ellas, como se explica a continuación:

- El número aconsejable de parejas de boyas en un determinado tramo de la vía es dos veces la longitud del tramo dividido por la separación óptima entre cada pareja.
- El número aconsejable de boyas individuales en un determinado tramo es la longitud del tramo dividido por la separación óptima entre ellas.

3.1.15.2 Valor de reducción de riesgos para boyas, luces de sectores y enfilaciones

Estos valores deben ser altos en aquellas secciones de la vía en las que existe un mayor riesgo de colisiones o varadas. Podríamos decir que cuanto mas estrecho sea el canal, mayor deberá ser el valor de reducción de riesgos.

El rango del valor de reducción del riesgo utilizado en esta guía va del 0 al 30 cuando se contempla el empleo de boyas y enfilaciones. El rango para boyas que se da más abajo en la figura 16 va del 0 al 24y las 6 restantes se utilizan cuando se proporcionan enfilaciones además de las boyas. Sin embargo se reconoce que puede ser necesario cambiar [29]este valor para adecuarlo a los requerimientos de la administración de que se trate..

[28] Las cifras de 2.8 veces la anchura del canal por la separación óptima de las parejas de boyas en una sección curva y 4 veces la anchura del canal por la separación óptima de boyas simples en una sección curva, se basan en la disminución de la distancia de separación entre parejas de boyas en secciones curvas en un 7% aproximadamente. Sin embargo, cuando se tenga más experiencia, puede ser aconsejable revisar este valor e introducir un porcentaje variable de disminución dependiendo de las características de la curva, tales como su radio y qué parte de la curva es visible desde el barco cuando este entra en la sección del canal.

[29] El gráfico de la figura representa la ley del cuadrado kn2, donde k es una constante que se usa para establecer el rango de la escala de reducción total

Utilizando los cálculos obtenidos anteriormente, podemos extrapolar los valores de reducción para parejas[30] no sincronizadas de boyas de la figura 16.

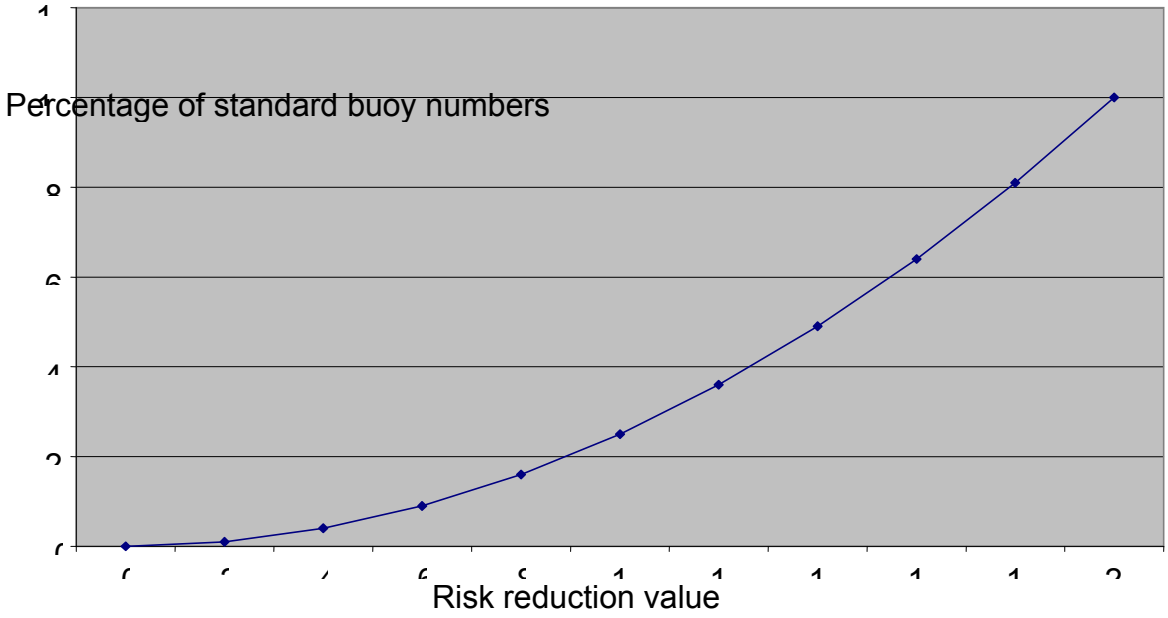


Figura 16. Valores de reducción de riesgos para parejas de boyas no sincronizadas.

- Para obtener el valor de reducción para parejas de boyas sincronizadas mediante la figura, multiplicar el valor de reducción correspondiente al porcentaje del número de boyas de la abscisa por 1,2.
- Para boyas individuales alternadas, multiplicar el valor obtenido para la abscisa por 0,9.
- En boyas individuales situadas en el centro del canal, el valor de reducción de riesgo correspondiente al porcentaje debe multiplicarse por 0,8.

En la tabla siguiente se proporciona el rango del valor de reducción de riesgos aplicando para el cálculo los datos de la figura 16, para combinaciones de boyas y luces de enfilación

---

de riesgo y n es un valor sobre el eje y que va de 0 a 10. Si hace falta cambiar la escala de 0 a 20 ó de 0 a 30 solo es necesario cambiar el valor de k de 2 a 3.

[30] La figura 16 se basa en boyas no sincronizadas porque se considera que es la situación más común para éstas.

Tabla 16. Rango de valores de reducción de riesgos para varias combinaciones de boyas y enfilaciones.

Ancho del canal (m)	Disposición de las boyas				Enfilaciones	Rango del valor de reducción de riesgos
	Individuales		Parejas			
	centrales	alternadas a los lados	No sincronizadas	Sincronizadas		
100 – 400				□	□	6 - 30
100 - 400			□		□	6 - 26
100 - 400				□		0 - 24
100 - 400			□			0 - 20
400 - 800				□		0 - 24
400 – 800			□			0 - 20
400 - 800		□				0 - 18
400 - 800	□					0 - 16
800 - 1600			□			0 - 20
800 - 1600		□				0 - 18
800 - 1600	□					0 - 16

3.1.15.3 Resumen de cálculos

Para determinar el factor de reducción de riesgo combinado para boyas y enfilaciones en un determinado tramo de la vía, se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinar el número adecuado de boyas en el tramo mediante la siguiente fórmula:

Parejas de boyas

$$Sn = \frac{2 \quad (\text{ longitud o sección del canal })}{X \text{ (anchura media del canal o de la sección)}}$$

donde Sn = numero estándar de boyas, y
X = 3 para parejas de boyas en el tramo recto, o
2,8 para parejas de boyas en el tramo curvo.

Boyas individuales,

$$Sn = \frac{\text{longitud o sección del canal}}{X \text{ (anchura media del canal o de la sección)}}$$

Donde Sn = numero estándar de boyas, y
X = 2.1 para boyas simples si el tramo es recto, o
2 para boyas simples si el tramo es curvo

- Contar el número de boyas en el tramo y calcular el porcentaje de éstas comparado con el número adecuado de boyas determinado para el tramo y la disposición considerada.
- Determinar el valor de reducción de riesgo a través del gráfico de la figura "Valores de reducción de riesgo para parejas de boyas no sincronizadas".
- Para tener en cuenta la facilidad de percepción del marino[31] según sea la disposición de las boyas, multiplicar el valor obtenido de la gráfica por el correspondiente indicado a continuación:

Parejas sincronizadas	1.2
Parejas no sincronizadas	1.0
Individuales alternadas	0.9
Individuales centrales	0.8

- El valor resultante obtenido es el factor de reducción para el tramo considerado si no hay enfilaciones.

Si se refuerza el balizamiento del canal con enfilaciones, sumar 6 al factor calculado para boyas, determinado en los pasos 1 al 4.

El valor obtenido será el factor de reducción de riesgo resultante cuando estén instaladas enfilaciones

3.2 RADIOAYUDAS A LA NAVEGACIÓN

Generalmente son conocidas como las "nuevas tecnologías" para la navegación marítima. Comparadas con las ayudas visuales, tienen una mayor área de cobertura y son más efectivas si los buques disponen de los receptores adecuados. Sin embargo, algunas se han quedado obsoletas en

[31] La bondad de las diferentes disposiciones de boyas en una vía está basada en la recopilación de información proporcionada por los navegantes y por la facilidad de percepción con la que se aprecia el balizamiento en la navegación segura de los buques.

un corto espacio de tiempo, como ha sucedido con las Decca, Omega, Rana y Toran.[32]

De todas las tecnologías actuales de radionavegación, la disponibilidad de los Sistemas Globales de Navegación por Satélite para uso civil ha revolucionado la práctica de la navegación. Éste proporciona

- Una alternativa a los sistemas tradicionales de posicionamiento cuando se navega fuera de aguas restringidas;
- Abrir el camino al desarrollo de las Cartas Electrónicas para la Navegación (ECS) y los Sistemas de Identificación Automática (AIS) para buques y;
- La oportunidad de fusionar los sistemas de posicionamiento con los de información a través de sistemas como el ECDIS;
- La aparición del concepto "multi-modal" al reunir los aspectos de la navegación con la gestión y el seguimiento de la carga desde el origen al destino.

El DGNSS, las cartas electrónicas y el AIS están siendo ampliamente utilizados a nivel mundial. Las autoridades de cada país deben tener esto en cuenta en los diseños de balizamiento en su zona de jurisdicción.

3.2.1 POLITICA SOBRE RADIOAYUDAS

3.2.1.1 Papel de la IALA

La IALA ha desarrollado y aprobado reglas sobre radionavegación. Las reglas incluyen pero no se limitan a:

- **Sistemas satelitarios**: - Utilizan una plataforma en el espacio que proporciona los medios para poder determinar la posición, como el GPS y GLONASS;
- **Sistemas terrestres**: - Utilizan una plataforma terrestre que proporciona los medios para poder determinar la posición, como el LORAN-C;
- **Sistemas ampliados**: - Medios complementarios de plataforma terrestre y/o espacial para mejorar la precisión en el posicionamiento, como los receptores WAAS/EGNOS, DGNSS y RAIM;

[32] El GNSS ha reemplazado a sistemas obsoletos como Decca, Rana y Toran y la información sobre ellos que se había presentado en ediciones anteriores de la Navguide se ha omitido en esta edición.

- **Racones**: - Ayudas basadas en el radar que proporcionan la identidad y posición de una ayuda a la navegación;
- **Sistemas híbridos/integrados**: - Cualquier combinación de los mencionados para mejorar la precisión en el posicionamiento, como Eurofix y los receptores híbridos/integrados;
- **Sistemas de puente integrados**: - Aquellos instrumentos de navegación en el puente de un buque que utilizan la posición obtenida, como ECDIS y VDR;
- **Sistemas integrados de comunicación**: - Cualquier medio de radiocomunicación del buque destinado a transferir la posición de este a otros buques y/o a estaciones costeras. Como el AIS y GMDSS.

3.2.2 RADIOFAROS MARÍTIMOS

Actualmente la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) la banda de radionavegación marítima puede usarse para transmitir las correcciones diferenciales del GNSS, con la condición de no provocar interferencias en la señal del radiofaro.

En muchas partes del mundo los radiofaros han quedado desfasados y se utilizan para emitir exclusivamente las correcciones del DGNSS

3.2.3 REFLECTOR DE RADAR

Es un elemento pasivo diseñado para devolver a su fuente de origen los pulsos de radiación electromagnética incidentes en él, procedentes de la exploración de un radar, aumentando la visualización del blanco en la pantalla del radar de a bordo.

Su diseño intentará minimizar los efectos de absorción y dispersión.

3.2.3.1 Utilización

Los reflectores de radar se instalan generalmente como un dispositivo suplementario en lugares también balizados con una luz. El capítulo V del SOLAS obliga a todos los buques por encima de las 300 trb , a disponer de un radar de 9 GHz, y por lo tanto, un gran número de barcos pueden hacer uso de los reflectores.

Los principales objetivos de su implantación son el mejorar:

- la detección de blancos a gran distancia (por ejemplo en la recalada);

- detección de blancos en áreas de fuerte retorno de eco por lluvia o agitación del mar;
- la conspicuidad al radar de las ayudas a la navegación, disminuyendo el riesgo de colisión con ellas.

3.2.3.2 Sección reflectora efectiva de radar (RCS)

La eficacia de un reflector pasivo de radar se puede medir en función de su sección reflectora efectiva de radar (RCS). Es un valor que se determina mediante la comparación de la fuerza de la señal devuelta por el reflector con la fuerza de la devuelta por una esfera reflectora de radar que se toma como referencia.

Ejemplo: Un reflector de radar de 30 m2 de RCS sería equivalente a una esfera reflectora de radar de un diámetro de:

$$D = \sqrt{30x\frac{4}{\pi}} = 6.2 metros$$

3.2.3.3 Aspectos técnicos

El alcance al cual un blanco dotado de reflector radar puede ser detectado depende en gran medida de las elevaciones de la antena del radar y del reflector, así como de la potencia de salida del propio radar, como ocurre análogamente con las ayudas visuales.

Las prestaciones de los reflectores poliédricos varían considerablemente de un fabricante a otro, aún teniendo tamaño parecido, ya que en determinados casos se favorece el proceso de producción y en otros se incide en la óptima distribución polar de las reflexiones radar.

3.2.4 INTENSIFICADOR DE BLANCO RADAR (RTE)

Es un dispositivo que devuelve amplificado el pulso de exploración de radar de un buque, magnificando el tamaño del blanco en la pantalla del radar de a bordo. Al contrario que el racon, la señal devuelta por el RTE no está codificada.
En principio fue diseñado para su instalación en boyas de AtoN, aunque también es de utilidad en pequeñas embarcaciones que dan poco eco, en sustitución del reflector pasivo de radar.

En la Conferencia de IALA de 1998[33], se presentaron unas pruebas efectuadas con RTE que mejoraban el RCS de una boya con reflector pasivo, pasando de 20 o 30 m2 de RCS a aproximadamente 100 cuando estaba operativo el RTE.
Actualmente solo están disponibles para operar en la banda de los 9 GHz.

3.2.5 TRANSPONDEDOR RADAR (SART)

La resolución de IMO A.615(15) no contempla a los transpondedores radar como un ayuda a la navegación, no debiendo confundirse con un racon. La definición de los transpondedores que aporta la resolución es la siguiente:

Son dispositivos transmisores/receptores que emiten una señal característica cuando son interrogados por un pulso radar. El inicio de la transmisión de esta señal normalmente se efectúa a voluntad, activando manualmente el transpondedor. La transmisión puede incluir una señal de identificación codificada o no codificada y/o datos. La respuesta puede aparecer en la pantalla del radar o bien en un monitor distinto o bien en ambos, dependiendo de la aplicación o el contenido de la señal.

No han sido adoptados para el uso marítimo en general (como ayuda a la navegación)

3.2.6 BALIZA DE RADAR ACTIVA (RACON)

Son aparatos receptores/transmisores (transceptores) operando en las bandas de frecuencia de radar marino (9 y 3 GHz) que posibilitan la detección e identificación de determinados blancos radar.

Un racon responde a la presencia de una transmisión radar de un buque, enviando un pulso que aparece en la pantalla del radar de a bordo como una marca codificada, que indica la posición y la demora del lugar donde está instalado el racon. La traza que aparece en pantalla se puede fijar a una determinada longitud o depender de la escala de alcance que se esté utilizando, y la identificación de la misma se realiza mediante un carácter Morse.

[33] "Active Radar Target Enhancers for Buoy Signature Enhancement"; Commissioners of Irish Lights

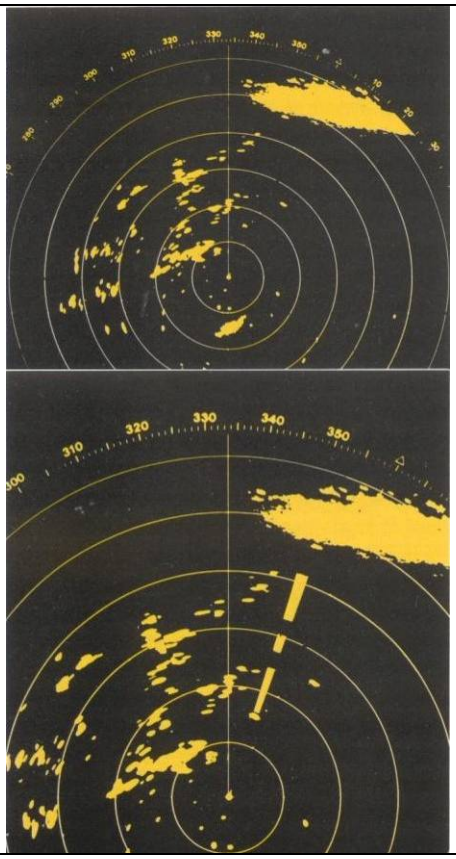


Figura 17. Ejemplo de un racon, y de una pantalla de radar sin y con la traza del racon.

3.2.6.1 Utilización

Normalmente su instalación se considera como una ayuda suplementaria en lugares donde ya existe una señal luminosa. Como contemplan las normas de la IMO contenidas en el capítulo V del Convenio SOLAS de 1974, un gran número de buques puede, por su equipamiento, hacer uso de los racones instalados.

El capítulo V del Convenio SOLAS, Regla 19 contempla:

- todos los buques por encima de las 300 trb deben de llevar instalado un radar de 9GHz y;
- todos los buques por encima de las 10,000 trb deben de llevar instalado un radar secundario, preferiblemente de 3GHz.

Un racon puede ser utilizado para:

- identificación de posiciones en condiciones de hielo o costas bajas y poco perceptibles;
- identificación de una AtoN instalada en el mar o en tierra;
- identificación de un determinado lugar de recalada;

- indicación del centro o un punto de cambio de rumbo en zonas conflictivas de un TSS
- balizar un peligro;
- indicar el espacio navegable bajo puentes;
- generar enfilaciones.

3.2.6.2 Racon de frecuencia ágil

Responde en la frecuencia a la que es interrogado, por lo tanto, la respuesta se puede representar en la pantalla en cada barrido. Sin embargo, para evitar enmascaramientos del blanco, se puede seleccionar cada cuantos barridos se desea que aparezca la señal racon.

3.2.6.3 Características de la señal

Los racones operan en la banda de 9 GHz con polarización horizontal, y/o en la de 3 GHz con polarización horizontal y opcionalmente, vertical.

Tabla 17 Terminología aconsejada en la descripción de las frecuencias de operación de un racon.

Terminología aconsejada	Alternativas		
9 GHz	9300 -9500 MHz	Banda X	3 cm
3 GHz	2900 -3100 MHz	Banda S	10 cm

3.2.6.4 Criterios de rendimiento

La disponibilidad del racon es el principal criterio de medida determinado por IALA.

En ausencia de otras consideraciones especificas, IALA recomienda que la disponibilidad de un racon debería ser de, al menos, el 99.6%

Referencias a publicaciones de la IALA:

Directriz de la IALA 1010 sobre el alcance de los racones;

Recomendación de la IALA R-101 sobre balizas de radar marítimas (racones).'

Recomendación de la IALA O-113 para la señalización de puentes sobre aguas navegables.

3.2.6.5 Aspectos técnicos

Hay un número de consideraciones técnicas:

- La precisión angular de la demora entre el buque y el racon depende enteramente del radar de exploración, mientras que la precisión en la medida del alcance depende de ambos;
- Cuando se utilicen como enfilaciones se debe establecer una precisión en su alineación de, al menos, 0,3 grados;
- Cuando el buque navega muy cercano al racon, los lóbulos laterales de la emisión del radar pueden dispararlo de tal manera que se generen múltiples respuestas en la pantalla del radar, pudiendo enmascarar otros blancos, aunque los actuales de frecuencia ágil disponen de elementos supresores de activación por lóbulo lateral que eliminan este inconveniente.

3.2.7 LORAN / CHAYKA

Son sistemas de radionavegación de largo alcance que se utilizan en navegación terrestre, marítima y aérea, así como para referencia de tiempo.

El LORAN–C es un sistema de radionavegación hiperbólico desarrollado en los años 60 para cumplir con las necesidades del Departamento de Defensa de los U.S.A. La Federación Rusa dispone de un sistema similar denominado CHAYKA. En la actualidad hay 24 cadenas LORAN–C y CHAYKA operando en el mundo con áreas de cobertura en USA, Canadá, Arabia Saudí, India, Mar de China , Corea, Pacifico Noroeste, Federación Rusa y el Noroeste de Europa. Los dos sistemas son accesibles utilizando receptores comerciales disponibles en la actualidad.

Una cadena LORAN–C tiene entre 3 y 5 estaciones separadas entre si del orden de 600 a 1000 millas náuticas. El formato de señal es una serie de breves pulsos de radio montados en una onda portadora de 100kHz. Una de las estaciones es la “maestra”, transmitiendo grupos de 9 pulsos, las restantes, denominadas “esclavas”, transmiten grupos de 8 pulsos.

El espacio entre grupos es una característica única de cada cadena, denominado Intervalo de Repetición de Grupos (GRI).

La elección de un GRI para una nueva cadena LORAN–C o CHAYKA debería de coordinarse a través de IALA para evitar interferencias con las existentes.

La selección de la frecuencia de la portadora favorece la propagación de una onda directa muy estable a grandes distancias. Los receptores están

diseñados para determinar la posición seleccionando esta onda y rechazando la reflejada, para no distorsionar la señal recibida.

Las transmisiones de cada cadena se supervisan y controlan continuamente y cualquier error se incluye en el formato del mensaje, posibilitando su identificación por el receptor y por lo tanto proporcionando integridad al sistema.

3.2.7.1 Prestaciones de las cadenas

LORAN–C / CHAYKA pueden normalmente proporcionar:

- un alcance en la propagación de la onda terrestre del orden de 800 a 1200 M, dependiendo de la potencia de transmisión, la sensibilidad del receptor y la atenuación sufrida por la señal en su recorrido;
- precisión en la posición de 0.25 M (2 drms) o mejor[34] ;
- precisiones relativas y repetitivas entre 18 y 90 m.

3.3 SISTEMAS DE RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE

3.3.1 POLÍTICA DE LA IALA

La postura de la IALA acerca de las radioayudas por satélite es la de favorecer y animar a las autoridades en la prestación de estos servicios para hacer disponibles sus sistemas a los usuarios, proporcionándoles las informaciones relativas a la navegación con la mayor exactitud y disponibilidad posible.

3.3.2 SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)

GNSS es el término genérico que se utiliza para denominar a aquellos sistemas por satélite que proporcionan posición, tiempo y velocidad para uso multimodal en todo el mundo.

[34] La exactitud depende de la Dilución Geométrica de la Precisión (GDOP), que es función de la situación del usuario, la sensibilidad de la medición (relación señal-ruido), la calidad de la carta o el nivel de calibración local. La aplicación de factores de corrección secundarios (ASF) pueden también mejorarla.

El sistema GNSS está basado en una constelación de satélites activos que transmiten continuamente señales codificadas en dos o más bandas de frecuencia. Estas señales las puede recibir el usuario en cualquier lugar del mundo y determinar su posición y velocidad en tiempo real, por medio de algoritmos de medida.

Si el GNSS cumple con la resolución IMO A.953(23), de febrero de 2004 para el Sistema Mundial de Radionavegación (WWRNS), los receptores de ese GNSS deberán satisfacer los requerimientos de obtención de posición de la IMO expresados en el Capítulo V del Convenio SOLAS 2002.

Desde 1996, los sistemas "Navstar" Global Positioning System (GPS) de los Estados Unidos y el ruso Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS) han formado parte del WWRNS. En el futuro, el GNSS incluirá otros sistemas como el "Galileo", actualmente en desarrollo por la Unión Europea.

3.3.2.1 Sistema de posicionamiento global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global, Servicio de Posicionamiento Estándar[35] (GPS SPS) es un sistema tridimensional de posicionamiento y de velocidad así como una precisa referencia de tiempo, que se encuentra completamente operativo desde 1995. Está gestionado por la fuerza aérea de los Estados Unidos bajo la tutela del gobierno de dicho país.

El GPS SPS está disponible con acceso libre, sin pago de tarifas y sin discriminación para cualquier usuario que disponga del receptor adecuado. Satisface los requerimientos para la navegación con una precisión en el posicionamiento horizontal de 15 a 25 metros (con una probabilidad del 95%)

Los receptores GPS, en combinación con otros equipos, son capaces de proporcionar:

- posiciones relativas;
- posiciones absolutas;
- velocidad sobre el fondo (SOG) , rumbo sobre el fondo (COG), etc.;
- referencias de tiempo.

Esta información puede llegar a un observador estacionario (posicionamiento estático) o a un observador en movimiento (posicionamiento dinámico).

[35] El Servicio Standard de Posicionamiento está disponible para usos comerciales y civiles. Los Servicios Militares de EU proporcionan un Servicio Preciso de Posicionamiento

Más información acerca del GPS se puede encontrar en la página de Internet [www.navcen.uscg.gov]. El link con United States Federal Radionavigation Plan 2001 (FRP 2001) proporciona mas información del futuro desarrollo GPS.

3.3.2.2 Sistema global de navegación por satélite (GLONASS)

Es un sistema de obtención de posiciones y velocidades tridimensionales así como referencias de tiempo muy precisas, gestionado por la Agencia Espacial de la Federación Rusa.

El GLONASS tiene una comunidad potencial de usuarios muy similar a la del GPS SPS. y también está disponible en un acceso libre, sin pago de tarifas y no discriminatorio para cualquier usuario que disponga del receptor adecuado. Con una constelación prevista de 24 satélites, cumpliría con las exigencias para la navegación general, proporcionando una precisión en el posicionamiento horizontal de 45 metros (con una probabilidad del 95%), pero en la actualidad la red de satélites no está completa.

Mas información acerca del GLONASS y desarrollos futuros se pueden encontrar en la página del Centro de Coordinación e Información del Ministerio de Defensa de la Federación Rusa [http: www.glonass-center.ru]

3.3.2.3 Galileo

Es el futuro sistema de navegación por satélite europeo, operado bajo control civil.

Tendrá una constelación de 30 satélites de los cuales 27 estarán operativos y los tres restantes actuarán como reserva. Orbitarán en una posición MEO (Medium Earth Orbit) con una inclinación respecto del Ecuador de 56º. Dispondrán como norma de un sistema dual de frecuencias, que permitirán al usuario determinar su posición con una precisión aproximada de un metro.

Galileo proporcionará 5 clases de servicios, cada uno con diferentes prestaciones: Servicio Abierto (Open Service ,OS), Seguridad de la Vida Humana (Safety-of-Life, SoL), Comercial (Commercial Service, CS), Servicio Público Restringido (Public Regulated Service, PRS) y Búsqueda y Rescate (Search and Rescue service, SAR). También se contempla el que pueda proporcionar cada cierto tiempo mensajes relativos a la integridad del sistema, con un retraso de algunos segundos. Como novedad más importante, el sistema prevé la posibilidad de reemitir los mensajes de socorro a los centros COSPAS-SARSAT, mientras se mantiene informado al usuario.

Galileo tiene prevista su plena capacidad operativa alrededor del 2008, y sus últimas mejoras han incluido el acuerdo preliminar de interoperatividad y cooperación con el GPS.

Se puede consultar información complementaria acerca del Galileo en Internet [http://europa.eu.int/comm./dgs/energy_transport/Galileo_en.htm] http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo

3.3.3 SISTEMA GLOBAL DIFERENCIAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (DGNSS)

Es un sistema que aumenta la exactitud del posicionamiento con el GNSS mediante la reducción de errores en las señales del mismo dentro de áreas determinadas. Utiliza un proceso de comparación de situaciones, la de una estación de referencia DGNSS con su posición calculada con mucha precisión y la suministrada por los satélites a la vista. La información conteniendo los mensajes de correcciones de posición y los de integridad del sistema ("salud" de los satélites), se emiten a los usuarios que dispongan de los receptores apropiados con el resultado de:

- mejorar la precisión de posicionamiento en determinadas áreas y;
- notificación inmediata de fallos en los satélites (en comparación hasta con dos horas en el GPS).

3.3.3.1 Estaciones emisoras DGNSS

El sistema internacionalmente adoptado para la transmisión de las correcciones DGNSS al usuario marítimo es la emisión, a través de estaciones locales, de señales no encriptadas en la banda asignada a los radiofaros marítimos (285 a 325 kHz) [36]. IALA tiene publicada una lista de las estaciones base DGNSS, accesible a través de Internet.

La relación completa de estaciones base DGNSS notificadas a la IALA por las autoridades competentes se puede ver en la página web [www.iala-aism.org]

3.3.3.2 Sistemas DGPS de "Área Amplia" de cobertura

Desarrollado por la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos para su utilización por parte de la industria comercial de aviación, el Sistema de Aumento de Precisión de Área Amplia de Cobertura (WAAS) utiliza satélites geoestacionarios en vez de estaciones base terrestres para la emisión de las correcciones y datos de integridad del sistema GPS. Esto permite un área de cobertura mucho mayor, aunque a costa de un proceso

[36] Un transmisor de 1kw generalmente permitirá fijar una posición mejor de 10 m en un radio de 200 millas náuticas

de emisión de los mensajes mucho más complejo. Se han desarrollado sistemas similares en Europa (EGNOS) y Japón (MSAS). El EGNOS incluye correcciones y datos de integridad del GPS y el GLONASS.

La página www.navcen.uscg.gov del USCG proporciona una completa información acerca del DGPS y WAAS.

Información mas completa del EGNOS puede encontrarse en www.esa.int/

3.3.3.3 Aplicaciones marítimas del DGNSS

De las múltiples aplicaciones del DGNSS, se indican algunas en la Tabla 18.

Tabla 18 Aplicaciones marítimas del DGNSS

• Navegación en alta mar.	• Localización de artes y aparejos de pesca.
• Búsqueda y rescate.	• Perforaciones petrolíferas.
• Recaladas en cualquier condición meteorológica.	• Seguimiento de iceberg y control del desplazamiento del hielo.
• Servicios de tráfico marítimo.	• Control de mareas y corrientes.
• Dragado de puertos y vías de navegación.	• Gestión de servicios portuarios.
• Posicionamiento de ayudas a la navegación marítima.	• Localización de contenedores en las terminales.

3.3.3.4 Características del sistema

Las características de las correcciones DGPS efectuadas a través de la señal de BF/MF de los radiofaros están definidas en la recomendación 823 del ITU-R M. Incorpora el formato recomendado por la Comisión Radiotécnica de Servicios Marítimos (RTCM), de su Comité Especial 104 (revisado en 1997).

3.3.3.4.1 Características principales

Las principales características del sistema son las siguientes:

- las transmisiones se efectúan en la banda marina asignada a los radiofaros

- la frecuencia de la portadora de la señal de la corrección diferencial es un múltiplo entero de 500 Hz (ITU-R M.823/1.1);
- la tolerancia en la frecuencia de la portadora es de ± 2 Hz (ITU-R M.823/1.2);
- la velocidad de transmisión de datos se puede seleccionar desde 25 (solo GLONASS), 50,100 y 200 bits por segundo (ITU-R M.823/1.6).

3.3.3.4.2 Criterios de rendimiento

Los criterios de rendimiento se encuentran en la documentación de la IALA

Referencias a publicaciones de la IALA:

Recomendación de la IALA R-121para el rendimiento y monitorización de servicio a DGNSS en la banda 283.5 – 325 kHz

3.3.4 SISTEMA DE RADIONAVEGACIÓN DE COBERTURA MUNDIAL (WWRNS)

La resolución de la IMO A.953(23), de febrero del 2004 , establece los procedimientos y responsabilidades del reconocimiento de sistemas y también los requisitos operativos para un sistema de radionavegación de cobertura mundial (WWRNS).

Photo of LORAN Station Kodiak, courtesy of USCG

3.4 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA (AIS)

3.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El Sistema de Identificación Automática (AIS) es un sistema de emisión de datos instalado en buques y estaciones terrestres, que trabaja en la banda marina de VHF. Por sus características y capacidad se convierte en una poderosa herramienta para mejorar el conocimiento del entorno, contribuyendo por lo tanto a la seguridad de la navegación y a la eficiencia en la gestión del tráfico marítimo.

Una unidad AIS consiste en un transceptor de radio VHF capaz de enviar a otros buques y a receptores terrestres información de identificación de la estación, posición, rumbo, velocidad, eslora, tipo de buque, información referente a la carga, etc. En la figura 18 se aprecia una visión general del sistema.

Una vez configurada correctamente, la unidad AIS de a bordo transmite la información continua y automáticamente, sin intervención de la tripulación del buque.

Cuando se utiliza con una pantalla gráfica adecuada, el AIS de a bordo proporciona una información rápida, automática y exacta respecto al riesgo de colisión, calculando el Punto más Cercano de Aproximación (CPA) y el Tiempo hasta el Punto más Cercano de Aproximación (TCPA) a partir de la información transmitida por los otros buques.

Por tanto el AIS es un importante complemento de los sistemas de ayuda a la navegación existentes. En general, los datos recibidos vía AIS mejorarán la información de que disponen los oficiales de guardia en el puente y de los controladores de los servicios de tráfico de buques (VTSO).

Nota: *Este capítulo pretende hacer una descripción general del AIS. La lista de referencias de la última sección proporciona una información más amplia acerca de cualquier otro aspecto de este sistema.*

3.4.2 PROPÓSITO Y FUNCIÓN

La principal función del AIS es identificar de forma positiva los buques, proporcionar datos adicionales para la prevención de colisiones y asistir al buque en su ruta, además de simplificar y facilitar el intercambio automático de información, reduciendo por lo tanto la necesidad de hacerlo verbalmente (por ejemplo con las notificaciones por telefonía obligatorias).

El AIS cumple con los siguientes requerimientos establecidos por la OMI[37]:

[37] Resolución IMO MSC.74 (69) Referencias en el anexo 3

- En modo buque-buque para prevenir abordajes;
- Como medio de los estados ribereños para obtener información acerca de los buques y su carga.
- Como una herramienta VTS para la gestión del tráfico en modo buque-tierra.

El AIS intercambia automáticamente información proporcionada por los sensores de a bordo, entre buques y entre buques y estaciones costeras.

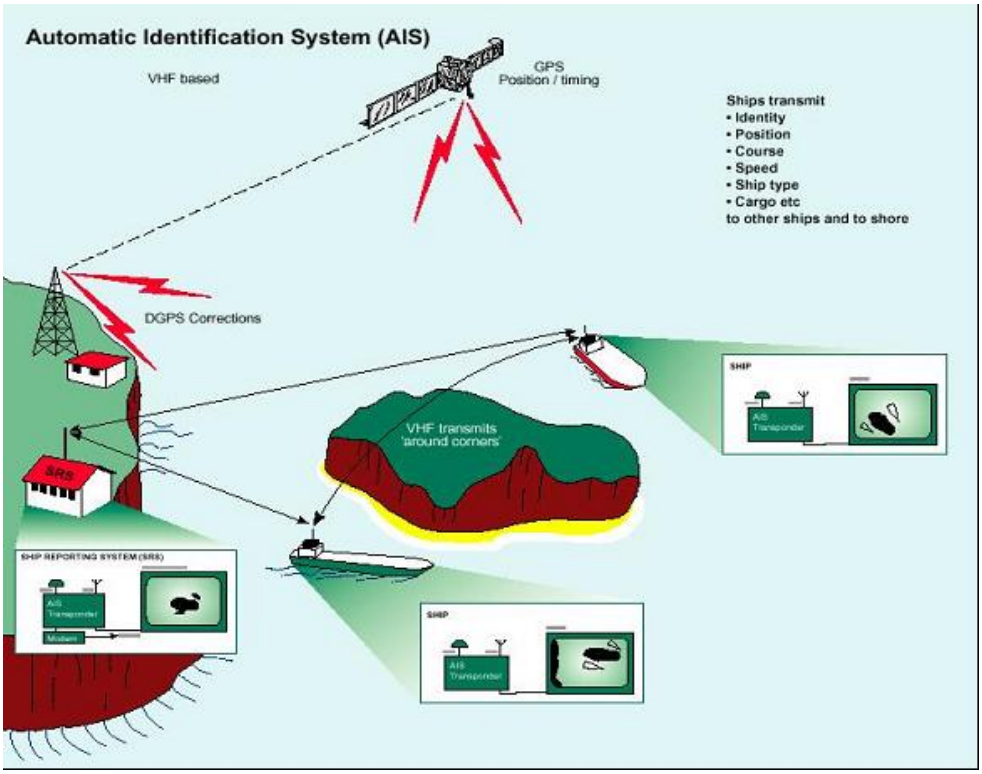


Figura 18. Descripción general del sistema AIS

3.4.3 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

3.4.3.1 Frecuencias y capacidad

El AIS opera en dos frecuencias dedicadas de la banda marina de VHF FM, la AIS1 (canal 87B – 161.975 MHz) y la AIS2 (canal 88B– 162.025 MHz).

Las transmisiones consisten la emisión puntual de “paquetes de datos” desde cada unidad, de acuerdo con una secuencia de tiempos predeterminada. Las estaciones se autorregulan en las dos frecuencias (AIS 1 y AIS 2) basándose en sus propias transmisiones y en las de las otras estaciones. Este método se conoce como Acceso Múltiple por División de Tiempos Autoorganizado (SOTDMA). Las ranuras de tiempo para las

transmisiones AIS están exactamente sincronizadas con el Tiempo Universal Coordinado (UTC), proporcionado por un receptor GNSS. Esto evita la posibilidad de que dos estaciones emitan al mismo tiempo.

Hay 2250 ranuras de tiempo por minuto en cada frecuencia, lo que hace un total de 4500 ranuras.

3.4.3.2 Unidad de a bordo

La unidad AIS de a bordo transmite sus datos de forma continua y autónoma a otros buques y a estaciones debidamente equipadas. También recibe datos AIS de otros buques o estaciones costeras, pudiendo presentarlas de forma gráfica o alfanumérica, a voluntad.

Cada unidad se compone de un transmisor VHF, dos receptores VHF SOTDMA, un receptor VHF DSC, un receptor GNSS (proporciona la sincronización de las ranuras de tiempo), y los enlaces de comunicaciones necesarios para las pantallas y sensores de a bordo.

La información de la posición puede obtenerse de un receptor interno GNSS o bien de un sistema electrónico de posicionamiento externo.

La propia pantalla de la unidad es frecuentemente el único medio de mostrar los datos recibidos. Junto con un teclado, determinan una configuración básica denominada Pantalla y Teclado Básico (MKD).

La pantalla de un MKD dispone, como mínimo, de tres líneas de datos que muestran demora, distancia y nombre del blanco. En la práctica la mayoría de los MKD tienen más de tres líneas de datos, y pueden disponer también de una pantalla capaz de mostrar las posiciones relativas de los blancos de una manera parecida a como lo hace un radar.

De todas maneras, lo ideal sería que la información AIS se mostrase gráficamente en la pantalla del radar, del ECDIS o en una propia.

3.4.3.2.1 Información disponible.

La información AIS transmitida por una estación de buque incluye cuatro conjuntos diferentes de datos:

- **Información fija o estática** - Se introduce en la unidad en el momento de su instalación a bordo, y solo necesita ser alterada si el buque cambia de nombre, distintivo de llamada, etc. Esta información se emite cada 6 minutos o bien por requerimiento de alguna autoridad marítima.

- **Información relativa al viaje**- Se introduce manualmente y se actualiza durante la travesía (destino, ETA etc.). También se emite cada 6 minutos. Con el fin de transmitir información AIS correcta a los otros buques se suele instar a los marinos a introducir los datos relativos al viaje, como calado, tipo de carga peligrosa, destino, ETA, en el momento de iniciarlo y cuando se produzca algún cambio en dichos datos.
- **Información dinámica-** Se actualiza automáticamente mediante los sensores del buque conectados al AIS, y proporciona COG, SOG, posición (con indicación de precisión e integridad), tiempo y estado de navegación (p. ej. en ruta).
- **Mensajes cortos relativos a la seguridad**- Radiados en general o dirigidos a alguien en particular, según se requiera.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz 1028 de la IALA sobre el Sistema de Identificación Automática (AIS) Volumen 1, Parte I – Modo de funcionamiento*
- *Directriz 1029 de la IALA sobre el Sistema de Identificación Automática (AIS) Volumen 1, Parte II – Aspectos técnicos*

3.4.3.3 Estaciones AIS en tierra

El SOLAS, Capítulo V, Regla 19, 2.4 se refiere a los requisitos que ha de tener el AIS. La regla establece que el AIS proporcionará y recibirá información de las estaciones necesarias en tierra. La instalación de estaciones en tierra basadas en el AIS serán necesarias para cumplir el Convenio SOLAS de 1974 (y sus modificaciones)

Los miembros nacionales y otras autoridades competentes deberían considerar el establecer una infraestructura de AIS en la costa para que el sistema se beneficie en términos de navegación segura y protección del medioambiente

El AIS puede verse como una herramienta VTS, por lo que las autoridades competentes deberían considerar la implantación del AIS en todos los centros VTS existentes.

Referencias a publicaciones de la IALA:

Recomendación IALA A-123 sobre la instalación de AIS en la costa.

Recomendación IALA A-124 sobre los AIS costeros y los aspectos de las redes de servicios AIS.

3.4.3.4 El AIS como ayuda a la navegación

Una unidad especial AIS, instalada en una ayuda a la navegación, es capaz de proporcionar una identificación exacta de la ayuda sin que sea necesario que el barco lleve un visualizador especial. Además, el AIS como AtoN puede suministrar datos e información que servirán para:

- complementar o sustituir una ayuda a la navegación determinada, proporcionando identificación, estado de funcionamiento y otros datos como altura de la marea en tiempo real y condiciones meteorológicas locales, a barcos que se encuentren en las cercanías, o a las autoridades marítimas locales.
- proporcionar la situación de ayudas flotantes (sobre todo boyas) mediante la transmisión de una posición precisa (corregida por DGNSS) para certificar que ésta se encuentra en el lugar establecido.
- suministrar datos en tiempo real para su monitorización enviando, a través del enlace de datos, alteraciones de éstos al centro de control o permitiendo el encendido remoto de un equipo de reserva.
- proporcionar información hidrológica y meteorológica local.
- posiblemente sustituir en el futuro las balizas activas de radar (racon), proporcionando identificación y detección de mayor alcance en todo tipo de condiciones meteorológicas;
- acumular datos de tráfico marítimo sobre buques equipados con AIS para ayudar a establecer futuros planes de ayudas a la navegación.

Referencias en publicaciones de la IALA:

- *Recomendación A-126 de IALA para la Utilización del Sistema de Identificación Automática (AIS) en Ayudas a la Navegación Marítima.*
- *Directriz IALA 1050 sobre gestión y monitorización de la información del AIS.*

3.4.4 IMPLANTACIÓN A BORDO

Hay dos tipos de unidades AIS para buques, las denominadas Clase A y Clase B.

Las unidades móviles Clase A de a bordo deben cumplir con la UIT-R M. 1371-1, y es obligatoria su instalación a bordo de aquellos buques a los que afecta la regla 19 del Capítulo V del SOLAS, en cumplimiento con la normativa de la OMI. El 31 de Diciembre de 2004 todos los buques afectados deberán tener instaladas las unidades AIS correspondientes.

Aunque también cumplen con UIT-R M.1371-1, la unidad móvil de a bordo Clase B está diseñada para otro tipo de embarcaciones, como las destinadas a recreo o pesca. Disponen, por lo tanto, de menos prestaciones que las unidades de Clase A, y, por consiguiente, no cumplen necesariamente con todos los requisitos de la OMI. Están diseñadas para que su funcionamiento sea compatible con las unidades de Clase A.

Las Administraciones pueden establecer la obligatoriedad de la instalación de unidades de Clase B en su normativa interior.

3.4.5 PRECAUCIONES EN LA UTILIZACIÓN DEL AIS

Los oficiales de guardia en el puente (OOW)s deben tener presente que otros buques, como los de guerra, pesqueros o de recreo, e incluso algunas estaciones costeras, incluyendo centros VTS, pueden no estar equipados con el sistema AIS.

También deben tener en cuenta que las unidades AIS instaladas obligatoriamente en otros buques pueden, bajo determinadas circunstancias, permanecer desconectadas, particularmente donde convenios internacionales, reglas o normativas protejan la información acerca de la navegación.

Los navegantes deberían ser conscientes de las limitaciones del AIS. En particular, las administraciones y los armadores deberían asegurarse de que el personal de guardia del puente haya recibido formación acerca de su funcionamiento[38].

3.4.6 APLICACIONES ESTRATÉGICAS DEL AIS

Desde una perspectiva marítima (como los VTS o reglas de obligado cumplimiento), el disponer de una completa información acerca de un buque permite el:

[38] Sección 12 de la Directriz 1028 sobre AIS, Volumen 1, parte 1, Requisitos de funcionamiento.

- mejorar el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales acerca de los sistemas obligatorios de tráfico y notificación de buques, particularmente en áreas sensibles, zonas de descarga de crudo, vertederos etc.;
- logística marítima, como el seguimiento de flotas y cargas, gestión portuaria (operaciones con remolcadores, embarcaciones de prácticos etc);
- mejor control, coordinación y respuesta en incidentes marítimos como operaciones SAR o contaminación marina.
- asistencia a la navegación desde estaciones situadas en tierra;
- transferir la información AIS a bancos de datos de redes locales, regionales o nacionales de administraciones marítimas, autoridades portuarias, consignatarios, sociedades de estiba, servicios de aduanas, inmigración, etc.

3.4.7 NORMATIVA INTERNACIONAL, RECOMENDACIONES Y GUÍAS

Se puede complementar la información acerca del AIS a través de los documentos de IALA, OMI y las normativas UIT e IEC.

3.4.7.1 Documentación OMI

- Recomendación sobre niveles de servicio de un sistema mundial de identificación automática de buques (AIS) (MSC 74(69) Anexo 3).
- Directriz sobre el uso a bordo de un Sistema de Identificación Automática (AIS) (Resolución A.917 (22), corregida por la resolución A.956 (23)).
- Nivel de prestaciones para la presentación de información náutica en las pantallas de navegación de a bordo. (Resolución MSC. 191(79).
- SN/Circ. 227 Guía para la instalación a bordo de un AIS (corregido por SN/Circ 245).
- SN/Circ. 236 Guía para el uso de mensajes binarios en un AIS
- SN/Circ. 243 Guía para la presentación de símbolos, términos y abreviaturas relativos a la navegación marítima
- SN/Circ. 244 Guía para la utilización del UN/LOCODE en el campo de destino de los mensajes AIS.

3.4.7.2 Documentación IALA

- Guía para el Sistema de Identificación Automática (AIS)
- Volumen 1, Parte I – Aspectos Operacionales, Edición 1.3
- Volumen 1 Parte II – Aspectos Técnicos, Edición 1.1
- Aclaraciones técnicas a las recomendaciones ITU-R M.1371-1 Edición 1.5
- Guía para el AIS como herramienta VTS.
- Recomendación A-123 sobre el establecimiento de Sistemas Automáticos de Identificación (AIS) terrestres.
- Recomendación A-124 sobre estaciones AIS terrestres y los aspectos de redes relacionados con el servicio AIS.
- Recomendación A-126 sobre el AIS como ayuda a la navegación

3.4.7.3 Normalizaciones UIT

- UIT -R M.1371-1 Recomendación sobre las características técnicas de un Sistema de Identificación Automática (AIS) de buques empleando el Acceso Múltiple por División de Tiempos en la banda móvil marítima.
- Reglamentos Radio, Apéndice S18, tabla de frecuencias de transmisión en la banda móvil marítima de VHF.
- UIT -R M.823-2 [DGNSS]

3.4.7.4 Normalizaciones CEI

- 61993 Parte 2: Equipos de buque clase A del Sistema de Identificación automática (AIS) - Requerimientos operacionales y prestaciones, métodos de pruebas y comprobación de los resultados exigidos.
- 61108-1 (2ª edición) Equipos y sistemas de navegación y radiocomunicaciones –Sistema de Navegación Global por Satélite (GNSS).
- 61162-1 (2ª edición) Equipos y sistemas de navegación y radiocomunicaciones– Interfaces digitales – Parte 1: Un emisor y múltiples receptores.
- 62320-1: Maritime Navigation and Radiocommunication equipment and systems – Automatic Identification System. AIS base stations - Minimum operational and performance requirements - methods of test and required test results
- 62320-2 (pending) Maritime Navigation and Radiocommunication equipment and systems – Automatic Identification System. AIS aids to

navigation - Minimum operational and performance requirements - methods of test and required test result

- 62287-2 (Part A and B) Class B AIS (Part A – CSTDMA; Part B – SOTDMA)

3.5 SERVICIOS DE TRÁFICO MARÍTIMO (VTS)

3.5.1 DEFINICIÓN

La Resolución IMO A857(20), Guía para el Servicio de Tráfico Marítimo, define un VTS como :

"Servicio implantado por la autoridad competente diseñado para incrementar la seguridad y la eficiencia del tráfico de buques y proteger el medio ambiente. El servicio debería tener la capacidad de interaccionar con los buques y responder a las situaciones de tráfico que se produzcan en el área VTS."

Los objetivos de este servicio incluyen:

- minimizar la probabilidad de incidentes, como colisiones o embarrancadas,
- minimizar los riesgos medioambientales, de pérdida de vidas, de daños a infraestructuras, incluyendo la identificación y seguimiento de los buques con mercancías peligrosas y;
- optimizar la eficiencia en la operación de buques, vías navegables y otros servicios relacionados con el tráfico marítimo.

Nota:
Los Dispositivos de Separación de Tráfico (TSS) y los Sistemas de Notificación de Buques son elementos importantes de un VTS, pero no son por si solos un VTS.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Manual de IALA sobre VTS*

3.5.2 SERVICIOS

Para alcanzar esos objetivos se pueden proporcionar los siguientes servicios:

- **Servicio de información**: proporciona a los barcos información esencial con el tiempo suficiente para poder contribuir a la toma de decisiones a bordo acerca de la navegación.

- **Servicio de asistencia a la navegación**: se proporciona a un buque bajo petición o cuando se considere necesario. El VTS proporciona ayuda eficaz para la toma de decisiones a bordo acerca de la navegación y hace un seguimiento de la navegación del barco.
- **Servicio de organización de tráfico**: previene el desarrollo de situaciones potencialmente peligrosas y sirve para la ordenación segura y eficiente del tráfico dentro del área VTS, gestionando los movimientos de los buques.
- **Apoyo a servicios afines**: servicio que distribuye datos e información coordinada a servicios afines y al VTS más próximo, para satisfacer necesidades específicas.

3.5.3 SISTEMAS VTS

Un VTS reúne, evalúa y distribuye datos seleccionados. El proceso requiere:

- controladores de VTS entrenados y capacitados para las tareas asignadas.
- equipos adecuados a los servicios que se van a proporcionar.
- procedimientos operativos que regulen tanto las interacciones internas como las externas, así como el manejo de datos.

Referencias a publicaciones de la IALA:

Recomendación de IALA V-102 sobre el pago de los usuarios por el servicio VTS.

Recomendación de IALA V-103 sobre normativa de formación y certificación del personal de los VTS (y sus anexos).

Recomendación de IALA V-119 sobre la implementación de los servicios de VTS.

Recomendación de IALA V-120 sobre los servicios de VTS en aguas interiores.

Recomendación de IALA V-125 sobre el uso y presentación de simbología en los centros de VTS (incluyendo AIS).

Recomendación de IALA V-127, "Procedimientos de operación para VTS"

Recomendación de IALA V-128, "Prestaciones y requisitos técnicos para los equipos destinados a VTS"

CAPÍTULO 4. OTROS SERVICIOS

4.1 EL PRACTICAJE

4.1.1 EL PRACTICAJE COMO AYUDA A LA NAVEGACIÓN

El practicaje es un servicio generalmente especializado y autorizado oficialmente que puede aplicarse a la navegación en aguas restringidas. Se basa en el conocimiento local de las posiciones relativas de puntos geográficos o ayudas a la navegación, objetos sumergidos, mareas, corrientes y condiciones climáticas.

El practicaje puede requerirse en aguas costeras, estuarios, ríos, puertos, bahías, lagos, canales, o sistemas de esclusas o una combinación de estas áreas.

Cuando un práctico sube al puente de un buque, es costumbre que al práctico se le de **"la dirección de la maniobra"**, pero no **"el mando del buque"**. Las obligaciones del práctico son:

Actuar como consejero del capitán, pero esto a menudo incluye:

- Dar las instrucciones necesarias al personal del barco para que, la navegación y la maniobra resulten seguras.
- Ayudar en las comunicaciones locales con el centro VTS, el control de puerto y con otros buques.
- Comunicar instrucciones a remolcadores y personal de tierra en las maniobras de atraque y desatraque.
- Proporcionar conocimiento habitual y especializado, de:

    - Las condiciones locales y del tráfico.
    - El estado operacional de las ayudas a la navegación.
    - Instrucciones de navegación.
    - Restricciones aplicables al buque que se está gobernando.

Además el práctico debe ser capaz de adaptarse rápidamente al sistema de operación a bordo del buque; a las características de manejo del buque y; al estado del equipo de navegación de a bordo (siendo capaz de compensar sus deficiencias).

4.1.2 TIPOS DE PRACTICAJE

El practicaje se presta normalmente dentro de los puertos pero también puede prestarse en algunas zonas costeras, lagos, y vías interiores. Estas áreas son normalmente definidas como “Aguas restringidas”.

Cuando los servicios de practicaje se prestan con licencia es normal que figure en la misma el área de practicaje en la que es válida. El proveedor del servicio puede también describirse como práctico de puerto o práctico de costa, etc.

Al área de practicaje se le pueden aplicar varios niveles de responsabilidad:

- **Practicaje obligatorio:** Aplicable a los buques que deben coger un práctico cuando entran al área declarada

Un país puede solicitar la aprobación de la OMI para que un área sea declarada como Área Particularmente Sensible (PSSA). Si se aprueba la declaración, permite una protección especial del entorno marino y que se apliquen ciertas medidas a los buques. Estas pueden incluir el practicaje obligatorio (resolución OMI A 710 (17) como ejemplo).

- **Practicaje recomendado:** Una autoridad puede publicar avisos recomendando que los capitanes de los buques que no están familiarizados con un área concreta, contraten un práctico autorizado.

4.1.3 OTRAS CONSIDERACIONES SOBRE PRACTICAJE

Los servicios de practicaje pueden ser llevados a cabo por operadores públicos o privados. Sin embargo, generalmente, la licencia de práctico debe expedirla una agencia gubernamental.

La OMI[39] ha establecido los estándares mínimos para el practicaje que incluyen recomendaciones sobre la calificación y el entrenamiento de los prácticos. Sin embargo cada país individualmente puede imponer unos estándares más estrictos.

Cuando se desarrollen propuestas de señalización en aguas restringidas, deberían considerarse conjuntamente con la selección de ayudas a la navegación los servicios de practicaje.

[39] Resolución IMO A.960(23)

4.2 CORREDORES DE TRÁFICO

Las previsiones generales sobre los corredores de Tráfico Marítimo están establecidas en el Convenio SOLAS en su Capitulo V, Regla 10 [40]. Los objetivos y definiciones de los mismos se reproducen a continuación:

Foto cortesía de la Administración Marítima de Suecia.

4.2.1 OBJETIVOS

El propósito de los corredores de tráfico marítimo es mejorar la seguridad cuando la navegación converge hacia áreas, o tiene lugar dentro de áreas, donde la densidad de tráfico es grande o donde la libertad de movimiento de los buques se ve mermada por encontrarse en algún espacio marítimo restringido, por la existencia de obstrucciones a la navegación, profundidades limitadas o condiciones meteorológicas adversas. Los corredores de tráfico marítimo también pueden definirse con el propósito de prevenir o reducir el riesgo de contaminación u otros daños al medioambiente marino causado por colisión entre barcos o encallamiento cerca de áreas ecológicamente sensibles.

Los objetivos concretos de los corredores de tráfico marítimo dependerán de las circunstancias peligrosas que se intenten evitar, pero pueden incluir algunos o todos de los siguientes puntos:

- la separación en vías de circulación en sentidos opuestos de forma que se reduzcan las incidencias de encuentros frontales;
- la reducción del peligro de colisión entre la circulación que atraviesa el corredor y los buques que se encuentran en las vías de circulación ya establecidas;
- la simplificación del flujo de tráfico en áreas congestionadas;

[40] Referencia a la publicación de la OMI “Corredores de Tráfico”, Londres, octava edición

- la organización del tráfico seguro en áreas de exploración o explotación que se concentran lejos de la costa;
- la organización del tráfico en áreas donde la navegación de todos los buques o de cierta clase de buques pueda ser peligrosa o no deseable
- la organización del tráfico a una distancia segura de áreas ecológicamente sensibles
- la reducción de riesgo de varada proporcionando una derrota especial a los buques en áreas donde la profundidad del agua no está determinada o es crítica, y
- el encauzamiento del tráfico por fuera de los bancos de pesca o la organización del mismo a través de éstos.

4.2.2 DEFINICIONES

En relación con los asuntos relativos a los corredores de tráfico marítimo de buques se usan los siguientes términos:

Sistema de corredores de tráfico marítimo: Cualquier sistema de una o más derrotas o medidas de ordenación del tráfico marítimo destinadas a reducir el riesgo de accidentes; incluye dispositivos de separación de tráfico, derrotas de doble vía, ejes de circulación recomendados, zonas a evitar , zonas de navegación costera, puntos de recalada, zonas de precaución y derrotas de aguas profundas.

Sistema obligatorio de corredores de tráfico marítimo: sistema de ordenación adoptado por la Organización, de acuerdo con los requisitos de la regulación V/8 del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar de 1.974 para uso obligatorio de todos los barcos, en ciertas categorías de barcos o barcos que lleven determinadas cargas.

Dispositivos de separación de tráfico: medida de ordenación de tráfico marítimo destinada a la separación de vías opuestas de tráfico con medios apropiados, mediante el establecimiento de vías de circulación.

Zona o línea de separación: zona o línea que separa las vías de circulación de tráfico en la que los barcos están maniobrando en sentidos opuestos o casi opuestos, o separando una vía de circulación de la zona adyacente del mar; o separando vías de circulación designadas para clases particulares de buques que maniobran en la misma dirección.

Vía de circulación: área, dentro de unos límites definidos, en la que el tráfico está establecido en un solo sentido. Obstáculos naturales, incluyendo aquellos que constituyen zonas de separación, pueden constituir sus límites.

Confluencia de giro: medida de Ordenación de Tráfico Marítimo que comprende una zona de separación circular o una vía circular de navegación dentro de límites definidos. La circulación dentro de la confluencia de giro está separada moviéndose en el sentido contrario a las agujas del reloj alrededor de la zona de separación o punto de separación.

Zona de navegación costera: medida de Ordenación de Tráfico Marítimo que comprende un área designada entre el límite de costa de un dispositivo de separación de tráfico y la costa adyacente, para ser usada de acuerdo con las disposiciones de la regla 10(d), según está reformada, de las Regulaciones Internacionales para Prevenir Colisiones en el Mar (COLREG, 1972).

Derrota en dos sentidos: ruta, dentro de unos límites definidos, en la cual se establece una circulación de doble vía destinada a proporcionar el paso seguro de los barcos a través de aguas en las que la navegación es difícil y peligrosa.

Derrota recomendada: derrota de anchura indefinida para barcos en tránsito, que está a menudo marcada con boyas centrales.

Trayectoria o vía recomendada: ruta que ha sido especialmente diseñada para asegurar lo mejor posible que esté libre de peligros y por la que se recomienda navegar a todos los buques.

Derrota de aguas profundas: ruta, dentro de unos límites definidos, que se ha estudiado con suficiente exactitud para representar en la carta el fondo del mar y los obstáculos sumergidos.

Zona de precaución: medida de Ordenación de Tráfico Marítimo que se refiere a un área de límites definidos en la cual los barcos deben navegar con especial precaución y en la que puede recomendarse una determinada dirección de tráfico.

Zona a evitar: medida de Ordenación de Tráfico Marítimo que se refiere a un área de límites definidos en la cual la navegación es especialmente peligrosa o bien, es excepcionalmente importante evitar accidentes por lo que debería ser evitada por todos los barcos o ciertas clases de barcos.

Dirección de tráfico establecida: modelo de flujo de tráfico que indica que dirección de tráfico está establecida dentro de un esquema de separación de tráfico.

Dirección de tráfico recomendada: modelo de flujo de tráfico que indica que dirección de tráfico está recomendada donde no es práctico o es innecesario establecer una dirección de tráfico.

4.2.3 CANALES DE APROXIMACIÓN

Un canal de aproximación se define como una vía marítima que une el mar abierto con la dársena de un puerto. Es conveniente analizar las necesidades funcionales del diseño en varias partes. Por ejemplo:

- La parte de mar abierto o canal externo, y
- La parte de canal interior que se encuentra en aguas relativamente abrigadas.
- El proceso de diseño requiere aportaciones de cierto número de disciplinas, incluyendo:
- Manejo de buques
- Tamaño del navío y comportamiento
- Factores humanos en el manejo del buque
- Ingeniería marítima
- Ayudas a la navegación
- Entorno medioambiental

El Grupo de Trabajo conjunto PIANC-IAPH II-30 en cooperación con el IMPA de la IALA publicó el documento “Canales de aproximación-Guía de Diseño” junio de 1997.

4.2.4 CONSIDERACIONES SOBRE LA MANIOBRA DE BUQUES

Si una vía de navegación se define como un conjunto de secciones estrechas y de giros, el paso de un buque a lo largo de ella podría describirse por un número de fases de navegación que se ilustran en la figura 19. Estas comprenden:

- Giro
- Recuperación, y
- Continuación de la vía

El tipo de maniobra dentro de una sección determina la información que han de proporcionar al navegante las ayudas a la navegación.

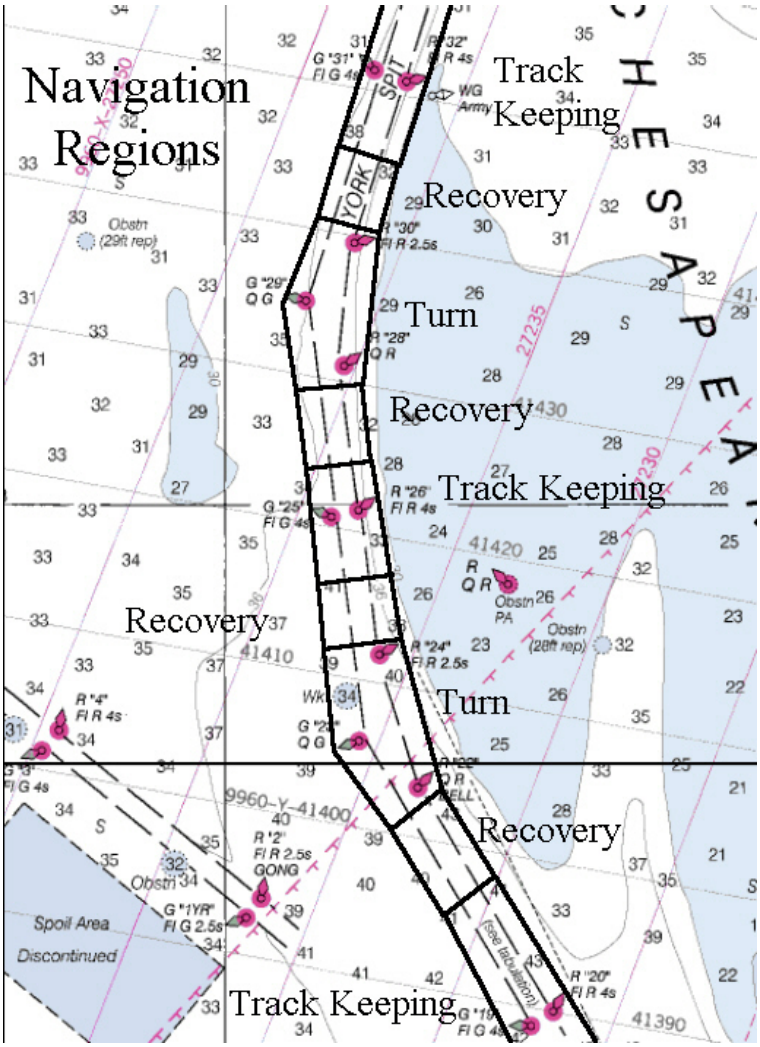


Figura 19.Fases en la maniobra de un buque

4.2.5 SIMULACIÓN EN TIEMPO REAL

Cierto número de países tienen simuladores de puente para entrenar a los oficiales de cubierta. Estos equipos pueden contratarse con objeto de que una autoridad de ayudas a la navegación evalúe la ruta de navegación y la distribución de las señales.

Con un programa de ordenador el simulador reproduce las formas de la costa y la profundidad de un canal. Pueden añadirse otros niveles para:

- Mostrar la distribución de las señales propuestas;
- Simular mareas locales y corrientes
- Simular las características de maniobra de los buques;
- Introducir situaciones de tráfico y de navegación;

El uso de un simulador puede resultar útil para confirmar la efectividad de las señales propuestas que tengan un alto coste o con las que se intenta ayudar en una situación de navegación compleja.

4.3 SEÑALES ACÚSTICAS

Aunque todavía existen las señales acústicas, desde 1.985 la política de la IALA ha sido que estos dispositivos solamente deberían usarse como aviso de peligro.

La autoridad nacional determinará si un peligro requiere una señal acústica y el nivel de visibilidad reducida anual que justifique su instalación (ej.: 10 días de visibilidad por debajo de 1 milla náutica por año). Ciertas estructuras artificiales tales como plataformas en mar adentro, puentes, rompeolas y ayudas a la navegación aisladas se pueden considerar peligros que requieran una señal acústica.

Referencias a las publicaciones de la IALA:

- Recomendaciones para el cálculo del alcance de una señal acústica (E-109),de Mayo de 1.998;
-
- Recomendaciones para la marcación de puentes fijos sobre aguas navegables (O-113), de Mayo de 1.998;
-
- Recomendaciones para la marcación de estructuras fuera de la costa (O-114), de Mayo de 1.998.

4.3.1 CONSIDERACIONES SOBRE SEÑALES ACÚSTICAS Y SU USO

La recomendación de la IALA O-114 establece que, sobre estructuras mar adentro, las señales acústicas deberán operar cuando la visibilidad sea igual o inferior a 2 millas náuticas.

El sonido se propaga a través de la atmósfera de manera variable dificultando la percepción de la dirección y la distancia del emisor. Puede resultar difícil localizar un peligro.

- Un incremento lineal de la percepción del sonido corresponde a un aumento exponencial de la potencia de la fuente sonora.
- El nivel del sonido de fondo a bordo del barco puede dificultar el reconocimiento de una señal acústica.

- Puntualmente, la propagación del sonido es tal que puede resultar casi inaudible cerca de su fuente, a pesar de tener un alcance previsto mayor.
- La identificación de las señales acústicas características puede no ser fiable como resultado de las fluctuaciones en la propagación, causando interrupción en la recepción. La recomendación de la IALA O-114 especifica que la duración mínima del impulso corto de la señal para estructuras mar adentro debería ser de 0.75 segundos.
- Una señal acústica puede ser considerada una molestia para la población.
- En algunas situaciones es necesario combinar dos o más fuentes sonoras o instalar un dispositivo distorsionador para evitar la propagación del sonido en ciertas direcciones. En ambos casos, hay que tener cuidado de que el sonido de una fuente no quede neutralizado con el sonido reflejado o por el sonido de otra fuente.
- Las señales acústicas operan normalmente en modo automático utilizando un detector de niebla.

4.3.2 CONSIDERACIONES SOBRE LOS DETECTORES DE NIEBLA

Hasta hace 30 años, las señales audibles estaban gobernadas por los fareros que las ponían en marcha cuando las condiciones de visibilidad lo requerían. Actualmente, los detectores automáticos de niebla, que emiten rayos infrarrojos midiendo el reflejo sobre las partículas de agua del aire, activan la señal audible para ciertos límites de visibilidad.

Los medidores remotos de visibilidad, desarrollados para el uso de estaciones meteorológicas, se usan como detectores de niebla. Éstos se pueden activar también con lluvia intensa, nieve, y niebla.

4.3.3 SEÑALES ACÚSTICAS EN EL MUNDO

Algunos países, incluyendo Finlandia, Islandia, Australia y Noruega han eliminado el uso de señales acústicas.

Otros países en cambio las siguen usando, normalmente señales de 2 millas náuticas de alcance, en faros más allá de la costa y buques-faro. En países con alta incidencia de niebla, algunas señales grandes accionadas por aire comprimido están todavía en uso.

4.3.4 ALCANCE DE UNA SEÑAL ACÚSTICA

Alcance nominal: la distancia para la que, en condiciones de niebla, un vigía sobre el alerón del puente tiene una probabilidad del 90% de oír la señal cuando se encuentra sometido a un ruido, según define la IALA, igual o superior al encontrado en el 84% de los grandes buques mercantes, si la propagación entre el emisor de la señal acústica y el receptor ocurriese en condiciones de calma y sin obstáculos.

Tabla 19. Alcance nominal

Nivel de presión del sonido				
Pu (nm) f(Hz)	**0.5**	**1**	**1,5**	**2**
25	162	172	176	178
50	149	161	165	168
100	138	150	154	157
200	130	142	147	150
400	122	135	140	144
800	115	130	137	142
1000	113	129	137	144
1250	112	129	138	146
1600	110	130	140	150
2000	109	132	145	156
2500	108	136	151	166
3150	107	141	160	179
4000	109	150	177	199

Pn: Alcance nominal en millas náuticas
F: Frecuencia del sonido en Hz
Nr: Nivel de presión del sonido, en decibelios, del sonido emitido por la señal acústica a la referencia de 1 metro en la dirección correspondiente.

Alcance habitual: la distancia para la que, en condiciones de niebla, un vigía situado en el alerón del puente tiene un 50% de probabilidades de oír la señal cuando se encuentra sometido a un ruido, según define la IALA, igual o superior al encontrado en un 50% de los grandes buques mercantes, si la propagación entre el emisor de la señal audible y el receptor ocurriese en condiciones de calma y sin intervención de obstáculos.

Tabla 20. Rango habitual

Nivel de presión del sonido				
Pu(nm) f(Hz)	**0.5**	**1**	**1,5**	**2**
25	155	162	165	168
50	144	150	154	157
100	132	139	143	146
200	125	132	136	140
400	117	125	130	135
800	112	121	128	134
1000	110	121	128	135
1250	109	121	129	137
1600	109	122	132	141
2000	108	123	136	148
2500	109	127	142	157
3150	110	132	152	170
4000	112	142	168	193

Pu – Alcance habitual en millas náuticas
f – Frecuencia del sonido en Hz
Nr –Nivel de presión del sonido, en decibelios, del sonido emitido por la señal audible con referencia de 1 metro en la dirección correspondiente.

4.4 PUBLICACIONES NÁUTICAS

4.4.1 AVISOS A LOS NAVEGANTES

La regla 13 del capítulo V del Convenio SOLAS establece las condiciones de los gobiernos para proporcionar información a los navegantes. La regla 13 dice:

"Los gobiernos se encargarán de hacer que la información relativa a las ayudas a la navegación esté disponible para todos los interesados. Los cambios en las transmisiones de los sistemas fijos de posicionamiento que pudiesen afectar al rendimiento de los receptores de los barcos, deberían ser eliminados lo antes posible y realizados sólo después de una adecuada y oportuna notificación".

Dicha información se divide en tres grandes categorías:

- Información sobre **cambios planificados**, como:
  - Dragado, inspección, tendido de cable y tubería;
  - Cambios sobre una ayuda existente o establecimiento de nuevas ayudas a la navegación;
  - Cambios en la planificación del tráfico;
  - Actividades marítimas comerciales;
  - Acontecimientos a largo plazo (ejercicios navales, regatas, etc.);

- Información sobre acontecimientos marítimos **no planificados**, como:
  - Fallo de una ayuda a la navegación;
  - Incidentes marítimos (embarrancamientos, colisiones, hundimientos, etc.);
  - Actividades de búsqueda y rescate;

- **Nueva información** surgida de trabajos de inspección o de peligros no conocidos antes.

4.4.2 SERVICIO DE AVISOS A LA NAVEGACIÓN MUNDIAL

La publicación de la información sobre seguridad en la navegación está coordinada a través del World Wide Navigational Warning Service que se estableció conjuntamente entre la OMI y la IHO en 1977.

El Servicio de Avisos a la Navegación Mundial está dividido en 16 NAVAREAS, como muestra la Fig. 6.5. Cada NAVAREA tiene un coordinador de área que es el responsable de recoger la información, analizarla y transmitir los avisos NAVAREA.

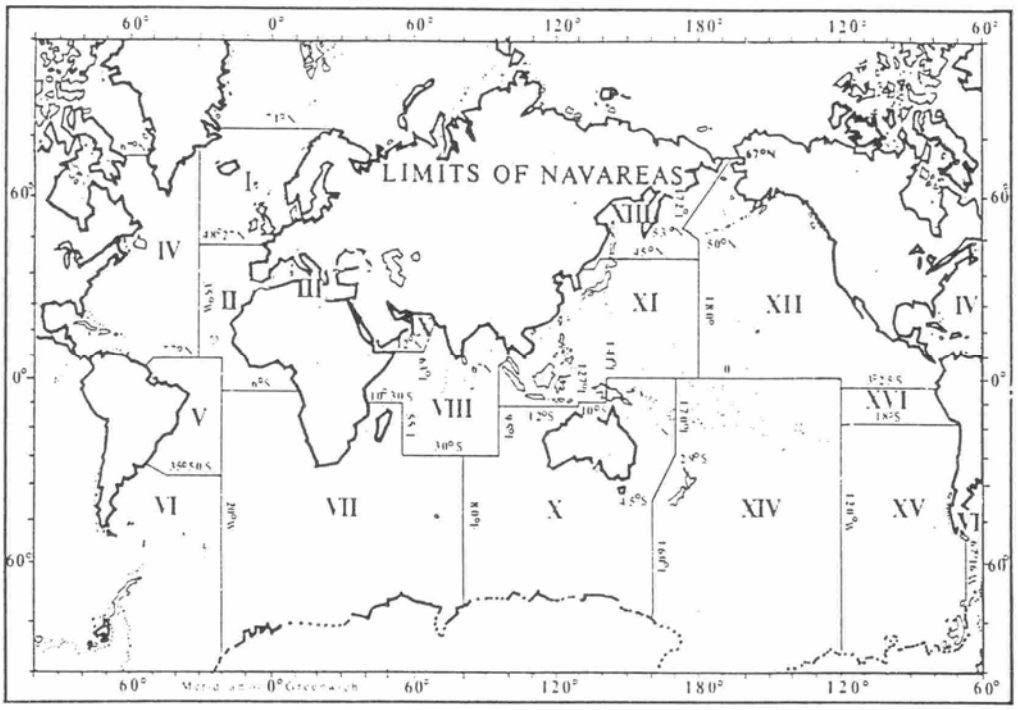


Figura 20. Límites de las Navareas

4.4.3 LISTA DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

4.4.3.1 Lista de luces y Lista de radio-señales

Las listas de ayudas a la navegación son publicadas por la mayoría de autoridades nacionales, como parte de la información que ponen a disposición de los navegantes en cumplimiento del Convenio SOLAS, Capítulo V en su regulación 13.

Éstas proporcionan detalles sobre:

- Nombre;
- Localización;
- Características de las ayudas;
- Situación de funcionamiento.

Esta lista no siempre incluye boyas y ayudas ciegas a la navegación.

4.4.4 DESCRIPCIONES ESTÁNDAR

Manual conjunto de IMO/IHO/WMO sobre Información de Seguridad Marítima (IMO COMSAR/Circ. 15).

Este documento proporciona definiciones de términos estándar para describir sucesos particulares, que deberían utilizarse cuando se elaboren los avisos a los navegantes. Algunos de los términos que son relevantes para la condición de ayudas a la navegación han sido definidos como se indica en la tabla 21:

Tabla 21Ejemplo de COMSAR/Cir. 15 términos estándar

Descripciones para faros, balizas, boyas y buques-faro	Comentarios
APAGADA	Términos incorrectos: Fuera, extinguido, no encendido, no trabajando…
IRREGULAR	Términos incorrectos: débil, floja, de poca potencia, fija, destelleando incorrectamente, fuera de característica…
DAÑADO	Usada sólo para daños graves donde hay una significativa pérdida de funcionalidad.
DESTRUIDA	Términos incorrectos: temporalmente destruida...
ESTABLECIDA (+Posición)	Nueva luz
FUERA DE POSICIÓN	Boya o buque-faro que no está en la posición que figura en la carta
PERDIDA	Boya o buque-faro completamente ausente de su posición
REESTABLECIDO	Sólo apropiado para luces que han sido previamente incluidas en la carta o incluidas en la lista de destruidas.

La lista de términos y definiciones de la tabla anterior no cubre adecuadamente todas las situaciones que una Autoridad podría querer usar al publicar un aviso a navegantes. Con la siguiente tabla se amplían las definiciones de términos para su uso en los avisos a los navegantes.

Tabla 22Lista ampliada de términos y definiciones usados en avisos a la navegación

Término	Definición
Posición	La autorizada y exacta localización de una ayuda a la navegación
Posición establecida	Cualquier tipo de ayuda situada en operación por primera vez en una posición dada.
Posición reestablecida	Cualquier tipo de ayuda situada en operación en una posición en la que había sido previamente establecida un tipo similar de ayuda con idénticas características pero que fue destruida, desaparecida o retirada.
Apagada	Cuando una luz está apagada a causa de un fallo en su equipo u otra circunstancia no intencionada o deliberada y se tiene la intención de restablecer su normalidad tan pronto como sea posible
Irregular	Cuando una ayuda de cualquier tipo no está mostrando sus características correctas y se intenta restaurar a su situación normal tan pronto como sea posible.
Potencia reducida	Cuando una ayuda de cualquier tipo no opera con la potencia correcta, pero está mostrando la característica correcta y se intenta restaurar tan pronto como sea posible.
Fuera de posición	Cuando una ayuda flotante está a la deriva, perdida o fuera de su posición y se intenta reemplazarla tan pronto como sea posible.
Modificada	Cuando la característica o la estructura de cualquier ayuda ha sido alterada sin cambiar el tipo de ayuda o situación.
Desplazada	Cuando se hace un cambio de posición de una ayuda sin cambiar el tipo de ayuda, característica o tipo de estructura.
Destruida	Cualquier tipo de ayuda que ha sido dañada hasta el extremo de no usarse ya como ayuda a la navegación, aunque queden restos de su estructura.
Restaurada a lo normal	Cualquier tipo de ayuda que haya sido previamente descrita como apagada, no fiable, de potencia reducida o temporalmente retirada y que ha sido puesta en servicio con sus características y potencia correctas.
Restaurada a su posición	Cuando una ayuda flotante antes descrita como fuera de posición o temporalmente retirada vuelve a la posición o es reemplazada por otra con las mismas características.
Temporalmente sustituida	Cuando una ayuda está temporalmente retirada o fuera de posición y otra ayuda de diferente tipo o características está inmediatamente colocada en la misma posición.
Temporalmente retirada	Cuando una ayuda flotante ha sido totalmente eliminada de su posición y no es reemplazada por otra ayuda similar, pero se tiene previsto en el futuro reemplazarla.

Temporalmente fuera de servicio	Cuando una señal acústica o servicio de radionavegación está en silencio por trabajos de mantenimiento o cualquier causa no intencionada, y se intenta restablecer la señal lo antes posible.
Permanentemente retirada	Cuando una ayuda flotante ha sido totalmente eliminada de su posición sin que ninguna la reemplace y no está previsto hacerlo en un futuro próximo .
Permanentemente eliminada	Cuando una ayuda, diferente a una ayuda flotante, es eliminada de su posición o su servicio ha terminado porque ya no se necesita.

4.4.4.1 POSICIONES

El manual de la Unión IMO/IHO/WMO sobre Información de Seguridad Marítima (OMI COMSAR/Cir. 15) establece que las posiciones deberían siempre estar dadas en grados, minutos y décimas de minuto en la forma:

- GG-MM.mmm N o S;
- GG-MM.mmm E u O;
- Los ceros iniciales deberían estar incluidos;
- Debería exigirse el mismo nivel de exactitud tanto para la Latitud como para la Longitud,

4.4.4.1.1 REGISTRO DE POSICIONES DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

Las posiciones de las ayudas a la navegación pueden recordarse de diversas maneras

Referencias a publicaciones de la IALA:

-
- *Recomendación para el registro de las posiciones de ayudas a la navegación (O118), Junio 2000.*

La recomendación establece que:

- Cuando una Autoridad tiene estaciones DGPS operativas, debería establecerse un programa para determinar las posiciones WGS84 de cada ayuda a la navegación (fijas y flotantes) dentro del su área de cobertura para facilitar esta información a la autoridad hidrográfica nacional. Se considera que la información ayudará a las instituciones hidrográficas en la comprobación de la exactitud de las cartas náuticas, la planificación de inspecciones y la actualización del Libro de Faros.

- En el caso de las ayudas fijas luminosas a la navegación, la posición WGS84 debería medirse cerca del plano focal de la luz de forma que la elevación WGS84 esté también determinada. Alternativamente, podrían medirse varias posiciones alrededor de la óptica o zona de la linterna y calcular así la posición central.
- En caso de ayudas a la navegación fijas ciegas, la posición WGS84 debería estar en la base de la estructura.
- En caso de ayudas a la navegación flotantes, la posición WGS84 debería ser la posición de anclaje.
- Cada posición debería ser registrada con tres decimales de minuto e incluir la hora, fecha y detalles del equipo de medida.
- Cuando una Autoridad tiene que referirse a cartas de diferentes datums las posiciones serán comunicadas con el adecuado datum de referencia. (Por ejemplo: 51º 04.372´ N, 100º 26.794´ E (WGS84)).

4.4.4.2 Demoras

Las demoras, luces de enfilación y luces de sectores deberían expresarse siempre desde la mar, posición desde la que son vistas por el marino, observando la práctica de comunicar las demoras con el sufijo ”TBS” o Demora Verdadera Desde la Mar para minimizar el riesgo de confusión.

4.4.5 INFORMACIÓN DE SEGURIDAD MARÍTIMA (MSI)

Dentro de una NAVAREA, puede haber un orden de importancia de avisos establecido por el coordinador nacional. Se conoce como Información de Seguridad Marítima (MSI). La jerarquía de avisos comprende:

Avisos de NAVAREA:- Concernientes a la información a los buques que navegan en el océano y los necesitan para una navegación segura:

- Son difundidos en inglés y, siempre que sea adecuado, en otros idiomas;
- Son transmitidos por:
- Radiotelefonía;
- Servicio de Llamada Selectiva Digital (DSC);
- Grupo de Llamada Aumentado (EGC);
- NAVTEX[41] (usado para la emisión automática de información de seguridad marítima localizada (MSI) usando radiotélex);
- Cubre la NAVAREA específica y porciones de áreas adyacentes;

[41] Conocida también como Banda estrecha de impresión directa o NBDP

- Detalles de las parrillas de emisión se muestran en la lista de señales de radio publicada por las Oficinas Hidrográficas y en las publicaciones de ITU
- Generalmente son difundidos durante un periodo suficiente de tiempo para asegurar su recepción, después del cual se cancela o publica en los avisos a los navegantes.

Avisos costeros:- Se refieren a información relativa a un área regional que cubre de 100 a 200 millas náuticas desde la costa. Estos son:

- Trasmitidos desde una red nacional de estaciones de radio costeras;
- Radiados a horas prefijadas;
- Usan el inglés y lenguaje nacional;

Avisos locales:- Cubren el área dentro de los límites de una bahía o una Autoridad portuaria:

- Para suplementar los avisos costeros, y;
- Pueden estar limitados al lenguaje nacional.

La información que concierne a los avisos de navegación puede ser obtenida de la OMI / IHO / WMO Manual sobre Información Marítima (MSI), Febrero 1.998

Avisos de Fuera de Posición de las Grandes Ayudas Flotantes

- Cuando cualquier buque con luz, boya luminosa o Lanby (LNB) tripulado o no, está fuera de posición y podría ser un peligro para la navegación, todas sus ayudas a la navegación (luces, señales sonoras, racon, radiobaliza) deberían ser retiradas.
- Para evitar el riesgo de colisión con los buques que pasan, las luces de aviso deberían estar continuamente encendidas como sigue:
- Dos luces rojas alrededor en una línea vertical similar a aquellas prescritas por la regla 27 de COLREGS para un buque “No tripulado”.
- Si la administración adecuada necesita una señal sonora debería estar codificada en Morse “D” como está prescrito en la regla 35 de la COLREG para un buque “No tripulado”;
- Si se utiliza un racon debería estar codificado en Morse “D”.

Referencias a publicaciones de la IALA

- Recomendación de la IALA para señales fuera de posición para las grandes ayudas flotantes (O–104) Noviembre de 1.989

4.5 SISTEMA DE INFORMACIÓN EN PANTALLA DE CARTAS ELECTRÓNICAS (ECDIS)

Aunque el ECDIS no es una "ayuda a la navegación", según lo definido por la IALA, merece ser mencionada porque esta parte del equipo del buque es probable que comporte mayores cambios en la forma de navegación de los buques. El ECDIS utiliza datos digitales vectorizados de tal forma que permitirá reemplazar la carta tradicional de papel con un producto electrónico mas versátil que puede dibujar una variedad de posiciones y entradas de datos tales como GPS, DGPS, AIS, radar, ecosonda, compás y cartas electrónicas, publicaciones a la navegación y correcciones de cartas e información meteorológica.

4.5.1 ESTANDARES DE FUNCIONAMIENTO

Los estándares de funcionamiento para el ECDIS han sido definidos por la Organización Marítima Internacional (OMI), conjuntamente con la Organización Hidrográfica Internacional (IHO).

La resolución de la OMI A.817 (19) [corregida por Resolución MSC.64(67) y por Resolución MSC.86(70)] capacita a las administraciones marítimas para aceptar el ECDIS como el equivalente legal a las cartas de papel exigidas para cumplir la regulación SOLAS V/20.

Existen dos elementos clave para el funcionamiento del ECDIS:

- Un sistema de proceso aprobado (o "caja"), y
- Cartas Náuticas Electrónicas (ENCS) que hayan sido prescritas por la oficina nacional hidrográfica y que cumplan los estándares de la Tercera Edición de la Publicación Especial del IHO nº 57 (S57).

Aún cuando una "caja ECDIS" pueda ser capaz de leer otras formas de cartas electrónicas no será válida sin las Cartas Náuticas Electrónicas (ENCS) oficiales.

Las Cartas electrónicas que no son S57 incluyen:

- Las Cartas de Navegación "Raster" (RNC) que son efectivamente copias electrónicas, de cartas de papel, y;

- Las cartas electrónicas que no ha diseñado una autoridad hidrográfica nacional o difieren del estándar S57.

Cuando la carta de información relevante no está disponible en el formato apropiado (editado por una oficina hidrográfica nacional y de acuerdo con el estándar 57) el equipo ECDIS puede operar en el modo RCDS (Raster Chart Display System). Pero en este caso el equipo ECDIS deberá usarse junto con un método apropiado de actualización de cartas impresas [Resolución MSC.86(70)]. Información adicional sobre ECDIS está disponible en las webs del IMO e IHO.

4.6 SONDAS DE MAREA Y MEDIDORES DE CORRIENTE

Cierto número de países trabajan con sondas de marea y medidores de corriente para ayudar a la predicción de las alturas de marea y corrientes o para emitir información en tiempo real a los buques. Esto último se usa generalmente para salvar las, a veces considerables, diferencias de alturas reales de marea y los valores predichos debido a fluctuaciones en el nivel del mar y malas condiciones meteorológicas.

4.6.1 COMISIÓN OCEANOGRÁFICA INTERGUBERNAMENTAL

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC) es la responsable de la coordinación del Sistema de Observación Global del Nivel del Mar (GLOSS) un programa para establecer redes regionales y globales de estaciones de nivel del mar que proporciona información esencial para programas de estudio oceanográfico internacional, incluyendo los que se dedican al estudio de aspectos de cambio climático, y oceanografía operacional. El principal componente del GLOSS es una red de 287 estaciones de nivel del mar en todo el mundo (conocidas como Red de Núcleo Global).

La IALA apoya y promociona la participación en el programa GLOSS.

A las autoridades que estén adquiriendo o mejorando los aparatos de Medida de Nivel del Mar se les recomienda considerar el uso de equipos que reúnan los requisitos del programa GLOSS. Esto significa sondas capaces de medir con una exactitud típica de hasta un centímetro (1cm.) en todas las condiciones de tiempo meteorológico (especialmente con olas) para el intercambio de datos horarios del nivel del mar al Centro Internacional del Nivel del Mar.

Se puede encontrar información sobre el programa GLOSS en: http://www.pol.ac.uk/psmsl/programmes/gloss.info.html.

Las recomendaciones técnicas sobre las observaciones del nivel del mar pueden encontrarse en: http://www.pol.ac.uk/psmsl/manuals/.

CAPÍTULO 5. FUENTES DE ENERGÍA

5.1 TIPOS

Se han utilizado una gran variedad de fuentes de energía y sistemas de alimentación para el funcionamiento de faros y ayudas flotantes, desde la máquina de relojería a los isótopos radioactivos. Algunos de los tipos más comunes se dan en la Tabla 23.

Tabla 23Fuentes de energía para las ayudas a la navegación.

Sistemas de energía eléctrica	Fuentes de energía no eléctrica
Pilas primarias	Acetileno
Suministro eléctrico comercial	Propano
Generadores movidos por motores diesel o gasolina	Butano
Módulos solares fotovoltaicos	
Generadores eólicos	

Hay una tendencia general a eliminar el gas, utilizando la red eléctrica en donde sea posible y energía solar fotovoltaica en donde no lo sea.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz de la IALA 1042 sobre fuentes de alimentación y de almacenamiento de energía en las ayudas a la navegación*.

5.2 FUENTES NO ELÉCTRICAS

5.2.1 ACETILENO

El acetileno (C_2H_2) se ha usado durante muchos años para el alumbrado de boyas y de ayudas a la navegación no atendidas. El acetileno puede explotar si se comprime, pero disuelto en acetona puede comprimirse de forma segura y almacenarse en acumuladores cilíndricos especiales.

La fabricación del acetileno, los estándares de los acumuladores y el proceso de rellenado generalmente están controlados por normas gubernamentales.

El acetileno ha sido una fuente de alimentación conveniente y fiable para las ayudas a la navegación. Sin embargo debe prestarse una atención adecuada a:

- el manejo seguro de los acumuladores,
- el amplio rango de mezclas explosivas con el aire (entre el 3 y el 82% de acetileno),
- la pureza del gas, y
- minimizar las pérdidas de gas en las tuberías y las juntas.

5.2.2 PROPANO

El gas propano (CH3 CH2 CH3) ha sido utilizado como una alternativa al acetileno especialmente en las boyas. Aunque el propano tiene que ser consumido en un quemador de capillo incandescente para proporcionar una luz blanca, tiene varias ventajas sobre el acetileno:

- es un producto derivado del proceso de refinado del petróleo;
- es abundante y de bajo costo;
- se licua a una presión de 6 atmósferas a 17ºC, y puede ser transportado en botellas bastante ligeras y económicas;
- mantiene una presión positiva a –40º C y no se congela a las condiciones que habitualmente se encuentran en el mar;
- puede disponerse en botellas en los bolsillos de la boya, rellenando directamente el cuerpo de la boya o en contenedores a presión;
- comparando los contenedores, la botella de propano de 20 Kg. tiene un peso bruto de 48 k.o. y el acumulador de acetileno de 7000 litros pesa 105 k.o.;
- además, el coste de la botella de propano es una tercera parte del coste del acumulador de acetileno;
- el propano es un gas mayormente seguro, sólo un 6% de todas sus posibles mezclas con el aire son explosivas frente al 80% de las de acetileno;
- el propano quema limpiamente sin el riesgo de tiznado que puede ocurrir con un quemador de acetileno deficientemente ajustado.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Notas prácticas para el manejo seguro de gases, Octubre 1993*
- *Referencias a normas nacionales sobre el manejo seguro de gases*

5.3 FUENTES ELÉCTRICAS NO RENOVABLES

5.3.1 PILAS O BATERÍAS PRIMARIAS

Las pilas proporcionan energía eléctrica mediante un proceso químico no reversible. Se usaron abundantemente hasta los años 80 para alimentar boyas y balizas. Su utilización descendió bruscamente cuando empezaron a comercializarse los paneles de energía solar fotovoltaica. Un hecho relacionado que aceleró el declive de las pilas fueron las fuertes normativas ambientales de numerosos países que requerían que su retirada y traslado del lugar para su deshecho se efectuaran de acuerdo a normas muy estrictas. Los costes derivados de su retirada y los aspectos relativos a la salud y seguridad en los frecuentes cambios de las pilas motivaron la migración hacia las fuentes de energías renovables (ej. solar, generadores de viento y oleaje).

5.3.1.1 Pila de Carbono-Zinc

La pila de carbono-zinc fue una fuente de energía muy utilizada en boyas y balizas. En ésta se emplea un bloque de carbón poroso en electrolito alcalino para suministrar el oxígeno del aire que oxida un ánodo de zinc. Cada pila individual tiene un voltaje a circuito abierto de 1,2 V y puede proporcionar alrededor de 1000 a 2000 Ah a razón de 1A como máximo.

5.3.1.2 Pila de Cloruro de Tionilo de Litio

Otro tipo de pila de uso en boyas es la de cloruro de Tionilo de Litio. Ésta tiene mayor densidad de energía y mayor vida útil que la de carbono-zinc.

5.3.1.3 Pila de agua marina

La pila de agua de mar[42] fue desarrollada para su utilización en boyas en Noruega, es una pila con ánodo de magnesio y cátodo de cobre inerte. El agua de mar actúa como electrolito y suministrador de oxígeno al cátodo.

Se instala una única pila como parte del tubo de la cola de la boya. El movimiento de la boya tiene un efecto beneficioso al agitar el agua y proporcionar un flujo rico en oxígeno a través de la pila aportando los productos de la reacción.

Como material del cátodo se seleccionó el cobre debido a sus propiedades anti-incrustantes. El ánodo de magnesio fue considerado medioambientalmente aceptable dado que es un elemento que se encuentra de forma natural en el agua de mar. La pila genera en carga una tensión de 0,8 a 1 voltio. Los componentes de las pilas evaluados han sido dimensionados para suministrar unos 35.000 vatios hora de energía.

[42] La química de la pila de agua marina y el prototipo de boyas luminosas que la usan se han descrito en documentos de la Conferencia de la IALA de 1990 y en los IALABAT 2 y 3.

Dado que no es práctico utilizar más de una celda por la posible fuga de corriente, se utiliza un convertidor de corriente continua para elevar la tensión a lo requerido por la carga.

5.3.2 GRUPOS ELECTRÓGENOS

5.3.2.1 Generadores Diesel

Los grupos electrógenos diesel se usan a menudo como fuente principal de energía eléctrica cuando el emplazamiento de la ayuda a la navegación es demasiado lejano para suministrar energía eléctrica de red. También se usan para proporcionar energía de reserva o de emergencia.

La capacidad del generador para soportar las cargas de servicio y domésticas de un faro estándar deberían estar entre 10 y 30 kW. El consumo aproximado de grupos electrógenos de este tamaño es de 0,4 litros/kWh.

La necesidad de generadores diesel en los faros está disminuyendo debido a:

- automatización de los faros (deshabitados), y porque:
- la tecnología actual de lámparas y balizas permite que luces con un alcance nominal de 18 a 20 millas puedan ser alimentadas mediante una fuente de energía renovable.

5.3.2.2 Generadores de gasolina

Los grupos electrógenos de gasolina son una fuente válida de energía, pero son menos utilizados en instalaciones fijas por:

- por motivos de seguridad en el almacenamiento y transporte de la gasolina;
- porque requiere mantenimiento la bujía;
- porque se ha observado que generalmente es menos duradero que el motor diesel.

5.3.2.3 Generador termoeléctrico

Es un generador de estado sólido en el cual una fuente de calor, comúnmente un quemador de propano, se dirige hacia una pila térmica (por ejemplo: un conjunto de elementos de tipo termopar). Dado que cada termopar sólo produce una tensión alrededor de 0,5 voltios, se conectan en serie un número de ellos.

Este tipo de generador tiene una baja eficiencia térmica (alrededor del 5%) y es raramente usado.

5.3.2.4 Generador Stirling

El motor Stirling es un motor de combustión externa alimentado por gas o por diesel. Existen conjuntos compactos que podrían funcionar en faros. Los generadores típicos entregan una salida eléctrica de 1 Kw. y 5 k.o. de calor. La salida de calor podría ser un subproducto para acondicionar el edificio del faro.

5.3.2.5 Pilas de combustible

Es un dispositivo de estado sólido que mediante un proceso catalítico oxida el combustible y genera una corriente eléctrica. El combustible habitual es el hidrógeno puro o los combustibles ricos en hidrógeno. Puede considerarse como una batería alimentada continuamente.
Las pilas de combustible comercializadas están empezando a desarrollarse tecnológicamente y en este momento son una fuente de energía cara[43] . Las aplicaciones en ayudas a la navegación probablemente se limiten a las situaciones donde la energía solar (fotovoltaica) sea impracticable debido a la limitada insolación o a condiciones de hielo.

5.4 FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA RENOVABLES

5.4.1 ENERGÍA SOLAR (CÉLULAS FOTOVOLTÁICAS)

Foto cortesía de los Commissioners of Irish Lights

[43] Consultar IALABAT 3· “Pilas de Combustible para Ayudas a la Navegación”

La energía solar es una fuente de energía para muchas aplicaciones en las ayudas a la navegación. Ofrece:

- una fuente de energía sin partes móviles;
- ningún mantenimiento salvo la limpieza;
- deterioro despreciable en la energía generada durante su vida útil;
- costes bajos en su ciclo de vida;

Cuando se usa para alimentar una luz, el proceso de recarga de la batería se separa del de funcionamiento de la luz para que el voltaje de recarga pueda optimizarse sin detrimento de la vida de la lámpara.

Las dificultades potenciales asociadas a la energía solar son:

- buscar maneras para minimizar la suciedad provocada por las aves;
- montar los paneles verticalmente es probablemente, a largo plazo, la mejor solución en las boyas;
- la cantidad de paneles en altas latitudes;
- proteger los paneles solares de:
- daños por el oleaje en boyas;
- vandalismo y robo;
- rayos;

Las ayudas a la navegación expuestas al hielo son quizás las únicas en las que el uso de módulos solares resulta inadecuado.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- Directriz IALA 1012 para la protección de faros y ayudas a la navegación de los daños causados por los rayos.
- Directriz IALA 1039 sobre diseño de sistemas de energía solar para ayudas a la navegación (con programa excel)
- Directriz IALA 1042 sobre fuentes de alimentación y almacenamiento de energía en las ayudas a la navegación.

5.4.1.1 Tipos

Hay tres tecnologías empleadas en la fabricación de módulos solares de silicio, que están listadas en la tabla 24:

Tabla 24Tecnologías de células solares de silicio

Tipo (tecnología)	Comentarios
Células monocristalinas	Están hechas de láminas cortadas de un solo cristal de silicio habitualmente fabricado como una barra de sección circular. Generalmente tienen la eficiencia mayor de las tres tecnologías. Si son utilizadas obleas circulares de silicio, el rellenado del módulo es significativamente menor que con las células policristalinas. Ahora es habitual recortar las células para aproximarlas a un cuadrado.
Células policristalinas	Están hechas de láminas cortadas de un conglomerado de silicio compuesto por muchos cristales. Son significativamente menos eficientes que las células monocristalinas pero se les puede cortar para rellenar el módulo completamente
Módulo amorfo	Están hechos depositando delgadas películas de silicio sobre un cristal o un substrato de acero inoxidable. La célula tiene una eficiencia menor que cualquiera de las otras tecnologías pero pueden hacerse multicapas para mejorar el rendimiento. Se han encontrado problemas con la duración de estas células.

Además de las tecnologías de las células de silicio, existen dos tipos de configuraciones dependiendo del número de células conectadas en serie. Normalmente el módulo estándar tiene 36 células en serie que dan una tensión a circuito abierto de unos 20 voltios. Para aplicaciones de carga de batería de 12 voltios se considera esencial un regulador de tensión de carga.

Se promocionó un **modulo solar autorregulado** como una forma de eliminar el regulador de tensión, que habitualmente ha sido el componente menos fiable de un equipo de energía solar. Generalmente el módulo autorregulado tiene 32 células en serie para entregar a circuito abierto una tensión de unos 18 voltios (y una tensión máxima en carga de unos 15 voltios). En un módulo solar autorregulado el grado de carga está determinado por la interacción entre las características eléctricas de la batería y el módulo solar.

Ambos tipos responden adecuadamente a cualquier trabajo.

5.4.1.2 Orientación de los módulos o del panel

En el hemisferio norte, los módulos solares se instalan normalmente cara al sur e inclinados un ángulo respecto a la horizontal que depende de la latitud del lugar.

El ángulo de inclinación de los módulos solares es optimizado a menudo para el lugar específico como parte de los cálculos de dimensionamiento.

Uno de los principales problemas experimentados en las ayudas a la navegación alimentadas con energía solar ha sido el de los excrementos de las aves. Se han ensayado numerosas soluciones ingeniosas con resultados diversos. Generalmente los módulos solares montados con un ángulo o verticalmente se benefician del autolavado de la lluvia.

El coste de los módulos solares adicionales necesarios para una instalación en vertical puede ser ampliamente amortizado con el ahorro que resulta de la simplificación de los soportes o bastidores.

5.4.2 ENERGÍA EÓLICA

5.4.2.1 Aplicaciones en Ayudas a la Navegación

Los generadores eólicos (o turbinas eólicas) han sido utilizados por numerosos Miembros de IALA como fuente de energía en las ayudas a la navegación. Los más corrientes fueron máquinas de eje horizontal con una turbina de dos palas (tipo hélice). Las necesidades de mantenimiento que surgen por su diseño con partes móviles y la susceptibilidad de daños provocados por los temporales ha limitado el uso de los generadores eólicos.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz IALA 1042 sobre fuentes de alimentación y almacenamiento de energía en las ayudas a la navegación.*

5.4.2.2 Instalaciones

Las instalaciones con generador eólico en los emplazamientos de las ayudas a la navegación plantean una serie de problemas:

- los generadores eólicos necesitan bastante mantenimiento si trabajan con flujos de aire turbulentos;
- si el generador es instalado a cierta distancia de la ayuda a la navegación hay que tener en cuenta la caída de tensión en el cable;

- las dimensiones del generador eólico probablemente sean consideradas para el trabajo en las ayudas a la navegación como un riesgo considerable de daño si hay poblaciones de aves en la zona.

5.4.2.3 Tipos de generadores eólicos

Una comparación del rendimiento típico de los distintos tipos de generadores eólicos se muestra en la figura 21.

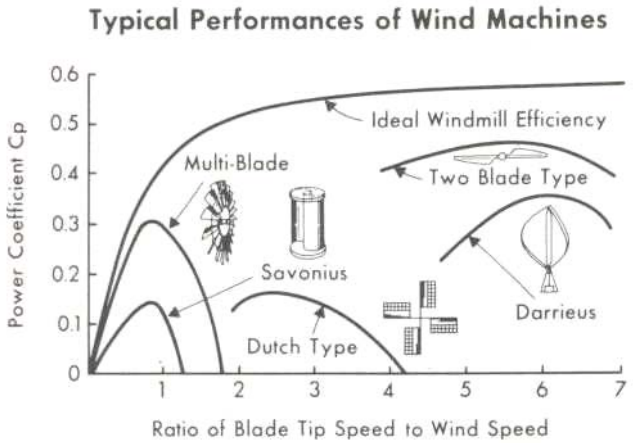


Figura 21. Comparación de rendimiento de los tipos de generadores eólicos

5.4.3 ENERGÍA DEL OLEAJE

El generador activado por olas (WAG) fue desarrollado en Japón y ha sido empleado satisfactoriamente como fuente de energía en boyas. La interacción de movimientos entre la boya y las olas actúa como una bomba de aire que acciona una turbina de aire y el generador acoplado a ella. El WAG se monta en la prolongación del tubo hueco de la cola que pasa a través del flotador de la boya. Con alturas de ola de 0,5 metros, la potencia de salida es casi de 100 vatios. Los WAG tienen una vida limitada debido a los duros esfuerzos a que están sometidos.

Las condiciones del lugar influyen en la cantidad de algas y organismos que se acumulan en el tubo de la cola de la boya y es necesario tener en cuenta estos aspectos cuando se planifica el régimen de mantenimiento de los generadores. Los WAG pueden también ser muy susceptibles a los daños por los temporales que generen fuerte oleaje.

5.5 BATERÍAS RECARGABLES (SECUNDARIAS)

5.5.1 TIPOS PRINCIPALES

Hay dos tipos principales de tecnología para los acumuladores utilizados en ayudas a la navegación:

- plomo-ácido;
- níquel-cadmio.

Generalmente se prefieren las de plomo-ácido porque su coste es más bajo y tienen una mayor eficiencia de intercambio de energía que las de níquel-cadmio (95% contra 80%). Sin embargo, la batería de níquel-cadmio puede funcionar a temperaturas más bajas y durante un mayor número de ciclos de descarga profunda.

5.5.1.1 Plomo-ácido

Esta batería utiliza como placa positiva dióxido de plomo y plomo como negativa, sumergidas en un electrolito de ácido sulfúrico diluido. Estas baterías se denominaron inicialmente húmedas o de vasos inundados. Sin embargo en los últimos años han empezado a estar disponibles distintos tipos de baterías estancas, bastante comunes actualmente en las ayudas a la navegación.

5.5.1.1.1 Acumuladores de plomo-ácido con electrolito líquido

Hay tres tipos principales de uso general:

- **Acumuladores de placa**: que tienen una placa de plomo de gran superficie como electrodo positivo, en la cual el material activo está formado por el plomo de la propia placa.
- **Acumuladores de placa tubular**: que emplean una placa tubular como electrodo positivo. El material activo está contenido en tubos aislados y permeables a través de los cuales se difunde el electrolito.
- **Acumuladores de placa sinterizada**: en las que el electrodo positivo es una placa constituida de material activo formado por óxidos o sales de plomo prensado dentro de una rejilla de aleación de plomo

5.5.1.1.2 Acumuladores de plomo-ácido con válvula de regulación (VRLA)

Se distinguen dos tipos de acumuladores que disponen de válvula de regulación:

- **AGM**: (absorbed glass-mat) que emplean un sistema separador de microfibras de vidrio en el que queda absorbido el electrolito.
- **Baterías de gel**: que utilizan electrolito gelificado y separadores poliméricos para evitar cortocircuitos entre las placas positivas y negativas.

Ambos tipos carecen de electrolito líquido y teóricamente pueden colocarse en cualquier posición sin fugas de ácido. Es recomendable la confirmación de esta característica antes de que el diseño del sistema esté finalizado.

Las baterías utilizan un proceso de recombinación de oxígeno que normalmente no produce gas. Sin embargo van provistas de una válvula de seguridad para liberar cualquier exceso de presión si por cualquier razón la gasificación se produce.

Algunas de las características de este tipo de batería son:

- una vida de 5 a 10 años trabajando en flotación;
- tolerancia a ciclos de descarga profunda (hasta de un 80%);
- pérdida gradual de la capacidad trabajando en ciclos, comparada con los acumuladores de electrolito líquido.

5.5.1.2 Batería alcalina de níquel

Estas baterías utilizan compuestos de níquel y, generalmente, cadmio con una solución de hidróxido potásico como electrolito.

Los acumuladores de níquel-cadmio llevan placas de acero perforadas que contienen el material activo, principalmente un hidróxido de níquel en la placa positiva y un compuesto de cadmio en la negativa. Habitualmente se llaman acumuladores de “placa de bolsillo”.

Un amplio rango de baterías de níquel-cadmio con válvula reguladora, que emplean un proceso de recombinación, complementan ahora la utilización del tradicional diseño de acumulador de electrolito líquido. Trabajando en flotación todo gas producido se recombina dentro de la batería y la pérdida de agua es despreciable. Sin embargo si se sobrecarga la batería el gas escapará, pero puede añadirse agua si fuera necesario.

5.5.2 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

5.5.2.1 Electrolito líquido o estancas

Los acumuladores de electrolito líquido de plomo-ácido y de níquel-cadmio han proporcionado un buen servicio en muchos faros y otras ayudas a la navegación fijas. Las baterías de acumuladores de electrolito líquido de gran capacidad tienen una ventaja de coste considerable para las instalaciones grandes. Sin embargo las baterías estancas ofrecen algunas ventajes importantes como:

- son adecuadas tanto para ayudas flotantes como fijas;
- facilitan la estandarización;
- reducen el mantenimiento in-situ (trabajo, tiempo y coste);
- seguridad en el transporte y la manipulación;
- reduce el riesgo de accidentes laborales por pérdidas de electrolito;
- favorece la recuperación para un adecuado reciclaje;
- es una carga menos peligrosa para helicópteros y pequeñas embarcaciones.

5.5.2.2 Comparación Técnica

La Tabla 25[44] muestra algunas de las diferencias técnicas entre las baterías de plomo-ácido y las de níquel-cadmio.

Tabla 25Comparación de las características de funcionamiento de las baterías de plomo-ácido y de níquel-cadmio

Tipo Tecnología	Temperatura de trabajo ºC	Grado de autodescarga por mes %	Ciclo de vida al 80% de profundidad de descarga a 40ºC	Eficiencia de carga desde el 20% descargada hasta el 100% a 25ºC	Coste relativo (1990)
Placa tubular con líquido	-15 a 55	2	1800	83	1
Placa plana con líquido	-15 a 55	2	1200	80	1
Placa tubular VRLA	-30 a 50	3	1000	>90	1.6

[44] Tabla adaptada del IALABAT 2

Tipo Tecnología	Temperatura de trabajo ºC	Grado de autodescarga por mes %	Ciclo de vida al 80% de profundidad de descarga a 40ºC	Eficiencia de carga desde el 20% descargada hasta el 100% a 25ºC	Coste relativo (1990)
Placa plana VRLA	5 a 50	1	500	>90	2
Placa de bolsillo VR	-40 a 50	2	2000	71	3.9
Placa de bolsillo con líquido	-40 a 50	4	2500	71	3.9

5.5.2.3 ELIMINACIÓN DE BATERÍAS

Numerosos países tienen hoy normativas y regulaciones relativas a la seguridad y métodos aceptables medioambientalmente de eliminación o reciclado de baterías.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz IALA 1044 sobre baterías secundarias para ayudas a la navegación.*

5.6 CARGAS ELÉCTRICAS Y PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

5.6.1 CARGAS ELÉCTRICAS

IALA ha preparado una metodología estándar para calcular y definir el perfil de carga de las ayudas a la navegación eléctricas. Esta contempla las cargas de:

- luces;
- racones;
- señales sonoras eléctricas;

- detectores de niebla;
- sistemas de monitorización y telemando;
- cargadores;
- equipos de control de señales.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz IALA 1011 sobre un método estándar para el cálculo y definición del perfil de carga de las ayudas a la navegación.*

5.6.2 PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

Para ayudar a aquellos que están relacionados con el diseño de ayudas a la navegación, la IALA ha elaborado Guías que describen métodos prácticos para el diseño, instalación, inspección y comprobación de sistemas de protección contra rayos. La información cubre la protección contra rayos de las ayudas a la navegación, estructuras, equipos y sistemas.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz IALA 1012 para la protección de faros y ayudas a la navegación contra daños por rayos.*

CAPÍTULO 6. ASUNTOS SOBRE GESTIÓN

6.1 PRESTACIÓN, DISEÑO Y GESTIÓN DE LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN

6.1.1 CRITERIOS INTERNACIONALES

El Convenio internacional para la Seguridad de Vida en el Mar, 1974 (con sus modificaciones) o SOLAS es uno de los Convenios internacionales más antiguos. Tiene su origen en una conferencia celebrada en Londres en 1914 para desarrollar aspectos de seguridad en el mar después del hundimiento del crucero Titanic, de la White Star Line, en 1912. Desde entonces ha habido cuatro Convenios SOLAS, siendo la última versión la de 1974, que entró en vigor en 1980.

El Convenio SOLAS está administrado por las Naciones Unidas a través de la Organización Marítima Internacional (OMI).

El Convenio de 1974 está dividido en once capítulos y dentro de estos hay una serie de reglas. El índice[45] es:

Tabla 26Contenidos del SOLAS

Capítulo I	Disposiciones generales
Capítulo II-1	Construcción – Subdivisión y estabilidad, instalaciones eléctricas y mecánicas
Capítulo II-2	Construcción – Protección, detección y extinción de incendios
Capítulo III	Dispositivos salvavidas y su disposición
Capítulo IV	Radiocomunicaciones
Capítulo V	Seguridad en la navegación
Capítulo VI	Transporte de cargas
Capítulo VII	Transporte de mercancías peligrosas
Capítulo VIII	Buques nucleares
Capítulo IX	Gestión de maniobras seguras en los buques
Capítulo X	Medidas de seguridad para navíos de alta velocidad
Capítulo XI	Medidas especiales para incrementar la seguridad marítima
Capítulo XII	Medidas de seguridad adicionales para los buques de carga a granel
Apéndice	Certificados

6.1.1.1 SOLAS Capítulo V

El capítulo V del SOLAS y las Reglas 12 y 13 en particular, define las obligaciones de los Gobiernos firmantes para proporcionar servicios de tráfico de buques y ayudas a la navegación e información relacionada.

[45] Referencia al SOLAS consolidado, edición de 2004

Estas reglas definen así la principal función de los miembros nacionales de la IALA.

En diciembre de 2000, la 73ª Edición del Comité de Seguridad Marítima (MSC) de la OMI adoptó una versión completamente revisada del capítulo V del Convenio SOLAS, sobre seguridad de la navegación, que entró en vigor el 1 de julio de 2002.

En octubre de 2005, la OMI adoptó las resoluciones A.973(24) y A.974(24) relacionadas con el esquema de auditoria voluntaria de los estados miembros de la OMI, que incluye todos los aspectos del SOLAS, incluyendo el capítulo V, reglas 12 y 13.

6.1.1.2 SOLAS Capítulo V, Regla 13. Establecimiento y operación de ayudas a la navegación

La Regla establece:

1. Cada Gobierno firmante se compromete a proporcionar, como considere práctico y necesario, individualmente o en cooperación con otros Gobiernos firmantes, tantas ayudas a la navegación como el volumen de tráfico demande y el grado de riesgo requiera.

2. Para obtener la mayor uniformidad posible en las ayudas a la navegación, los Gobiernos firmantes se comprometen a tener en cuenta las recomendaciones y guías internacionales (se hace una referencia a la IALA) cuando se establezcan tales ayudas.

3. Los Gobiernos firmantes se comprometen a disponer los acuerdos necesarios para que la información sobre las ayudas a la navegación esté disponible para todos los interesados. Los cambios en las transmisiones en los sistemas de fijación de posición que pudieran afectar negativamente al funcionamiento de los receptores instalados en los barcos deberán ser evitados tanto como sea posible y solamente serán efectivos después de que se haya publicado un aviso de forma adecuada y con tiempo suficiente.

6.1.1.3 Comentarios

Para cumplir con las obligaciones de la regla 13, el Gobierno firmante evaluará:

- Si prestará o no algunos tipos de ayudas a la navegación;
- El tipo, número y localización de ayudas a la navegación;
- Que servicios de comunicación son adecuados para informar a los marinos.

6.1.2 NIVEL DE SERVICIO (LOS)

En general, hay tres componentes en el nivel de servicio de ayudas a la navegación:

- **Alcance**, que trata de si un servicio será proporcionado por el Gobierno firmante u otras agencias;
- **Cantidad**, que trata del tipo, tamaño, número y conjunto de ayudas a la navegación requeridas; y
- **Calidad**, que trata de la fiabilidad de funcionamiento del servicio.

La regla del SOLAS es un excelente medio para implementar el nivel de servicio en términos de "Alcance" del servicio (cuando lo prestan las Autoridades Nacionales). Cada Gobierno firmante establecerá sus propios estándares de nivel de servicio para determinar donde se prestará el mismo, basándose en criterios de beneficios, costes y riesgos.

Las siguientes normas determinarán el nivel de servicio prestado en términos de "cantidad" y "calidad" de servicio allí donde un gobierno firmante haya decidido prestar el servicio de ayuda a la navegación (AtoN).

6.1.2.1 Obligaciones Nacionales

Para satisfacer las obligaciones impuestas por el Convenio SOLAS, se recomienda a las Autoridades Nacionales crear normativas para los Niveles de Servicio (LOS) tales como:

- Revisar la cantidad y calidad del servicio, de los estándares de nivel de servicio (LOS), y de los niveles de prestaciones operativas (OPS) en una situación básica, revisándolos cuando sea necesario, reflejando los cambios producidos y evaluando los factores de riesgo teniendo en cuenta los cambios tecnológicos y recursos proporcionados por los gobiernos contratantes
- Establecer un mecanismo formal para definir los parámetros de funcionamiento y cambios que puedan ser accesibles a los usuarios potenciales. Podría incluirse una notificación inmediata, dentro de unos límites prácticos, cuando el fallo de un AtoN se hubiese identificado.

- Cuando la responsabilidad para la prestación de un servicio AtoN haya sido delegada, por ejemplo, al Estado, territorio, u organizaciones de ámbito local, o al puerto, autoridades de canales navegables, o grupos privados locales, la responsabilidad de asegurar y/o el cumplimiento de las obligaciones nacionales continuará siendo facultad de la Autoridad Nacional competente (algunas Autoridades no tienen suficientes recursos para aprobar y controlar a todos los grupos privados o Autoridades AtoN, pero harán cumplir los estándares nacionales si los usuarios notifican un problema).

6.1.2.2 Componente "cantidad" del nivel de servicio

El estándar del nivel de servicio (LOS) y el estado de prestaciones operativas (Operacional Performance Statements, OPS) para la cantidad podrán variar de país a país y regiones dependiendo del modelo utilizado, grado, nivel de riesgo y "mix" (conjunto) de las ayudas proporcionadas. Las posiciones de LOS/OPS representan un compromiso de la Autoridad Nacional con los navegantes en general que estén navegando u operando en la zona, con el Gobierno y/o otros grupos de clientes encargados de financiar el servicio de AtoN. Es importante que las declaraciones de los LOS/OPS sean claramente entendibles y estén disponibles para todo aquél que esté interesado. Las siguientes líneas resumen los pasos a seguir para la elaboración de la declaración de LOS/OPS:

6.1.2.2.1 Nivel de servicio/Estado de rendimiento operativo

Se recomienda que el establecimiento del LOS/OPS se prepare en tres etapas:

PASO 1: Determinar el diseño de uso marítimo para el área implicada e identificar los factores de riesgo tanto para el buque como para el medio ambiente, teniendo en cuenta al menos:

- Naturaleza y características del área:
  - Profundidad;
  - Aterramientos
  - Peligros;
  - Mareas y corrientes;
  - Visibilidad, previsión meteorológica, hielo en la mar;
  - Características de la línea de la costa, apreciables visiblemente o mediante radar;
  - Iluminación de fondo/ cultural medioambiental y posición relativa del sol en las rutas de tráfico marítimo.

- Análisis del tráfico incluyendo:

  - Tipo de tráfico y características del buque por grupo de uso;
  - Rutas de tráfico y velocidad, incluyendo necesidades de señalización de las mismas;
  - Volumen de tráfico por grupo de uso
  - Tipo de carga, especialmente cuando sean peligrosas.

- Evaluación del riesgo incluyendo:

  - Riesgos básicos en la navegación, especialmente en situaciones de gran tráfico;
  - Riesgo para buques causado por conflicto entre grupos de uso;
  - Riesgo para el medio ambiente como consecuencia de un incidente marítimo.

PASO 2: Desarrollar un plan integral de Navegación (NAVPLAN) para el área implicada, indicando la mezcla de AtoN consideradas necesarias para alcanzar el requerido nivel de servicio con el mejor coste. Este plan puede incluir también informes sobre a buques, requisitos de control y planes de separación para reducir aún más el riesgo de un incidente. En la medida de lo posible el NAVPLAN debería asegurar que el fallo de una única AtoN no influirá en el servicio integral AtoN, o en un sustancial aumento del riesgo.

Además, el NAVPLAN debería tener en cuenta las ayudas de navegación que llevan los buques, incluyendo la probabilidad de que estos instrumentos a bordo puedan sufrir fallos. Por este motivo, el número, tipo y mezcla de diversos tipos de AtoN suministrados deben tener en cuenta, en términos de corto plazo, los fallos de los equipos a bordo en el transcurso de una maniobra crítica, o durante un periodo prolongado.

PASO 3: Por cada AtoN propuesta, o sistema de AtoN, preparar una declaración de Prestaciones operativas (OPS). El formato de la OPS variará dependiendo del tipo de AtoN y mezcla de grupos de usuarios.

Para una señal luminosa, la OPS debería contener información de la posibilidad de que una luz pueda ser vista con el alcance solicitado cuando se aproxima un buque en cualquier momento y requiere el servicio de la AtoN. Se incluirá la visibilidad en el área, expresada como una probabilidad acumulada por el número de días y la disponibilidad del equipo AtoN basada en el tiempo medio entre fallos y el tiempo medio para reparar; o

La información podrá expresarse también en términos de máxima capacidad operativa de la luz, o total de luces en el área. De éste modo una OPS podría identificar el nivel mínimo de visibilidad en el cual la luz (o las

luces) pueden ser vistas con el alcance requerido cuando un buque se aproxima de noche. La declaración sería similar para un sistema de ayudas apagadas, por ejemplo un sistema de AtoN de apoyo visual a la navegación hasta que la visibilidad se ve reducida a menos de 1 milla náutica.

El tipo de OPS dependerá del método utilizado para medir o establecer los LOS para la cantidad del servicio.

Existen algunos métodos analíticos disponibles para el establecimiento de los valores LOS y OPS, incluyendo:

Riesgo relativo:

- El nivel de servicio estándar está basado en una escala de riesgo relativo utilizando peligros cuantificados o factores de riesgo para determinar niveles aceptables de riesgo. Los ratios estadísticos de probabilidad o porcentajes pueden ser la base, tanto para los LOS como para los OPS.

Diseño Visual:

- El nivel estándar de servicio está basado en un porcentaje estándar de tiempo en que la ayuda operativa será vista, utilizando niveles de riesgo aceptables y predeterminados, basados en interpretaciones profesionales individuales, peligros cuantificados o factor de riesgo para cada tipo y tamaño de buque. El OPS puede ser expresado en términos de porcentaje de tiempo en que la ayuda será visible debido a su conocimiento, condiciones meteorológicas, o como el nivel mínimo de visibilidad al que el sistema AtoN dará asistencia visual a la navegación o si son necesarios el Radar u otros sistemas electrónicos.
- Para radioayudas, como una estación emisora que suministra correcciones diferenciales GPS, el LOS debería tener en cuenta tanto las condiciones previstas de propagación entre el lugar de la transmisión y el usuario como la disponibilidad de equipo de ayudas a la navegación en si mismo.

6.1.2.3 Componente “Calidad” del Nivel de Servicio

Disponibilidad del equipo

La disponibilidad del equipo de una AtoN está determinada por la fiabilidad del equipo medida en términos de tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo para reparar estos fallos, medido en tiempo de avería o tiempo medio de reparación (MTTR). Cuando no es posible realizar el mantenimiento durante periodos no operativos, puede incluirse un factor adicional para los tiempos de fuera de servicio.

Los equipamientos con alta fiabilidad pueden llegar a los estándares de disponibilidad requeridos incluso con un largo MTTR. Por lo tanto las Autoridades Nacionales deberían considerarlo incluyendo un tiempo máximo de fuera de servicio especificado en el OPS, en el cual se reflejan tanto el uso como los factores de riesgo. El MTTR depende, no sólo de la facilidad con que puede detectarse un fallo y ser reparado allí mismo, sino también de las limitaciones de acceso (incluyendo condiciones meteorológicas y estado de la mar), disponibilidad del personal capacitado y de la existencia de repuestos.

Elementos clave para conseguir alta disponibilidad en los equipos:

- Elegir un equipo de fiabilidad absoluta;
- Inclusión de redundancias activas o pasivas, debido a lo remoto del lugar o al acceso limitado de la zona, así como a las malas condiciones meteorológicas o de la mar.
- La instalación de equipos de medición, en aquellos lugares donde los objetivos de disponibilidad u objetivos de tiempo máximo de fuera de servicio no son alcanzados, permitirán que los fallos potenciales sean identificados y corregidos antes que el fallo real ocurra. Para AtoN automáticas sin personal se requerirá normalmente la provisión de un sistema de monitorización remoto.
- Disponibilidad del personal adecuadamente formado y provisión de los recambios necesarios. En este contexto, las Autoridades Nacionales contemplarán la opción de una contratación externa del mantenimiento y hacer las tareas de reparación con cuidado. En particular:
    - La responsabilidad relativa a las obligaciones del SOLAS no puede ser delegada en la organización contratada.
    - Cuando se contempla la contratación externa, la Autoridad Nacional implicada deber ser capaz de auditar la actuación de la organización contratada de un modo eficiente y efectivo en la evaluación de su actuación.
    - La organización contratada deberá poseer criterios de calidad adecuados para la administración, incluyendo los requisitos de formación del personal.

Las declaraciones del Nivel de Servicio para la calidad del mismo deberían ser expresadas como una, o una combinación de las siguientes:

- Porcentaje total de la disponibilidad reflejando el porcentaje de tiempo que se espera que sea operativa cada una de las AtoN.
- Porcentaje de disponibilidad basado en la categoría o tipo de AtoN.
- Objetivos máximos totales de tiempo fuera de servicio para la totalidad de las AtoN o dentro de un área específica.

6.1.2.4 Consulta y revisión de los Niveles de Servicio (LOS)

El desarrollo de los objetivos LOS, los NAVPLAN, y las OPS para cada AtoN o área AtoN, debería ser un proceso interactivo consultando con todo grupo de usuarios y organizaciones implicadas. Se recomienda incluir en el proceso de consulta:

- Las reuniones con los representantes de los usuarios se llevarán a cabo durante el desarrollo de los estándares LOS, OPS y NAVPLAN con el fin de revisar las propuestas y llegar a un balance equitativo entre servicio, riesgo y coste;
- Reuniones periódicas para la creación de AtoNs promovidas por un Comité Asesor, cuando proceda, y mediante opiniones de operadores, tanto de navegación comercial como embarcaciones de ocio.

Se recomienda a las Autoridades Nacionales definir procedimientos para monitorizar la prestación de las AtoN individuales y realizar informes regulares de disponibilidad basados en los valores del MTBF y MTTR. En algunas ocasiones, es necesario el seguimiento del funcionamiento de los equipos como complemento a los informes de fallos que se reciben de los navegantes.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz IALA 2004 sobre niveles de servicio*

6.1.2.5 Conjunto ("mix") de Ayudas a la Navegación

Las tablas 26 y 27 proporcionan un resumen de los sistemas de ayudas a la navegación disponibles y las precisiones obtenidas. Se considera que tanto el RADAR como la marcación visual tienen una precisión de 0.5º la primera y 2º la segunda.

Tabla 27.Indicativos de precisión de sistemas de ayudas a la navegación

Distancia a la costa en m.n.	Precisión obtenible		
	> 500 m	**100 - 500 m**	**< 100 m**
Ilimitada	Posición Astronómica		GPS GLONASS
800-150	Posición Astronómica	LORAN-C	GPS GLONASS
150 - 30	Posición Astronómica Radiobalizas		GPS GLONASS LORAN-C Sistemas de Precisión
30 - 6	Posición Astronómica Radiobalizas Demoras Visuales Radiodemoras	Demoras Radar	GPS GLONASS LORAN-C Sistemas de Precisión
6 o menos		Radiobalizas Demoras Visuales Demoras Radar	GPS GLONASS LORAN-C Sistemas de Precisión

El variado tipo de ayudas a la navegación tiene ventajas e inconvenientes tanto para el usuario como para el proveedor como se indica en la tabla 28.

Tabla 28 Comparación de las ventajas y desventajas de diferentes tipos de ayudas a la navegación

Sistema	Usuarios		Proveedores	
	Ventajas	Inconvenientes	Ventajas	Inconvenientes
Visual	Puede ser utilizada para posicionamiento Transmite información inmediatamente Puede ser utilizada sin carta si el usuario tiene un buen conocimiento de la zona	El alcance depende del lugar, la altura, el color, el fondo Limitación de visibilidad Posición de las ayudas flotantes no siempre precisa	Para avisos de peligro, regulación de tráfico, guía, etc. Emplazamiento flexible. El mantenimiento requiere de un pequeño entrenamiento.	Mantenimiento caro La planificación y el mantenimiento dependen de las condiciones meteorológicas Se necesita un sistema logístico Entrenamiento del personal de mantenimiento
Radar	Identificación posible mediante racon en condiciones de visibilidad reducida Identificación mediante racon de línea de costa poco definida Sólo se requiere una ayuda a la navegación Rápido desarrollo	Equipo necesario a bordo Los racon pueden interferir si no están situados en correcta configuración, las ayudas equipadas con reflector-radar son difíciles de identificar	Puede reemplazar las ayudas visuales Avisos de peligro (peligros nuevos)	Reflectores radar necesarios Algunos buques no tienen radar Inversión elevada en Racon Entrenamiento para el mantenimiento de Racon
Radionavegación	Cobertura de Gran escala Para cualquier condición meteorológica Navegación automática Precisión posible	Equipo necesario a bordo	Poco mantenimiento, Monitorización automática Posible reducción de las ayudas visuales	Puede no estar bajo control de la Autoridad del Faro Monitorización necesaria Entrenamiento del personal de mantenimiento Gran inversión

6.1.3 GESTIÓN DEL RIESGO

Trabajar minimizando el "riesgo" es un aspecto básico de la existencia humana. El establecimiento de los primeros faros supuso una forma tangible de solucionar algunos de los problemas que surgieron cuando los humanos decidieron aventurarse en el mar y posteriormente en el mercado global con el transporte masivo de personas en barco.

Tradicionalmente el riesgo (R) se define como la probabilidad (P) de que tenga lugar un hecho no deseado multiplicada por el impacto o consecuencia (C) de ese suceso.

$$R = P \times C$$

Sin embargo, ningún caso está completamente "libre de riesgo", y por lo tanto la aceptación por parte de las Aseguradoras variará de acuerdo con lo que ellos perciban como peligro. Para compensar esto, la aceptabilidad (A) se incluye ahora en la fórmula del riesgo.

$$R = P \times C \times A$$

Los sucesos no deseados incluyen privación, pérdida o lesión a personas, propiedades o al medio ambiente.

La gestión del riesgo es un término aplicado a un proceso estructurado (lógico y sistemático) para:

- Identificar, analizar, asesorar, tratar, monitorizar y comunicar riesgos para una actividad, y
- Alcanzar un balance aceptable entre los costes de un incidente y los costes de aumentar las medidas para reducir el riesgo de que suceda el incidente.

Es igualmente útil para identificar los riesgos con un nivel detallado o amplio. También puede poner de manifiesto los riesgos desde diferentes perspectivas.

Por ejemplo, si el objetivo es la automatización y retirada de personal de un faro es probable que haya diferentes niveles de riesgo para:

- Los **proveedores** del servicio (Autoridades de ayudas a la navegación, y Técnicos de faros);
- **Usuarios** del servicio (navegantes);
- **Grupos externos** (políticos, comunidad local, grupos conservacionistas).

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz IALA 1018 sobre la gestión del riesgo*

Un número considerable de países[46] también tiene estándares sobre asesoramiento y gestión de riesgo.

6.1.3.1 Herramienta de gestión de riesgos de la IALA

La IALA está desarrollando una herramienta de gestión de riesgos que será capaz de:

- Evaluar el riesgo en puertos y canales, comparándolo con el nivel de riesgo considerado por autoridades e interesados como aceptable. Los elementos que pueden tomarse en consideración incluyen aquellos relativos a las condiciones de los buques, condiciones de tráfico, condiciones del canal, consecuencias inmediatas y consecuencias posteriores.
- Identificar las opciones de control de riesgo para disminuir el nivel de riesgo considerado como aceptable. Las opciones de control de riesgo disponibles incluyen mejorar la coordinación y la planificación; formación; reglas y procedimientos incluyendo obligatoriedad; información de navegación, meteorológica e hidrográfica; radiocomunicaciones; gestión activa del tráfico y cambios en los canales.
- Cuantificar el efecto sobre el nivel de riesgo de un puerto o canal existente que puede resultar de un cambio o reducción de cualquier medida de control de riesgo en uso.

La herramienta de gestión de riesgo también ayudará a evaluar el nivel de riesgo de puertos y canales existentes así como a determinar el nivel de riesgo previsible en propuestas de nuevos puertos y canales o si se planean modificaciones substanciales de puertos y canales existentes. La herramienta se basará en dos modelos, uno que es un Modelo Cualitativo de gestión de riesgo y otro que es un Modelo Cuantitativo de gestión de riesgo. Los dos modelos pueden usarse individualmente, secuencialmente o en paralelo.[47]

6.1.3.2 Gestión de Riesgo y Procesos de Decisión

El proceso de gestión del riesgo descrito en la Guía IALA comprende cinco pasos a seguir para una gestión estandarizada o aproximación al análisis del sistema:

[46] El ejemplo incluye Canadá, Australia y Nueva Zelanda

[47] Cuando esté disponible, el modelo de riesgo se incluirá en la documentación de la IALA disponible en la página www.iala-aism.org

a. Identificar los riesgos/peligros;
b. Evaluar riesgos;
c. Opciones de control para riesgos específicos,
d. Tomar una decisión; y
e. Entrar en acción.

El diagrama de la Fig. 22 proporciona una guía de los pasos relacionados en la Evaluación de Riesgos de la IALA y el proceso de Gestión de Riesgos.

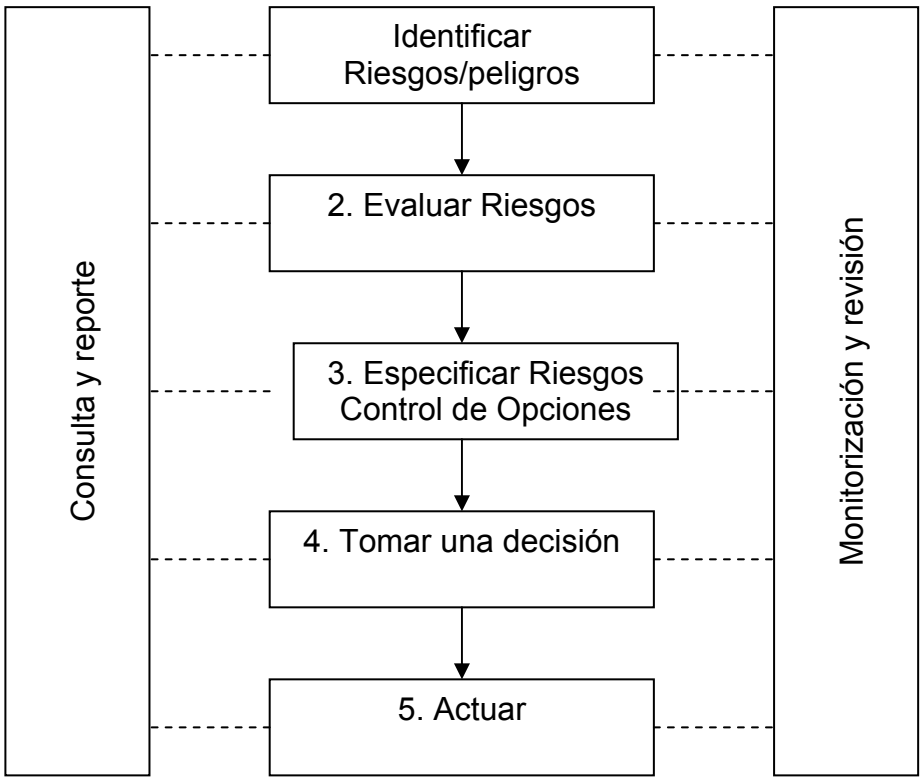


Figura 22Proceso de valoración y gestión de riesgo de la IALA

6.1.3.3 Niveles de Riesgo

Generalmente, una vez que los riesgos han sido identificados es útil ordenarlos en base a sus consecuencias. Entonces se pueden asignar los recursos para tratar los riesgos serios primero. La matriz de la figura 23 proporciona una base para priorizar los riesgos.

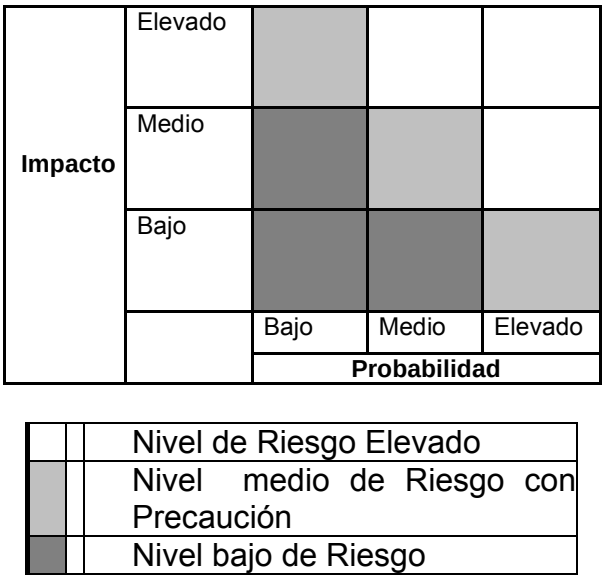


Figura 23Matriz de riesgo

6.1.3.4 Factores de riesgo en zonas costeras y canales navegables

Un análisis del riesgo asociado a un litoral, canal navegable o zona cercana a puerto debería considerar una serie de factores que contribuyesen a generalizar una exposición al riesgo. La tabla 29 facilita una indicación de los factores que podrían tenerse en consideración:

Tabla 29 Factores indicativos de riesgo relativos a la navegación

Consideración del tráfico marítimo	Volumen de tráfico	condiciones en la navegación	Configuración de los canales navegables	Consecuencias a corto plazo	Consecuencias a largo plazo
Calidad de los barcos	Calado profundo	Operaciones día-noche	Sonda	Lesión de la gente	Impactos en la salud y la seguridad
Competencia de la tripulación	Calado poco profundo	Estado de la mar	Ancho del canal	Vertido de crudo	Alteración en las condiciones de vida
Tráfico variado	Buques de pesca, mercantes	Condiciones de viento	Obstrucciones en la visibilidad	Vertido de materias peligrosas	Impactos de la pesca
Densidad de tráfico	Buques de recreo	Corrientes (río, marea, océano)	Canales navegables complejos	Daños a la propiedad	Especies en peligro
Naturaleza de la carga	Buques de alta velocidad	Restricciones de visibilidad	Tipo del fondo	Prohibición de navegar por del canal	Daños en la línea de costa
		Condiciones de hielo	Estabilidad		Daño en arrecifes
		Luz de fondo			Impacto económico
		Escombros			

6.1.4 OBJETIVOS DE DISPONIBILIDAD

6.1.4.1 HISTORIA

Los miembros de la IALA se interesaron por la disponibilidad cuando, en 1975, un número significativo de faros estaba siendo automatizado y sus técnicos retirados del lugar. La medida de la disponibilidad proporcionó un valor cuantitativo del rendimiento (o de servicio al marino), independientemente de si la ayuda a la navegación estaba atendida o no.

La disponibilidad es un indicador útil del nivel de servicio proporcionado por ayudas individuales o grupos de ayudas a la navegación porque considera todos los parámetros que influyen en la prestación y mantenimiento del servicio, bajo control de la Autoridad. Estos incluyen:

- Procedimientos de aseguramiento de calidad
- Ingeniería diseño y sistemas
- gestión
- instalación
- Procedimientos de mantenimiento
- Respuesta a los fallos
- Gestión logística.

Al desarrollar el concepto de disponibilidad, la IALA consideró necesario medir el funcionamiento de una ayuda a la navegación en un largo periodo de tiempo. Para alcanzar este objetivo, se recomendó que los cálculos usaran un intervalo de tiempo superior a 2 años. Los ejemplos originales desarrollados para las tres categorías de disponibilidad de las luces estuvieron basados en un intervalo de tiempo de 1.000 días (probablemente para simplificar más los cálculos conceptuales)

6.1.4.2 CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD

La disponibilidad de una ayuda a la navegación puede calcularse usando una de las siguientes ecuaciones y está generalmente expresada como porcentaje:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{(MTBF)}}{\text{(MTBF+MTTR)}} \text{ ó } \frac{\text{Tiempo de servicio}}{\text{Tiempo Total}} \text{ ó } - \frac{\text{(T total-T Fuera servicio)}}{\text{Tiempo total}}$$

6.1.4.3 DEFINICIÓN Y COMENTARIOS SOBRE LOS TÉRMINOS

Fiabilidad

Es la probabilidad de que una ayuda a la navegación[48], cuando está disponible, cumpla una función específica, sin fallos, bajo unas condiciones dadas en un momento específico.

Disponibilidad

Es la probabilidad de que una ayuda a la navegación o sistema de ayudas esté cumpliendo su función específica en un momento escogido al azar.

- La IALA generalmente usa el término como medida histórica del porcentaje de tiempo que una ayuda a la navegación estuvo funcionando y cumpliendo su función especifica.
- La no disponibilidad puede ser causada por un imprevisto o interrupciones no programadas (no previstas).

Continuidad

Es la probabilidad de que una ayuda a la navegación o sistema de ayudas cumpla su función específica sin interrupción durante un tiempo determinado.

- Por ejemplo, si una estación DGPS está funcionando correctamente cuando un buque está a punto de hacer su aproximación a puerto el periodo de continuidad establece que la probabilidad de que el servicio DGPS no quedará interrumpido a la hora que el buque vaya a alcanzar su atraque;
- Para sistemas GNSS, la IALA ha propuesto que el intervalo de tiempo para cálculos de continuidad se base en franjas de tres horas.

Redundancia

Cuando existe más de un medio, idéntico o distinto, capaz de cumplir una tarea o misión.

Integridad

La capacidad de avisar al usuario dentro de un determinado periodo de tiempo de que el sistema no puede usarse para la navegación[49]

[48] O cualquier otro sistema o componente
[49] Resolución OMI A.860(20) Apéndice 1

Fallo

La pérdida imprevista de la capacidad de un sistema o de parte de él para desarrollar su función requerida.

Tiempo medio entre fallos (MTBF)

Es el tiempo promedio entre fallos sucesivos de un sistema o parte de un sistema. Es una medida de fiabilidad.

- Para componentes tales como lámparas, es usual determinar estadísticamente el MTBF (o vida media) analizando una muestra representativa de los componentes que se averían;
- Para un sistema como una estación DGPS, el MTBF se establece por el número de fallos que han ocurrido dentro de un intervalo dado. Por ejemplo, si cuatro fallos ocurren en un intervalo de dos años, el MTBF debería ser de 4.380 horas (i.e. =24*365*2/4).

Tiempo medio de reparación (MTTR)

Es la medida del tiempo que la Autoridad emplea en los preparativos para realizar la reparación, movilizar sus recursos y de aplicar su capacidad técnica para corregir el fallo.

- Para un puerto pequeño, los MTTR deberían ser solamente de varias horas
- Una autoridad con una red más extensa de ayudas a la navegación puede tener tiempos MTTR equivalentes a varios días debido a las distancias y las limitaciones en el desplazamiento hasta la avería.

Tiempo en la respuesta al fallo

Es un subconjunto del MTTR, y es el intervalo transcurrido entre el conocimiento del fallo, la confirmación de los detalles y la movilización del personal para salir hacia la ayuda a la navegación.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Recomendación IALA O-130 sobre categorización y objetivos de disponibilidad de ayudas a la navegación de corto alcance.*
- *Directriz IALA 1035 sobre fiabilidad y disponibilidad de ayudas a la navegación.*

6.1.4.4 Categorías de la IALA para las ayudas tradicionales a la navegación

IALA proporciona un método para categorizar y calcular la disponibilidad de las ayudas a la navegación individuales o de sistemas de ayudas. La Recomendación O-130 no contempla otras ayudas a la navegación, consideradas en el conjunto de ayudas, tales como los sistemas de radionavegación o los Servicios de Tráfico Marítimo (VTS). Proporciona unos niveles realistas de rendimiento de funcionamiento que los miembros deben adoptar.

Tabla 30Tabla de categorización/disponibilidad

CATEGORÍA	OBJETIVO DE DISPONIBILIDAD	CÁLCULO
1	99,8%	Objetivos de disponibilidad calculados para un período de 3 años continuados. Excepto que se especifique de otro modo
2	99,0%	
3	97,0%	

- **Categoría 1**:Una ayuda a la navegación (AtoN) o conjunto de AtoN que sea considerada por la Autoridad Competente como de vital importancia para la navegación. Por ejemplo, ayudas luminosas a la navegación y racones que son esenciales para marcas de recalada, rutas principales, estrechos, canales navegables o nuevos peligros o protección del medio marino.
- **Categoría 2**: Una AtoN o conjunto de AtoN que la Autoridad Competente considere de importancia significativa. Por ejemplo, puede incluir cualquier ayuda a la navegación y racones que delimiten rutas secundarias y todas aquellas utilizadas como suplementarias a la señalización de rutas principales.
- **Categoría 3**: Una AtoN o conjunto de AtoNs que la Autoridad Competente considere de especial relevancia para la navegación.

La Recomendación también establece que el nivel mínimo absoluto de disponibilidad de una ayuda individual a la navegación será del 95%.

6.1.4.5 Disponibilidad y Continuidad de los Servicios de Radionavegación

Los objetivos de disponibilidad de los servicios de DGNSS (DGPS) se han manejado de forma diferente a los de las ayudas a la navegación

tradicionales. Esto refleja un proceso de formulación de reglas más amplias incluido en la Resolución OMI A.815(19) para un Sistema de Radionavegación Mundial.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Recomendación IALA R-121 sobre Funcionamiento y Monitorización de los servicios de DGNSS en la banda de frecuencia 283.5-325 KHz (R121).*

La Recomendación R121 mantiene la definición original de disponibilidad pero añade una frase acerca de la **"no-disponibilidad"**:

La no-disponibilidad es equivalente a **"tiempo fuera de servicio"** pero incluye interrupciones **programadas** y/o **no programadas**, (por ejemplo: mantenimiento preventivo y correctivo). La ecuación revisada se convierte en:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{MTBO})}{(\text{MTBO}+\text{MTSR})}$$

Donde:

MTBO = Tiempo medio entre apagados; sobre un período promedio de 2 años (30 días de fase oceánica).

MTSR = Tiempo medio para la restitución del servicio sobre un periodo promedio de 2 años (30 días de fase oceánica).

Ejemplo (1):

- Suponer un ciclo de mantenimiento programado de 6 meses;
- El tiempo medio de mantenimiento programado es de 0,5 años; (Ejemplo 4 apagados programados para mantenimiento en 2 años);
- Suponer un MTBF de 2 años;

El número promedio de fallos en 2 años se espera que sea aproximadamente 1; esto da un total de 5 apagados sobre el periodo de 2 años; El tiempo medio entre apagados es de 2/5 años o aproximadamente 3.500 horas;

Si el promedio de tiempo fuera de servicio para mantenimiento programado es de 6 horas; el tiempo total fuera de servicio para mantenimiento programado en el periodo de 2 años es de 24 horas;

Del mismo modo, si el periodo de mantenimiento no programado es de 12 horas, el total de tiempo fuera de servicio en 2 años será de 36 horas. Esto cubre 5 mantenimientos.

El tiempo medio para restituir el servicio es 36/5 horas o aproximadamente 7 horas;

La disponibilidad total en el periodo de 2 años es de (3.500/(3.500+7)) o el 99,8%.

Ejemplo (2):

- Suponer un ciclo de mantenimiento programado de 6 meses;
- El tiempo medio entre mantenimientos programados es de 0,5 años; por ejemplo 4 apagados de mantenimiento en 2 años;
- Asumir un MTBF de 2.000 horas;

El número promedio de fallos en 2 años (17.520 horas) se espera que sea de 8,76, redondeado hacia arriba hasta 9; esto da un total de 13 apagados en un periodo de 2 años (4 programados +9 imprevistos); tiempo mínimo entre apagados es de 17.520 horas /13 ó 1.348 horas;

Si el promedio de tiempo fuera de servicio para el mantenimiento programado es de 6 horas; el total de tiempo fuera de servicio para el mantenimiento programado en el periodo de 2 años es de 24 horas;

De forma análoga, si el mantenimiento imprevisto en el periodo es de 67 horas, el tiempo total fuera de servicio en un periodo de 2 años es de 91 horas. Esto cubre 13 casos de mantenimiento;

El tiempo medio para la restitución del servicio es de 91/13 horas o aproximadamente 7 horas. La disponibilidad total en un periodo de 2 años es 1.348 /(1.348+7) ó 99,5%.

6.1.4.6 Valores óptimos económicos

La disponibilidad actual alcanzada por una ayuda individual a la navegación es un reflejo de la calidad del proceso de establecimiento, el régimen de mantenimiento y la habilidad del personal involucrado. (ver sección6.1.2)

Prescribir un mayor nivel de disponibilidad para un sistema, como una ayuda a la navegación[50], tiene asociada una penalización en el coste. También hay una penalización de coste asociada con el mantenimiento de sistemas no fiables. La interrelación es compleja pero el objetivo es encontrar la solución de coste mínimo como se ilustra en la figura 24.

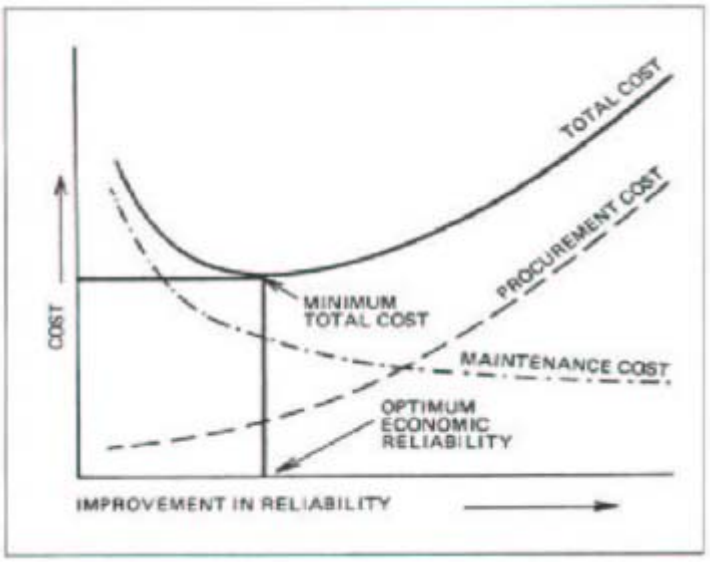


Figura 24Coste de la fiabilidad

Mejora tecnológica frente a disminución de fiabilidad

Para un faro en una localización remota, el coste de tiempo y transporte para rectificar fallos de los equipos puede ser muy alto. Desde esta perspectiva:

- Una inversión en ingeniería no es generalmente tan cara a largo plazo como el coste de atender un equipo no fiable y/o un pobre diseño del sistema;
- Un diseño conservador tiene sus méritos.

Si la ayuda no está alcanzando su objetivo de disponibilidad la Autoridad deberá asegurarse de su causa y adoptar las acciones que remedien esta situación. La IALA ha recomendado que si un equipo no puede alcanzar una disponibilidad del 95% (por ejemplo 50 días de cada 1.000) después de razonables esfuerzos, debería contemplarse la posibilidad de retirar el equipo (como ayuda a la navegación).

Si una ayuda individual dentro de un grupo está trabajando por encima de su objetivo de disponibilidad, esto podría deberse a razones técnicas o medioambientales. Si la diferencia ocurre entre diferentes localizaciones

[50] Independientemente de si el navegante requiere que se incremente o no la disponibilidad

utilizando equipos similares, y esta tendencia se ha mantenido por algún tiempo, sería beneficioso investigar las razones de la diferencia.

Si un grupo de ayudas está funcionando por encima de sus prestaciones durante un periodo relativamente largo de tiempo, hay que revisar las prácticas de mantenimiento para determinar las razones y posiblemente para considerar aumentar los intervalos de mantenimiento o reducir el esfuerzo de mantenimiento. Esto podría conducir a:

- Menores costes de funcionamiento;
- Consideraciones relativas al consiguiente exceso de capacidad de mantenimiento.

6.1.4.7 Continuidad

La OMI utiliza una definición de continuidad más elaborada que la que se dio en la sección 6.1.4.2. Establece que:

La continuidad se define como la probabilidad de que, suponiendo un receptor libre de defectos, un usuario sea capaz de determinar la posición con una precisión especificada y de monitorizar la integridad de la misma durante un corto intervalo de tiempo necesario para una operación particular dentro de una parte limitada del área de cobertura[51] .

Si el servicio está disponible al principio de la operación, entonces la probabilidad de que todavía esté disponible más tarde en el tiempo "T" es:

$$P = EXP (-T/MTBF)$$

Esta es la expresión estándar para la fiabilidad y excluye los apagados previstos. Usa el MTBF y supone que los apagados planeados serán notificados.

La continuidad, o probabilidad de que el servicio estará disponible después de un **intervalo de tiempo de continuidad** (CTI) es entonces:

$$C = EXP (- CTI / MTBF)$$

Si MTBF es mucho mayor que CTI, la ecuación se aproxima a:

$$C = 1 – (CTI / MTBF)$$

Donde:

MTBF = Tiempo medio entre fallos basado en un periodo promedio de 2 años;

[51] Es la misma definición que la de "fiabilidad de la misión"

CTI = Intervalo de tiempo de continuidad; En el caso de cálculos de ayudas a la navegación marítima, el intervalo de continuidad de tiempo es igual a 3 horas.

No hay necesidad de incluir la disponibilidad al principio del periodo de tiempo de la operación por que si no hay servicio la operación no ha comenzado.

Ejemplo (1):

Usando las cifras del ejemplo anterior para un sistema con un MTBF de 2 años; la continuidad sobre un periodo de 3 horas es 1-(3/17.520) ó 99,98%.

Ejemplo (2)

Usando las cifras del ejemplo previo para un sistema con un MTBF de 2.000 horas, la continuidad sobre un periodo de 3 horas es 1- (3/2.000), ó 99,85%.

6.1.5 REVISION Y PLANIFICACIÓN

6.1.5.1 Revisiones

En muchos países la red de ayudas a la navegación se ha construido en un largo período de tiempo, en algunos casos siglos. Debe tenerse en cuenta que el sector marítimo avanza continuamente y las infraestructuras [52] con él, de modo que las ayudas a la navegación deberían ser revisadas periódicamente. La tasa de cambio varía de un lugar a otro, pero sería razonable adoptar un protocolo de revisión utilizando una de las herramientas de gestión de cambio que se describirán más tarde y que proporciona:

- Un **Plan estratégico** con un objetivo a diez años vista, y
- Un **Plan operativo** con un objetivo, a través de un programa de trabajo, de cinco años.

6.1.5.2 Planes estratégicos

Un plan estratégico es el resultado de un proceso de información y consulta que establece los objetivos de la organización a largo plazo. Para una Autoridad de Ayudas a la Navegación debería incluir:

- El papel de la autoridad, por ejemplo:

[52] Algunas ayudas a la navegación son en realidad monumentos a accidentes históricos y son de pequeño valor para la navegación moderna

  - Para promover un alto estándar de seguridad marítima;
  - Para promocionar la creación de infraestructuras y servicios de información que apoyen la seguridad en la navegación en un área en particular;
- La forma en que la autoridad limita su responsabilidad, por ejemplo:
  - Definición de los valores corporativos de la autoridad;
  - Criterios de buen gobierno
  - Disposiciones financieras;
  - Revisiones de las tendencias industriales;
- Una comprensión de las necesidades de los usuarios y de las de la navegación.

Debido a su importancia y a sus efectos en los navegantes, todo plan estratégico debería desarrollarse en la medida de lo posible con una amplia consulta a ellos y a otros interesados.

6.1.5.3 PLANES OPERATIVOS

El plan operativo podría cubrir:

a) La **implementación del plan estratégico**, pudiendo incluir disposiciones sobre modelos de política actual tales como:

- Mantenimiento;
- Tecnología actual y nueva;
- Diseño de nueva infraestructura;
- Monitorización y control remoto;
- Faros históricos;
- Cultura de seguridad medioambiental;
- Revisiones de programas para ayudas a la navegación;
- Servicios contractuales;
- Servicios de transporte;
- Fuentes de ingresos;
- Relaciones externas [53];
- Gestión de la información, comunicación y consulta.

[53] Por ejemplo con organizaciones nacionales, estatales, territoriales o locales y asociaciones internacionales.

b) Una lista de cambios para cada una de las ayudas a la navegación, incluyendo cualquier nuevo dispositivo. La lista debería reflejar:

- Decisiones derivadas de consultas al usuario;
- Revisiones incluyendo aquellas que usen:
  - Análisis de riesgo, procesos de gestión de riesgo (ver sección 6.1.3), o;
  - Un nivel de proceso de servicio o;
  - Procedimientos de gestión de calidad de la autoridad (ver sección 6.1.7);
  - Las normas técnicas y de mantenimiento de la autoridad, etc.

. **c) Modelos de proyecto** que reflejen prioridades conocidas; tales como:

- Políticas gubernamentales;
- Necesidades del usuario;
- Recursos disponibles;
- Previsión de ingresos y gastos.

6.1.6 MEDICIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Las medición del funcionamiento representa una herramienta que puede ser utilizada para comprobar, analizar y monitorizar la actuación de una red de ayudas a la navegación y/o sistemas y equipamientos específicos. La información obtenida puede ser utilizada para:

- Mostrar las mediciones al gobierno e interesados.
- Demostrar la eficiencia y efectividad del servicio que se ha proporcionado;
- Comparar las prestaciones de:
- Sistemas análogos o equipamientos en diferentes localizaciones;
- Prestación interna de servicios[54] o contratación;
- Mejorar:
- Diseño de sistemas;
- Procedimiento de toma de decisiones;
- Elección de equipamiento;

[54] Solamente donde haya oportunidad y donde ambos estén involucradas en un trabajo similar

- Procedimientos y prácticas de mantenimiento;
- Incrementar y reducir el esfuerzo en el mantenimiento;
- Alargar los intervalos de mantenimiento;

6.1.7 GESTIÓN DE CALIDAD

Los sistemas de gestión de calidad han sido desarrollados e introducidos en numerosos negocios, principalmente basados en estándares de las series ISO 9.000. Estos estándares proporcionan un marco de trabajo ampliamente aceptado para mejorar el sistema de gestión de calidad.

Un sistema de gestión de calidad genérico es un **proceso enfocado** y define los procedimientos sobre cómo deben ser hechas las cosas y qué fuentes y recursos son necesarios. Se dirige a:

- ¿Quién hace qué?
- ¿Qué aptitudes y cualificaciones son necesarias?
- ¿Qué procesos han de seguirse para obtener resultados consistentes?
- ¿Qué recursos son necesarios para hacer el trabajo con eficacia?

Los equipos de los sistemas de ayudas a la navegación pueden dividirse en dos aspectos: el aspecto específico de ayuda a la navegación y un aspecto más genérico. Cada uno de ellos debe cumplir con las normas y reglas aplicables.

Las Recomendaciones y Directrices de la IALA proporcionan una base para el aspecto específico de ayudas a la navegación, mientras que las reglas internacionales, nacionales o regionales se aplican a los aspectos genéricos.

Referencias a publicaciones de la IALA::

Recomendación IALA o-132 sobre gestión de calidad para las autoridades de ayudas a la navegación.
Directriz IALA 1034 sobre procedimientos de certificación de productos.
Directriz IALA 1052 sobre gestión de calidad en la prestación del servicio de ayudas a la navegación.

6.1.7.1 SERIES ISO 9.000

Las normas de calidad de 1994 de las series ISO 9.001, 9.002 y 9.003 se han revisado conjuntamente y reunido en la ISO 9.001 – 2.000.
Las nuevas normas diseñadas como series ISO 9.000 comprenden:

- ISO 9.000 Sistemas de gestión de calidad – Fundamentos y vocabulario;
- ISO 9.001 Sistemas de gestión de calidad – Requisitos;
- ISO 9.004 Sistemas de gestión de calidad – Guía de mejora del desarrollo

6.1.7.2 ISO 9.001 – 2.000

ISO 9.001 especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad que pueda usarse para aplicación interna en organizaciones, para certificación o para propósitos contractuales. Se enfoca en la efectividad del sistema de gestión calidad para cumplir los requisitos del cliente. Ver la figura 25.

6.1.7.3 ISO 9.004 –2.000

ISO 9.004 proporciona una guía sobre un espectro de objetivos del sistema de gestión de calidad más amplio que la ISO 9.001, particularmente para la mejora continua del funcionamiento general y de la eficacia de una organización así como su efectividad. ISO 9.004 se recomienda como guía para las organizaciones cuyos dirigentes deseen ir más allá de los requisitos de la ISO 9.001, en persecución de una mejora continua del rendimiento. Sin embargo no tiene intención de obtener la certificación o fines contractuales.

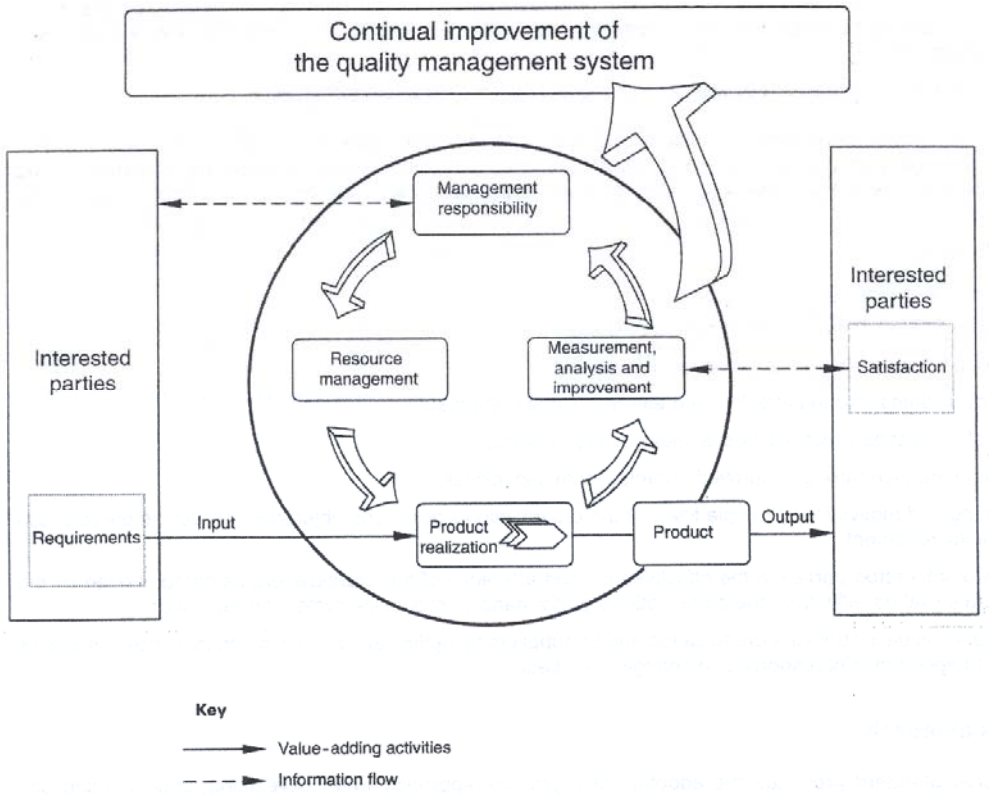


Figura 25Diagrama para ISO 9.001 mostrando el énfasis en satisfacer los requisitos del cliente.

6.1.7.4 SERIE ISO 14.000

6.1.7.4.1 ISO 14.000

Es un compendio de normas voluntarias de consenso que han sido elaboradas para ayudar a las organizaciones a obtener beneficios económicos y ambientales a través de la implementación de sistemas efectivos de gestión medioambiental.

Hay tres normas que versan sobre los Sistemas de Gestión Medioambiental (EMS). Estos son la ISO 14.001, 14.002 y 14.004. La ISO 14.001 es la única norma diseñada para la acreditación frente a terceros. Las otras normas solo se usan como guías.

6.1.7.4.2 ISO 14.001

La ISO 14.001 especifica los requisitos de un sistema de gestión medioambiental con el fin de permitir a una organización:

- formular una política y objetivos que tengan en cuenta requisitos legislativos e información acerca de los impactos medioambientales significativos;
- aplicar aquellos aspectos medioambientales que la organización pueda controlar y los que se pueda esperar que tengan influencia;
- no establece por si misma el criterio de investigación o mejora medioambiental;
- le demuestra a sí misma y a otras partes interesadas la conformidad con su política medioambiental establecida;
- busca la certificación y el registro de su sistema de gestión medioambiental mediante una organización externa;
- gestiona y evalúa un programa de mejora continua.

6.1.8 MANTENIMIENTO

6.1.8.1 Tendencias

Mientras que en años recientes se han recogido pocas estadísticas de mantenimiento, las presentaciones de la Conferencia de la IALA y los artículos del boletín, indican un interés general en ampliar los intervalos de mantenimiento. La automatización de los principales faros ha derivado en que las funciones de mantenimiento pasen de una actividad diaria a otra de menor frecuencia.

El intervalo de mantenimiento óptimo para ayudas a la navegación está determinado por la consideración de las prioridades nacionales y de las necesidades administrativas, técnicas y medioambientales de la autoridad. Donde el coste, la eficiencia y la eficacia son los motivos principales, las Autoridades están:

- Usando la automatización y las fuentes de energía renovables para contener o reducir los costos;
- Aplicando las nuevas tecnologías para:
  - Reducir los costos de explotación y adquisición;
  - Ampliar los intervalos de mantenimiento;
- Revisando las opciones de los servicios de transporte.

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz IALA 1007 sobre Mantenimiento de Faros, y;*
- *Directriz IALA 1001 sobre aseguramiento de calidad en el Mantenimiento, y Reparación de Equipos y Sistemas de Ayudas a la Navegación*
- *Directriz IALA 1003 para el establecimiento por las administraciones de la gestión de calidad en ayudas a la navegación.*

6.1.8.2 Intervalos de mantenimiento.

Los intervalos de mantenimiento para las ayudas a la navegación varían desde diariamente, en el caso de un faro habitado por personal de mantenimiento, a quizás cinco años para el caso de una boya luminosa. Es difícil establecer un punto de vista claro de los intervalos típicos de mantenimiento de un modo distinto a como están establecidos en los documentos de la conferencia y los talleres de trabajo. Algunos ejemplos incluyen:

- Los dispositivos más importantes se inspeccionan mensualmente;
- Las luces automáticas se inspeccionan con menos frecuencia (trimestral, semestral, o anualmente).

Los avances en las balizas compactas, lámparas, linternas de LED autoalimentadas y la alimentación por energía solar hacen relativamente sencillo para un sistema bien diseñado, en una estructura fija, alcanzar intervalos de servicio anual o bianual. Pueden instalarse sistemas que sólo necesitan un mantenimiento anual, evitando el mantenimiento en épocas de mal tiempo y minimizando el impacto sobre la flora y fauna.

Sin embargo hay que encontrar un equilibrio, dado que intervalos de mantenimiento mayores afectan al conocimiento que la Autoridad pueda tener de los daños causados por las tormentas, el deterioro general de las ayudas a la navegación y el control sobre el crecimiento de la vegetación, que puede incrementar el riesgo de ocultamiento y los daños debidos al fuego, etc. También puede ir en detrimento del detallado nivel de conocimiento que necesita el personal de mantenimiento.

6.1.8.3 Mejora de la eficiencia

Las Autoridades han sido capaces de alcanzar ahorros significativos de coste mediante:

Automatización

La automatización puede reducir la carga de trabajo de los fareros o permitir o la reducción de personal lo que minimiza:

- Los costos de personal;
- El consumo de energía;
- La frecuencia de reposición de almacenes;
- Compromisos en infraestructuras tales como casas o alojamientos, almacenamiento de agua y combustible y en algunos casos muelles y equipamiento para el manejo de cargas;
- Las necesidades de la estación, vehículos y equipamiento;

Equipamiento

Puede ser posible usar equipos más fiables, mejorar el diseño de sistemas con “seguridad a prueba de fallos” o “dispositivos de fallos por etapas”, junto con;

- Intervalos mas largos entre visitas de mantenimiento;
- Una revisión de los procedimientos de mantenimiento

Además, es posible usar equipos estándar para simplificar la gestión de repuestos. Esto también puede:

- Beneficiar la política de compras de la organización
- Reducir el nivel de los conocimientos requeridos por la plantilla de mantenimiento;
- Dar más flexibilidad en los requisitos de formación para contratar al personal de mantenimiento;

- Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y de las deficiencias propias en piezas concretas del equipamiento para así remediar las averías más eficientemente;

Alimentación

Convertir las ayudas a la navegación que operan con petróleo, gas o baterías primarias a energía solar o proveer linternas de LED compactas proporciona:

- Mayor flexibilidad en visitas programadas de mantenimiento debido a las fuentes de energía renovables;
- Oportunidades para ampliar los intervalos de mantenimiento

Ayudas fijas en contraposición con las flotantes

Dependiendo de la localización puede ser posible reemplazar las ayudas flotantes por estructuras fijas en vías marítimas de profundidad moderada; esto permite utilizar lanchas o buques pequeños evitando el uso de barcos boyeros.

Materiales

Introducir materiales de bajo mantenimiento como el polietileno de alta densidad, GRP, acero inoxidable, etc., puede hacer posible reducir el tiempo de mantenimiento. También se puede:

- Disminuir el número de días de barco
- Reducir la necesidad de habilidades de construcción (o mantenimiento estructural);

Monitorización remota

La monitorización remota (y el control) de las ayudas a la navegación distantes pueden ahorrar el coste de responder a lo que más tarde resulta ser una falsa alarma de avería; El análisis de los sistemas de ayudas a navegación con técnicas de evaluación y gestión de riesgos puede generar un ahorro por la reordenación o por la reducción de las ayudas a la navegación dentro de un área determinada.

6.1.9 ENTREGA DE SERVICIOS (GESTIÓN INDIRECTA)

Foto cortesía de los Commissioners of Irish Lights

Foto cortesía del Coast Guard de USA

Las autoridades con la responsabilidad de proporcionar las ayudas a la navegación son generalmente gubernamentales. Usualmente son el único **regulador** nacional de ayudas marítimas a la navegación y de infraestructuras y servicios pero no necesariamente el único **proveedor** de estos servicios. En algunos países hay una división de responsabilidades entre la autoridad que representa al gobierno nacional y otras organizaciones que incluyen:

- Autoridades territoriales y estatales;
- Organizaciones gubernamentales locales;
- Autoridades de puerto o canal o;
- Grupos privados locales.

6.1.9.1 Requisitos para la subcontratación

El convenio SOLAS se aplica a determinado rango de buques dependiendo del capítulo que se invoque. La regla 13 del capítulo V del convenio SOLAS se aplica a:

"…todos los barcos en todos los viajes, excepto:

1) buques de guerra, de apoyo naval y otros barcos propiedad u operados por los gobiernos contratantes y usados solamente en servicios no comerciales; y
2) barcos que navegan solamente por los Grandes Lagos de Norteamérica y su canales tributarios y de conexión al este de la salida más baja del paso de St. Lambert en la provincia de Québec, Canadá.[55]

[55] Solas, Capítulo V, Regla 1

Cuando hay más de una autoridad local que proporciona servicios de ayudas a la navegación, el gobierno contratante tiene la responsabilidad última para las obligaciones contraídas por el convenio SOLAS.

Las ayudas a la navegación pueden ser proporcionadas para cumplir las necesidades específicas de estos buques que frecuentemente están operados por el estado, gobiernos estatales o regionales o grupos privados.

6.1.9.2 Contratación externa (subcontratación)

En algunas partes del mundo ha habido movimientos para trasladar las actividades del gobierno al sector privado. La motivación para esto varía, pero incluye:

- Añadir flexibilidad a como realizar el trabajo;
- Romper con prácticas de trabajo que se ha comprobado que no eran eficaces;
- Acceder a una mayor cantidad de perfiles y recursos bajo pedido;
- Reconocer que según las ayudas a la navegación se hacen más fiables y los intervalos de mantenimiento se incrementan, se hace más difícil:
    - Justificar tener dotación permanentemente de personal de mantenimiento;
    - Mantener actualizadas las habilidades para el trabajo.
    - El uso de contratos bajo pedido en localizaciones regionales para mejorar los tiempos de reparación de una avería reduciendo el tiempo de viaje hasta la ayuda.

Los elementos clave para tener éxito cuando se hace un contrato exterior son:

a) Retener las suficientes destrezas dentro de la autoridad para atender las necesidades funcionales de la red de ayuda a la navegación. Esto incluye:

- Buenos conocimientos de gestión de contratos para tomar las decisiones operativas del día a día;
- Personal para ocuparse de consultar a los usuarios y planear el futuro;
- Conocimiento para actuar como un “comprador informado” de servicios.

b) Retener el control de la propiedad intelectual tal como:

- Dibujos originales;

- Documentación que cubra el diseño y configuración de ayudas individuales a la navegación;
- Un registro de instalaciones y piezas.
- Definir un conjunto llave de indicadores de funcionamiento para medir el rendimiento del contratista.

6.2 MEDIO AMBIENTE

Las ayudas a la Navegación (ATON) juegan un papel crucial en la protección del medioambiente previendo desastres marítimos de consecuencias ecológicas catastróficas tanto para el mar como para el litoral. Sin embargo, los equipamientos AtoN y las actividades en si mismas pueden producir daños medioambientales significativos como consecuencia de la polución, la producción de desechos, o la alteración de los ecosistemas. Es esencial minimizar estos impactos negativos a fin de que los beneficios de las ATONs no queden contrarrestados por los daños producidos al medioambiente de forma no intencionada, así como evitar la polución y el derroche de los recursos limitados del planeta.

6.2.1 MATERIALES PELIGROSOS

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Directriz IALA 1036 sobre consideraciones medioambientales en la ingeniería de las ayudas a la navegación*.

6.2.1.1 MERCURIO

Existen aún hoy día un buen número de faros históricos que siguen funcionando con ópticas de vidrio giratorias y pedestales con flotadores de mercurio. Fue un método ingenioso para minimizar la fricción en el movimiento de rotación de forma que pudiese girar con un mecanismo de relojería. Sin embargo dadas las propiedades tóxicas y corrosivas del mercurio, las Autoridades deben estar bien informadas acerca de los procedimientos de seguridad adecuados.

El pedestal, para una óptica giratoria de primer orden[56], contiene unos 13 litros de mercurio. El mercurio también puede encontrarse en unidades eléctricas de anillo deslizante, en equipos giratorios de grupos de luces, en algunos interruptores basculantes, interruptores de corrientes de gran intensidad, así como en manómetros y termómetros.

[56] La cantidad de mercurio que usa cada tipo de óptica se muestra en la Sección 6.2.2.2

Propiedades físicas

La tabla 31 proporciona las propiedades físicas generales del mercurio

Tabla 31 Propiedades Generales del mercurio

Apariencia	Liquido metálico plateado
Símbolo químico	Hg
Peso especifico	13.546Grs./Litro
Punto de ebullición	375ºC (630ºK)
Punto de congelación	-38.7ºC (234.3 ºK)

Riesgo de derrame

El mercurio en un sistema óptico de un faro no presenta un peligro significativo a menos que el personal entre en contacto con él directamente como resultado de derrames accidentales. Tales sucesos son generalmente el resultado de un fallo durante el trabajo de mantenimiento o de un desastre natural tal como un temblor de tierra que desplaza el mercurio del recipiente de contención.

Si se derrama el mercurio puede colarse a través de grietas en el suelo y es fácilmente absorbido por las superficies porosas, tales como el cemento, la piedra o la madera. Cuando se rompe en pequeños glóbulos o gotitas, la tasa de evaporación por área de superficie se incrementa rápidamente. Las diminutas gotitas quedarán adheridas rápidamente al polvo pudiendo formar partículas respirables.

El mercurio es una sustancia corrosiva si entra en contacto con metales como el zinc o el aluminio.

Peligros laborales

El peligro laboral asociado al mercurio se relaciona con:

- **el valor límite o umbral**[57] (TLV) que es la concentración de sustancia a la que la mayoría de trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos nocivos.
- **el límite de exposición permisible** (PEL) expresado como media de tiempo y peso. Esta es la concentración promedio de la cantidad de sustancia a la que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos nocivos en un día normal de 8 horas y 40 horas a la semana.

[57] La Agencia de Protección Medioambiental de EU tiene una página web referente al mercurio: www.epa.gov/mercury

Inhalación de vapores

El mercurio puede vaporizarse desde una superficie libre en una habitación a temperatura normal siendo éste el primer contacto, así como el más probable, que el personal de un faro puede tener con el mercurio. A menos que los niveles de vapor de mercurio hayan sido medidos con anterioridad, el personal es poco probable que sea consciente del peligro. Si el espacio de trabajo alrededor de la parte del equipo del faro que contiene el mercurio no está bien ventilado, los niveles de concentración pueden elevarse por encima de los límites recomendados y existe la posibilidad de envenenamiento por mercurio.

- El umbral típico (TLV) y la concentración en el límite de exposición permisible (PEL) de vapor de mercurio es de 0,05 mg/m³.
- Se recomienda al personal que pueda estar sometido a concentraciones de vapor de mercurio que excedan el 40% de TLV (ejemplo 0,02 mg/m³) lo haga con protección respiratoria;
- El vapor de mercurio es más pesado que el aire y tenderá a concentrarse en las partes bajas de los espacios de trabajo cerrados.

Ingestión

Es menos común que la inhalación de vapor pero puede desencadenar un envenenamiento agudo por mercurio;

Absorción a través de la piel

El mercurio no se absorbe fácilmente a través de la piel y generalmente las autoridades sanitarias no proporcionan una tasa de TLV para el contacto con ella.

Precauciones

Es recomendable que:

- El personal asignado al mantenimiento del equipo que contenga mercurio debería hacerse un chequeo médico antes del comienzo del trabajo para establecer la línea base del nivel de mercurio en su cuerpo. Deberían realizarse chequeos posteriores y periódicos para monitorizar los niveles de mercurio.
- El personal debería recibir formación sobre seguridad respecto al mercurio y limpieza de derrames, descontaminación y procedimientos de desecho de residuos;

- Deberían determinarse los niveles de vapor de mercurio en el lugar de trabajo antes del comienzo del mismo para establecer un valor de línea base;
- Deberían comprobarse las concentraciones de vapor de mercurio para asegurase de que en cualquier caso están por debajo del TLV.
- Las torres de los faros y el espacio que rodea al equipo debería estar bien ventilado cuando haya personal presente;
- El lugar de trabajo debería mantenerse limpio con niveles de polvo muy bajos.

Limpieza de derrames

Para una buena limpieza de derrames habría que:

- Mantener las temperaturas tan bajas como sea posible para limitar la vaporización.
- Dotar al personal con vestimenta de protección y respirador desechables por ejemplo:

- Un respirador desechable adecuado[58] ;
- Un calzado desechable;
- Un chubasquero también desechable;
- Protección de ojos;
- Guantes desechables;
- Comprobar las concentraciones de vapor de mercurio con un medidor de vapor de mercurio correctamente calibrado;
- Recuperar todo el mercurio visible de la superficie utilizando aspiradoras especiales o bombas de vacío de mercurio aprobadas;
- Usar polvo de azufre para neutralizar las pequeñas salpicaduras y una solución de polvo de azufre e hidróxido de calcio para lavar la superficie.

Transporte

Siempre que se transporte mercurio, debería detallarse en la parte exterior del embalaje usando una etiqueta aprobada para el tipo de transporte:

UN Nº 2809
Nombre técnico: Mercurio
Tipo de Mercancías peligrosas: 8 (corrosivo)
HAZCHEIVI: 2Z

[58] El respirador tipo 9008 de 3M es especial para este propósito.

6.2.1.2 Pinturas

Las Autoridades de ayudas a la navegación utilizan una gran cantidad y variedad de pinturas y materiales para las superficies. Existe la posibilidad de que se produzcan situaciones de peligro, así como contaminación medioambiental. Por ejemplo:

- Almacenamiento de pinturas inflamables y disolventes;
- Durante la preparación y la retirada de la pintura de una superficie para posteriormente repintar;
- Contacto con vapores y disolventes durante la aplicación;
- Limpieza y desecho de residuos.

6.2.1.3 Plomo

Las pinturas que contienen plomo han sido ampliamente utilizadas en el pasado pero ahora están restringidas o prohibidas en algunos países. Las Autoridades que mantienen los antiguos faros, probablemente se encuentren ante la necesidad de tener que retirar las pinturas que contengan plomo y desecharlas.

Se recomienda a los miembros que se asesoren sobre los riesgos y que adopten las medidas adecuadas para salvaguardar al personal y al medioambiente.

6.2.1.4 Pinturas o recubrimientos antiincrustantes

Las pinturas antiincrustantes contienen biocidas y se aplican en la obra viva de buques y ayudas flotantes a la navegación para reducir la acumulación de algas y otros organismos marinos.

Para buques en servicio la pintura antiincrustante ayuda a disminuir el consumo de fuel.

En boyas y buques-faro la acumulación de algas y organismos marinos no es especialmente perjudicial. Debido al gran número de estas ayudas a la navegación en las proximidades de los puertos y las vías marítimas interiores se prefiere utilizar pinturas menos tóxicas para reducir la contaminación medioambiental.

Se ha prohibido el uso de un grupo de pinturas antiincrustantes que utilizaba Tributylitin (TBT). Para mayor información, consultar la Convención Internacional para el Control de los Sistemas Antiincrustantes Nocivos en los Buques, publicada por la OMI.

6.2.2 CONSERVACIÓN DE FAROS

El Panel Asesor de la IALA para la conservación de Faros, Ayudas a la navegación, y el Equipos Relacionados de Interés Histórico (PHL) fue creado por el Consejo de la IALA en 1996 en respuesta al interés mostrado por los miembros sobre el valor cultural de los Faros. En 2002, el Panel se integró en el Comité de la IALA de Ingeniería, Medioambiente y Conservación (EEP).

Referencias a publicaciones de la IALA:

- *Manual de Conservación de Faros de la IALA*

Objetivos:

- Promover un mayor compromiso entre los miembros con el fin de preservar los valores históricos;
- Fomentar que los países miembros vean la conservación de propios faros en un contexto internacional;
- Compartir información sobre la materia entre miembros y no miembros, prestando especial atención al uso complementario de los faros.

Ejemplos de trabajos realizados hasta la fecha:

- El formato de una base de datos de la IALA para registrar detalles de los faros históricos;
- Un libro, titulado “Faros del Mundo” fue publicado en 1998 en versiones inglesa, francesa, alemana y española. Contempla alrededor de 180 faros históricos de todo el mundo;
- Un Seminario sobre "Aspectos prácticos de la Conservación de Faros” en Agosto de 2005;

6.2.2.1 Tamaño de lentes y Terminología

La siguiente tabla proporciona información sobre la terminología de sistemas de ópticas de cristal históricas y también sobre los característicos pedestales con flotador de mercurio (para sistemas de lentes giratorias).

Tabla 32 Terminología de sistemas de ópticas de cristal históricas y cantidades de mercurio usadas en sistemas giratorios.

Descripción	Distancia focal	Cantidad normal de mercurio para el flotador	
	mm	Kilogramos	litros
Hiper-radial	1330		
Meso-radial	1125		
Primer orden	920	175	12,9
Segundo orden	700	126	9,3
Tercer orden	500	105	7,7
Pequeño tercer orden	375	96	7,0
Cuarto orden	250		
Quinto orden	187,5		
Sexto orden	150		

6.2.2.2 Acceso de terceros a los emplazamientos de las Ayudas a la Navegación

En 1998, la IALA realizó un estudio para investigar las consecuencias del hecho de que las Autoridades permitieran que los emplazamientos de las ayudas a la navegación fueran utilizados para recopilar datos de “no-ayudas a la navegación”. Este estudio se asoció con las investigaciones del Panel Asesor de Conservación de Faros Históricos y otras ayudas a la navegación mediante usos alternativos.

Las respuestas llegaron desde un amplio número de miembros de la IALA y tenían en común algunos temas:

- Las aplicaciones predominantes eran para los datos meteorológicos (p. ej. tiempo, velocidad y dirección del viento), datos de corriente y mareas y también para instalaciones de telecomunicaciones;
- Los datos recogidos para o por otra agencia gubernamental estaban generalmente libres de pago, pero los datos obtenidos para fines comerciales tenían un determinado coste;
- El equipo de adquisición de datos debía tener su propia fuente de abastecimiento energético a menos que esas ayudas a la navegación dispusieran de energía.

La IALA reconoce que las Autoridades se enfrentan a una demanda creciente para compartir los emplazamientos de ayudas a la navegación con “terceros”. Mientras se garantice que la integridad y la seguridad de las ayudas a la navegación se mantiene, la presencia de “terceros” puede ser positiva:

- Para reducir el riesgo de vandalismo;
- Como fuente de ingresos o para compartir costes operativos (p.ej. energía eléctrica, mantenimiento de carreteras, etc);
- Como medio para monitorizar el funcionamiento de la ayuda.

Si una Autoridad recibe una solicitud para una instalación por parte de terceros, se debería aclarar primero si dicha actividad está permitida por la legislación de la Autoridad. Si no hay impedimentos la Autoridad puede tomar en consideración el negociar un acuerdo con la "tercera parte" para delimitar claramente las responsabilidades de cada una de ellas. El acuerdo debe contemplar también:

- Las condiciones a aplicar a la instalación y operación de la tercera parte para asegurarse que el equipo no compromete la integridad y la seguridad de las ayudas a la navegación ni de otras propiedades de la Autoridad.
- Acceso a la energía eléctrica. En emplazamientos con energía eléctrica de red, es aconsejable que la Autoridad requiera medición separada para los terceros, de forma que puedan recuperarse los gastos derivados del consumo eléctrico.
- Si no hubiese energía eléctrica de red disponible, sería razonable requerir que realicen el suministro con su propia fuente de energía.
- Cuando fuere necesario, la instalación de estos equipos debería tener en consideración la conservación y el valor histórico de las ayudas a la navegación.

Las Autoridades deberían reservarse el derecho de cancelar cualquier acuerdo con "terceros" si el uso continuado pone en peligro el rendimiento o la funcionalidad de las ayudas a la navegación.

6.3 ASPECTOS SOBRE RECURSOS HUMANOS

Las Autoridades responsables de las ayudas a la navegación deberían asegurarse de que todos sus empleados tengan el conocimiento, las habilidades y la formación necesaria para trabajar de un modo efectivo y seguro. El término "empleados" engloba a los últimos contratados, empleados a tiempo parcial y empleados temporales.

La ISO 9.001 sobre estándar de gestión de calidad pone especial énfasis en la competencia, formación y práctica. (ver sección 6.1.7.1)

6.3.1 HABILIDADES

Tabla 33 Proceso de desarrollo de recursos para el trabajo en las ayudas a la navegación

Habilidades	Proceso
Educación	Escuela Institución terciaria
Experiencia	Experiencia de trabajo Experiencia de trabajo relacionado
Formación	Formación por inducción Formación en el trabajo Aprendizaje a bordo Programas específicos de entrenamiento

6.3.2 FORMACIÓN PARA EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Un gran número de inspecciones de la IALA indican que, en algunas áreas, el personal de mantenimiento carece de la formación adecuada para llevar a cabo con efectividad sus tareas. Los remedios podrían ser:

- El desarrollo por parte de la Autoridad de un protocolo escrito de mantenimiento
- Llevar a cabo una revisión de los diferentes recursos para identificar las diferencias entre los recursos disponibles y los recursos necesarios para las diversas tareas de mantenimiento
- Disponer de programas de formación para minimizar las carencias, haciendo notar que:
- Los cursos modulares de formación están disponibles o pueden ser adaptados a las necesidades particulares de cada alumno o grupo de alumnos;
- La formación a través de ordenadores y los métodos de enseñanza a distancia son formas útiles de conseguir una formación continua cuando el personal está también implicado con el trabajo de campo. Será necesario algún ajuste en la programación del trabajo para adaptarse.
- Utilizar cursos de formación que estén acreditados por una institución reconocida. Esto tiene varias ventajas:

- Un alumno puede estar más motivado si él o ella pueden seguir cursos acreditados que conducen a una preparación reglada y útil (por ejemplo con perspectivas de poder continuar una carrera);

- Los cursos acreditados son beneficiosos para todos aquellos que cambien de empleo;
- Los cursos reconocidos podrían ser referenciados en las descripciones curriculares para posibles demandas de empleo.

ANEXO A - SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARÍTIMO DE LA IALA

En el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA hay 5 tipos de marcas que pueden utilizarse combinadamente. El marino puede distinguirlas fácilmente, ya que sus características son reconocibles a primera vista.

Las marcas laterales son diferentes según se trate de las regiones **A** y **B** que se describen mas adelante, mientras que los otros cuatro tipos de marcas utilizadas en el sistema son idénticos en las dos regiones.

MARCAS LATERALES

En función de un **"sentido convencional de balizamiento"** [59] las marcas laterales de la región **A** utilizan los colores rojo y verde, de día y de noche, para indicar los lados de babor y estribor respectivamente de un canal. En la región **B** la disposición de los colores es a la inversa, rojo a estribor y verde a babor.

En el punto de bifurcación de un canal puede utilizarse una marca lateral modificada para indicar el canal principal, es decir, la ruta que el servicio de señales marítimas competente considera más apropiada para navegar.

MARCAS CARDINALES:

Una marca cardinal indica que las aguas más profundas de la zona en que se encuentra colocada son las del cuadrante que da nombre a la marca. Este convenio es necesario incluso si, por ejemplo, hay aguas navegables no solamente en el cuadrante Norte de una marca cardinal Norte, sino también en los cuadrantes Este y Oeste.
El navegante sabe que al Norte de la marca está seguro pero debe consultar su carta si desea tener una información mas completa.

Las marcas cardinales no tienen forma especial, normalmente son boyas de castillete o de espeque están siempre pintadas con bandas horizontales amarillas y negras y su marca de tope característica, formada por dos conos, es de color negro.

Damos una regla nemotécnica para los colores de estas marcas:

La disposición de las bandas negras y amarillas puede recordarse fácilmente asociando la banda amarilla a las bases de los conos y la banda negra a sus vértices:

[59] La dirección del balizamiento se define generalmente desde el mar hacia la costa en el sentido de las agujas del reloj alrededor de las masas continentales. Ver MBS sección 2.1

- Conos superpuestos con los vértices hacia arriba: Banda negra encima de banda amarilla.
- Conos superpuestos por los vértices hacia abajo: Banda negra debajo de banda amarilla .
- Conos superpuestos opuestos por sus bases: banda amarilla entre dos bandas negras.
- Conos superpuestos opuestos por sus vértices: Banda negra entre dos bandas amarillas.

A las luces de las marcas cardinales se asocia también un conjunto de ritmos de luces blancas. Fundamentalmente todos los ritmos son centelleantes distinguiendo entre “muy rápidos “(Rp) o “ rápidos “ (Ct), según la cadencia del centelleo.

- En el “muy rápido “ hay 100 ó 120 centelleos por minuto,
- mientras que en el “rápido “ la cadencia es de 50 ó 60 centelleos por minuto.

Los ritmos empleados en las marcas cardinales son las siguientes:

- **Norte**: centelleante continuo, muy rápido o rápido.
- **Este**: 3 centelleos muy rápidos o rápidos seguidos de un periodo de oscuridad.
- **Sur**: 6 centelleos muy rápidos o rápidos seguidos inmediatamente de un destello largo que sigue un periodo de oscuridad.
- **Oeste**: 9 centelleos muy rápidos o rápidos seguidos de un periodo de oscuridad

El concepto de 3, 6 y 9 centelleos se recuerda muy fácilmente si se asocia a la esfera de un reloj, el destello largo definido como una aparición de luz de una duración mínima de 2 segundos, sirve solamente para evitar que los grupos de 3 ó 9 centelleos muy rápidos o rápidos se confundan con un grupo de 6 centelleos.

Se observará que hay otros 2 tipos de marcas que utilizan luces blancas pero con unos ritmos característicos que no se confunden con el ritmo de centelleos muy rápidos o rápidos de las marcas cardinales.

MARCAS DE PELIGRO AISLADO:

Las marcas de peligro aislado se colocan sobre un peligro de pequeñas dimensiones rodeado por todas partes de aguas navegables. Su marca de tope está formada por dos esferas negras superpuestas y la luz es blanca con un ritmo de grupos de dos destellos.

MARCAS DE AGUAS NAVEGABLES:

Estas marcas están también totalmente rodeadas de aguas navegables, pero no señalan ningún peligro. Pueden utilizarse, por ejemplo, como marcas de eje de un canal o como señales de recalada.

Las marcas de aguas navegables tienen un aspecto muy distinto de las boyas que balizan un peligro. Son esféricas, o de castillete o espeque, y su marca de tope es una esfera roja. Es el único tipo de marca con franjas verticales (rojas y blancas) en lugar de bandas horizontales. Cuando están provistas de luz, su color es blanco y los ritmos isofase, de ocultaciones, destellos largos o el correspondiente a la letra Morse " **A**".

MARCAS ESPECIALES.

Las marcas especiales no tienen por objeto principal ayudar a la navegación, sino indicar una zona o una configuración particular cuya naturaleza exacta está indicada en la carta u otro documento náutico.

Las marcas especiales son de color amarillo y pueden llevar una marca de tope en forma de **X,** si tienen luz es amarilla. Para evitar la posibilidad de confundir el amarillo con el blanco cuando la visibilidad no es buena, los ritmos de las luces amarillas son distintos a los empleados en las luces blancas de las marcas cardinales.
La forma de las boyas de las marcas especiales no se prestaran a confusión con las de las boyas de las marcas cuyo objeto principal es ayudar al navegante. Por ejemplo, una boya de marca especial colocada a babor de un canal puede ser cilíndrica, pero no cónica. Para precisar mejor su significación las marcas especiales pueden llevar letras o cifras.

PELIGROS NUEVOS

Se tendrá en cuenta que un "peligro nuevo", es el que todavía no está representado en los documentos náuticos. Puede balizarse duplicando exactamente la marca normal hasta que los correspondientes Avisos a los Navegantes hayan tenido la suficiente difusión.

Una marca de "peligro nuevo" puede llevar una baliza activa de radar codificada con la letra Morse "**D**".

REGLAS DEL SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARÍTIMO DE LA AISM-IALA

1. Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación

Este Sistema establece las reglas aplicables a todas las marcas fijas y flotantes (excepto faros, luces de sectores, luces y marcas de enfilación, buques-faro y boyas gigantes de navegación) destinadas a indicar:

1.1.1 Los límites laterales de los canales navegables.

1.1.2 Los peligros naturales y otros obstáculos, tales como naufragios.

1.1.3 Otras zonas o configuraciones importantes para el navegante.

1.1.4 Los peligros nuevos.

1.2. Tipos de marcas

El Sistema de Balizamiento Marítimo comprende cinco tipos de marcas que pueden emplearse combinadas:

1.2.1. Marcas laterales, utilizadas generalmente para canales bien definidos, asociadas a un sentido convencional del balizamiento. Estas marcas indican los lados de babor y estribor de la derrota que debe seguirse. En la bifurcación de un canal puede utilizarse una marca lateral modificada para indicar el canal principal. Las marcas laterales son distintas según se utilicen en una u otra de las regiones de balizamiento A y B, descritas en las secciones 2 y 8.

1.2.2.Marcas Cardinales, que se utilizan asociadas al compás del buque, para indicar al navegante donde están las aguas navegables.

1.2.3 Marcas de peligro aislado, para indicar peligros aislados de dimensiones limitadas enteramente rodeadas de aguas navegables.

1.2.4. Marcas de aguas navegables, para indicar que las aguas son navegables a su alrededor por ejemplo: marca de centro de canal .

1.2.5. Marcas especiales, cuyo objetivo principal no es ayudar a la navegación, sino indicar zonas o configuraciones a las que se hace referencia en las publicaciones náuticas.

1.3. Método empleado para caracterizar las marcas.

El significado de la marca está determinado por una o más de las siguientes características:

1.3.1. De noche: color y ritmo de la luz.

1.3.2. De día: color, forma y marca de tope.

MARCAS LATERALES.

2.1. Definición del sentido convencional de balizamiento

El sentido convencional del balizamiento, que debe indicarse en los documentos náuticos apropiados, puede ser:

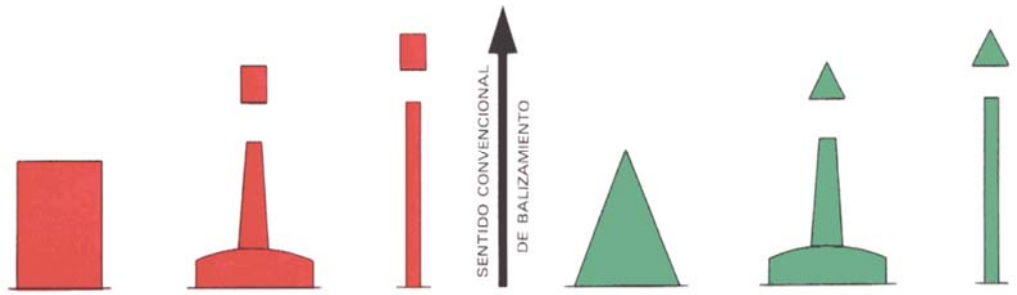
2.1.1. El sentido general que sigue el navegante que procede de alta mar, cuando se aproxima a un puerto, río, estuario o vía navegable, o

2.1.2. El sentido determinado por las Autoridades competentes, previa consulta, cuando proceda, con los países vecinos. **En principio, conviene que siga los contornos de las masas de tierra en el sentido de las agujas del reloj.**

2.2. Regiones de balizamiento

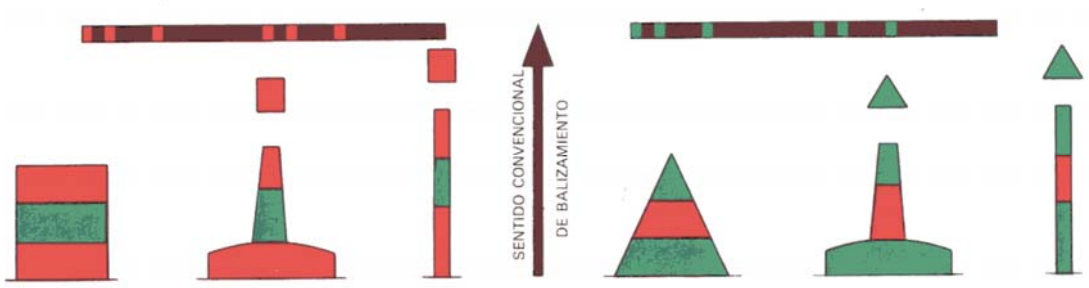
Existen dos Regiones internacionales de Balizamiento, A y B, en las que las marcas laterales son distintas. Estas regiones de balizamiento se indican en la Sección 8 .

2.3. Descripción de Marcas Laterales usadas en la Región "A"



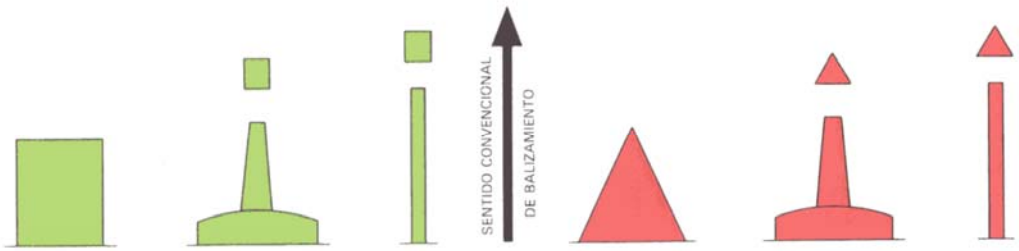
	2.3.1.Marcas de babor	**2.3.2.Marcas de Estribor**
Color	Rojo	Verde
Forma (boyas)	Cilíndrica, de castillete o espeque	Cónica, de castillete o espeque
Marca de tope (si tiene)	Un cilindro rojo	Un cono verde con el vértice hacia arriba
Luz (si tiene)		
Color	Rojo	Verde
Ritmo	Cualquiera excepto el descrito en la sección 2.3.3.	Cualquiera excepto el descrito en la sección 2.3.3.

2.3.3. En el punto de bifurcación de un canal, siguiendo el sentido convencional de balizamiento, se puede indicar el canal principal mediante una marca lateral de babor o estribor modificada de la manera siguiente:



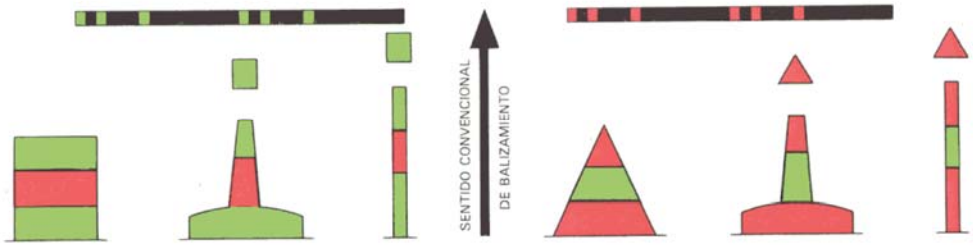
	2.3.3.1. Canal principal a estribor	**2.3.3.2. Canal principal a babor**
Color	Rojo con una banda ancha horizontal verde	Verde con una banda ancha horizontal roja
Forma (boyas)	Cilíndrica, de castillete o espeque	Cónica de castillete o espeque
Marca de tope (si tiene)	Un cilindro rojo	Un cono verde con el vértice hacia arriba
Luz (si tiene)		
Color	Roja	Verde
Ritmo	Grupos de 2 + 1 destello	Grupos de 2 + 1 destello

2.4. Descripción de las marcas laterales de la Región B



	2.4.1. Marcas de babor	**2.4.2. Marcas de estribor**
Color	Verde	Rojo
Forma (boyas)	Cilíndrica, de castillete o espeque	Cónica de castillete o espeque
Marca de tope (si tiene)	Un cilindro verde	Un cono rojo con el vértice hacia arriba
Luz (si tiene)		
Color	Verde	Rojo
Ritmo	Cualquiera excepto el descrito en la sección 2.4.3.	Cualquiera excepto el descrito en la sección 2.4.3.

2.4.3. En el punto de bifurcación de un canal, siguiendo el sentido convencional del balizamiento, se puede indicar el canal principal mediante una marca lateral de babor o estribor modificada de la manera siguiente:



	2.4.3.1. Canal principal a estribor	**2.4.3.2 Canal principal a babor**
Color	Verde con una banda ancha horizontal roja	Rojo con una banda ancha horizontal verde
Forma (boyas)	Cilíndrica, de castillete o espeque	Cónica de castillete o espeque
Marca de tope (si tiene)	Un cilindro verde	Un cono rojo con el vértice hacia arriba
Luz (si tiene)		
Color	Verde	Rojo
Ritmo	Grupos de 2 + 1 destello	Grupos de 2 + 1 destello

2.5. Reglas Generales para las Marcas Laterales.

2.5.1. Formas

Cuando las marcas laterales no se pueden identificar por la forma de boya cilíndrica o cónica, deberán estar provistas, siempre que sea posible, de la marca de tope adecuada.

2.5.2.Ordenación numérica o alfabética

Si las marcas de las márgenes de un canal están ordenadas mediante números o letras, la sucesión numérica o alfabética seguirá el “sentido convencional del balizamiento”.

3. MARCAS CARDINALES

3.1. Definición de los cuadrantes y de las marcas Cardinales.

3.1.1.Los cuatro cuadrantes (Norte, Este, Sur, Oeste) están limitados por las demoras verdaderas NW-NE, NE-SE, SE-SW, SW-NW, tomadas desde el punto que interesa balizar.

3.1.2. Una marca cardinal recibe el nombre del cuadrante en el que está colocada.

3.1.3. El nombre de una marca cardinal indica que se ha de pasar por el cuadrante correspondiente a ese nombre.

3.2. Utilización de las marcas Cardinales.

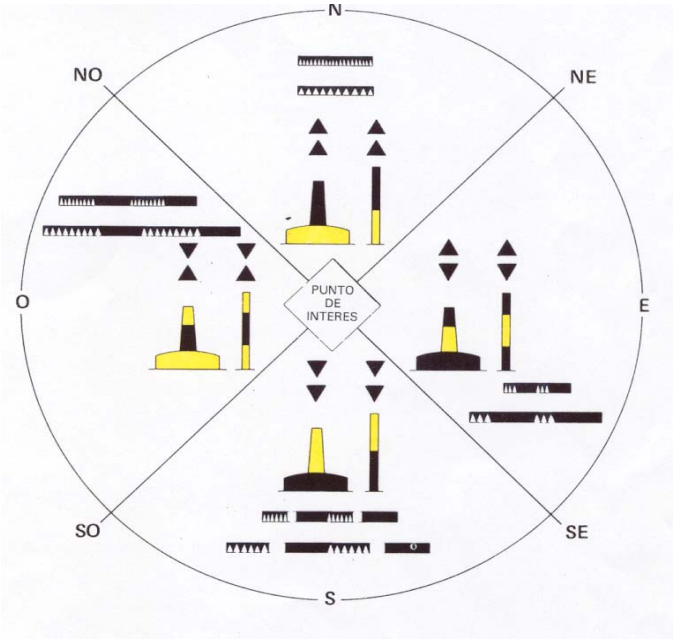
Una marca cardinal puede ser utilizada , por ejemplo:

3.2.1.Para indicar que las aguas más profundas de esa zona se encuentran en el cuadrante correspondiente al nombre de la marca.

3.2.2. Para indicar el lado por el que se ha de pasar para salvar un peligro.

3.2.3. Para llamar la atención sobre una configuración especial de un canal, tal como un recodo una confluencia, una bifurcación o el extremo de un bajo fondo.

3.3. Descripción de las marcas cardinales



	3.3.1.Marca Cardinal Norte	3.3.2.Marca Cardinal Este
Marca de tope [(a)]	Dos conos negros superpuestos con los vértices hacia arriba	Dos conos negros superpuestos opuestos por sus bases .
Color	Negro sobre amarillo	Negro con una ancha banda horizontal amarilla.
Forma (boyas)	De castillete o espeque	De castillete o espeque
Luz (si tiene)		
Color	Blanca	Blanco
Ritmo	Centelleante rápido continuo Rp o centelleante continuo Ct.	Centelleante rápido de grupos de tres centelleos GpRp-(3) cada 5 segundos o centelleante de grupos de 3 centelleos GpCt- (3) cada 10 segundos

	3.3.3.Marca Cardinal Sur	3.3.4.Marca Cardinal Oeste
Marca de tope [(a)]	Dos conos negros superpuestos con los vértices hacia abajo	Dos conos negros superpuestos opuestos por sus vértices.
Color	Amarillo sobre Negro	Amarillo con una ancha banda horizontal Negra
Forma (boyas)	De castillete o espeque	De castillete o espeque
Luz (si tiene)		
Color	Blanca	Blanco
Ritmo	Centelleante, rápido, de grupos de 6 centelleos GpRp (6) mas un destello largo cada 10 segundos o centelleante de grupos de seis centelleos GpCt(6) mas un destello largo cada 15 segundos..	Centelleante rápido de grupos de nueve centelleos GpRp-(9) cada diez segundos o centelleante de grupos de 9 centelleos GpCt- (9) cada 15 segundos

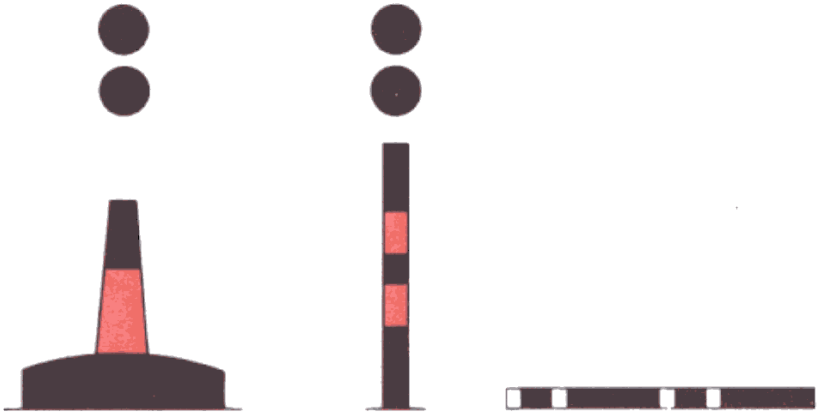
Nota: [(a)] La marca de tope, formada por dos conos superpuestos, es la característica diurna mas importante de toda marca cardinal; deberá utilizarse siempre que se pueda y será del mayor tamaño posible con una clara separación entre los dos conos .

4. MARCAS DE PELIGRO AISLADO

4.1. Definición de las marcas de peligro aislado

Una marca de peligro aislado es una marca colocada o fondeada sobre un peligro a cuyo alrededor las aguas son navegables.

4.2. Descripción de las marcas de peligro aislado.



Marca de tope (b)	Dos esferas negras superpuestas
Color	Negro con una o varias anchas bandas horizontales rojas
Forma (boyas)	A elegir pero sin que pueda prestarse a confusión con las marcas laterales;, son preferibles las formas de castillete o espeque.
Luz (si tiene)	
Color	Blanco
Ritmo	Grupos de dos destellos GpD (2)

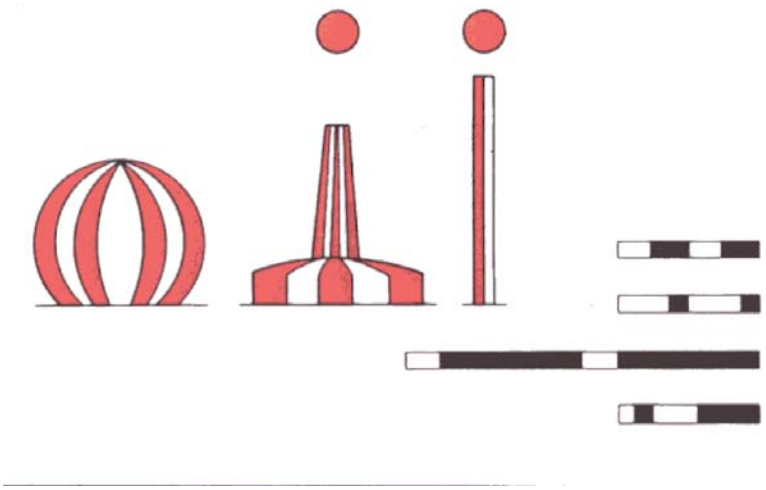
5. MARCAS DE AGUAS NAVEGABLES

5.1. Definición de las marcas de aguas navegables

Las marcas de aguas navegables sirven para indicar que las aguas son navegables alrededor de la marca; incluyen las marcas que definen los ejes de los canales y las marcas de centro de canal. Estas marcas pueden utilizarse también para indicar un punto de recalada, cuando éste no esté indicado por una marca lateral o cardinal

NOTA: (b) La marca de tope ,formada por dos esferas superpuestas, es la característica diurna mas importante de toda marca de peligro aislado ; deberá utilizarse siempre que se pueda y será del mayor tamaño posible, con una clara separación entre las dos esferas

5.2. Descripción de las marcas de aguas navegables



Color	Franjas verticales rojas y blancas
Forma (boyas)	Esférica, también de castillete o espeque con una marca de tope esférica,
Marca de tope	Una esfera roja (si tiene)
Luz (si tiene)	
Color	Blanco
Ritmo	Isofase, de ocultaciones, un destello largo cada 10 segundos o la señal de Morse **“ A** “

6. MARCAS ESPECIALES

6.1. Definición de las marcas especiales.

Estas marcas no tienen por objeto principal ayudar a la navegación, sino indicar zonas o configuraciones especiales mencionadas en los documentos náuticos apropiados, por ejemplo:

6.1.1.Marcas de un “Sistema de Adquisición de Datos Oceanográficos” (SADO).

6.1.2. Marcas de separación de tráfico donde el balizamiento convencional del canal puede prestarse a confusión.

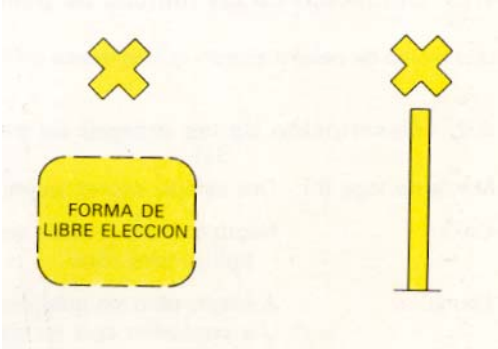
6.1.3 Marcas indicadoras de vertederos.

6.1.4. Marcas indicadoras de zonas de ejercicios militares.

6.1.5. Marcas para indicar la presencia de cables o conductos submarinos.

6.1.6. Marcas para indicar las zonas reservadas al recreo.

6.2. Descripción de las Marcas Especiales.



Color	Amarillo
Forma (boyas)	De libre elección, pero que no se preste a confusión con las marcas para ayuda a la navegación
Marca de tope (si tiene)	Un aspa amarilla
Luz (si tiene)	
Color	Amarillo
Ritmo	Cualquiera, excepto los mencionados en las secciones 3,4 ó 5.

6.3. Otras marcas especiales

La administración competente puede establecer marcas especiales, distintas a las enumeradas en el párrafo 6.1 y descritas en el párrafo 6.2 para hacer frente a circunstancias especiales. Estas marcas no se prestarán a confusión con las marcas destinadas a la navegación, habrán de figurar en las publicaciones náuticas adecuadas y ponerse en conocimiento de la Asociación Internacional de Señalización Marítima (AISM), tan pronto como se pueda.

7. PELIGROS NUEVOS

7.1 Definición de Peligro Nuevo

La expresión “peligro nuevo” se utiliza para designar peligros descubiertos recientemente que aún no figuran en las publicaciones náuticas. Los peligros nuevos comprenden los obstáculos naturales, como bancos de arena o escollos, y los peligros resultantes de la acción del hombre, como los naufragios.

7.2. Balizamiento de los peligros nuevos

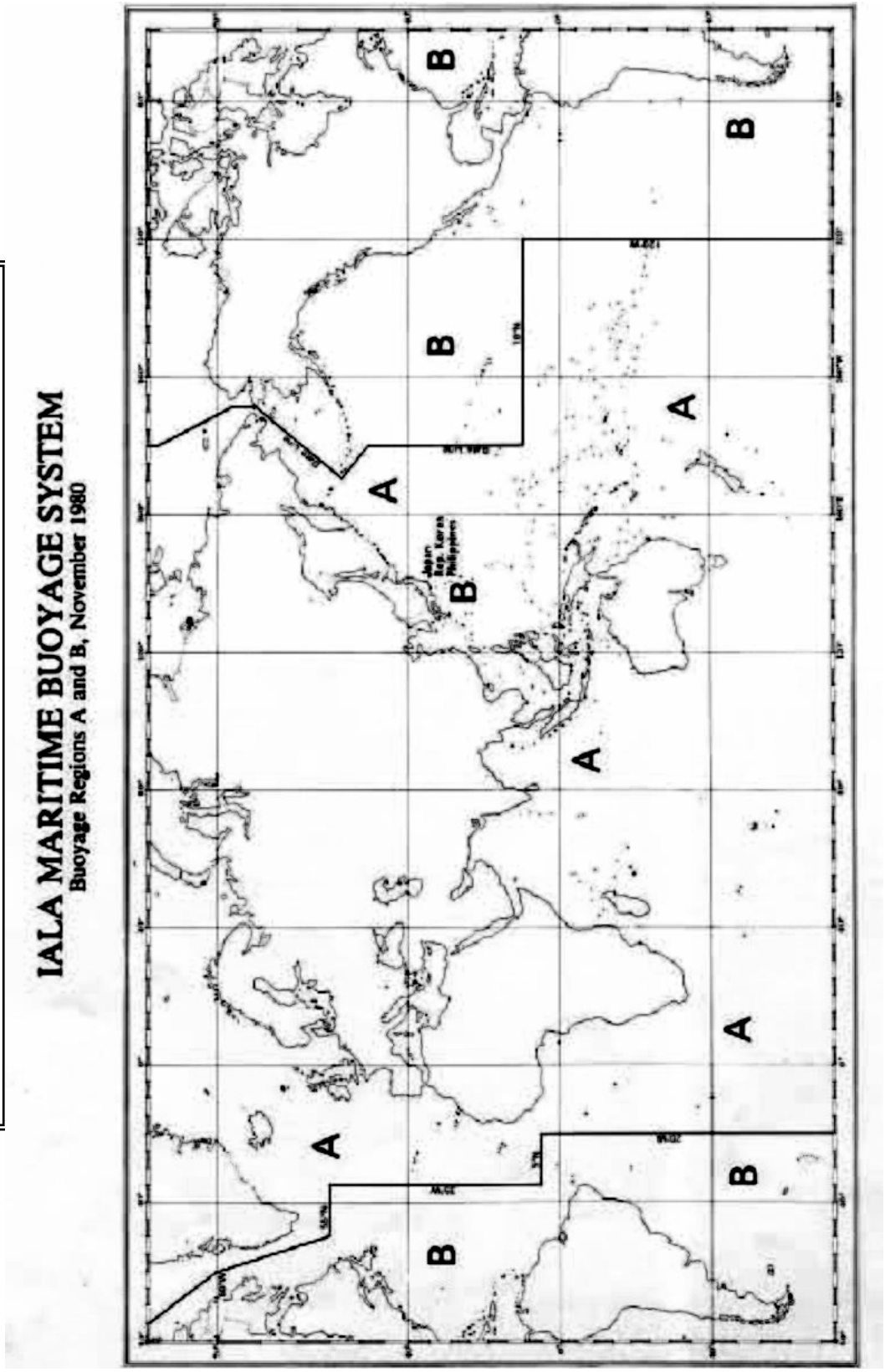
7.2.1. Los peligros nuevos serán balizados de acuerdo con las presentes reglas. Si la Autoridad responsable considera que el peligro es particularmente grave, al menos una de las marcas utilizadas se duplicará tan pronto como sea posible.

7.2.2. Cualquier señal luminosa para este caso, tendrá el ritmo centelleante o centelleante rápido correspondiente a la marca lateral o cardinal apropiada.
7.2.3. Toda marca duplicada será idéntica a su pareja en todos sus aspectos.
7.2.4. Un peligro nuevo puede ser señalizado por una baliza “racon“ codificada con la letra Morse “ D “ que dé en la pantalla del radar una señal correspondiente a una longitud de una milla náutica.
7.2.5 La marca duplicada puede ser retirada cuando la Autoridad competente considere que la información concerniente a este nuevo peligro ha sido suficientemente difundida.

8 DEFINICION DE LAS REGIONES INTERNACIONALES DE BALIZAMIENTO A y B

Existen dos regiones internacionales de balizamiento, A y B en la que las marcas laterales son distintas, según se describe en la sección 2. La división geográfica en estas dos regiones es la que se muestra en el gráfico adjunto.

REGIONES DEL SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARÍTIMO DE LA AISM-IALA



ANEXO B. INDICE DE TABLAS

TABLA 1 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE EXACTITUD PARA LOS NAVEGANTES. 20
TABLA 2. EXACTITUD DE ALGUNOS PROCESOS Y SISTEMAS DE FIJACIÓN DE POSICIÓN 26
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS NIVELES COMUNES RELATIVOS A LA NAVEGACIÓN EN AGUAS RESTRINGIDAS Y COSTERAS 29
TABLA 4.ESCALAS DE CARTA, APLICACIONES Y CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA PRECISIÓN. 31
TABLA 5. TABLA DE ALCANCE GEOGRÁFICO. 41
TABLA 6. UNIDADES FOTOMÉTRICAS DE MEDIDA 58
TABLA 7 CLASIFICACION DEL CARACTER RITMICO DE LAS LUCES 64
TABLA 8. CARÁCTER RITMICO DE LAS LUCES EN EL SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARÍTIMO DE LA IALA 72
TABLA 9. PERIODOS MÁXIMOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS LUCES DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN. 75
TABLA 10. TEMPORIZACIÓN ASTRONÓMICA. 76
TABLA 11.TABLA DE LA IALA PARA CONVERSIÓN DE INTENSIDADES LUMINOSAS Y ALCANCE NOMINAL PARA OBSERVACIONES NOCTURNAS. ESTA SUPONE UNA TRANSMISIBILIDAD ATMOSFÉRICA DE T=0,74 Y UN UMBRAL DE ILUMINACIÓN DE 0,2 MICROLUX. 77
TABLA 12. TABLA DE LA IALA PARA LA CONVERSIÓN ENTRE LA INTENSIDAD LUMINOSA Y EL ALCANCE NOMINAL DIURNO. 80
TABLA 13. DISTANCIA TÍPICA DE RECONOCIMIENTO DE LAS MARCAS DIURNAS. 81
TABLA 14. OBJETIVOS DE DISPONIBILIDAD 90
TABLA 15. COMBINACIÓN DE BOYAS Y ENFILACIONES USADAS EN CANALES DE DIFERENTES ANCHURAS. 103
TABLA 16. RANGO DE VALORES DE REDUCCIÓN DE RIESGOS PARA VARIAS COMBINACIONES DE BOYAS Y ENFILACIONES. 106
TABLA 17 TERMINOLOGÍA ACONSEJADA EN LA DESCRIPCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE OPERACIÓN DE UN RACON. 113
TABLA 18 APLICACIONES MARÍTIMAS DEL DGNSS 119
TABLA 19. ALCANCE NOMINAL 140
TABLA 20. RANGO HABITUAL 140
TABLA 21EJEMPLO DE COMSAR/CIR. 15 TÉRMINOS ESTÁNDAR 143
TABLA 22LISTA AMPLIADA DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES USADOS EN AVISOS A LA NAVEGACIÓN 144
TABLA 23FUENTES DE ENERGÍA PARA LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN. 151
TABLA 24TECNOLOGÍAS DE CÉLULAS SOLARES DE SILICIO 157
TABLA 25COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO Y DE NÍQUEL-CADMIO 162
TABLA 26CONTENIDOS DEL SOLAS 165
TABLA 27.INDICATIVOS DE PRECISIÓN DE SISTEMAS DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN 172
TABLA 28 COMPARACIÓN DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE DIFERENTES TIPOS DE AYUDAS A LA NAVEGACIÓN 173
TABLA 29 FACTORES INDICATIVOS DE RIESGO RELATIVOS A LA NAVEGACIÓN 177
TABLA 30TABLA DE CATEGORIZACIÓN/DISPONIBILIDAD 181
TABLA 31 PROPIEDADES GENERALES DEL MERCURIO 198
TABLA 32 TERMINOLOGÍA DE SISTEMAS DE ÓPTICAS DE CRISTAL HISTÓRICAS Y CANTIDADES DE MERCURIO USADAS EN SISTEMAS GIRATORIOS. 203
TABLA 33 PROCESO DE DESARROLLO DE RECURSOS PARA EL TRABAJO EN LAS AYUDAS A LA NAVEGACIÓN 205

ANEXO C. INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 LOS PAÍSES SOMBREADOS SON MIEMBROS DE LA IALA 11
FIGURA 2.ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN DE LA IALA 12
FIGURA 3. CARTA PROPORCIONADA POR LIDAR 27
FIGURA 4.NOTAS DE GPS EN LAS CARTAS 31
FIGURA 5. ILUSTRA LAS ZONAS DE COLOR EN EL DIAGRAMA DE CROMATICIDAD DE LA CIE DE 1.931 37
FIGURA 6 . ÁREAS CROMÁTICAS PERMITIDAS POR LA IALA PARA EL ROJO, AMARILLO, VERDE, AZUL, BLANCO Y NEGRO TOMADAS DEL DIAGRAMA DE CROMATICIDAD DE LA CIE 1.983, COLORES ORDINARIOS PARA LAS SUPERFICIES. CORTESÍA DE CIE. 38
FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE LA SENSIBILIDAD ESPECTRAL O CURVAS V(Λ) Y V'(Λ) PARA EL OJO HUMANO QUE MUESTRAN LA DIFERENCIA ENTRE LA VISIÓN DIURNA Y NOCTURNA. 57
FIGURA 8. ILUSTRA EL CONCEPTO DE LEY DEL INVERSO DEL CUADRADO. 60
FIGURA 9. FUNCIONES DE COLOR. CIE 1931 62
FIGURA 10. CARTA DE CROMATICIDAD X, Y. CIE 1931 63
FIGURA 11.DIAGRAMA DE ALCANCES LUMINOSOS 83
FIGURA 12. ÁNGULO DE INCERTIDUMBRE 96
FIGURA 13 98
FIGURA 14. ALGUNAS APLICACIONES DE LUCES DE SECTORES. 99
FIGURA 15. ENFILACIÓN. FOTO CORTESÍA DEL CANADIAN COAST GUARD 101
FIGURA 16. VALORES DE REDUCCIÓN DE RIESGOS PARA PAREJAS DE BOYAS NO SINCRONIZADAS. 105
FIGURA 17. EJEMPLO DE UN RACON, Y DE UNA PANTALLA DE RADAR SIN Y CON LA TRAZA DEL RACON. 112
FIGURA 18. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA AIS 122
FIGURA 19.FASES EN LA MANIOBRA DE UN BUQUE 137
FIGURA 20. LÍMITES DE LAS NAVAREAS 142
FIGURA 21. COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO DE LOS TIPOS DE GENERADORES EÓLICOS 159
FIGURA 22PROCESO DE VALORACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGO DE LA IALA 176
FIGURA 23MATRIZ DE RIESGO 177
FIGURA 24COSTE DE LA FIABILIDAD 184
FIGURA 25DIAGRAMA PARA ISO 9.001 MOSTRANDO EL ÉNFASIS EN SATISFACER LOS REQUISITOS DEL CLIENTE. 190