

## IALA Recommendation E200-2

On

### Marine Signal Lights Part 2 - Calculation, Definition and Notation of Luminous Range

Sobre

### Señales Luminosas Marítimas Parte 2 – El Cálculo, la Definición y la Notación del Alcance Luminoso

1ª Edición

Diciembre 2008

Traducción elaborada por



Puertos del Estado  
Avda. del Partenón, 10  
28042 Madrid, Spain

Tel: +34 91 524 55 26 (AtoN)  
E-mail: [AtoN@puertos.es](mailto:AtoN@puertos.es)  
Internet: [www.puertos.es](http://www.puertos.es)



10 rue des Gaudines

Saint Germain en Laye, France

Telephone: +33 1 34 51 70 01    Telefax: +33 1 34 51 82 05

E-mail: [xxx@iala-aism.org](mailto:xxx@iala-aism.org)    Internet: [www.iala-aism.org](http://www.iala-aism.org)

## Revisiones del Documento

Las revisiones realizadas al Documento de IALA se anotarán en la tabla antes de la emisión de un documento revisado.

Fecha	Página / Sección Revisada	Necesidad de Revisión

**Coordinador de la edición en español y edición final:**

**José Carlos Díez (Puertos del Estado)**

**Agradecemos la colaboración en la revisión de los borradores a:**

- **Dirección General del Territorio Marítimo y de M.M. (DIRECTEMAR) Chile.**
- **La Maquinista Valenciana (IALA-IM)**
- **Mediterráneo Señales Marítimas (IALA-IM)**

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

## **Recomendación relativa a las Señales Luminosas Marítimas Parte 2 - El Cálculo, la Definición y la Notación de Alcance Luminoso**

**(Recomendación E-200-2)**

### **EL CONSEJO:**

**RECORDANDO** la función de IALA con respecto a la Seguridad de la Navegación, la eficiencia del transporte marítimo y la protección del medio ambiente;

**RECONOCIENDO** la necesidad de publicar el rendimiento de las señales luminosas marítimas;

**RECONOCIENDO ASIMISMO**, la necesidad de especificar, diseñar y cuantificar el rendimiento de las señales luminosas marítimas a escala mundial;

**TENIENDO EN CUENTA** que este documento sólo será de aplicación a las luces de ayuda a la navegación instaladas tras la fecha de su publicación;

**ADOPTA** las tablas y los cuadros en el anexo de esta recomendación; y

**RECOMIENDA** que los Miembros Nacionales y otras Autoridades competentes que proporcionan servicios de ayuda a la navegación marítima diseñen, especifiquen y publiquen el rendimiento de las señales luminosas de ayuda a la navegación de acuerdo con el Anexo de esta recomendación.

\* \* \*

## Índice de Contenidos

<b>REVISIONES DEL DOCUMENTO</b>	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>RECOMENDACIÓN RELATIVA A LAS SEÑALES LUMINOSAS MARÍTIMAS PARTE 2- EL CÁLCULO, LA DEFINICIÓN Y LA NOTACIÓN DE ALCANCE LUMINOSO</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>5</b>
<b>ANEXO</b>	<b>6</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
1.1     Ámbito de aplicación / Objeto	6
1.2     Antecedentes / Historia:	6
<b>2 ASPECTOS FÍSICOS BÁSICOS – LA LEY DE ALLARD</b>	<b>7</b>
2.1     La ley de Allard	7
2.2     La ley de Allard empleando la transmisividad atmosférica T	7
2.3     La ley de Allard empleando la transmisividad $T_M$ para una milla náutica	8
2.4     La visibilidad meteorológica	9
2.5     La ley de Allard basada en la visibilidad meteorológica	9
<b>3 ALCANCE LUMINOSO</b>	<b>10</b>
<b>4 ALCANCE NOMINAL</b>	<b>10</b>
4.1     La definición del alcance nominal de las luces diseñadas para guiar la navegación marítima	10
4.2     La notación del alcance nominal de las luces diseñadas para guiar la navegación marítima	10
<b>5 FACTORES IMPORTANTES EN EL DISEÑO DE SEÑALES LUMINOSAS MARÍTIMAS</b>	<b>11</b>
5.1     Factor de condición de servicio	11
5.2     Condiciones locales	11
5.3     Zona de utilización	11
5.4     Luminancia de fondo	11
5.5     Luces de enfilación	12
5.6     Evaluación de adecuación	12

<b>APÉNDICE 1</b>	<b>DIAGRAMAS Y CUADROS</b>	<b>13</b>
<b>1</b>	<b>LA VISIBILIDAD METEOROLÓGICA Y LA TRANSMISIVIDAD</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>ALCANCE LUMINOSO NOCTURNO</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>ALCANCE NOMINAL NOCTURNO</b>	<b>15</b>
3.1	Compensación de la iluminación de fondo (de noche)	16
<b>4</b>	<b>ALCANCE LUMINOSO DIURNO</b>	<b>17</b>
4.1	Estimación de la iluminancia necesaria para el alcance diurno	17
4.2	Explicación de diagrama diurno	19
4.2.1	Utilización del gráfico (Figura 2):	19
<b>5</b>	<b>ALCANCE NOMINAL DIURNO</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>22</b>

## Índice de Figuras

Figura 1	Un gráfico de la visibilidad meteorológica vs. la transmisividad atmosférica ( $T_m$ )	13
Figura 2	Diagrama del alcance luminoso nocturno	14
Figura 3	Diagrama del alcance luminoso diurno	18

## Índice de Cuadros

Cuadro 1	Cuadro de alcances nominales nocturnos (redondeados a la milla náutica más cercana)	15
Cuadro 2	La luminancia de fondo en varias condiciones meteorológicas	19
Cuadro 3	Cuadro de alcances nominales diurnos (redondeados a la milla náutica más cercana)	20
Cuadro 4	Cuadro del alcance nominal para varios valores de luminancia de fondo (de noche y de día)	21

## **Anexo**

### **Recomendación E-200-2**

### **Señales Luminosas Marítimas**

## **Parte 2 - La notación de la intensidad luminosa y el alcance**

### **1 INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Ámbito de aplicación / Objeto**

El ámbito de esta recomendación consiste en permitir a los proveedores y a los fabricantes de luces de ayuda a la navegación marítima, así como a los marineros, a que puedan determinar el alcance luminoso de dichas luces en función de su intensidad y de la visibilidad meteorológica. Esta recomendación enlaza las características físicas y fotométricas de las luces de las ayudas a la navegación marítima con la información proporcionada al marinero sobre el alcance luminoso.

En cuanto a los proveedores de luces de ayuda a la navegación marítima, esta recomendación se utilizará para estimar la intensidad luminosa necesaria a la hora de diseñar dichas luces. Los fabricantes de luces de ayuda a la navegación marítima proporcionarán información sobre el alcance luminoso nominal (también denominado el «alcance nominal») de sus luces de acuerdo con esta recomendación.

#### **1.2 Antecedentes / Historia:**

La definición de IALA del alcance luminoso de las luces se introdujo, por vez primera, mediante una recomendación en el año 1966 [1]. Durante muchos años, dicha definición ha sido una base importante para la descripción de las luces de ayuda a la navegación marítima.

Sin embargo, desde el año 1966, se han realizado varios añadidos a la definición del alcance luminoso, que se establecieron a lo largo de cinco documentos de IALA ([2], [3], [4], [5], [6]).

A fin de evitar la confusión, la información contenida en esos seis documentos se ha refundido en un único documento sobre el cálculo, la definición y la notación del alcance luminoso de las luces, lo que ayuda a diferenciar entre los diferentes valores de iluminancia necesarios (en el ojo del observador), así como a su aplicación.

Las dos recomendaciones básicas, la [1] y la [3], incluyeron nomogramas para la estimación del alcance luminoso y dichos nomogramas siguen vigentes. Sin embargo, la utilización generalizada del modelado por ordenador significa que hoy en día es factible basar la estimación del alcance luminoso en fórmulas. Por lo tanto, estas fórmulas se han proporcionado en esta recomendación.

Tanto las recomendaciones anteriores de IALA como el Diccionario de IALA utilizan la «milla marina» como la unidad de medición del alcance luminoso, del alcance nominal y de la visibilidad meteorológica. Este documento reemplaza la milla marina por la milla náutica como la unidad de medición preferida y como la unidad de medición empleada en las definiciones. La diferencia entre una milla marina (alrededor de 1853,2 m) y una milla náutica (1852 m) es mínima, y sin apenas consecuencias prácticas para estos cálculos. Se ha elegido la milla náutica como la unidad de medición porque se utiliza más extensamente que la milla marina.

En muchos países, sin embargo, es obligatorio el uso de las unidades del Sistema Internacional (SI). La «milla náutica» y las unidades derivadas de ella no forman parte del

Sistema Internacional de Unidades. Uno de los objetivos de esta recomendación consiste en proporcionar al lector las fórmulas necesarias para poder convertir las unidades del SI a las unidades empleadas en la navegación.

## 2 ASPECTOS FÍSICOS BÁSICOS – LA LEY DE ALLARD

La iluminancia de una señal luminosa en el ojo del observador se puede calcular mediante una ley física conocida como la ley de Allard.

### 2.1 La ley de Allard

La ley de Allard permite realizar el cálculo de la iluminancia E en función de la distancia d, la intensidad luminosa I y un factor exponencial z.

$$E(d) = I \frac{e^{-zd}}{d^2}$$

*ecuación 1*

El factor exponencial z describe la absorción atmosférica y la dispersión (extinción). En la práctica, existen maneras alternativas de caracterizar la atmósfera reinante, que son los que figuran a continuación.

### 2.2 La ley de Allard empleando la transmisividad atmosférica T

La transmisividad atmosférica (T) se define como el ratio entre flujo luminoso transmitido por la atmósfera a lo largo de una unidad de distancia y el flujo luminoso que se habría transmitido en el vacío por el mismo recorrido.

$$T = \frac{\Phi(d_U)}{\Phi_{\text{vacío}}(d_U)}$$

*ecuación 2*

Donde:

T es la transmisividad atmosférica (sin dimensiones)

$\Phi(d_U)$  es el flujo luminoso en la unidad de distancia tras atravesar la atmósfera

$\Phi_{\text{vacío}}(d_U)$  es el flujo luminoso teórico en la unidad de distancia tras atravesar un vacío

$d_U$  es la unidad de distancia

Ya que el ratio de los flujos luminosos en la ecuación 2 es igual al ratio de los valores correspondientes de iluminancia, la ecuación 2 se podría expresar de la siguiente forma:

$$T = \frac{E(d_U)}{E_{\text{vacío}}(d_U)}$$

*ecuación 3*

Donde:

$E(d_U)$  es la iluminancia en la unidad de distancia tras atravesar la atmósfera

$E_{\text{vacío}}(d_U)$  es la iluminancia teórica en la unidad de distancia tras atravesar un vacío

Insertando las expresiones para  $E(d_U)$  y  $E_{\text{vacío}}(d_U)$  de la ecuación 1 en la ecuación 3, y teniendo en cuenta que para  $E_{\text{vacío}}(d_U)$   $z = 0$ , la ecuación 3 se convierte en

$$T = e^{-zd_U}$$

ecuación 4

Combinando las ecuaciones 1 y 4 nos da:

$$E(d) = I \frac{T^{d/d_U}}{d^2}$$

ecuación 5

### 2.3 La ley de Allard empleando la transmisividad $T_M$ para una milla náutica

Se elige una milla náutica como la unidad de distancia para la transmisividad. Expresando todo en unidades métricas, la ecuación 5 toma la siguiente forma:

$$E(d) = I \frac{T_M^{d/d_U}}{d^2}$$

ecuación 6

Donde:

$E(d)$  es la iluminancia en la distancia  $d$  en metros

$I$  es la intensidad luminosa en candelas

$T_M$  es la transmisividad atmosférica [sin dimensiones] para 1 milla náutica

$d$  es la distancia en metros

$d_U$  es la unidad de distancia que corresponde a la transmisividad [1852 m]

En la práctica, la distancia  $d$  se expresa en millas náuticas. Utilizando el hecho de que una milla náutica es igual a 1852 metros y suprimiendo la unidad de distancia en el exponente, la ecuación 6 se puede expresar de la siguiente manera:

$$E(d) = I \frac{T_M^d}{\left(1852 \frac{\text{metros}}{\text{milla náutica}} \times d\right)^2}$$

ecuación 7

donde  $d$  es la distancia en millas náuticas.

Simplificando y suprimiendo los resultados de todas las unidades nos da:

$$E(d) = \frac{I}{(3,43 \times 10^6)} \frac{T_M^d}{d^2}$$

ecuación 8

Donde:

$E(d)$  es la iluminancia en el ojo del observador en  $\text{lm}/\text{m}^2$  [lx]

$I$  es la intensidad luminosa de la luz [cd]

$T_M$  es la transmisividad para una milla náutica de la atmósfera

$d$  es el valor numérico de la distancia en millas náuticas



## 2.4 La visibilidad meteorológica

La visibilidad meteorológica es una manera alternativa de describir la extinción por la atmósfera del objeto percibido, que en el desarrollo anterior se caracteriza cuantitativamente por la transmisividad atmosférica.

La visibilidad meteorológica es la mayor distancia desde la cual se puede percibir y reconocer de día un objeto negro de las dimensiones adecuadas contra el cielo del horizonte o, en el caso de observaciones nocturnas, que se podría ver y reconocer si la iluminación general se aumentara al nivel diurno [2].

Por definición, la relación entre la visibilidad meteorológica (V) y la transmisividad es la siguiente:

$$V = \frac{\ln 0,05}{\ln T_M} \times d_U$$

*ecuación 9*

Donde:

V es la visibilidad meteorológica en millas náuticas

$T_M$  es la transmisividad atmosférica [sin dimensiones] para una milla náutica

$d_U$  es la unidad de distancia de 1 milla náutica

Suprimiendo las unidades y suprimiendo la unidad de distancia nos da:

$$V = \frac{\ln 0,05}{\ln T_M}$$

*ecuación 10*

## 2.5 La ley de Allard basada en la visibilidad meteorológica

En el diccionario de IALA, se recomienda que la extinción atmosférica se describa empleando la visibilidad meteorológica V y no la transmisividad  $T_M$ .

La ley de Allard se puede expresar empleando la visibilidad meteorológica mediante la combinación de la ecuación 8 y la ecuación 10.

$$E(d) = \frac{I}{(3,43 \times 10^6)} \frac{0,05^{\frac{d}{V}}}{d^2}$$

*ecuación 11*

Donde:

E(d) es la iluminancia en el ojo del observador [lx]

I es la intensidad luminosa de la luz [cd]

d es la distancia en millas náuticas

V es la visibilidad meteorológica en millas náuticas

Las unidades (no mostradas) asociadas a  $(3,43 \times 10^6)$  son  $m^2/M^2$

### 3 ALCANCE LUMINOSO

En el caso de una luz que se percibe como una fuente puntual, el **alcance luminoso D** se define como la distancia máxima desde la cual la luz se pueda percibir, que viene determinada por la intensidad luminosa  $I$  de la luz, la visibilidad meteorológica  $V$  y la «iluminancia necesaria» (anteriormente denominada el umbral)  $E_t$  en el ojo del observador. A esta distancia, la iluminancia  $E$  en el ojo del observador se reduce al valor  $E_t$ .

Insertando tales parámetros en la ecuación 11 y reorganizándola nos da:

$$I = (3,43 \times 10^6) E_t D^2 (0.05)^{\frac{D}{V}}$$

ecuación 12

Donde:

- $I$  es la intensidad luminosa de la luz [cd]
- $E_t$  es la iluminancia necesaria en el ojo del observador [lx] (véase el apartado 4.1)
- $D$  es el alcance luminoso en millas náuticas
- $V$  es la visibilidad meteorológica en millas náuticas

Se recomienda la ecuación 12 para el cálculo del alcance luminoso de las señales luminosas. A raíz del carácter numérico de la ecuación 12, la iteración numérica es necesaria para calcular el alcance luminoso  $D$ . Una estimación aproximada de  $D$  se puede obtener de los nomogramas proporcionados en esta recomendación.

### 4 ALCANCE NOMINAL

#### 4.1 La definición del alcance nominal de las luces diseñadas para guiar la navegación marítima

IALA recomienda que se defina el alcance nominal de las señales luminosas marítimas diseñadas para guiar la navegación marítima de la siguiente forma:

*El alcance nominal de una señal luminosa marítima es la distancia, en millas náuticas, desde la cual dicha señal luminosa produce una iluminancia en el ojo del observador:*

- de  $2 \times 10^{-7}$  lx para el alcance nocturno
- de  $1 \times 10^{-3}$  lx para el alcance diurno

*Se asumirá que la visibilidad meteorológica  $V$  es igual a 10 millas náuticas ( $T_M = 0,7411$ ) y que la atmósfera es homogénea.*

*Nota: Para consideraciones adicionales acerca de los valores de la iluminancia necesarios, véase el apartado A1.2.3.*

#### 4.2 La notación del alcance nominal de las luces diseñadas para guiar la navegación marítima

IALA recomienda que se publique en los «Listados de Luces» («Libro de Faros») la *información que figura a continuación* acerca del alcance nominal de las luces diseñadas para guiar la navegación marítima:

- *El alcance nominal de las luces diseñadas para guiar la navegación marítima de noche;*

- *Cuando proceda, el alcance nominal de las luces diseñadas para guiar la navegación marítima de día;*
- *Nomogramas que permitan a los marineros estimar el alcance luminoso de las luces diseñadas para guiar la navegación marítima de día o de noche en función de su alcance nominal, la visibilidad meteorológica reinante y, cuando proceda, la luminancia del cielo en la dirección de observación.*

## **5 FACTORES IMPORTANTES EN EL DISEÑO DE SEÑALES LUMINOSAS MARÍTIMAS**

Los factores que figuran a continuación son importantes y se tomarán en cuenta a la hora de elegir las señales luminosas de ayuda a la navegación marítima para su instalación. Por consiguiente, podría resultar necesaria una intensidad luminosa diferente para obtener el alcance requerido.

### **5.1 Factor de condición de servicio**

En instalaciones prácticas, se tomará en cuenta la disminución de la intensidad luminosa por condiciones del servicio como resultado de la degradación de la fuente luminosa, la suciedad y el salitre de las linternas, etc. Se recomienda que el valor de intensidad empleada en el cálculo del alcance nominal de la publicación, incluya este factor de servicio. Se recomienda que se tome el valor de 0,75 (correspondiente a una reducción de la intensidad del 25%) como dicho factor de servicio. Aunque este factor de condiciones de servicio incluya la degradación del rendimiento de luz que sale de la fuente luminosa, se tomará nota de que algunas fuentes luminosas, tales como las lámparas de descarga y los LEDs, pueden llegar a degradarse considerablemente más que el 25% durante el curso de su vida útil. A la hora de diseñar e instalar señales luminosas de ayuda a la navegación, se tomará en consideración la degradación durante el periodo de servicio, así como a lo largo de la vida útil del equipo.

### **5.2 Condiciones locales**

Las condiciones reinantes de visibilidad varían según los diferentes emplazamientos geográficos. Este hecho, por lo tanto, se tomará en cuenta a la hora de elegir una luz. La elección se realizará en base al valor del alcance luminoso práctico y no en base al alcance nominal.

### **5.3 Zona de utilización**

El alcance necesario podría variar según la zona de utilización de la luz.

### **5.4 Luminancia de fondo**

Los diferentes niveles de luminancia de fondo podrían requerir diferentes valores de iluminancia (véase el Apéndice 1).

### **5.5 Luces de enfilación**

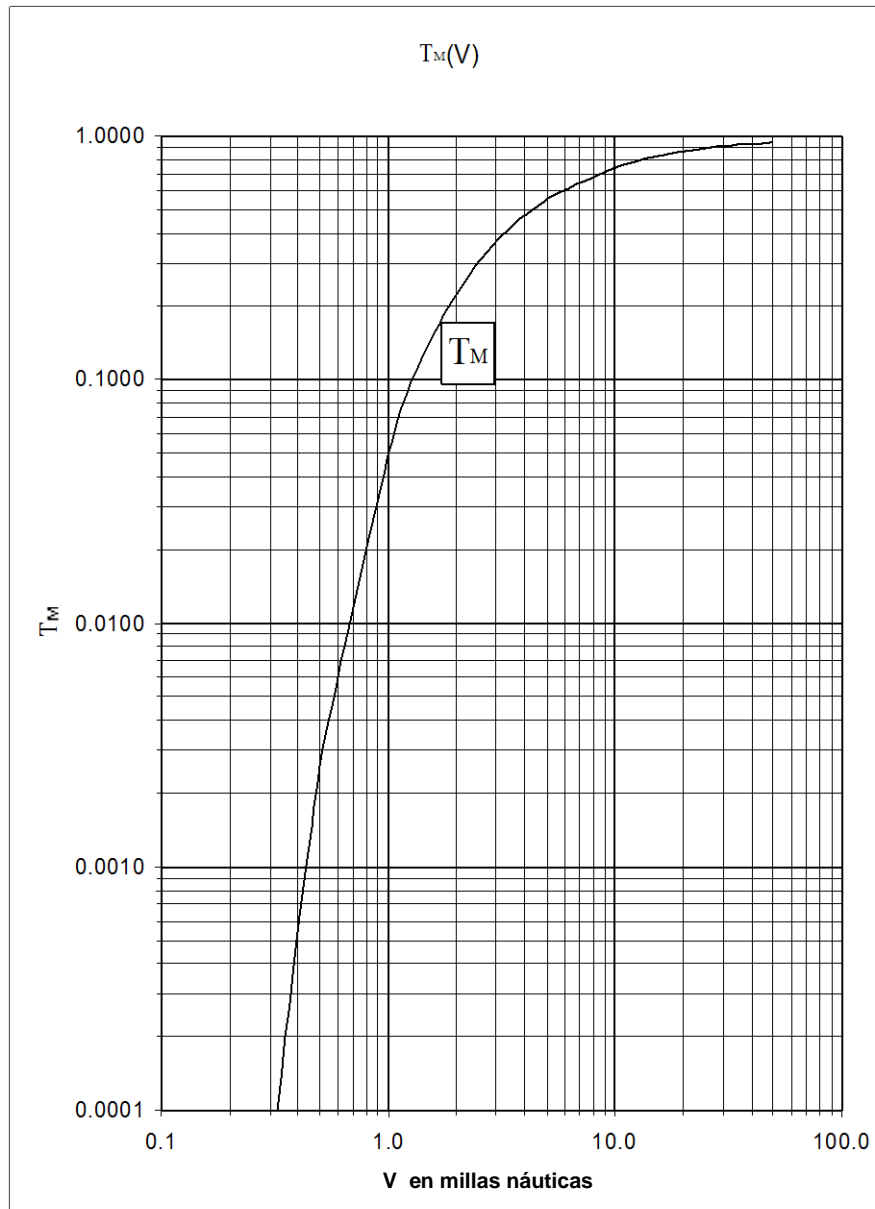
Es importante tomar nota de que una luz de enfilación, como cualquier otra luz nocturna, tendrá un alcance nominal que corresponde con la distancia en que la iluminancia en el ojo del observador es de  $2 \times 10^{-7}$  lx. Sin embargo, la recomendación E-112 de IALA sobre las luces de enfilación [5] establece que la iluminancia necesaria para que un observador pueda emplear las luces de enfilación para la alineación nocturna será, como mínimo, de  $1 \times 10^{-6}$  lx. Ya que el nivel de iluminancia que corresponde al alcance nominal es 5 veces menor que el nivel necesario para alinear las luces a lo largo del segmento de utilización, el concepto de alcance nominal no se suele aplicar a las luces de enfilación.

### **5.6 Evaluación de adecuación**

Cuando sea posible, se realizará una evaluación subjetiva de la señal luminosa para confirmar su adecuación dentro de su zona de cobertura.

**APÉNDICE 1 Diagramas y cuadros**

**1 LA VISIBILIDAD METEOROLÓGICA Y LA TRANSMISIVIDAD**



$$V = \frac{\ln 0,05}{\ln T_M} * d_U = - \frac{3 M}{\ln T_M} \qquad T_M = 0,05^{\frac{d_U}{V}} = 0,05^{\frac{1M}{V}}$$

Figura 1 Un gráfico de la visibilidad meteorológica vs. la transmisividad atmosférica ( $T_m$ )

## 2 ALCANCE LUMINOSO NOCTURNO

El valor de la iluminancia necesaria es  $E_t = 2 \times 10^{-7} \text{ lx}$

$I = 0,686 D^2(0,05)^{-D/V}$  donde I se expresa en candelas, y tanto D como V son valores numéricos en M.

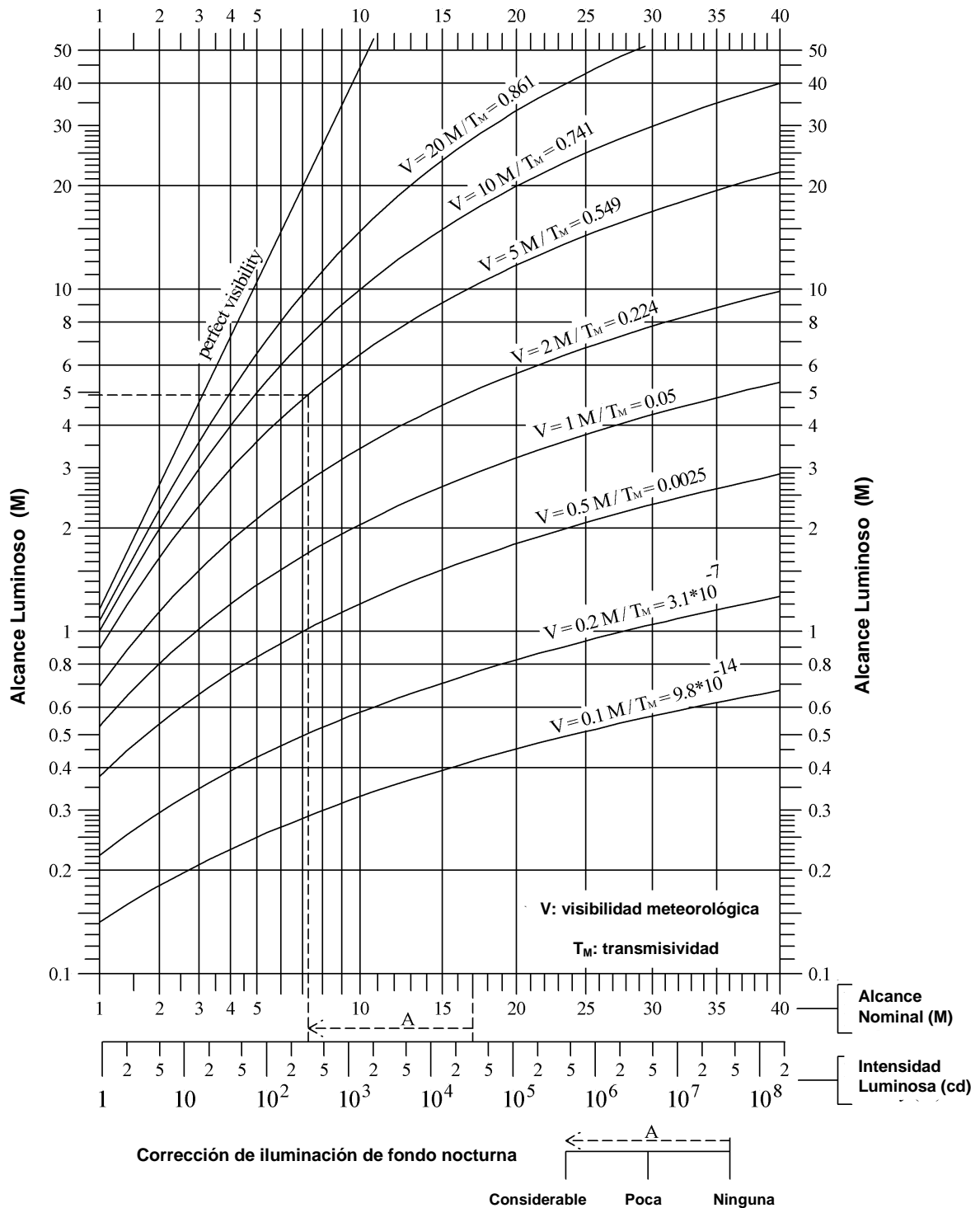


Figura 2 Diagrama del alcance luminoso nocturno

### 3 ALCANCE NOMINAL NOCTURNO

El Cuadro 1 se utilizará para determinar el alcance nominal nocturno, redondeado a la milla náutica más cercana.

*Cuadro 1 Cuadro de alcances nominales nocturnos (redondeados a la milla náutica más cercana)*

Intensidad luminosa	Alcance nominal (redondeado)	Intensidad luminosa	Alcance nominal (redondeado)	Intensidad luminosa	Alcance nominal (redondeado)
candelas	millas náuticas (M)	kilocandelas ( $10^3$ cd)	millas náuticas (M)	megacandelas ( $10^6$ cd)	millas náuticas (M)
1 - 2	1	0,633 – 1,06	9	0,927 – 1,35	26
3 - 9	2	1,07 – 1,75	10	1,36 – 1,96	27
10 - 23	3	1,76 – 2,84	11	1,97 – 2,84	28
24 - 53	4	2,85 – 4,53	12	2,85 – 4,11	29
54 - 107	5	4,54 – 7,13	13	4,12 – 5,93	30
108 - 203	6	7,14 – 11,1	14	5,94 – 8,53	31
204 - 364	7	11,2 – 17,1	15	8,54 – 12,2	32
365 - 632	8	17,2 – 26,1	16	12,3 – 17,5	33
		26,2 - 39,7	17	17,6 – 25,1	34
		39,8 – 59,9	18	25,2 – 35,9	35
		60,0 – 89,8	19	36,0 – 51,2	36
		89,9 - 133	20	51,3 – 72,9	37
		134 -198	21	73,0 - 103	38
		199 - 293	22	104 -147	39
		294 - 432	23	148 - 209	40
		433 - 634	24		
		635 - 926	25		

El valor de la iluminancia necesaria es  $E_t = 2 \times 10^{-7}$  lx

### 3.1 Compensación de la iluminación de fondo (de noche)

La iluminancia necesaria de  $2 \times 10^{-7}$  lx en el ojo del observador corresponde a una situación sin ningún tipo de iluminación de fondo. En la mayoría de las situaciones reales, las luces se perciben contra un fondo que sí contiene luces y ello reducirá el alcance luminoso.

El método recomendado para compensar la iluminación de fondo consiste en utilizar diferentes valores para la iluminancia necesaria.

Se utilizarán dos valores diferentes:

Poca iluminación de fondo:	$2 \times 10^{-6}$ lx	factor 10 ×
Considerable iluminación de fondo:	$2 \times 10^{-5}$ lx	factor 100 ×

Para una luz de una intensidad determinada, la introducción de iluminación de fondo reducirá el alcance luminoso.

De acuerdo con la ecuación 12, la intensidad necesaria debe incrementarse por los factores citados con anterioridad para compensar la iluminación de fondo y lograr el mismo alcance luminoso.

Se ha elaborado el gráfico en el apartado A2.2.1 para una iluminancia necesaria de  $2 \times 10^{-7}$  lx. Para otros valores de iluminancia necesaria (poca y considerable iluminación de fondo) marque por la escala de abscisas la distancia entre «Sin iluminación de fondo» (Ninguna) y la que se está considerando, tal y como figura en la escala auxiliar.

#### **Ejemplo:**

Supongamos que sea necesario determinar el alcance luminoso de una luz con un alcance nominal de 17 M y una intensidad luminosa de 32.300 cd para una situación de iluminación de fondo considerable y una visibilidad de 5 M.

Mida la distancia A separando «Sin iluminación de fondo» (Ninguna) e «iluminación de fondo considerable» (Considerable). Traslade esta distancia a la escala de abscisas desde la línea de graduación correspondiente a 17 M (32.300 cd) en el mismo sentido. Se obtiene un punto ligeramente a la derecha de la línea de graduación que corresponde a 7 millas náuticas. Desde este punto, erija una línea paralela al eje de las ordenadas hasta cruzar la curva de 5 millas náuticas de visibilidad. Lea el alcance luminoso en la escala vertical contra el punto así obtenido. Se lee aprox. 5 millas náuticas.



## 4 ALCANCE LUMINOSO DIURNO

### 4.1 Estimación de la iluminancia necesaria para el alcance diurno

El marinero debería ser capaz de poder estimar el alcance luminoso diurno de las luces para diferentes luminancias del cielo. Sin embargo, la iluminancia necesaria  $E_t$  en lx, producida por la luz, depende de la luminancia  $L$  del cielo en candelas por metro cuadrado, en el sentido de la observación, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$E_t = (0.242 \times 10^{-6}) \times (1 + \sqrt{0,4L})^2$$

*ecuación 13*

Donde:

$E_t$  es la iluminancia necesaria en el ojo del observador en  $\text{lm/m}^2$  [lx]  
 $L$  es la luminancia del cielo (fondo) en  $\text{cd/m}^2$

La iluminancia necesaria de  $E_t$  de  $1 \times 10^{-3}$  lx, por lo tanto, corresponde a una luminancia del cielo de 10.000 candelas por metro cuadrado. La iluminancia necesaria  $E_t$  así calculada se introduce en la ecuación 12.

El valor de la iluminancia necesaria es  $E_t = 1 \times 10^{-3}$  lx

$I = 3430 D^2 (0,05)^{-D/V}$  donde  $I$  se expresa en candelas, y tanto  $D$  como  $V$  son valores numéricos en M.

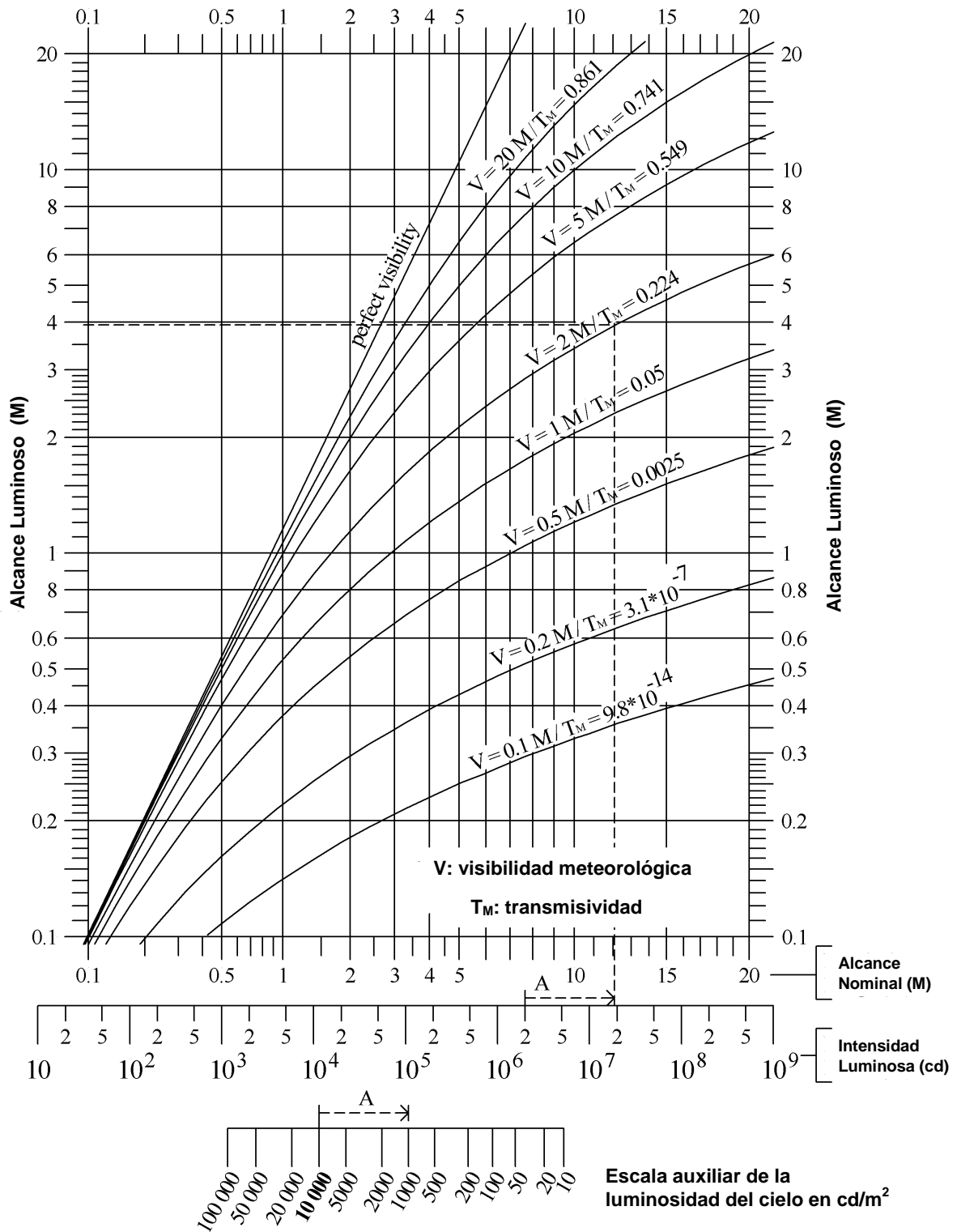


Figura 3 Diagrama del alcance luminoso diurno

## 4.2 Explicación de diagrama diurno

El cálculo de la iluminancia necesaria de día es:

$$E_t = (0.242 \times 10^{-6} \text{ lx}) \times \left(1 + \sqrt{0.4 \times L / (\text{cd} / \text{m}^2)}\right)^2$$

$E_t$ : la iluminancia necesaria

$L$ : la luminancia del cielo en el sentido de la observación

*Cuadro 2 La luminancia de fondo en varias condiciones meteorológicas*

Condición meteorológica	Luminancia en $\text{cd}/\text{m}^2$	Iluminancia necesaria $E_t$ en $10^{-3} \text{ lx}$
Cielo nublado muy oscuro	100	0,013
Cielo nublado oscuro	200	0,024
Cielo nublado ordinario	1.000	0,107
Cielo nublado claro o cielo despejado en dirección contraria al sol	5.000	0,506
Nube clara o cielo despejado cercano a la dirección del sol	10.000	1
Nube muy clara	20.000	1,98
Nube deslumbrante	50.000	4,91

### 4.2.1 Utilización del gráfico (Figura 3):

Se ha elaborado el gráfico para una luminancia del cielo de  $10.000 \text{ cd}/\text{m}^2$ . Para otros valores de la luminancia del cielo, marque en la escala de abscisas la distancia entre la luminancia de  $10.000 \text{ cd}/\text{m}^2$  y la que se está considerando, tal y como figura en la escala auxiliar.

#### **Ejemplo:**

Supongamos que sea necesario calcular el alcance luminoso de una luz de  $2.000.000 \text{ cd}$  para una visibilidad meteorológica de 2 millas náuticas bajo un cielo nublado ordinario (luminancia de  $1.000 \text{ cd}/\text{m}^2$ ).

Mida la distancia A separando las líneas de graduación  $10.000 \text{ cd}$  y  $1.000 \text{ cd}$  en la escala auxiliar. Traslade esta distancia a la escala de abscisas desde la línea de graduación correspondiente a  $2.000.000 \text{ cd}$  ( $2 \times 10^6 \text{ cd}$ ) en el mismo sentido. Se obtiene un punto ligeramente a la derecha de la línea de graduación que corresponde a 12 millas náuticas. Desde este punto, erija un paralelo al eje de las ordenadas hasta cruzar la curva de 2 millas náuticas de visibilidad. Lea el alcance luminoso en la escala vertical contra el punto así obtenido. Se lee aprox. 4 millas náuticas.

## 5 ALCANCE NOMINAL DIURNO

El Cuadro 3 se utilizará para determinar el alcance nominal diurno, redondeado a la milla náutica más cercana

*Cuadro 3 Cuadro de alcances nominales diurnos  
 (redondeados a la milla náutica más cercana)*

Intensidad luminosa	Alcance nominal (redondeado)	Intensidad luminosa	Alcance nominal (redondeado)
kilocandelas (10 <sup>3</sup> cd)	millas náuticas (M)	Megacandelas (10 <sup>6</sup> cd)	millas náuticas (M)
1 – 12,0	1	1,02 – 1,82	7
12,1 – 45,3	2	1,83 – 3,16	8
45,4 – 119	3	3,17 – 5,32	9
120 – 267	4	5,33 – 8,78	10
268 – 538	5	8,79 – 14,2	11
539 – 1010	6	14,3 – 22,6	12
		22,7 – 35,6	13
		35,7 – 55,5	14
		55,6 – 85,6	15
		85,7 – 130	16
		131 – 198	17
		199 – 299	18
		300 – 449	19
		450 – 669	20
		670 – 993	21
		994 – 1460	22

El valor de la iluminancia necesaria es  $E_t = 1 \times 10^{-3} \text{ lx}$

Recomendación E-200-2 – La notación de la intensidad luminosa y el alcance  
Diciembre de 2008

Cuadro 4 Cuadro del alcance nominal para varios valores de luminancia de fondo (diurnos y nocturnos)

Sólo orientativo – no se utilizará para la publicación del alcance nominal

Alcance nominal	Intensidad (cd)	Intensidad (cd)	Intensidad (cd)	Intensidad (cd)	Intensidad (cd)	Intensidad (cd)	Intensidad (cd)	Intensidad (cd)	Intensidad (cd)
Iluminación de fondo o Condición meteorológica (véase 1.3.3)	Ninguna	Poca	Considerable	Diurna CNMO	Diurna CNOs	Diurna CNOr	Diurna CNC	Diurna NCCD	Diurna NMC
Luminancia (cd/m <sup>2</sup> )				100	200	1.000	5.000	10.000	20.000
Iluminancia (lx)	2,00E-07	2,00E-06	2,00E-05	1,30E-05	2,39-E-05	1,07E-04	5,06-E-04	9,99-E-04	1,98E-03
Trasmisividad (por M)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,78	0,79	0,81
Visibilidad (m)	10	10	10	10	10	10	12	13	14
<b>Alcance (M)</b>									
0,2	0,03	0,3	3	2	3	16	73	144	284
0,5	0,20	2	20	13	24	107	492	961	1.890
0,7	0,41	4	41	27	50	222	1.010	1.970	3.870
1	1	9	93	60	111	495	2.230	4.310	8.410
2	5	50	500	325	597	2.670	11.400	21.700	41.700
3	15	152	1.520	986	1.810	8.110	33.000	61.600	116.000
4	36	364	3.640	2.360	4.350	19.460	75.400	138.000	256.000
5	77	767	7.670	4.990	9.170	41.000	151.000	271.000	495.000
6	149	1.490	14.900	9.690	17.800	79.700	279.000	492.000	883.000
7	274	2.740	27.400	17.800	32.700	146.000	488.000	843.000	1.490.000
8	482	4.820	48.200	31.300	57.600	258.000	818.000	1.300.000	2.410.000
9	824	8.240	82.400	53.500	98.400	441.000	1.330.000	2.210.000	3.770.000
10	1.370	13.700	137.000	89.200	164.000	734.000	2.110.000	3.430.000	5.770.000
11	2.240	22.400	224.000	146.000	268.000	1.200.000	3.270.000	5.230.000	8.650.000
12	3.600	36.000	360.000	234.000	430.000	1.920.000	5.000.000	7.840.000	
13	5.700	57.000	570.000	370.000	681.000	3.050.000	7.530.000		
14	8.910	89.100	891.000	579.000	1.070.000	4.770.000			
15	13.800	138.000	1.380.000	897.000	1.650.000	7.390.000			
16	21.200	212.000	2.120.000	1.380.000	2.530.000				
17	32.300	323.000	3.230.000	2.100.000	3.860.000				
18	48.800	488.000	4.880.000	3.170.000	5.840.000				
19	73.400	734.000	7.340.000	4.770.000	8.770.000				
20	110.000	1.100.000		7.130.000					
21	163.000	1.630.000							
22	242.000	2.420.000							
23	357.000	3.570.000							
24	524.000	5.240.000							
25	767.000	7.670.000							
26	1.120.000								
27	1.630.000								
28	2.360.000								
29	3.420.000								
30	4.940.000								

Abreviatura	Condición meteorológica	Luminancia (cd/m <sup>2</sup> )
Diurna CNMO	Cielo nublado muy oscuro	100
Diurna CNOs	Cielo nublado oscuro	200
Diurna CNOr	Cielo nublado ordinario	1.000
Diurna CNC	Cielo nublado claro en dirección contraria al sol	5.000
Diurna NCCD	Nube clara o cielo despejado en dirección del sol	10.000
Diurna NMC	Nube muy clara	20.000
Diurna ND	Nube deslumbrante	50.000

## 6 REFERENCIAS

- [1] Recomendación sobre la notación de la intensidad luminosa y el alcance de las luces. (IALA, noviembre de 1966)
- [2] International Dictionary of Aids to Marine Navigation, Capítulo 2, Visual Aids 2-1-265 a 2-1-285 (IALA 1970)
- [3] Recomendación sobre la definición del alcance nominal diurno de señales luminosas marítimas diseñadas para guiar la navegación marítima de día (IALA 1974)
- [4] Recomendaciones de IALA relativas a la determinación de la intensidad luminosa de una luz de ayuda a la navegación marítima (IALA 1977)
- [5] Recomendación sobre las luces de enfilación (IALA, E-112, mayo de 1998)
- [6] Recomendación relativa a la fotometría de las señales luminosas de ayuda a la navegación marítima (IALA, E-122, junio de 2001)