

# IALA Recommendation E200-1

On

## Marine Signal Lights Part 1 - Colours

Sobre

## Señales Luminosas Marítimas Parte 1 – Colores

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 1 – Los Colores

(Recomendación E-200-1)

## 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 proporcionar asistencia sobre los colores y los límites cromáticos dentro de los cuales han de determinarse las luces en las ayudas a la navegación;

**RECONOCIENDO ASIMISMO**, que tal asistencia deberá facilitar un planteamiento común de ámbito mundial, asistiendo así a los marineros, quienes, mientras navegan por las aguas de las diferentes autoridades, no deben verse confundidos por colores ambiguos de luz;

**RECONOCIENDO ADEMÁS**, que este documento reemplaza las «Recomendaciones de IALA sobre los colores de las señales luminosas en las ayudas a la navegación» con fecha de diciembre 1977;

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

**TENIENDO EN CUENTA ASIMISMO**, que, a partir de los tres años tras la fecha de publicación de esta Recomendación, todas las linternas en servicio deberán tener coordenadas cromáticas dentro de la región óptima recomendada por IALA, o bien dentro de la región temporal recomendada por la misma, pero que, a fin de evitar la confusión del color, es preferible la región óptima;

**TENIENDO EN CUENTA ADEMÁS**, que, a partir de los diez años tras la publicación de esta Recomendación, todas las linternas en servicio deberán tener coordenadas cromáticas dentro de la región óptima recomendada por IALA;

**ADOPTA** la Recomendación relativa a las Señales Luminosas Marítimas en el anexo de esta recomendación; y,

**RECOMIENDA** que los Miembros Nacionales y otras Autoridades competentes que proporcionan ayudas a la navegación marítima adopten el sistema de colores para señales luminosas establecido en los Anexos de esta Recomendación.

\* \* \*

## Índice de Contenidos

<b>REVISIONES DEL DOCUMENTO</b>	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
<b>RECOMENDACIÓN RELATIVA A LAS SEÑALES LUMINOSAS MARÍTIMAS, PARTE 1 – LOS COLORES</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 I INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
1.1     Ámbito de aplicación / Objeto	6
1.2     Historia	6
1.3     Necesidades de un color adicional	6
1.4     Modelo cromático	6
<b>2    MODIFICACIONES REALIZADAS A LAS REGIONES CROMÁTICAS</b>	<b>7</b>
2.1     Las regiones cromáticas	7
2.2     Modificaciones realizadas a los límites cromáticos	7
<b>3    REGIONES CROMÁTICAS RECOMENDADAS POR IALA PARA LAS LUCES</b>	<b>10</b>
3.1     Diagrama cromático de la CIE 1931	10
3.2     Coordenadas de los límites de las regiones cromáticas óptimas recomendadas por IALA	11
3.3     Coordenadas de los límites de las regiones cromáticas temporales recomendadas por IALA	11
3.4     Diagramas ampliados mostrando las regiones cromáticas individuales	11
<b>4    LA MEDICIÓN DEL COLOR DE SEÑALES LUMINOSAS</b>	<b>14</b>
4.1     Método empleado para realizar mediciones del color	14
<b>5    CONSIDERACIONES ACERCA DE LA TECNOLOGÍA LED</b>	<b>14</b>
<b>6    REFERENCIAS</b>	<b>14</b>
<b>ANEXO II LAS LUCES AZULES</b>	<b>15</b>
<b>1    EL ALCANCE LUMINOSO DE LUCES AZULES</b>	<b>15</b>
1.1     La luz azul filtrada - Efectos de la dispersión en el color percibido	15
1.2     Posible confusión con las luces azules de los servicios de emergencia	16
1.3     Las ventajas de las nuevas fuentes luminosas	16
1.4     Notas adicionales acerca de la luz azul	16

<b>ANEXO III OBSERVADORES CON DEFICIENCIAS CROMÁTICAS</b>	<b>18</b>
<b>1 PORCENTAJES DE OBSERVADORES CON DEFICIENCIAS DE VISIÓN CROMÁTICA</b>	<b>18</b>
<b>2 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DEFICIENCIA DE VISIÓN CROMÁTICA</b>	<b>18</b>
<b>3 LÍNEAS DE CONFUSIÓN DEL COLOR PARA OBSERVADORES CON DEFICIENCIAS CROMÁTICAS</b>	<b>19</b>

### **Índice de Figuras**

Figura 1	Diagrama cromático de la CIE 1931 mostrando el locus planckiano	7
Figura 2	Regiones cromáticas por IALA recomendados para las luces en términos del sistema colorimétrico normalizado de la CIE 1931.	10
Figura 3	Diagrama ampliado mostrando la región roja	12
Figura 4	Diagrama ampliado mostrando la región amarilla	12
Figura 5	Diagrama ampliado mostrando la región verde	12
Figura 6	Diagrama ampliado mostrando la región blanca	13
Figura 7	Diagrama ampliado mostrando la región azul	13
Figura 8	Alto contenido del color rojo de una lámpara halógena con un filtro azul	15
Figura 9	Protanópico	19
Figura 10	Deuteranópico	19
Figura 11	Tritanópico	19

### **Índice de Cuadros**

Cuadro 1	Coordenadas de los límites de las regiones cromáticas óptimas recomendadas por IALA	11
Cuadro 2	Coordenadas de límites de las regiones cromáticas temporales recomendadas por IALA	11
Cuadro 3	Porcentajes de observadores con deficiencias de visión cromática	18
Cuadro 4	Descripción de los diferentes tipos de deficiencia de visión cromática	18

# Recomendación de IALA E-200-1

## Señales Luminosas Marítimas

### Parte 1 – Los Colores

#### ANEXO I INTRODUCCIÓN

##### 1.1 Ámbito de aplicación / Objeto

Este documento describe las regiones cromáticas recomendadas por IALA para las señales luminosas marítimas y proporciona información general sobre cómo y por qué se han ajustado tales regiones cromáticas con respecto a las recomendaciones anteriores de IALA. Este documento reemplaza las «Recomendaciones de IALA sobre los colores de las señales luminosas en las ayudas a la navegación» con fecha de diciembre 1977.

##### 1.2 Historia

En 1968, IALA recomendó un sistema de señales luminosas de tres colores que empleaba el rojo, el verde y el blanco. Tras la introducción del sistema de balizamiento en 1977, se añadió un cuarto color, el amarillo, y los límites cromáticos originales se modificaron para reducir la confusión del color. Históricamente, han sido más rigurosos los límites cromáticos asociados con las señales luminosas de las ayuda a la navegación que los de las señales viarias y ferroviarias, ya que se suelen percibir desde una distancia mayor. Esto tiene dos consecuencias:

- la luz se reduce a un ángulo muy cerrado en el ojo del observador (virtualmente a una fuente puntual);
- y la iluminancia proveniente de la luz en el ojo del observador es muy baja.

Ambos factores pueden llegar a aumentar el riesgo de que el observador confunda los colores, y unos límites más estrictos reducen el riesgo de confusión del color. De acuerdo con lo anterior, las regiones cromáticas recomendadas en este documento sólo serán de aplicación a señales luminosas de ayuda a la navegación marítima. No se conforman a los límites regionales especificados en [2].

##### 1.3 Necesidades de un color adicional

Debido a la proliferación de luces y alumbrado que afectan al entorno marítimo, existe una demanda para un quinto color en el sistema de señales luminosas de ayuda a la navegación marítima a fin de incrementar la notoriedad de tales señales luminosas en algunas zonas. Se ha elegido el azul como este color adicional. El trabajo realizado por Soon y Cole [3] sugiere que el azul es un color apropiado para la señalización y que, incluso, podría ser un color de señalización más fiable que el amarillo en ciertas circunstancias. De igual manera, el trabajo realizado por la CIE en la década de los 90 [5], que culminó en la Norma de la CIE sobre los Colores de las Señales Luminosas, S004/E-2001 [2], también recomienda el azul como un color de señalización. No obstante, la norma S004/E-2001 [2] recomienda la utilización de sólo cuatro colores en un único sistema de colores; este documento, sin embargo, recomienda la utilización de cinco.

##### 1.4 Modelo cromático

El modelo cromático empleado a lo largo de esta recomendación es el diagrama cromático utilizado en el sistema normalizado de colorimetría de la CIE 1931, además de la cromaticidad  $x$ ,  $y$  (véase la Figura 1).

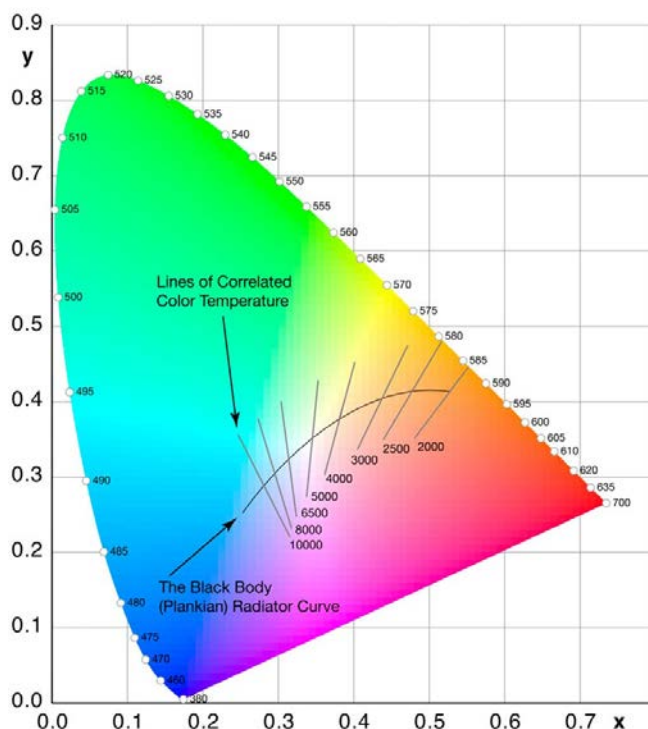


Figura 1 Diagrama cromático de la CIE 1931 mostrando el locus planckiano (no se utilizará como referencia)

## 2 MODIFICACIONES REALIZADAS A LAS REGIONES CROMÁTICAS

### 2.1 Las regiones cromáticas

Se han abandonado las regiones cromáticas «generales» recomendadas en 1977 [1]. Dichas regiones «generales» se aplicaban a la parte de la población con buena visión cromática y tomaban en consideración las luces existentes o «heredadas», que incluían filtros de vidrio y lámparas de gas/aceite. Tomando en cuenta que un cierto porcentaje de la población tiene una visión cromática deficiente, las regiones «preferentes» [1], y más rigurosas, se han mantenido en gran medida, ya que son aplicables a una población más heterogénea. Estas nuevas regiones se han denominado las «regiones óptimas recomendadas por IALA». Los usuarios de las ayudas a la navegación marítimas no se ven necesariamente obligados a someterse a pruebas de vista y, por lo tanto, podrían tener una visión cromática deficiente.

Existe, no obstante, la necesidad de garantizar que las fuentes luminosas actualmente en uso como ayudas a la navegación no se vean proscritas por límites más rigurosos. Por lo tanto, algunas regiones cromáticas se han denominado como «límites temporales recomendados por IALA» y tendrán una validez de diez años a partir de la publicación de esta recomendación. Cada una de estas regiones temporales incluye su correspondiente región óptima.

### 2.2 Modificaciones realizadas a los límites cromáticos

Una razón importante para la recomendación por parte de IALA de las regiones óptimas se debe a que ellas toman en consideración los problemas de las personas con una visión cromática deficiente, cuyo número está aumentando a raíz del rápido crecimiento de la vela como una actividad de ocio.

En ciertos casos, se han abandonado los límites de las regiones «generales» de IALA de 1977 y, en otros, éstas han sido reemplazadas por las regiones temporales de IALA. Las regiones recomendadas son las siguientes:

- El límite rojo óptimo recomendado por IALA es diferente al de la región «preferente» de 1977 [1], en tanto que dicha región se ha ampliado hacia el color azul para que estuviera de acuerdo con la clase A de la CIE [2] y con EN 14744 [8]. Los límites hacia el violeta y el amarillo siguen los límites establecidos en [2]. En cuanto a los protanópicos (véase el ANEXO III), que carecen de un pigmento de la retina sensible al rojo, no verán los colores rojos con longitudes de onda largas. El límite de la región roja se ha establecido en  $y = 0,29$  para tales observadores. Una región roja temporal recomendada por IALA (que incluye la región óptima, pero que se ha ampliado) se ha proporcionado para incluir las antiguas luces que emplean filtros rojos.
- El límite amarillo óptimo recomendado por IALA sigue el de la región «preferente» del año 1977 [1], salvo que el límite hacia el color rojo se ha alineado con el punto D65 a 6500° K. Además, se ha establecido una región temporal del amarillo. Dicha región incluye la región amarilla óptima, pero tiene una zona ampliada hacia al rojo, que debería incluir muchas fuentes luminosas de diodos emisores de luz (LED). La región amarilla óptima recomendada por IALA es relativamente reducida y cercana al locus espectral. Se excluyeron deliberadamente de la región óptima las longitudes de onda más largas del amarillo, que mejoran el reconocimiento a bajos niveles de luminancia, para reducir la confusión potencial con luces blancas a una baja temperatura de color como, por ejemplo, las de aceite y gas, así como las lámparas de filamento que funcionan por debajo de su tensión de diseño para alargar su vida útil. Aunque muchas señales luminosas marítimas se han actualizado desde el año 1977, aún quedan en funcionamiento algunas de estas fuentes a baja temperatura de color. Además, el color de una luz blanca puede deslizarse por el locus *planckiano* a una temperatura de color más baja debido a los efectos de la extinción atmosférica a lo largo de la distancia. La proliferación del alumbrado público de sodio a alta presión también ha tenido un impacto en la notoriedad de las luces amarillas y de color blanco amarillento, reduciendo su utilidad en algunas zonas. Con una cromaticidad cercana a la región amarilla óptima recomendada por IALA, un fondo de iluminación de sodio a alta presión puede llegar a enmascarar de manera efectiva una señal amarilla en primer plano. Un motivo adicional para los límites rigurosos de la región óptima es ayudar en la disminución de la confusión entre el color amarillo y el verde por parte de observadores protanómicos o protanópicos (véase el ANEXO III).
- El límite de la región verde recomendada por IALA sigue el de la región «preferente» del año 1977 [1], salvo el límite hacia el color amarillo, que se ha alineado con el límite establecido en CIE S004/E-2001 [2] y en EN 14744 [8]. Los colores «verde amarillentos» se han excluido de la región verde para reducir el riesgo de confusión entre el color verde y el rojo por parte de observadores protanómicos o protanópicos (véase el ANEXO III), compensando así, de manera parcial, la ampliación de la región roja. Se ha proporcionado también una región verde temporal recomendada por IALA, que tiene un límite ampliado hacia el color blanco, para incluir el legado de fuentes luminosas incandescentes con filtros verdes y, asimismo, hacia al color amarillo – a 540 nm – para incluir algunos LEDs verdes de alta potencia. La región verde de clase A de la CIE, tal y como se ha establecido en su norma S004/E-2001 [2], tiene un límite que se amplió más hacia el color azul con respecto a la región verde «preferente» de IALA del año 1977 [1]. Aunque ésta se haya identificado como una zona útil para la señalización verde, existen preocupaciones sobre un incremento de la confusión con el color azul y el blanco en un sistema de cinco colores (la CIE recomienda un máximo de cuatro colores para un sistema).
- El límite blanco óptimo recomendado por IALA sigue el de la región «preferente» del año 1977 en tres de sus trazados [1]; sin embargo, el límite hacia el color amarillo se ha ampliado para incluir las lámparas incandescentes de filamento a 2856° K (valor  $x$  de



0,453). La región blanca se extiende más allá de los 9.500 K (valor  $x$  de 0,285) e incluye la mayoría de los dispositivos equipados con LEDs blancos de capa de fósforo (pcLEDs). Tales dispositivos se han desplegado extensamente por parte de los proveedores de ayudas a la navegación y muchos usuarios prefieren el color que emiten, especialmente cuando se perciben con el ojo adaptado a la oscuridad contra un fondo «amarillento» de iluminación artificial. Se ha proporcionado también una región blanca temporal recomendada por IALA, que extiende el límite blanco hacia el color amarillo. La ampliación de este límite temporal hacia el color amarillo tiene un valor  $x$  correspondiente a una temperatura de color correlacionada (CCT - *Colour Correlated Temperature*) de 2.500 K (valor  $x$  de 0,48), que incluiría la mayoría de las lámparas incandescentes de filamento que funcionan a su tensión de diseño.

- Además, se ha añadido una región azul óptima recomendada por IALA. Tal región es una versión truncada de la recomendada en [2], con una leve ampliación hacia el color verde para incluir los LEDs de 470 nm a temperaturas de unión altas. Dicha región truncada se ha diseñado para disminuir el riesgo de confusión con el color blanco y, posiblemente, el color verde a bajos niveles de iluminancia. Asimismo, excluiría los valores cromáticos de la mayoría de luces azules filtradas (véase el ANEXO II de esta recomendación para una discusión más detallada sobre las luces azules y unas recomendaciones relativas a ellas). El Informe Técnico 107-1994 de la CIE [5] también recomienda una región truncada para las luces azules diseñadas para que sean visibles con poca iluminancia.

### 3 REGIONES CROMÁTICAS RECOMENDADAS POR IALA PARA LAS LUCES

#### 3.1 Diagrama cromático de la CIE 1931

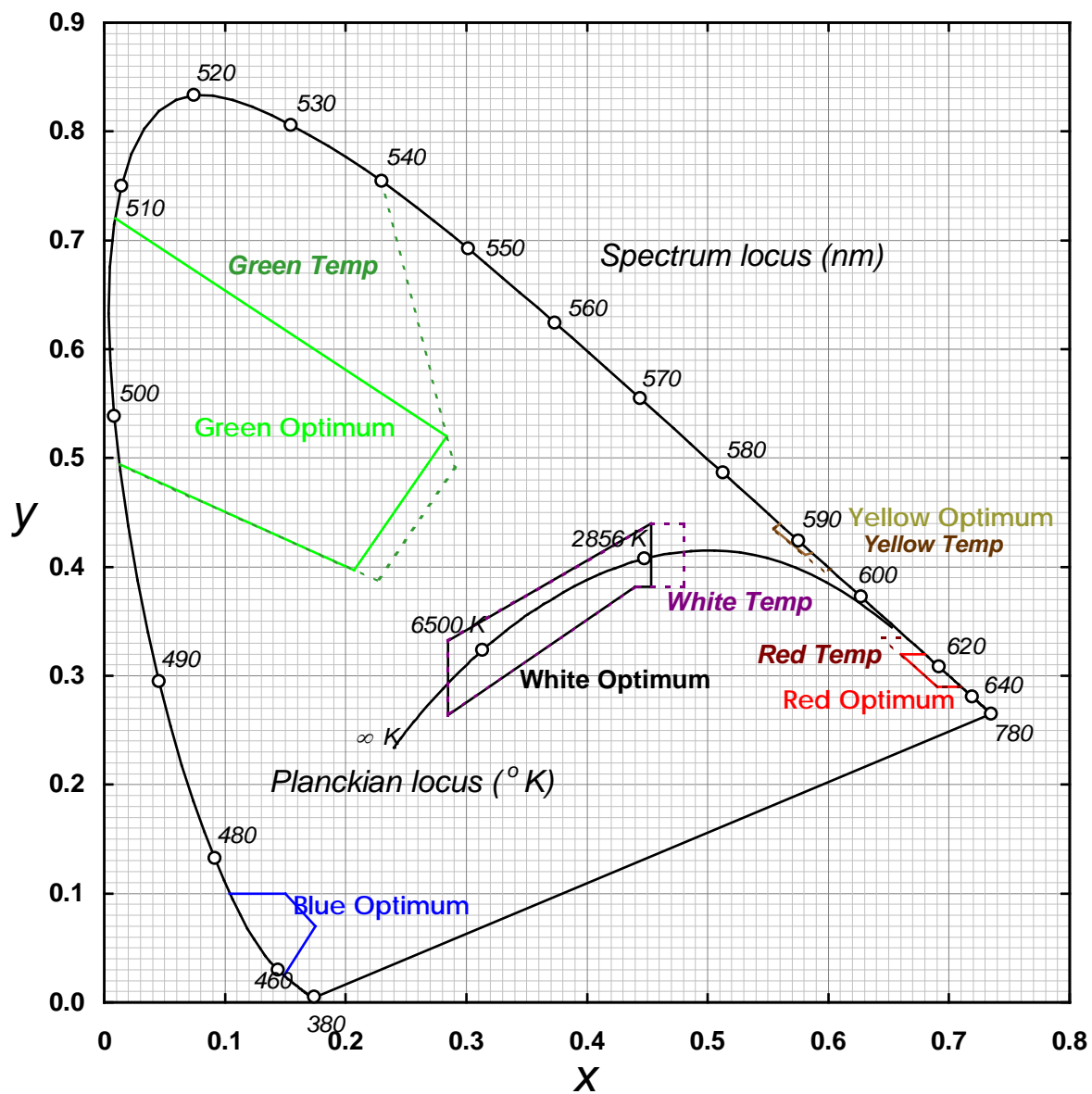


Figura 2 Regiones cromáticas recomendados por IALA para las luces en términos del sistema colorimétrico normalizado de la CIE 1931.

Nota. Los límites óptimos recomendados por IALA figuran con líneas continuas, y los límites temporales con líneas punteadas



Figura 3 Diagrama ampliado mostrando la región roja

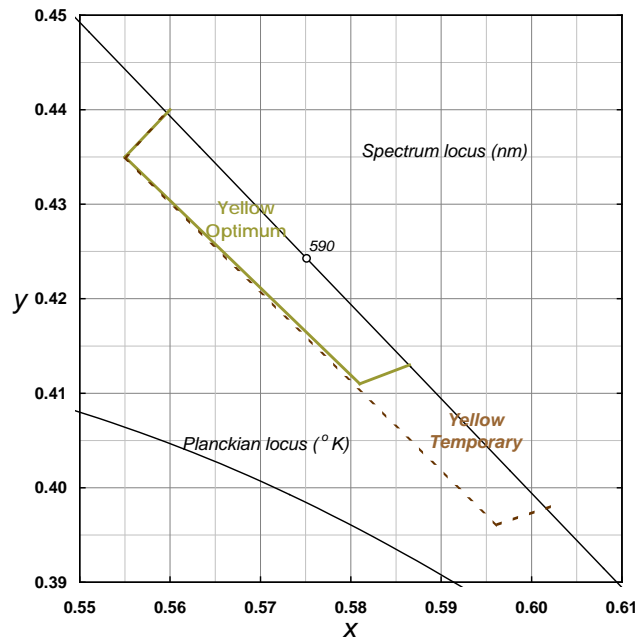


Figura 4 Diagrama ampliado mostrando la región amarilla

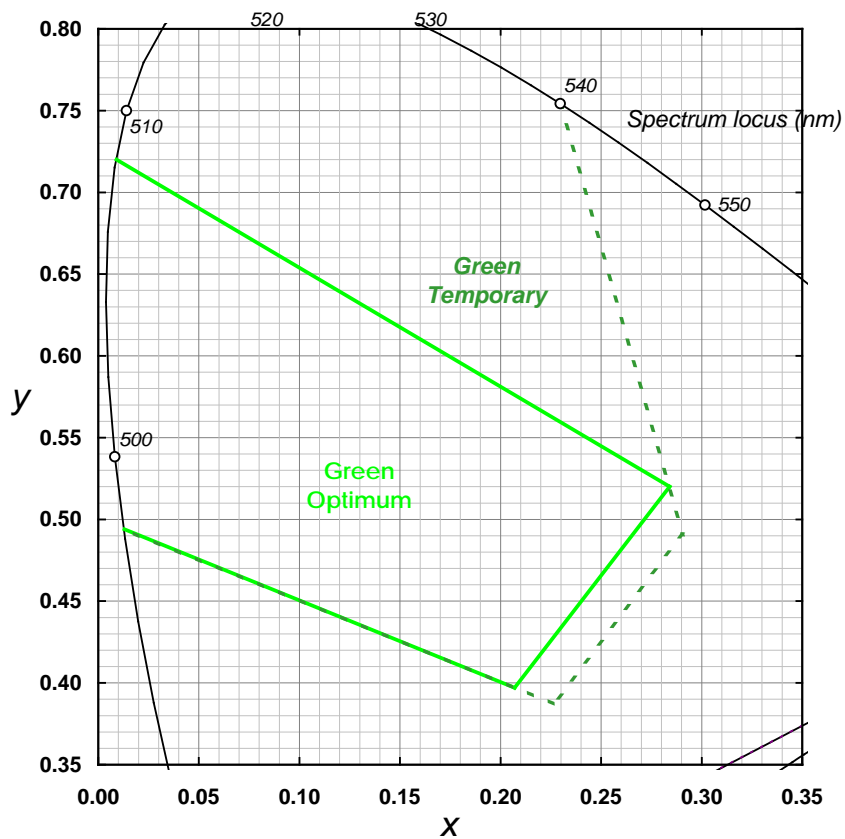


Figura 5 Diagrama ampliado mostrando la región verde

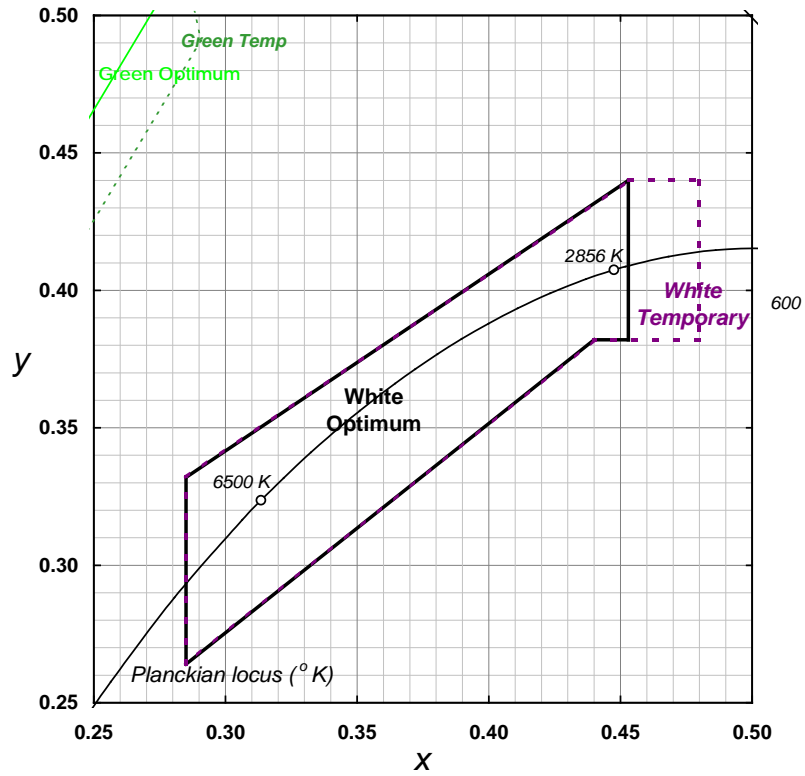


Figura 6 Diagrama ampliado mostrando la región blanca

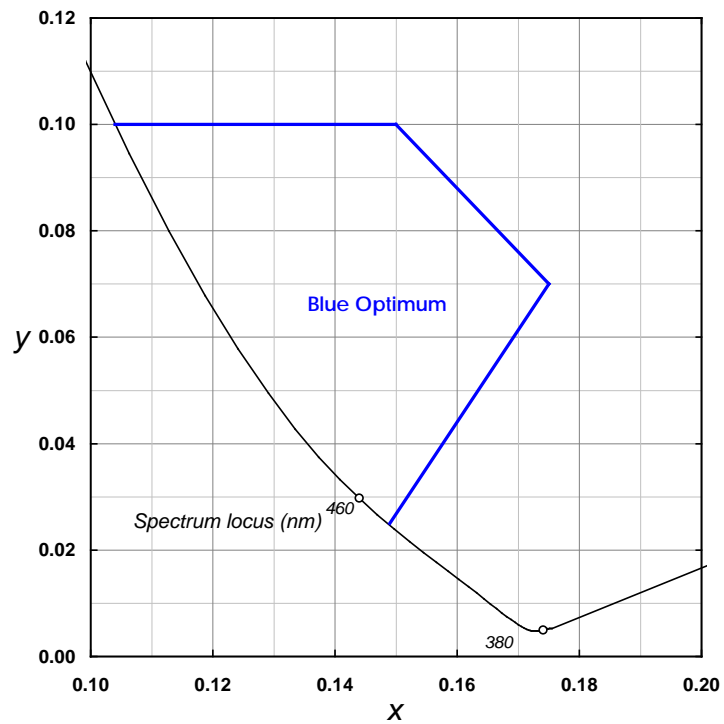


Figura 7 Diagrama ampliado mostrando la región azul

## **4 LA MEDICIÓN DEL COLOR DE SEÑALES LUMINOSAS**

### **4.1 Método empleado para realizar mediciones del color**

Los métodos de medición del color empleados para obtener los valores cromáticos  $x$ ,  $y$  se describen en E200-3.

## **5 CONSIDERACIONES ACERCA DE LA TECNOLOGÍA LED**

Los LEDs emiten una luz con una distribución espectral estrecha. La temperatura de unión ejerce un importante efecto en la intensidad radiante, así como en la longitud de onda dominante de la luz emitida. Un incremento de la temperatura provoca un descenso de la intensidad radiante y de la longitud de onda. Unos valores por debajo del valor nominal de la corriente de unión también pueden afectar la distribución espectral de un LED, causando normalmente un incremento de la longitud de onda dominante.

Los LEDs blancos de capa de fósforo dependen de dos componentes para su distribución espectral de banda ancha: un chip LED (normalmente azul) y fósforo que convierte parte de la luz azul en amarilla. Por lo tanto, la luz emitida por este dispositivo es una mezcla de azul y amarilla, que el ojo percibe como si fuera blanca. Sin embargo, la cantidad de luz azul y amarilla puede variar de forma independiente en función del ángulo de emisión, causando así una variación del color a lo largo de ángulo de visión.

## **6 REFERENCIAS**

- [1] IALA, diciembre de 1977 - «Recomendaciones sobre los colores of señales luminosas en las ayudas a la navegación».
- [2] Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), S004/E-2001 - «Colours of Light Signals».
- [3] Soon & Cole, 1999 - «Critical Test of the CIE Domains for Signal Colours».
- [4] GLA R&D Department, Informe Técnico N° 31/IT/2004, «Recommendation E-200-1 – Colours Proposed New Colour Boundaries for IALA Light Signals».
- [5] Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), Informe Técnico 107-1994 - «Review of the Official Recommendations of the CIE for the Colours of Signal Lights».
- [6] Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), Informe Técnico 2.2-1975 - «Colours of Light Signals».
- [7] Chapman and Hall, London 1968 - «Light, Colour and Vision».
- [8] Comité Europeo de Normalización EN 14744, agosto 2005, «Inland Navegación Vessels and Sea-going Vessels – Navigation Light».

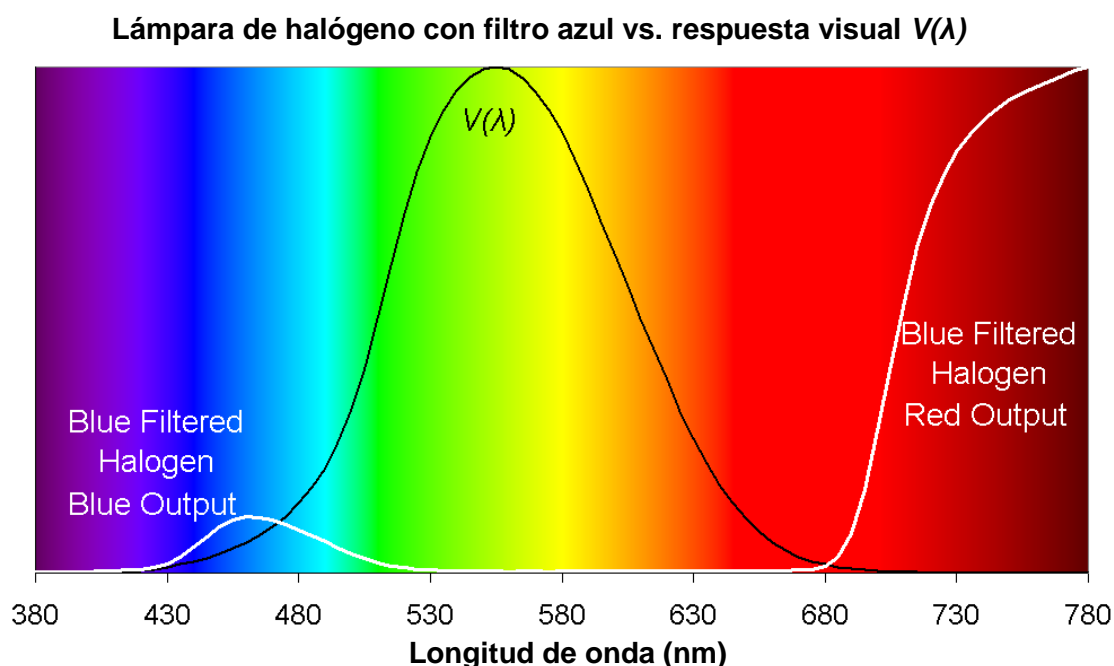
## ANEXO II LAS LUCES AZULES

### 1 EL ALCANCE LUMINOSO DE LUCES AZULES

Cuando la visibilidad es de moderada a buena, la luz azul se ve dispersada de manera preferencial por la atmósfera (a causa de la dispersión por aerosoles). Por lo tanto, el alcance luminoso de una luz azul bajo estas condiciones será menor que el de una luz roja de la misma intensidad (véase IALA E-200/2). Por consiguiente, si una luz azul se emplea para alcances superiores a cinco millas náuticas (5M), se recomienda que el alcance publicado se reduzca por una milla náutica para asegurar la detección fiable más allá de dicha distancia.

#### 1.1 La luz azul filtrada - Efectos de la dispersión en el color percibido

La utilización de luces azules compuestas de una fuente luminosa blanca y un filtro azul podría producir confusión cuando se perciben desde la distancia, ya que la mayoría de las luces azules filtradas contienen un alto contenido del color rojo (véase la Figura 8).



*Figura 8 Alto contenido del color rojo de una lámpara halógena con un filtro azul*

Nota. La línea blanca muestra un trazado espectral de una luz incandescente azul filtrada.

A la distancia de unas millas, el contenido azul de la luz se dispersará más que el contenido rojo. Por lo tanto, cuando uno se encuentre en las proximidades de la luz parecerá azul, pero a la distancia se verá como una luz roja o violeta con una aureola azul. De este modo, los efectos de la dispersión pueden hacer que una luz blanca filtrada con azul se parezca a una de color rojo a la distancia de unas pocas millas. Dicho efecto no es nada aconsejable.

La confusión del color causada por esta dispersión preferencial se puede reducir, asegurando que el contenido rojo de la luz azul se suprima a una cifra por debajo del 1,5% del total de la luz visible emitida. Tal cifra se puede conseguir mediante la elección de fuentes luminosas con

emisiones bajas en el espectro rojo, o mediante la elección cuidadosa de los filtros, incluyendo los secundarios, si procede.

Se recomienda, por lo tanto, que la emisión roja cumpla con la siguiente fórmula [6]:

$$\frac{\int_{650}^{830} S(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{830} S(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda} \leq 0.015$$

donde:  $S(\lambda)$  es la distribución relativa de la potencia espectral del iluminante  
 $\tau(\lambda)$  es la transmitancia espectral del filtro  
 $V(\lambda)$  es la curva de eficiencia luminosa fotópica

## 1.2 Posible confusión con las luces azules de los servicios de emergencia

La mayoría de la gente asocia las luces azules de destellos con los vehículos y embarcaciones de los servicios de emergencia. Para asegurar que las luces azules de ayuda a la navegación no se confundan con las señalizaciones de advertencia de los servicios de emergencia, se exhibirán, siempre que sea posible, como una luz continua y no destelleando. Cuando se emplean las luces azules de destellos como ayudas a la navegación marítima, solamente se utilizarán en una emergencia y su carácter rítmico se verá restringido a periodos de «encendido» de un segundo o más.

## 1.3 Las ventajas de las nuevas fuentes luminosas

La tecnología de los diodos emisores de luz (LED) está surgiendo como una opción preferente en el desarrollo de señales luminosas de ayuda a la navegación de baja a media intensidad. Las fuentes LED de colores gozan de la ventaja de tener una distribución espectral estrecha, que proporciona un color de una pureza muy alta que no requiere filtros. La confusión del color es menos probable entre dos luces de una pureza cromática muy alta. Además, aunque los efectos de la dispersión no se pueden obviar, el color de una luz casi monocromática no cambia con la distancia.

## 1.4 Notas adicionales acerca de la luz azul

- A niveles bajos de iluminancia y con una amplitud angular reducida, el ojo tiende a la miopía tritanópica (miopía de luz azul), causando que la luz se perciba borrosamente.
- Los observadores mayores suelen sufrir un amarilleamiento de la cornea, así que el color azul se les pueda parecer menos intenso de lo que sería el caso para un observador más joven, llegando incluso a verse fácilmente confundido con el verde, el blanco y el amarillo.
- La visión periférica es más sensible a la luz azul, particularmente si la percibe un ojo adaptado a la oscuridad. Por lo tanto, una luz azul puede ser más perceptible que una luz de otros colores vista, no directamente, sino periféricamente desde unos cuantos grados.
- La región azul recomendada se ha diseñado para mejorar el reconocimiento fiable del color azul a bajos niveles de iluminancia, pero podría excluir muchas fuentes luminosas, incluyendo algunos LEDs azules. Un leve desplazamiento de la longitud de onda del



LED a causa de, por ejemplo, un aumento de la temperatura, podría ser suficiente para que algunos LEDs azules de 470 nm crucen el límite de longitud de onda amplia (hacia el color verde). Las recomendaciones establecidas en los documentos de la CIE [2] y [5] sugieren restringir la región azul por debajo de un valor  $y$  de 0,06 ( $y < 0,06$ ). Sin embargo, podría resultar difícil mantener de manera fiable una fuente luminosa dentro de este triángulo de cromaticidad reducido.

- La prueba de la lámina de Ishihara, normalmente utilizada como una prueba para marineros, no es una prueba adecuada para la detección de una deficiencia visual con respecto al azul.

## ANEXO III OBSERVADORES CON DEFICIENCIAS CROMÁTICAS

### 1 PORCENTAJES DE OBSERVADORES CON DEFICIENCIAS DE VISIÓN CROMÁTICA [7]

*Cuadro 3 Porcentajes de observadores con deficiencias de visión cromática*

Tipo de deficiencia		% hombres	% mujeres
Global		~8%	~0.5%
Tricromasia anómala	Protanomalia	1%	0.01%
	Deutanomalia	5%	0.4%
	Tritanomalia	rara	rara
Dicromasia	Protanopia	1%	0.01%
	Deuteranopia	1.5%	0.01%
	Tritanopia	0.008%	0.008%

### 2 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DEFICIENCIA DE VISIÓN CROMÁTICA [7]

*Cuadro 4 Descripción de los diferentes tipos de deficiencia de visión cromática*

Protánico	Protanópico	Dicrómata	carecen de conos de longitud de onda más amplia (rojo)
	Protanómalo	Tricomático anómalo	conos de longitud de onda más amplia anómalos (mal alineados)
Deutánico	Deuteranópico	Dicrómata	carecen de conos de longitud de onda media (verde)
	Deuteranómalo	Tricomático anómalo	conos de longitud de onda media anómalos (mal alineados)
Tritánico	Tritanópico	Dicrómata	carecen de conos de longitud de onda más corta (azul)
	Tritanómalo	Tricomático anómalo	conos de longitud de onda más corta anómalos (mal alineados)

### 3 LÍNEAS DE CONFUSIÓN DEL COLOR PARA OBSERVADORES CON DEFICIENCIAS CROMÁTICAS [7]

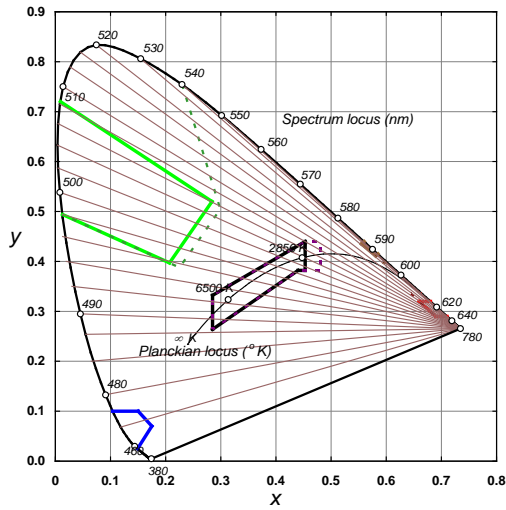


Figura 9 Protanópico

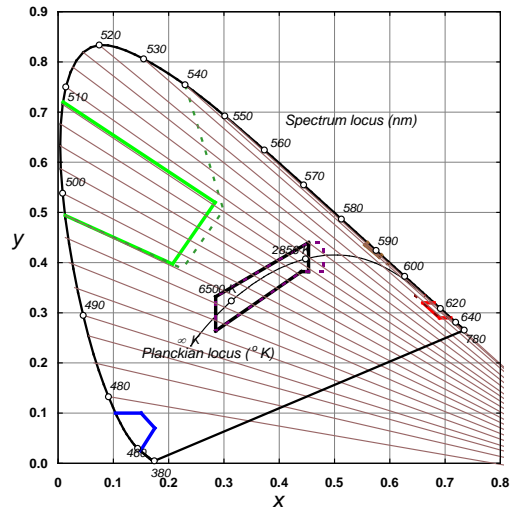


Figura 10 Deuteranópico

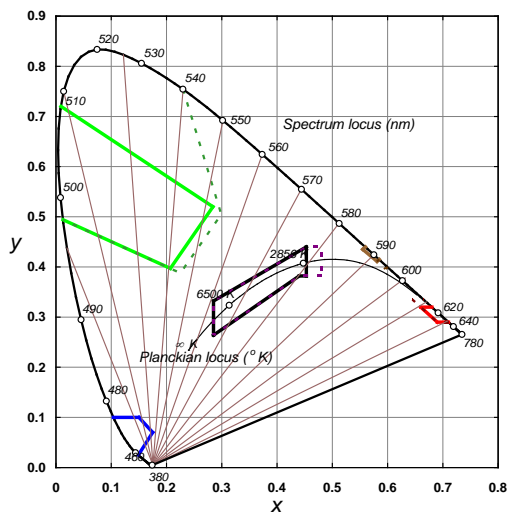


Figura 11 Tritanópico