



GUÍA DE LA IALA

1041

LUCES DE SECTORES

Edición 3.0

Junio de 2016



Puertos del Estado



REVISIÓN DEL DOCUMENTO

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

Fecha	Página / Apartado revisado	Motivo de revisión
Diciembre de 2008	Documento completo	Actualización general
Diciembre de 2015	Documento completo	Actualización importante y adición de un apartado sobre la alineación de teodolitos

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

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

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

Coordinación de la edición en español y edición final:

José Carlos Díez (Puertos del Estado)

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



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	8
2. ANTECEDENTES.....	8
3. OBJETO	10
4. DEFINICIONES	10
5. PARÁMETROS CLAVE DE LAS LUCES DE SECTORES.....	10
5.1. Requisitos generales	11
5.2. Ángulo de incertidumbre	11
5.3. Utilización de filtros en luces de sectores	11
6. TIPOS DE LUCES DE SECTORES.....	12
7. LUZ DE SECTORES DE FUENTE DE LUZ PUNTUAL.....	13
7.1. Fuente de luz única y filtros	13
7.1.1. Principio de funcionamiento	13
7.1.2. Fuente luminosa	15
7.1.3. Ángulo de incertidumbre.....	15
7.1.5. Ventajas/Desventajas	18
7.2. Luz de sectores con fuente de luz única y múltiples niveles	18
7.2.1. Principio de funcionamiento	18
7.2.2. Fuente luminosa	18
7.2.3. Ángulo de incertidumbre.....	18
7.2.4. Ventajas.....	18
7.2.5. Desventajas	19
7.3. Luz de sectores de múltiples fuentes (MSSL)	19
7.3.1. Principio de funcionamiento	19
7.3.2. Fuente luminosa	20
7.3.3. Ángulo de incertidumbre.....	20
7.3.4. Ventajas.....	21
7.3.5. Desventajas	21
8. LUZ DE SECTORES DE RANURA	22
8.1. Principio de funcionamiento	22
8.2. Fuente luminosa	23
8.3. Ángulo de incertidumbre	23
8.4. Ventajas/Desventajas	23
8.4.1. Ventajas.....	23
8.4.2. Desventajas	23
9. UTILIZACIÓN DE FILTROS DE COLOR EN ÓPTICAS GIRATORIAS	23
9.1. Principio de funcionamiento	23
9.2. La fuente luminosa	24



ÍNDICE DE CONTENIDOS

9.3.	Ángulo de incertidumbre	24
9.4.	Ventajas/Desventajas	24
9.4.1.	Ventajas.....	24
9.4.2.	Desventajas	24
10.	LUZ DE SECTORES GIRATORIA DE CONMUTACIÓN DE COLOR	25
10.1.	Principio de funcionamiento	25
10.2.	Fuente luminosa	26
10.3.	Ángulo de incertidumbre	26
10.4.	Ventajas	26
10.5.	Desventajas.....	26
11.	LUCES DE SECTORES PROYECTADAS	27
11.1.	Principio de funcionamiento	27
11.1.1.	Fuente luminosa única.....	27
11.1.2.	Luces de sectores de proyector LED	28
11.2.	Ángulo de incertidumbre	28
11.3.	Ventajas/Desventajas	29
11.3.1.	Ventajas 29	
11.3.2.	Desventajas	29
12.	METODOLOGÍA GENERAL DE DISEÑO.....	29
12.1.	Paso 1.....	29
12.2.	Paso 2.....	29
12.3.	Paso 3.....	29
12.4.	Paso 4.....	29
12.5.	Paso 5.....	30
12.6.	Paso 6.....	30
12.7.	Ejemplo 1	30
12.8.	Ejemplo 2	30
12.9.	Paso 7.....	31
12.10.	Paso 8.....	31
12.11.	Paso 9.....	32
13.	REQUISITOS ESPECIALES DE DISEÑO.....	32
13.1.	Precisión de los sectores.....	32
13.2.	Reflejos	32
13.3.	Limpieza del trayecto óptico.....	32
14.	INSTALACIÓN Y COMPROBACIÓN	33
14.1.	Definición del ángulo	33



ÍNDICE DE CONTENIDOS

14.2.	Comentarios Generales	34
14.3.	Instalación de una luz de sectores nueva con sectores configurados en fábrica	34
14.3.1.	Procedimiento con un datum de la linterna (baja precisión)	34
14.3.2.	Utilización de una plantilla de referencia	36
14.3.3.	Utilización de una mira sencilla para mejorar la precisión	39
14.3.4.	La utilización de una mira telescópica para conseguir la máxima precisión	40
14.3.5.	Alternativa	42
14.3.6.	Ajuste en el taller o laboratorio (configuración de fábrica)	42
14.4.	Instalación de un nuevo sector en luces existentes	43
14.5.	Puesta en servicio	44
14.6.	Efecto de las condiciones meteorológicas frías	46
14.7.	Utilización del teodolito para la instalación, alineación y puesta en servicio	46
14.7.1.	Introducción	46
14.7.2.	Preparación previa a la alineación	48
14.7.3.	Alineación de una luz de sectores en el campo	49
15.	ACRÓNIMOS	51
16.	REFERENCIAS	52

Índice de tablas

Tabla1	Transmitancia de distintas fuentes luminosas	12
Tabla2	Comparativa de las diferentes tecnologías de luces de sectores	13
Tabla3	Demora del compás y opuesta	33

Índice de figuras

Figura 1	Algunas aplicaciones de luces de sectores.....	9
Figura 2	Disposición de múltiples sectores señalizando un canal	10
Figura 3	Ángulo de incertidumbre	11
Figura 4	Luz de sectores de fuente luminosa única con óptica de tambor	13
Figura 5	Principio de funcionamiento básico de luces de sectores de fuente puntual	14
Figura 6	Filtros internos en un faro	14
Figura 7	Filtros externos en una linterna pequeña.....	14
Figura 8	Factores que determinan el ángulo de incertidumbre en luces de sectores de fuente puntual..	15
Figura 9	Percepción del observador desde el límite nominal del sector	16
Figura 10	Planta de una óptica de tambor	16
Figura 11	Desplazamiento del filtro aplicado a ambos límites del sector	17

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Figura 12	Ejemplo de una luz de sectores de múltiples niveles de una sola fuente	18
Figura 13	Luz de sectores de múltiples fuentes	19
Figura 14	Luz de sectores omnidireccional con 5 sectores	19
Figura 15	Ejemplo de una luz de sectores de LED de múltiples fuentes con cuatro niveles horizontales....	20
Figura 16	Luz de sectores de múltiples LED con pantallas recortadas	20
Figura 17	Principio de funcionamiento básico de luces de sectores de ranura	22
Figura 18	Disposición de fuentes luminosa	22
Figura 19	Principio de funcionamiento una luz de sectores de ranura (tres fuentes luminosas y tres sectores)	22
Figura 20	Lente Fresnel giratoria.....	24
Figura 21	Vista cenital de una luz de sectores giratoria de conmutación de color	25
Figura 22	Modo de funcionamiento para una luz de destellos aislados de 3 sectores	26
Figura 23	Principio del funcionamiento de una luz de sectores de ranura.....	27
Figura 24	Luz de sectores de proyector LED de múltiples haces.....	28
Figura 25	Luz de sectores de proyector LED de un único haz con espejos.....	28
Figura 26	Reducción del sector blanco óptico	30
Figura 27	Reevaluación del sector blanco	31
Figura 28	Demoras de compás vs. opuestas.....	34
Figura 29	Luz de sectores con datum “norte” en la parte superior de la linterna y sectores de color	34
Figura 30	Luz de sectores con datum “46°” (demora verdadera desde el mar), con dirección a un punto conocido referencia	35
Figura 31	Nivelación de una linterna.....	35
Figura 32	Rotación de la linterna con un punto de referencia al 226°	35
Figura 33	Finalización de la alineación.....	36
Figura 34	Comprobación de la luz de sectores mediante un buque.....	36
Figura 35	Luz de sectores montada sobre una plantilla de referencia.....	37
Figura 36	Ejemplo de una plantilla de referencia.....	37
Figura 37	Primer plano del montaje de una luz de sectores sobre una plantilla de referencia.....	38
Figura 38	Escala graduada marcada en la fijación secundaria de montaje.....	39
Figura 39	Dos miras distintas	39
Figura 40	Ejemplo de observación de dos miras	39
Figura 41	Mira sencilla montada en una luz de sectores	40
Figura 42	Luz de sectores de precisión con telescopio de alineación	40
Figura 43	Eje del proyector y del telescopio	41
Figura 44	Vista por el telescopio.....	41
Figura 45	Ejemplo de instalación práctica con el método del telescopio fijo.....	41



ÍNDICE DE CONTENIDOS

Figura 46	Ajuste a un punto de referencia	42
Figura 47	Alineación horizontal en taller.....	42
Figura 48	Alineación vertical en taller	43
Figura 49	Instalación de un nuevo sector	43
Figura 50	Filtros solapados.....	44
Figura 51	Filtros planos	44
Figura 52	Comprobación de luz de sectores utilizando un buque	45
Figura 53	Puesta en servicio de luces de sectores	46
Figura 54	Ejes de rotación de un teodolito	47
Figura 55	Elementos de un teodolito.....	47
Figura 56	Teodolito mecánico sencillo.....	48
Figura 57	Teodolito moderno montado en un trípode	48

Lista de ecuaciones

Ecuación 1	Amplitud angular por la fuente luminosa.....	15
Ecuación 2	Ángulo de incertidumbre	15
Ecuación 3	Distancia del desplazamiento horizontal del filtro en milímetros	17
Ecuación 4	Desplazamiento angular del filtro Φ	17
Ecuación 5	Distancia de la ayuda a la navegación al comienzo del segmento utilizable de una luz de sectores de múltiples fuentes	21
Ecuación 6	Longitud horizontal del filtro	43

1. INTRODUCCIÓN

Las luces de sectores se han utilizado como AtoN desde el siglo XIX empleándose distintos métodos para generarlos. Además, existen varias tecnologías emergentes que se pueden utilizar para proporcionar luces de sectores.

2. ANTECEDENTES

Una luz de sectores es una ayuda a la navegación que muestra diferentes colores y/o ritmos a lo largo de unos arcos designados. El color de la luz proporciona información direccional al navegante.

Un sector, o un límite entre dos sectores, puede señalar un canal de navegación, un punto de reviro, una confluencia con otros canales, un peligro o cualquier otro elemento de importancia para el navegante.

Cuando un canal de navegación está cubierto por un sector blanco, para un buque que se aproxima a la luz desde la mar, deberá mostrar un sector verde que marque los desvíos a estribor y otro rojo para los de babor, en el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA para la Región A; para la Región B se invierten los colores. El sector blanco indica la zona segura de navegación, pero está claro que no en toda la longitud radial del mismo. El canal de navegación podría estar balizado de forma alternativa con boyas o enfilaciones luminosas.

Al diseñar un canal de navegación, se deberán tener en cuenta todos los tipos de AtoN para encontrar la mejor solución para la zona en particular.

Los requisitos para el establecimiento de una luz de sectores pueden ser una tarea compleja y el proceso debe realizarse contando con cartas náuticas de la zona de buena calidad. En muchos casos, también se necesitan buenos conocimientos locales y es posible que haya que tener en cuenta factores como corrientes, mareas o la luminancia de fondo.

Una luz de sectores podrá indicar uno o más de los siguientes límites de una vía navegable.

- Un cambio de rumbo;
- Bajos, bancos, etc.;
- Una zona o posición (p. ej. un fondeadero);
- La parte más profunda de una vía navegable;
- Comprobación de la posición de ayudas flotantes;
- Los límites de una vía navegable.

En las Figuras Figura 1 y Figura 2, se muestran algunos ejemplos de las aplicaciones de luces de sectores.

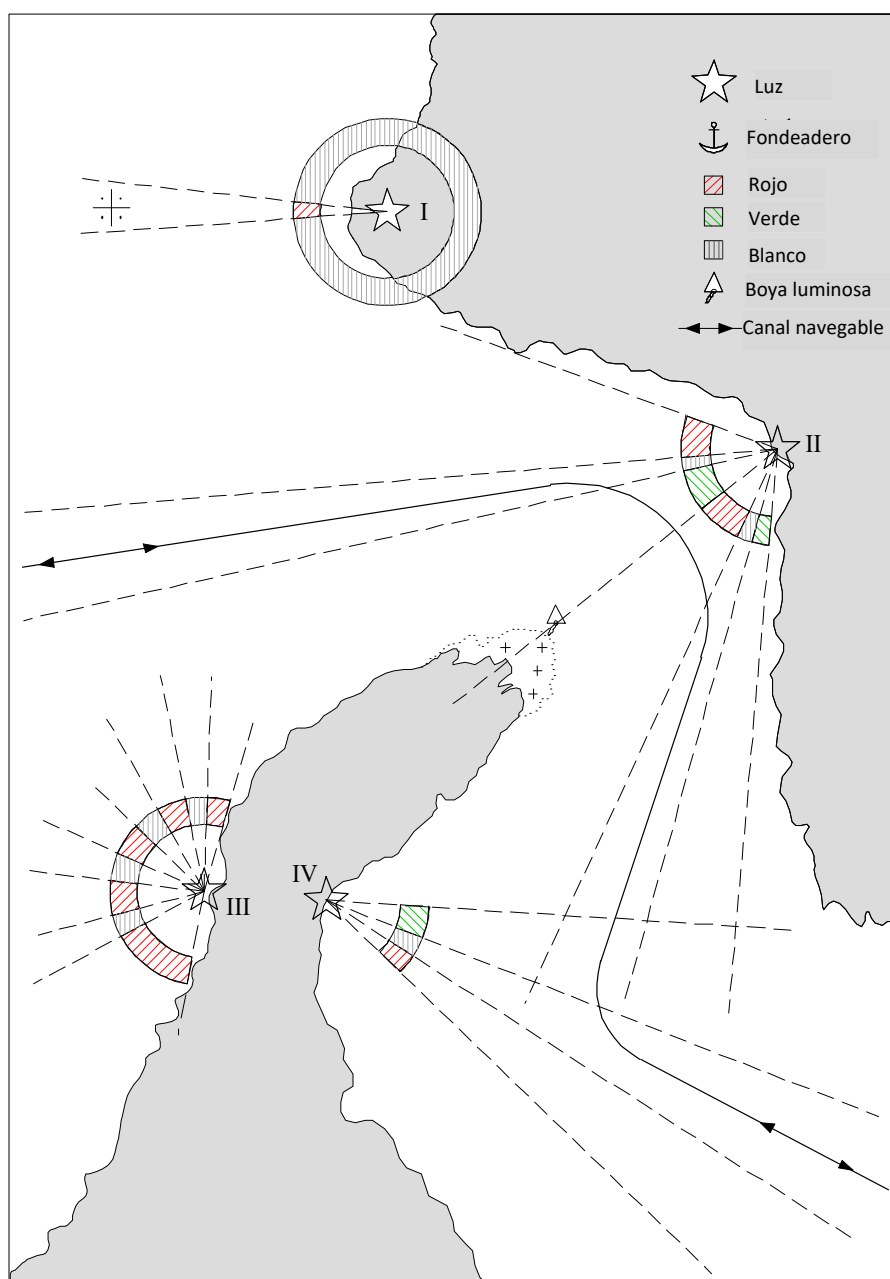


Figura 1 *Algunas aplicaciones de luces de sectores.*

La Luz I es una ayuda costera blanca con un sector rojo marcando un peligro. En este caso, no es esencial una elevada precisión en los límites del sector.

La Luz II es una luz de sectores con un sector apantallado hacia tierra y dos sectores blancos indicando el canal seguro. Además, el límite entre el sector rojo y el verde también indica la posición de una boya.

La Luz III es una luz de sectores con luz roja y 4 sectores blancos, indicando cuatro zonas de fondeo y con un sector apantallado hacia tierra.

La Luz IV es una luz de sectores con un sector blanco marcando un canal seguro, y está apantallado hacia tierra.

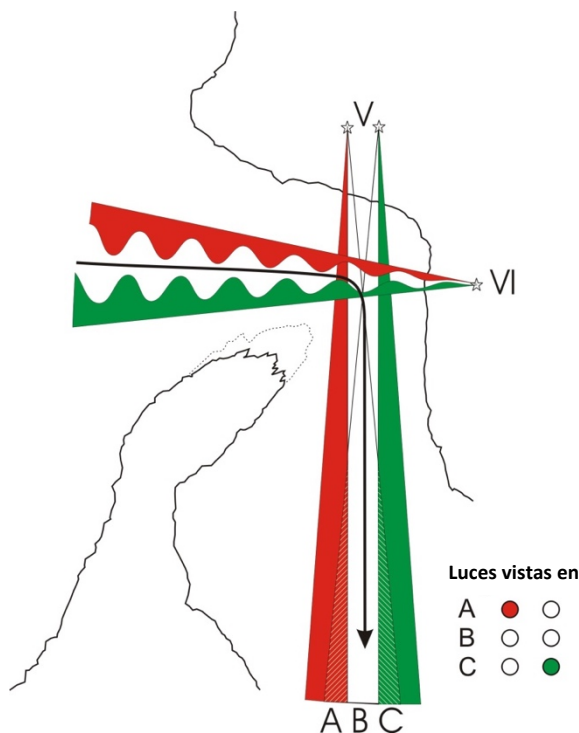


Figura 2 Disposición de múltiples sectores señalizando un canal

La Luz V, en la Figura 2, nos muestra dos luces de sectores dispuestas para crear un sistema en paralelo. Esta disposición genera cinco sectores, cada uno con su propio ritmo y color.

La Luz VI indica límites oscilantes generando de cinco a siete sectores, utilizándose para mejorar la identificación de la posición lateral del buque.

3. OBJETO

El objeto de este documento es orientar a los miembros de la IALA sobre los principios del funcionamiento, diseño práctico e instalación de luces de sectores.

Este documento no ofrece orientación sobre los requerimientos náuticos.

4. DEFINICIONES

La definición de los términos empleados en esta guía se puede encontrar en el Diccionario internacional de ayudas a la navegación marítima (Diccionario de la IALA) en <http://www.iala-aism.org/wiki/dictionary>.

5. PARÁMETROS CLAVE DE LAS LUCES DE SECTORES

Las definiciones de los parámetros principales se presentan en el apartado 4. A continuación, figura una descripción más detallada de los conceptos relevantes:

- Ancho del sector (amplitud angular en el plano horizontal);
- Color;
- Intensidad;
- Ritmo;
- Uniformidad de la intensidad en todo el sector;

- Angulo de incertidumbre entre sectores adyacentes;
- Divergencia vertical.

En el apartado 4 se ofrecen las definiciones de los parámetros principales y a continuación se presentan las descripciones detalladas de los conceptos principales.

5.1. REQUISITOS GENERALES

Una luz de sectores debe cumplir las siguientes especificaciones:

- El color debe estar dentro de las regiones óptimas de la Recomendación E-200, Parte 1 – Colores de la IALA [1].
- La apariencia de la luz debe cumplir la Recomendación E-110 de la IALA sobre la apariencia de las luces en ayudas a la navegación [2].
- El cálculo del alcance luminoso o de la intensidad debe realizarse de acuerdo con la Recomendación E-200, Parte 2 – Cálculo, definición y notación del alcance luminoso de la IALA [3].
- La medición de las prestaciones debe cumplir la Recomendación E-200, Parte 3 de la IALA [4].

La actual NAVGUIDE de la IALA y las Guías específicas de IALA sobre fuentes luminosas y tecnología LED deben de tomarse como referencia.

5.2. ÁNGULO DE INCERTIDUMBRE

El ángulo de incertidumbre es la región donde cambian el color y/o el ritmo del destello. El navegante percibe una mezcla de las dos apariencias de los sectores, causando la incertidumbre de ser incapaz de diferenciar entre los dos sectores. Comprender este aspecto es de suma importancia para el diseño de una luz de sectores.

Para la mayoría de los casos, el ángulo de incertidumbre debe ser lo más pequeño posible o debe definirse por los requerimientos de la navegación en la zona.

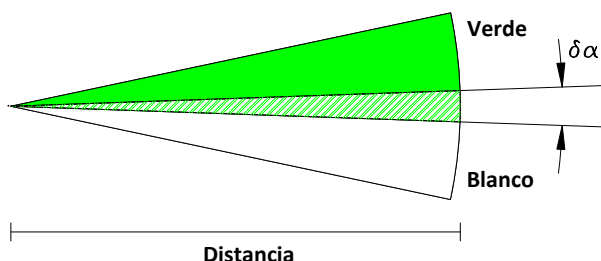


Figura 3 *Ángulo de incertidumbre*

Los mecanismos para generar el mínimo ángulo de incertidumbre varían según los diferentes tipos de luces de sectores.

5.3. UTILIZACIÓN DE FILTROS EN LUCES DE SECTORES

En las luces de sectores que emplean filtros ópticos con fuentes de luz puntuales, la intensidad luminosa y, por lo tanto, el alcance en cada sector puede variar de forma considerable a causa de los distintos factores de transmisión de los filtros empleados.

La distribución espectral de la fuente luminosa tiene un impacto importante en la emisión de luz una vez atravesado el filtro. Por ello es necesario que el material filtrante se adapte a las características espectrales de la fuente de luz, para proporcionar una cromaticidad que esté dentro de la región recomendada por la IALA.

El factor de transmisión del filtro de color determinará la intensidad y, por lo tanto, el alcance del sector de color. En la siguiente tabla se muestran algunos valores típicos de factores de transmisión.

Tabla 1 Transmisancia de distintas fuentes luminosas

	Fuente luminosa/(Temperatura de color)			
Color	Filamento (3.000K)	Descarga (5.800K)	LED (4.000K)	LED (6.500K)
Rojo	8-25%	~13%	~10%	~8%
Verde	8-25%	~22%	~17%	~20%
Amarillo	50-70%	~55%	~50%	~45%

Para más información sobre la transmitancia de filtros, véase la Wiki de la IALA.

Existen varios materiales, como el vidrio o el plástico, que son adecuados para los filtros. Suele ser más fácil conseguir filtros grandes de plástico que de vidrio. Cuando se utilizan de plástico, el material debe ser estable ante la radiación ultravioleta e instalarse correctamente para asegurar que no lo deforme el calor generado por las lámparas.

6. TIPOS DE LUCES DE SECTORES

Hay dos tipos básicos de luces de sectores: las omnidireccionales y las direccionales. Las omnidireccionales cubren generalmente hasta los 360 grados, mientras que las direccionales sólo cubren un arco relativamente pequeño.

Existen muchas soluciones técnicas para generar los sectores, que se pueden categorizar en varios tipos, uno de los cuales es el método óptico usado. Las dos tecnologías más comunes para la prestación de señales luminosas sectorizadas son las siguientes:

- Luz de sectores con fuente luminosa puntual (para sectores de gran amplitud u omnidireccionales):
 - Fuente luminosa única y filtros;
 - Luz de sectores de múltiples fuentes (MSS).
- Luz de sectores proyectada (para sectores de poca amplitud).

Tecnologías más antiguas son:

- Luz de sectores de ranura;
- Utilización de filtros de color en ópticas de rotación.

Nuevos desarrollos son:

- Luz de sectores giratoria de conmutación de color.

La Tabla 2 ofrece una comparativa entre los tipos básicos de luces de sectores. En las siguientes secciones se expone una descripción más detallada de cada uno.

Tabla 2 Comparativa de las diferentes tecnologías de luces de sectores

Tipo	Alcance nocturno práctico	Precisión / ángulo de incertidumbre	Ancho máximo del sector	Ancho mínimo típico del sector
Fuente puntual	Hasta 20 M	Medio (0,25°-0,75°)	360°	1°
Ranura	Hasta 30 M	Bajo. Constante en todo el alcance	45°	1°
Filtros de color en ópticas giratorias	Hasta 20 M	1° - 20°	360°	7°
Luz de sectores giratoria de conmutación de color	Hasta 15 M	1° - 2°	360°	8°
Proyectada	Hasta 30 M	Muy alta (1 minuto de arco, 0,017°)	25°	0,2°

7. LUZ DE SECTORES DE FUENTE DE LUZ PUNTUAL

7.1. FUENTE DE LUZ ÚNICA Y FILTROS

Debido al hecho de que llevan en uso desde el siglo XIX, este tipo de luz de sectores se denomina a veces como “tradicional”. Otro nombre que se les da es “luces de sectores del método de sombras”, en que se genera un sector de color colocando un vidrio o plástico de color sobre el acristalamiento de la linterna o sobre la propia luz, lo que proyecta una sombra de color sobre el agua en el sector indicado.



Figura 4 Luz de sectores de fuente luminosa única con óptica de tambor

7.1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Las luces de sectores de fuente puntual suelen disponer de una única fuente luminosa, normalmente una lámpara con una óptica de tambor con uno o más filtros colocados a cierta distancia, que apantallan la luz y producen cada uno de los sectores de color deseados.

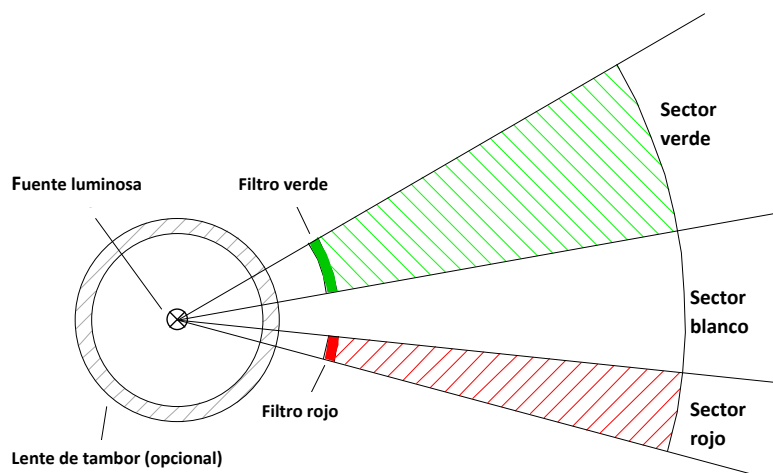


Figura 5 Principio de funcionamiento básico de luces de sectores de fuente puntual

Para la alineación correcta de los sectores individuales y de sus límites, la posición física de los filtros ópticos utilizados con la fuente luminosa debe ser regulable de forma mecánica.

Para garantizar que los ángulos de incertidumbre sean lo suficientemente reducidos entre los sectores, es importante colocar los filtros a una distancia radial suficiente de la fuente luminosa.

Los filtros ópticos se pueden colocar internamente dentro del acristalamiento del faro o por fuera de la linterna.

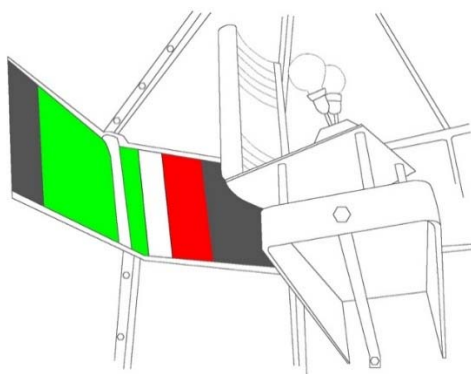


Figura 6 Filtros internos en un faro

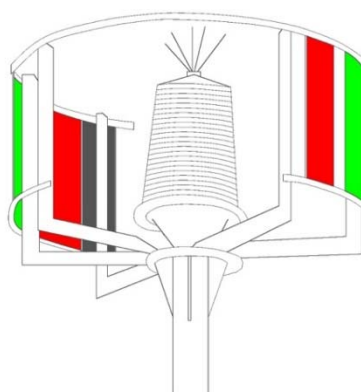


Figura 7 Filtros externos en una linterna pequeña

En las luces de sectores con linternas pequeñas, es posible que el fabricante suministre filtros internos fijos. En este caso, no se puede ajustar el límite del sector y es probable que el ángulo de incertidumbre sea bastante amplio.

7.1.2. FUENTE LUMINOSA

En una luz de sectores de fuente puntual, la dimensión horizontal de la fuente luminosa ejerce una gran influencia en los ángulos de incertidumbre (véase 7.1.3).

Es importante poner en foco correctamente la fuente luminosa dentro del aparato óptico, ya que cualquier desalineación, por pequeña que sea, puede producir alteraciones en los límites del sector. Este problema puede resolverse utilizando o bien una fuente luminosa pre-enfocada o incorporando un método de alinear correctamente la fuente luminosa cada vez que se instale una nueva lámpara.

Las características espectrales de la fuente luminosa deben coincidir con el espectro deseado de cada sector de color, lo que significa que el espectro de la fuente utilizada contiene el suficiente rojo o verde.

En general, con respecto a esto, las lámparas halógenas y de halogenuros metálicos consiguen buenos resultados.

7.1.3. ÁNGULO DE INCERTIDUMBRE

Cuando no es necesario que los límites de los sectores sean muy precisos, se puede utilizar el sistema de filtros de color. El ángulo de incertidumbre puede ser entre 0,25-0,75° y la intensidad puede variar. Como en el caso de cualquier aparato óptico, es fundamental el posicionamiento preciso de la lámpara. Si se modifica la posición del filamento, lo que puede ocurrir al sustituir la lámpara, se modificará el límite del sector.

En las luces de sectores de fuente puntual, la relación entre la dimensión horizontal de la fuente luminosa (d) y la distancia entre la fuente luminosa y el filtro óptico (D) determinará el ángulo de incertidumbre ($\delta\beta$) y, por consiguiente, el ancho de la zona de transición a una distancia dada de la luz de sectores.

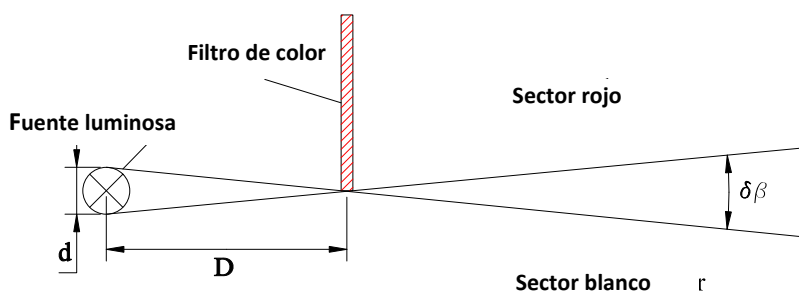


Figura 8 Factores que determinan el ángulo de incertidumbre en una luz de sectores de fuente luminosa puntual

La relación matemática entre los factores es la siguiente:

$$\delta\beta = d/D \text{ [radianes]}$$

Ecuación 1 Amplitud angular por la fuente luminosa

$$\frac{d}{D} \times 57.3 \text{ [grados]}$$

Ecuación 2 Ángulo de incertidumbre

Donde:

d es la dimensión horizontal (ancho) de la luz

D es la distancia del filtro a la fuente luminosa

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. es la amplitud angular por el ancho de la fuente luminosa d en el borde del filtro, que está a una distancia D de la fuente luminosa. El multiplicador 57,3 es una conversión aproximada de radianes a grados, o sea $360^\circ/2\pi$. En este caso, $\delta\beta$ es el ángulo, percibido a una distancia dada por el observador, entre que se cubre y descubre completamente la luz por el filtro (véase la Figura 8).

Se puede disminuir el ángulo de incertidumbre reduciendo el ancho del foco luminoso o aumentando distancia radial al filtro de color.

Si el espacio en la estructura de la ayuda a la navegación no es un factor que lo limite, normalmente es posible lograr un ángulo de incertidumbre de alrededor de $0,5^\circ$ con este tipo de luz de sectores.

Ecuación 1 es algo “conservadora”. Percibiendo el color visible desde lejos, no cambiará de inmediato cuando el observador entre en la zona de incertidumbre definida por la Ecuación 1.

En la referencia [10], se expone un método preciso para obtener el ángulo de incertidumbre basado en el color observado.

7.1.4. Tamaño del filtro

Cuando se necesita un filtro de color, su tamaño debe extenderse más allá del ángulo concreto del sector.

El sector blanco es más intenso que el sector de color, que exhibe una fracción (T) de la intensidad del primero. Por lo tanto, la luz blanca predominará en la zona de transición entre los dos sectores y el color que resulte aún se encontrará en la región blanca (Figura 13).

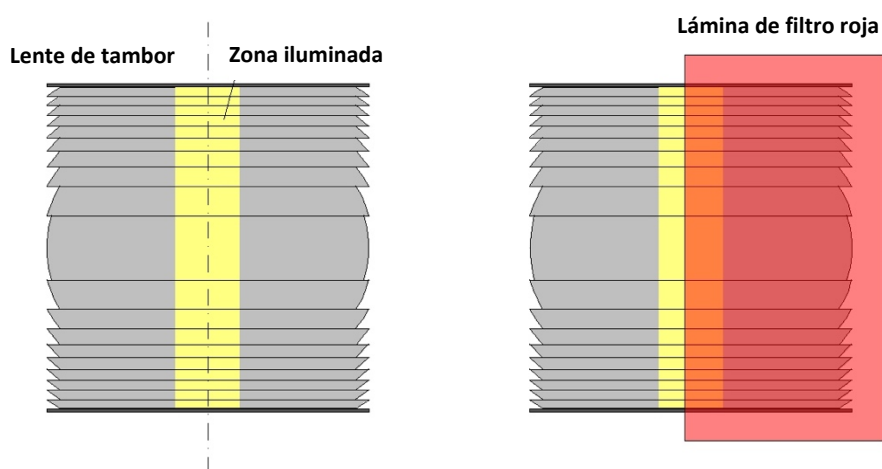


Figura 9 Vista del observador desde el límite nominal del sector

Para evitarlo, debe ampliarse el filtro de color, desplazándolo, lo que hace que sean iguales las intensidades en el límite del sector la de la luz blanca y la de color (Figura 10).

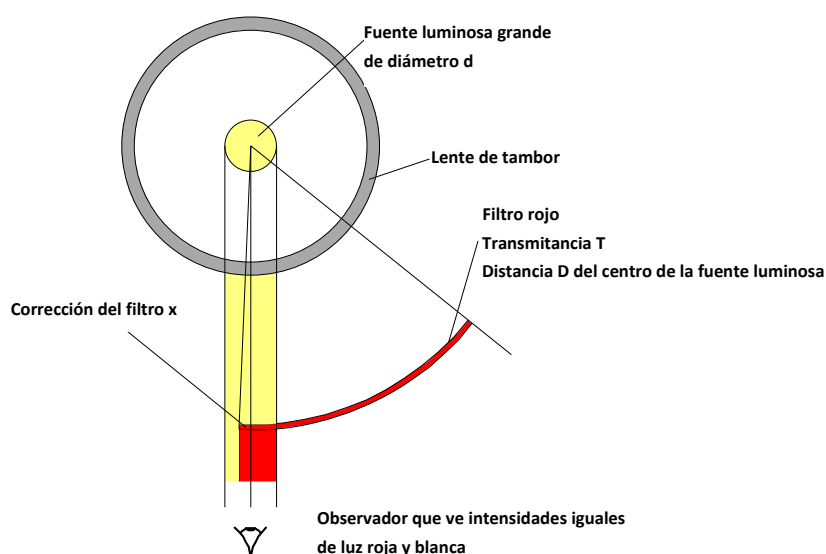


Figura 10 Planta de una óptica de tambor

Puede determinarse el desplazamiento del filtro, o sea la distancia entre el borde del filtro y el límite nominal del sector, mediante la siguiente ecuación:

$$x = \frac{d}{2} - \frac{d * T}{1 + T}$$

Ecuación 3 Distancia del desplazamiento horizontal del filtro en milímetros

Donde:

T es la transmitancia del filtro como fracción de unidad;

d es el ancho horizontal (o diámetro) de la fuente luminosa, en milímetros.

Puede determinarse el desplazamiento angular del filtro Φ , o sea el ángulo entre el borde del filtro y el límite del sector observado, mediante la siguiente ecuación:

$$\Phi = \frac{x}{D} \text{ medido en radianes}$$

O

$$\Phi = \frac{x}{D} \times \frac{180}{\pi} \text{ medido en grados}$$

Ecuación 4 Desplazamiento angular del filtro Φ

Donde:

Φ es el desplazamiento angular horizontal del borde del filtro;

x es el desplazamiento horizontal del filtro, en milímetros;

D es la distancia del centro de la fuente luminosa al borde del filtro

El desplazamiento del filtro ocurre en ambos bordes, así el ancho angular necesario del filtro siempre será mayor que el ángulo del sector cubierto por dicho filtro.

Por lo tanto, para una lámina de material de filtro, el ancho de la lámina debe ser siempre mayor que el ancho del sector por dos veces el desplazamiento horizontal del filtro (ancho del sector + $2 * x$ / ángulo del sector + $2 * \Phi$).

Observaciones: En términos prácticos, suele ser útil emplear dos elementos de material de filtro que se solapen en el centro del sector, lo que permitirá cierto margen de ajuste durante el procedimiento de comprobación.

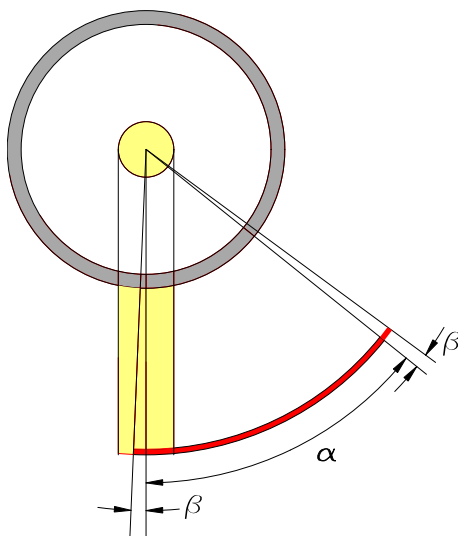


Figura 11 Desplazamiento del filtro aplicado a ambos límites del sector

7.1.5. VENTAJAS/DESVENTAJAS

Ventajas:

- Diseño resistente;
- Es posible la reinstalación con fuentes luminosas nuevas;
- Precio relativamente bajo;
- Poco mantenimiento.

Desventajas:

- Es posible que el ángulo de incertidumbre sea amplio;
- Puede que sea imposible conseguir grandes alcances nominales;
- Deterioro del filtro.

7.2. LUZ DE SECTORES CON FUENTE DE LUZ ÚNICA Y MÚLTIPLES NIVELES

Para replicar el método de fuente luminosa puntual con luces LED, se necesita un nivel distinto para cada color. La utilización de pantallas opacas limita la salida de luz de cada nivel, creando así el límite del sector.

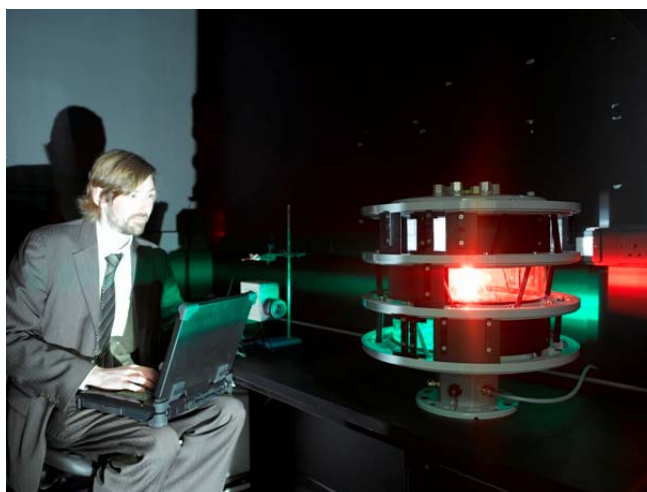


Figura 12 Ejemplo de una luz de sectores de fuente única y múltiples niveles

7.2.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

En general, las luces de sectores de múltiples niveles de una sola fuente disponen de un solo LED para cada color requerido. Se emplea una lente secundaria para dirigir en el plano horizontal la luz de cada LED. Se usan pantallas opacas con la zona frontal abierta en cada uno de los diferentes colores para crear los sectores necesarios.

7.2.2. FUENTE LUMINOSA

Este tipo de luz de sectores está específicamente diseñada para las luces LED.

7.2.3. ÁNGULO DE INCERTIDUMBRE

El método para determinar el ángulo de incertidumbre es parecido al de la luz de sectores de fuente puntual. Los ángulos de incertidumbre resultantes son parecidos.

7.2.4. VENTAJAS

- Poco mantenimiento;
- Diseño robusto;

- Coste relativamente bajo;
- Se puede cambiar la apertura de las pantallas laterales para permitir modificaciones del sector.

7.2.5. DESVENTAJAS

- Alcance limitado;
- Uso ineficiente de la energía (luz omnidireccional con una zona oscurecida).

7.3. LUZ DE SECTORES DE MÚLTIPLES FUENTES (MSSL)

Los LEDs también pueden utilizarse como fuente puntual para generar sectores. Sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones, la luz de sectores de fuente puntual clásica requiere una fuente luminosa que irradie luz omnidireccional abarcando los 360° del horizonte.

Un único LED ve restringida su amplitud angular a un máximo de 180°, aunque puede producir luz omnidireccional mediante la utilización de una óptica especial. Para una luz de sectores omnidireccional, es mucho más sencillo usar múltiples LED.

También hay razones adicionales para el desarrollo de luces de sectores de múltiples fuentes (MSSL):

- Los LED verdes y rojos tienen un color muy saturado que encaja perfectamente en las regiones cromáticas de IALA. La utilización de un filtro óptico con LEDs no es muy eficiente, por lo que cada sector dispone de su propio LED.
- Para conseguir grandes alcances/intensidades elevadas, se montan múltiples LED en disposición vertical.

7.3.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Las luces de sectores de múltiples fuentes producen los sectores mediante la utilización de fuentes luminosas LED provistas de lentes individuales y unas pantallas para crear los haces, distribuidas en el plano horizontal como fuentes puntuales descentradas (Figura 13).

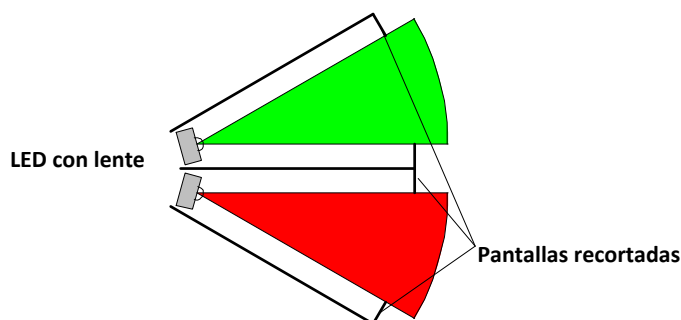


Figura 13 *Luz de sectores de múltiples fuentes*

En la Figura 14, se muestra una disposición con 5 sectores del mismo tamaño, pero de diferentes colores. Para aumentar la intensidad total, la disposición horizontal se repite en cuatro niveles verticales (Figura 15).

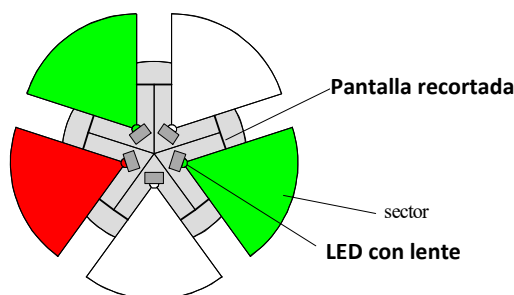


Figura 14 *Luz de sectores omnidireccional con 5 sectores*

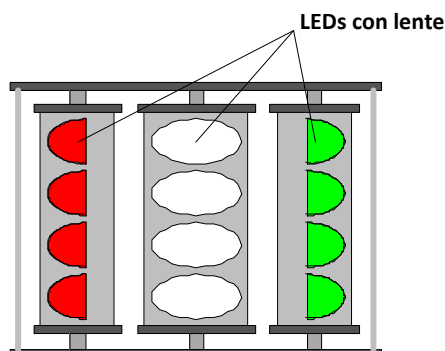


Figura 15 *Ejemplo de una luz de sectores de LED de múltiples fuentes con cuatro niveles horizontales*

7.3.2. FUENTE LUMINOSA

Aunque en teoría es posible construir luces de sectores de múltiples fuentes empleando fuentes luminosas incandescentes y filtros, en la actualidad esta tecnología se aplica utilizando solamente LEDs.

Los módulos de señal luminosa empleados en una luz de sectores de múltiples fuentes pueden ser de distinta complejidad, desde un único conjunto de LED/lentes sin protección hasta un módulo de LED/lentes totalmente protegido contra la intemperie, con varios LED dispuestos verticalmente, circuitos redundantes y modulación de entrada de bajo nivel para el control de los destellos.

Para conseguir un ángulo de incertidumbre reducido, es necesario utilizar LEDs con un área de emisión reducida. Muchas de los nuevos LED de alta potencia (> 50 W) llevan un gran chip emisor y no pueden emplearse en una luz de sectores de múltiples fuentes.

7.3.3. ÁNGULO DE INCERTIDUMBRE

En función de la fuente luminosa y de la geometría de las pantallas para separar los sectores, el segmento utilizable de una MSSL comienza a la distancia L , que suele estar entre unas decenas y dos centenares de metros de la posición de la AtoN (Figura 16). Una zona ciega del tamaño de la pantalla recortada (D , normalmente no superior a 100 mm) se extiende hasta el infinito, incrementando ligeramente la región límite del sector.

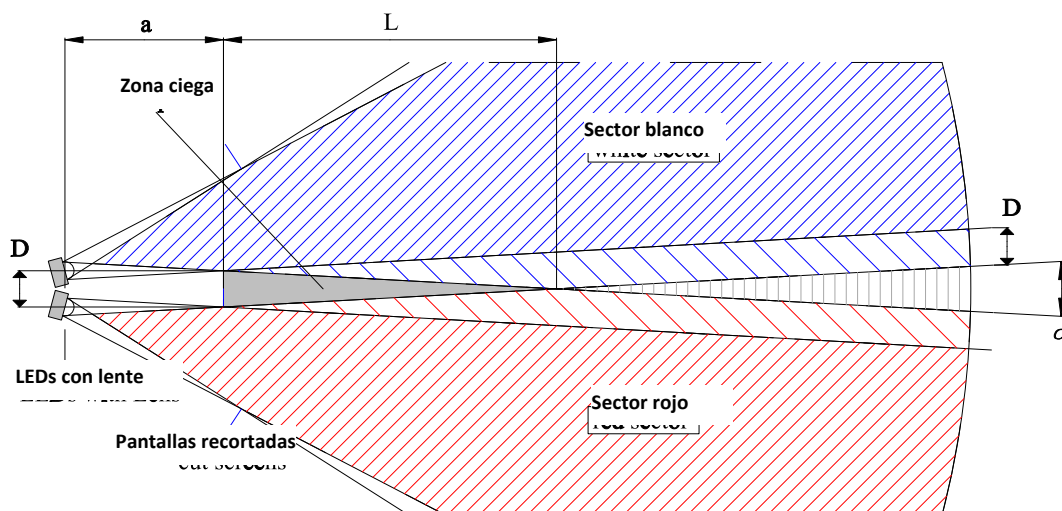


Figura 16 *Luz de sectores de múltiples luces LED con pantallas recortadas*

Se puede estimar el comienzo del segmento utilizable de una MSSL empleando la siguiente fórmula:

$$L = \frac{a \times D}{d}$$

Ecuación 5 *Distancia de la AtoN al comienzo del segmento utilizable de una luz de sectores de múltiples fuentes*

Donde:

L es la distancia de la AtoN al inicio del segmento utilizable de una MSSL;

a es la distancia de la fuente luminosa a la pantalla recortada;

D es la extensión horizontal de la pantalla recortada entre las fuentes luminosas de la luz de sectores;

d es la dimensión horizontal de la fuente luminosa.

Las luces de sectores de múltiples fuentes son adecuadas para lugares donde no son necesarios límites de sector de alta precisión. El ángulo de incertidumbre depende de la arquitectura utilizada, con valores entre 0,2° y 0,6°. Con mayor distancia entre la fuente de luz y la pantalla (diámetros de la carcasa mayores), se consiguen mejores resoluciones.

Para estimar la viabilidad de aplicación de las luces de sectores de múltiples fuentes, el ángulo de incertidumbre debe ser el parámetro básico para su diseño.

7.3.4. **VENTAJAS**

- Una vez fabricadas según las especificaciones del emplazamiento, su instalación en una AtoN requiere poco esfuerzo;
- Se pueden implantar sectores con intensidades luminosas muy variables dentro de una misma unidad;
- Los distintos sectores pueden utilizar ritmos diferentes;
- Utilizando una arquitectura de múltiples niveles, pueden crearse sectores con bordes solapados, que presenten en el límite señales de color alterno con ritmos de isofase;
- Para aumentar la fiabilidad, pueden utilizarse LEDs equipados con circuitos dobles (redundantes);
- El consumo de energía de matrices de LED, combinados de forma óptima para crear distintos sectores, suele ser menor que en el caso de las soluciones omnidireccionales apantalladas con una única fuente por nivel;
- El diseño modular distribuido permite su utilización en linterna existente en el emplazamiento de la AtoN, evitando así el efecto de las sombras generadas por los marcos de las ventanas;
- En el caso de una construcción modular, se puede realizar eficientemente la sustitución de la fuente luminosa en el emplazamiento cuando sea necesaria, sin tener que reajustar los sectores;
- El diseño modular permite almacenar de módulos de repuesto lo que permitirá alargar el ciclo de vida.

7.3.5. **DESVENTAJAS**

- Una vez fabricadas según las especificaciones, no puede modificarse la configuración de sectores;
- No están disponibles directamente en el mercado - el proceso de diseño de cada luz de sectores conlleva costes de ingeniería.

8. LUZ DE SECTORES DE RANURA

8.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Las luces de sectores de ranura consisten en uno o más haces de luz dirigidos hacia una abertura focal (ranura) situada a cierta distancia. La relación entre el ancho de la abertura focal y la distancia entre la fuente luminosa (suponiendo la fuente puntual) y la abertura de la ranura, define el ángulo horizontal del sector.

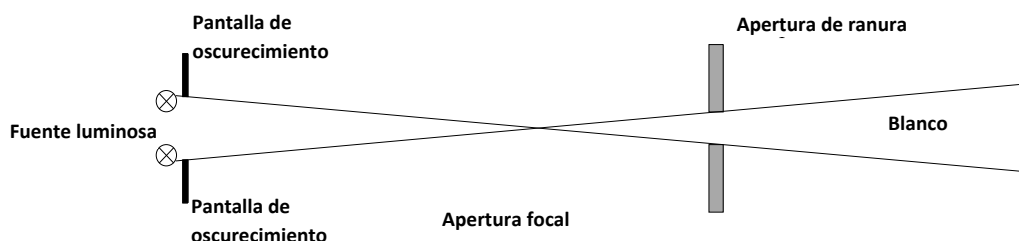


Figura 17 *Principio del funcionamiento básico de luces de sectores de ranura*

En la Figura 17, hay un único sector. El sistema se puede extender para incluir un cierto número de fuentes luminosas que generen varios sectores de diferentes colores y, si fuera necesario, distintos ritmos.

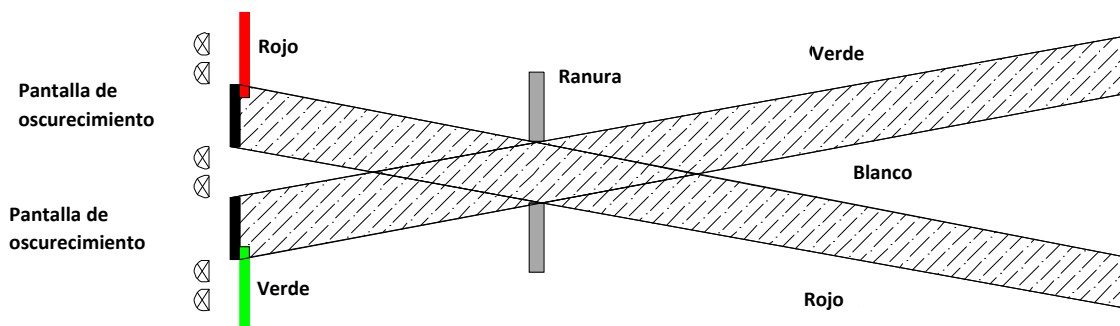


Figura 18 *Disposición de fuentes*

luminosa

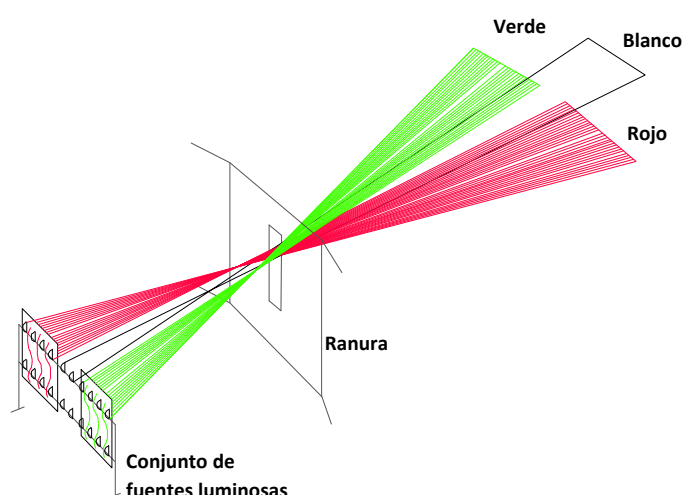


Figura 19 *Principio de funcionamiento de una luz de sectores de ranura (tres fuentes luminosas y tres sectores)*

El color de los sectores se genera mediante vidrios de color montados en soportes delante de la lámpara.

Los límites se generan con placas deflectoras. Para limitar la refracción en el borde y proyectar la luz exactamente en el cruce del límite, las placas deflectoras son unos milímetros más anchas que las aberturas focales del alojamiento de la linterna. Se montan de la misma manera que los vidrios de filtro.

La intensidad luminosa en los distintos sectores se puede modificar montando matrices de lámparas en función de las necesidades de cada sector. Se pueden conectar las lámparas en grupos separados que se encienden secuencialmente, proporcionando de esta manera un consumo de energía estable y una apariencia similar a una luz giratoria. Una luz de sectores de ranura permite la creación de sectores con límites muy definidos si las lámparas se colocan a gran distancia de la ranura.

8.2. FUENTE LUMINOSA

Se suele utilizar como fuente luminosa lámparas de haz sellado del tipo PAR 56 200W 30V montadas en soportes individuales. Se han construido equipos de hasta 2 x 96 lámparas, pero también más pequeños con sólo un sector y entre 3 y 6 lámparas.

La ventaja de dicha disposición es que una lámpara fundida no conllevará una pérdida de luz ni en los límites ni en el sector, sino sólo una pequeña reducción de la intensidad luminosa en esa parte del sector, ya que el límite está cubierto por varias lámparas solapadas.

También puede utilizarse la tecnología LED en las luces de sectores de ranura.

8.3. ÁNGULO DE INCERTIDUMBRE

El ángulo de incertidumbre generado es de alrededor de 1° o mayor.

8.4. VENTAJAS/DESVENTAJAS

La luz de sectores de ranura se puede emplear en los faros existentes, pero no está recomendada para nuevas instalaciones.

8.4.1. VENTAJAS

- Diseño resistente;
- Fácil de mantener.

8.4.2. DESVENTAJAS

- Tamaño de la linterna;
- Intensidades bajas;
- Precisión baja.

9. UTILIZACIÓN DE FILTROS DE COLOR EN ÓPTICAS GIRATORIAS

No es fácil lograr la aplicación de sectores de color precisos utilizando un haz concentrado giratorio. Por lo tanto, no se recomienda la utilización de este tipo de luz de sectores en instalaciones nuevas.

Sin embargo, en muchos casos aporta la ventaja de conservar la óptica existente en un faro.

9.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Una luz de sectores con óptica giratoria consiste en una fuente luminosa central dentro de una disposición circular de paneles de lentes Fresnel (proyección de un haz concentrado). Los paneles Fresnel giran en torno a la fuente luminosa colocada en el centro de rotación. Toda la óptica está rodeada de uno o más filtros o pantallas opacas.

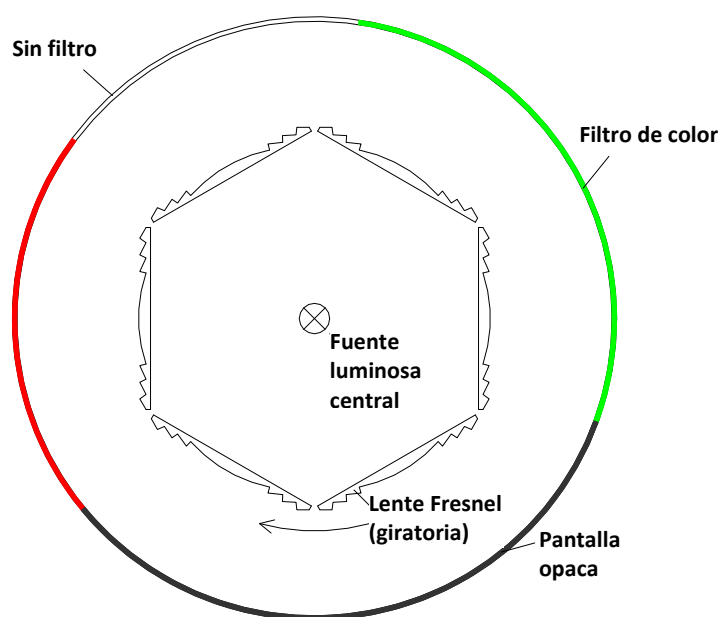


Figura 20 *Lente Fresnel giratoria*

9.2. LA FUENTE LUMINOSA

El clásico destello concentrado producido por una óptica giratoria requiere una fuente compacta para garantizar que haya un único destello por cada panel de lentes Fresnel. Se genera el color mediante filtros (véase 5.3).

Las fuentes luminosas preferidas son:

- Lámparas halógenas de incandescencia;
- Lámparas de halogenuros metálicos;
- Lámparas de descarga de arco corto (p. ej. lámparas de xenón).

La utilización de LED como fuente luminosa exige más precauciones:

- Normalmente es necesario utilizar una disposición con más de un LED, por lo que el tamaño debe ser lo suficientemente compacto como para producir un único destello por cada panel de lentes Fresnel.
- Hay que seleccionar los LED y el material del filtro para garantizar que la intensidad y el color resultante sean aceptables.

9.3. ÁNGULO DE INCERTIDUMBRE

Se puede evaluar el ángulo de incertidumbre de la manera descrita en el artículo “A Study of Filtered Sector Lights” [10].

9.4. VENTAJAS/DESVENTAJAS

9.4.1. VENTAJAS

- Pueden proporcionar una alta intensidad;
- Permite utilizar las ópticas existentes.

9.4.2. DESVENTAJAS

- Precisión baja y ángulo de incertidumbre grande, que podría llegar a ser de varios grados;

- Susceptible de producir falsos destellos;
- Con destellos muy rápidos el reconocimiento del color se dificulta.

10. LUZ DE SECTORES GIRATORIA DE CONMUTACIÓN DE COLOR

10.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Las fuentes de luz LED giratorias se utilizan para producir varios haces de luz de diferente color distribuidos en sectores en función de las necesidades que se requieran. Cada combinación de un LED y una lente produce un haz distinto, que se controla con precisión durante la rotación. La señal de cada sector es producida por el sistema LED / lente en un tiempo especificado cuando comienza el sector designado. La característica de la luz depende de la velocidad de rotación elegida.

Figura 21 muestra un ejemplo con 6 lentes (2 blancas, 2 verdes y 2 rojas). Este equipo produce 2 haces blancos, 2 haces verdes y 2 haces rojos.

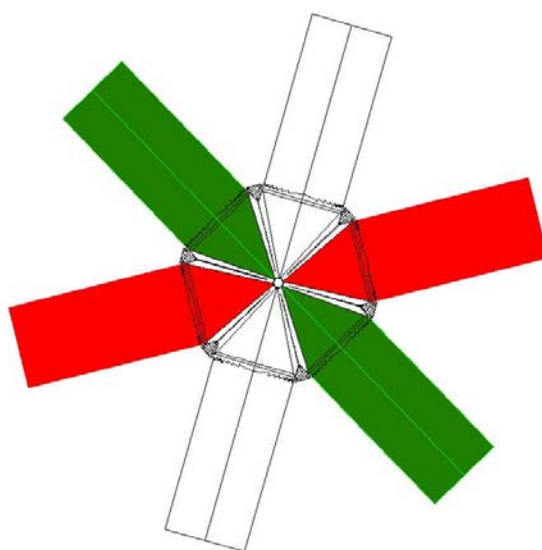


Figura 21 Vista de planta de una luz de sectores giratoria de conmutación de color

Cuando gira, un controlador electrónico detecta la posición angular de la óptica y enciende cada LED cuando lo requiere el sector por el que pasa.

En el momento que la lente equipada con LED de luz blanca entra en el sector blanco, se programa para que se encienda, generando sólo luz blanca dentro de los límites del sector y lo mismo ocurre para los sectores verde y rojo (véase la Figura 22). En el caso del sector apantallado se apagan todas las luces LED.

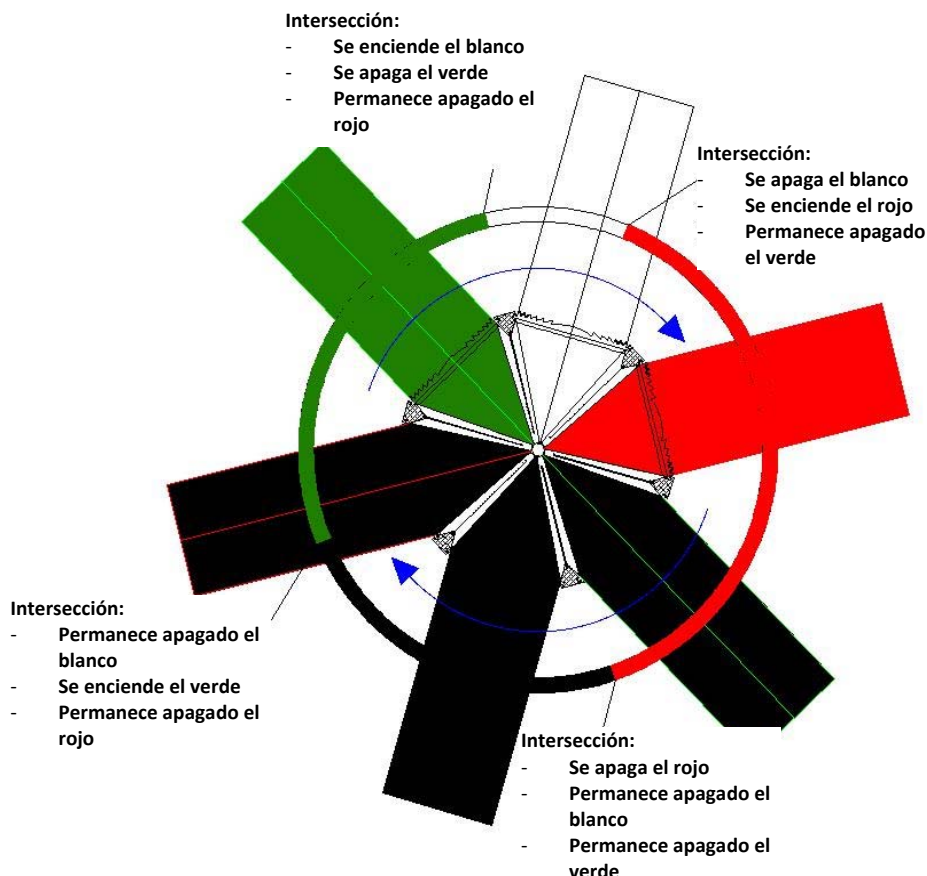


Figura 22 *Modo de funcionamiento para una luz de destellos aislados de 3 sectores*

10.2. FUENTE LUMINOSA

Este sistema sólo es posible con tecnología de LEDS de conmutación rápida.

10.3. ÁNGULO DE INCERTIDUMBRE

El ángulo de incertidumbre depende de la divergencia horizontal del haz generado, con valores entre 1° y 4,7°.

10.4. VENTAJAS

- La configuración del sector es una cuestión de programación, existiendo la posibilidad de crear cualquier tipo de configuración, desde un sólo sector de un único color a múltiples sectores complejos de distintos colores;
- Mediante programación se puede modificar el ancho de cualquier sector, sin necesidad de manipulación física ni modificación de los equipos;
- Se puede conseguir una alta intensidad luminosa en comparación con las luces de sectores que iluminan todo el sector;
- El consumo de energía suele ser menor que en el caso de las omnidireccionales de única fuente por nivel.

10.5. DESVENTAJAS

- Precisión angular baja;
- Piezas mecánicas móviles;
- Un único punto de fallo en el control electrónico;

- Sólo adecuado para destellos cortos.

11. LUCES DE SECTORES PROYECTADAS

La luz proyectada es una forma especializada de luz de sectores que es capaz de generar sectores con límites nítidamente definidos. Esta característica es particularmente útil en situaciones que requieran uno o más sectores de poca amplitud.

11.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

11.1.1. FUENTE LUMINOSA ÚNICA

En este tipo de luz de sectores, se produce una imagen del sector deseado y se proyecta a través de una lente. Aunque esta imagen puede producirse de varias formas, la manera más común de crearla es mediante filtros ópticos mecanizados con gran precisión. El principio es el mismo que el de un proyector de diapositivas o de transparencias enfocado al infinito. Para dividir el haz en sectores, se emplean como “diapositiva” o “película” unas piezas verticales de vidrio de como filtro, rectificadas ópticamente y con sus bordes pulidos con gran precisión para que encajen entre sí. El sistema de concentración recoge la luz que irradia la lámpara y la distribuye de manera uniforme por todo el filtro de color.

Al estar la imagen del filtro proyectada al infinito—los límites de los sectores pueden aparecer borrosos en los primeros cientos de metros al estar desenfocados, pero se verán muy nítidos a las distancias de utilización.

Pequeñas modificaciones en la posición de la lámpara de filamento pueden provocar cambios menores en la intensidad dentro del haz, pero no alterarán las posiciones de los límites, ya que estos quedan fijados mediante el sistema de lentes de proyección (u objetivo).

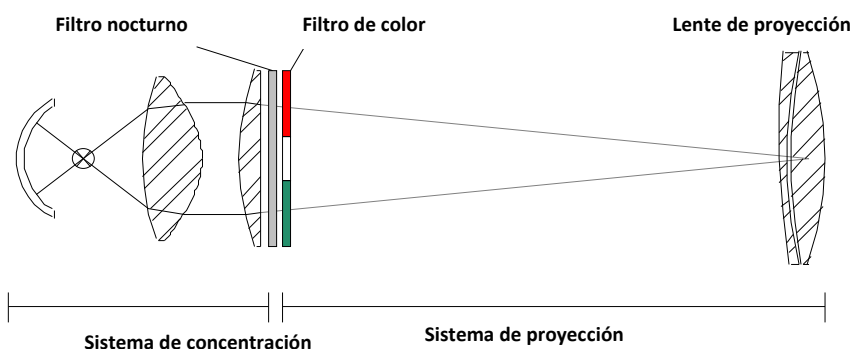


Figura 23 Principio de funcionamiento de una luz de sectores proyectada

La lente del objetivo y la disposición de los filtros determinan la amplitud total. Se utilizan diferentes objetivos para obtener las amplitudes deseadas con una eficiencia óptima. En general, las amplitudes más reducidas requieren lentes mayores y longitudes de proyección más largas. Una menor amplitud utilizando la misma lámpara produciría una intensidad y un alcance mayor.

Una luz de sectores de proyector utiliza el color para transmitir información al navegante sobre su posición angular relativa a la luz. El proceso de “colorear” un haz implica filtrar muchos colores y sólo dejar pasar el color deseado (véase 5.3).

Si se dispone de suficiente energía para una lámpara del tamaño necesario es posible el uso diurno.

El tamaño de la lámpara que se pueda instalar se ve limitado por el tamaño físico de la disposición óptica. Si se necesitan alcances mayores de los que se pueden obtener con la lámpara de mayor tamaño, es factible poner en funcionamiento dos proyectores de luz en montaje doble.

Se puede conseguir un mayor alcance, utilizando una amplitud más reducida para el proyector.

11.1.2. LUCES DE SECTORES DE PROYECTOR LED

Las luces LED están disponibles en una gama de colores monocromáticos que no precisan del uso de filtros de color. Proporcionan una fuente de luz energéticamente eficaz para generar los colores de una luz de sectores, ya que la luz se emite directamente en el color deseado y no hay pérdidas por la absorción en los filtros. Se evitan los problemas de limpieza que suelen estar relacionados con las instalaciones dotadas de filtros y el coste de los mismos. Debido a las características espectrales de las luces LED blancas, no deben utilizarse filtros con este tipo de fuente.

La utilización de un único proyector LED para cada sector resulta en una luz de sectores con múltiples haces (Figura 12). Se pueden crear luces de sectores LED con un único haz utilizando distintos métodos, incluida la utilización de espejos (Figura 13).

Esta tecnología requiere que el ajuste de los límites de los sectores se efectúe con mucha precisión

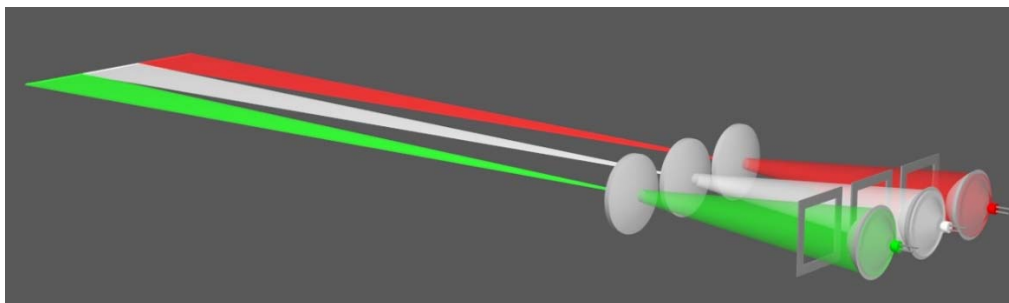


Figura 24 *Luz de sectores de proyector LED de múltiples haces*

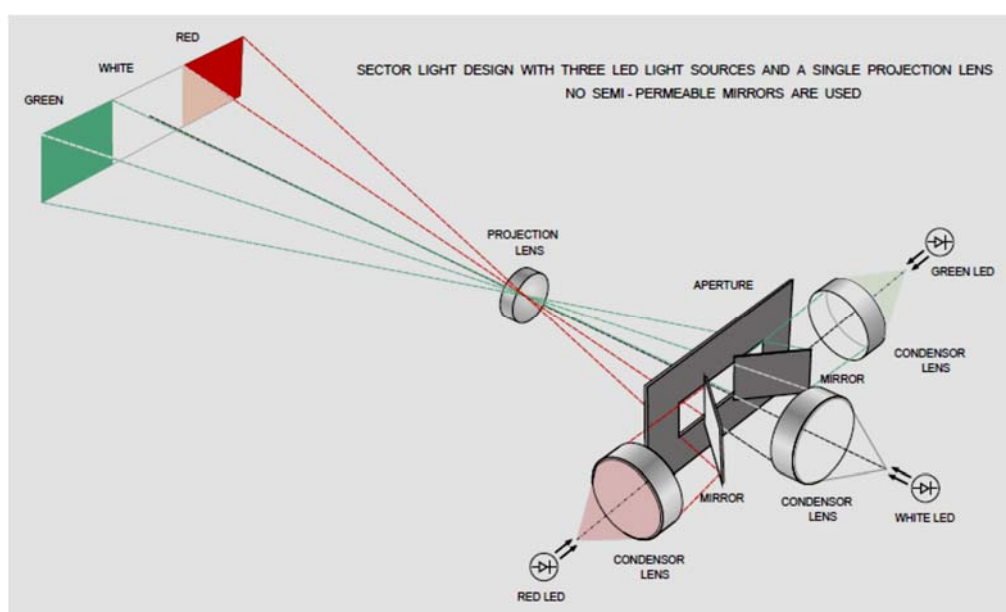


Figura 25 *Luz de sectores de proyector LED de un único haz con espejos*

11.2. ÁNGULO DE INCERTIDUMBRE

Mediante el diseño de la óptica del proyector, algunos proyectores de sectores pueden resolver las imprecisiones de los límites. Estas luces de sectores de proyector son tan precisas que, en la mayoría de los modelos, un cambio completo de color en un límite de sector se produce en un ángulo de menos de 1 minuto ($0,02^\circ$), que corresponde a una distancia lateral de sólo 1 metro a una distancia de observación de 3,5 km. No obstante, la precisión de ciertos proyectores de alta intensidad, o de sectores más anchos, podría superar los 6 minutos ($0,1^\circ$).

Además, se mantiene la intensidad justo hasta el borde del haz, y no se reduce a medida que el observador se aleja del eje.

11.3. VENTAJAS/DESVENTAJAS

11.3.1. VENTAJAS

- Hay altas intensidades disponibles, incluso para el uso diurno;
- Ángulo de incertidumbre reducido;
- Diseño compacto;
- Consumo energético bajo (proyector LED);
- Conmutación modo diurno/nocturno eficaz en cuanto al consumo de energía (proyector LED).

11.3.2. DESVENTAJAS

- La estructura portante tiene que ser muy robusta;
- Cambiar el tamaño del sector es difícil.

12. METODOLOGÍA GENERAL DE DISEÑO

El siguiente proceso establece los pasos para diseñar adecuadamente la luz de sectores requerida.

12.1. PASO 1

Determine los sectores necesarios.

La amplitud de cada sector viene dada por los requisitos de navegación.

El proceso de diseño de una luz de sectores debe considerar la velocidad y maniobrabilidad de los buques que probablemente pasan por el sector, a qué velocidad pueden responder una vez crucen un límite de sector y las situaciones que podrían producirse cuando estén en las inmediaciones otros buques.

En función de la precisión de la orientación requerida, habrá que considerar el ángulo de incertidumbre de cada límite.

12.2. PASO 2

Determine el alcance luminoso necesario (a partir de los requisitos de navegación), la iluminación de fondo y el valor típico de la visibilidad meteorológica.

En general, el cálculo de la intensidad luminosa no se basa en el alcance nominal (Visibilidad meteorológica = 10 millas náuticas (M) y sin iluminación de fondo). En los cálculos del alcance, los valores típicos que se eligen para la visibilidad meteorológica varían entre 2 y 5 millas náuticas.

12.3. PASO 3

Determine si sólo se requiere una señal nocturna, o si se necesita una diurna y una nocturna.

12.4. PASO 4

Determine la divergencia vertical necesaria de la distribución de intensidad luminosa. La divergencia se puede derivar del menor alcance en que se utiliza la luz para la navegación, de las alturas máxima y mínima de un puente y de la altura de la luz y la carrera de la marea (véase la Guía n.º 1065 de la IALA sobre Divergencia vertical del haz de las señales luminosa en ayudas a la navegación).

12.5. PASO 5

Con las herramientas de la Recomendación E-200 de la IALA sobre las Señales luminosas marítimas, Parte 2 - Cálculo, definición y anotación del alcance luminoso, calcule el alcance luminoso requerido para cada sector.

12.6. PASO 6

Determine el ritmo de la luz o de cada sector teniendo en cuenta el de otras AtoN en las cercanías. El ritmo debe cumplir con los requisitos de navegación. En muchos casos, son preferibles las características de ocultaciones o isofase para garantizar que el navegante tenga suficiente tiempo para reconocer las fases de transición que se producen en el límite del sector (mayor duración del destello).

En los sistemas de energía renovable, el consumo adicional derivado un destello más largo debe equilibrarse con la capacidad del sistema para producir la energía necesaria.

Las luces rítmicas no son adecuadas para los sectores con límites oscilantes, por lo que la luminancia de fondo debe tenerse muy en cuenta en esos sectores de luz fija.

Con destellos alternantes se puede utilizar un ritmo de isofase

Tras el Paso 6, se conocen los parámetros ópticos de la luz y, en los siguientes pasos, se eligen los elementos ópticos. Sin embargo, en estos pasos, aún se considerará una evaluación náutica, especialmente del ángulo de incertidumbre.

12.7. EJEMPLO 1

Los límites establecidos para una luz de sectores son 30°, 65°, 105° y 130° (Figura 26). Cuando se tiene en cuenta el ángulo de incertidumbre de los aparatos ópticos, el sector seguro debe incluir el ángulo de incertidumbre, lo que garantizará que el sector peligroso se identifique con claridad y, cuando el buque esté en el ángulo de incertidumbre, seguirá estando en el sector seguro

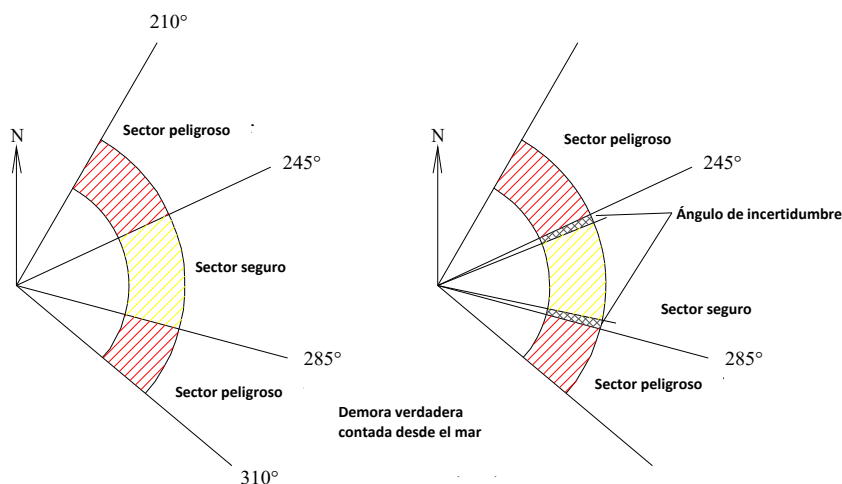


Figura 26 Reducción del sector de visibilidad blanco

12.8. EJEMPLO 2

Un canal pequeño debe ser balizado por una luz de sectores de proyector. Una evaluación inicial del sector seguro se derivará de la batimetría y el ancho del canal. A continuación, una reevaluación tendrá en cuenta el ancho de los buques, su velocidad y su maniobrabilidad, así como el ángulo de incertidumbre de los aparatos ópticos, lo que dará como resultado un sector blanco más reducido (Figura 27).

Para mejorar la navegación visual en este caso, hay que considerar sectores adicionales con destellos alternantes o límites oscilantes (véase el diccionario de la IALA para las definiciones de los tipos de límite).

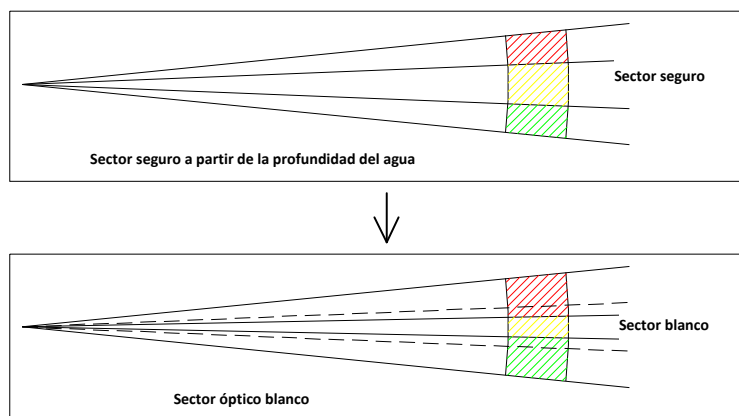


Figura 27 *Reevaluación del sector blanco*

12.9. PASO 7

De la relación que figura en los apartados 7-11 se selecciona el tipo de luz de sectores.

Los más habituales son:

- Luces de sectores de fuente puntual para una amplia amplitud angular y una precisión mediana;
- Luces de sectores de proyector para canales pequeños, alta precisión y elevada intensidad;
- Luces de sectores giratorias para una gran amplitud angular y de alta intensidad.

Si la amplitud total es grande y los sectores necesitan una intensidad y una precisión elevadas, debe considerarse una disposición de múltiples proyectores y/o de luces de sectores de fuente puntual.

12.10. PASO 8

Si se exige una señal diurna:

Compruebe si se conseguirá el alcance diurno mediante un esfuerzo razonable. Compruebe si se necesitan ayudas a la navegación adicionales durante el día (p. ej. boyas para balizar un peligro aislado o el límite de un canal).

La reducción nocturna de la intensidad debe estar entre el 1% y el 10% de la intensidad diurna. Sin embargo, para el cálculo del alcance luminoso diurno y nocturno, cada aplicación se evaluará de manera individual.

Los métodos preferidos para la reducción nocturna son:

- Pulso con modulación (modulación del ancho de pulsos [PWM, del inglés, *Pulse Width Modulation*], solamente luces LED);
- Filtro óptico gris;
- Una combinación de modulación del ancho de pulsos con corriente reducida de modo nocturno (solamente luces LED).

A veces, puede emplearse la reducción de la tensión para luces con lámparas incandescentes. En este caso, debe controlarse por baja tensión el color de los sectores. Mientras los sectores verde y rojo pueden cumplir la Recomendación de la IALA E-200 sobre Señales luminosas marítimas, Parte 1 - Colores, es posible que no sea el caso para el sector blanco.

12.11. PASO 9

A partir de este punto, se eligen los aparatos ópticos, considerando las características adicionales, como:

- La fuente de energía;
- La adaptación mecánica;
- La supervisión remota;
- El control remoto;
- El mantenimiento.

13. REQUISITOS ESPECIALES DE DISEÑO

Las luces de sectores son muy sensibles a pequeños cambios y por lo tanto, tienen que cumplirse algunos requisitos especiales para el diseño de la linterna.

13.1. PRECISIÓN DE LOS SECTORES

Los límites de los sectores pueden moverse sin querer de la posición requerida a causa de:

- El desplazamiento de la fuente luminosa;
- Pantallas de filtro o recortadas desplazadas;
- El giro de la linterna o de la estructura portante.

Visto que la demora de una luz de sectores es crítica, las estructuras portantes de las luces de sectores deben ser particularmente resistentes a la torsión para garantizar que sigan siendo precisas.

La fuente luminosa debe ajustarse exactamente en el punto focal de la óptica, incluso cuando se sustituya. Si se emplea un cambiador de lámparas, tendrá que reproducir con precisión la posición de cada lámpara.

Deben marcarse los elementos que podrían causar una mala alineación. El personal de mantenimiento se formará para garantizar que se consiga la alineación precisa de los límites de sector.

13.2. REFLEJOS

Pueden producirse reflejos no deseadas debido al acristalamiento de la linterna, montantes, obstáculos etc.

Dichos reflejos pueden producir destellos falsos, un color equivocado o incluso un sector erróneo. Estas anomalías se minimizan inclinando el acristalamiento, empleando cristales curvados o utilizando pantallas de sector. El acristalamiento de la ventana debe ser de un único cristal. No se utilizarán ventanas de doble cristal, porque aumentarán los reflejos

Deben evitarse los obstáculos en el trayecto de la luz y, si fuera necesario, se recubrirán con negro mate.

13.3. LIMPIEZA DEL TRAYECTO ÓPTICO

El hielo, la condensación o la suciedad en el acristalamiento de un faro o en los componentes ópticos de una luz de sectores pueden hacer que parezcan blancos los sectores de color y también que la luz se desvanezca o sea invisible.

Para la limpieza de las superficies, deben ser accesibles el acristalamiento del faro y los componentes ópticos de la luz de sectores. Hay que tomar precauciones para evitar el hielo, la condensación y la suciedad en el acristalamiento del faro, lo que se puede conseguir mediante un pequeño tejado por encima del acristalamiento en el trayecto óptico de una luz de sectores, o instalando un descongelador de ventanas.

14. INSTALACIÓN Y COMPROBACIÓN

Debido al impacto significativo en la seguridad de la navegación de las pequeñas desviaciones en la alineación de las luces de sectores, es importante que se realicen con cuidado la ingeniería, la fabricación y la instalación.

En cada etapa del proceso de despliegue, se deben implantar procedimientos adecuados de medición, instalación y comprobación.

Para más detalles sobre la medición, véase Recomendación E-200-3 de la IALA sobre las Señales luminosas marítimas, Parte 3 – Medición [4].

14.1. DEFINICIÓN DEL ÁNGULO

Una vez que se hayan determinado los ángulos de los límites del sector, es necesario convertirlos de la escala del goniómetro a una demora de compás y a una demora opuesta. Esto nos permitirá que se cotejen los sectores con las cifras publicadas en el Libro de Faros o en el Derrotero.

Tabla 3 Demora del compás y opuesta

Demora del compás (faro)	Demora opuesta (buque) (TBS)	Demora del compás (faro)	Demora opuesta (buque) (TBS)
0	180	180	0
350	170	170	350
340	160	160	340
330	150	150	330
320	140	140	320
310	130	130	310
300	120	120	300
290	110	110	290
280	100	100	280
270	90	90	270
260	80	80	260
250	70	70	250
240	60	60	240
230	50	50	230
220	40	40	220
210	30	30	210
200	20	20	200
190	10	10	190

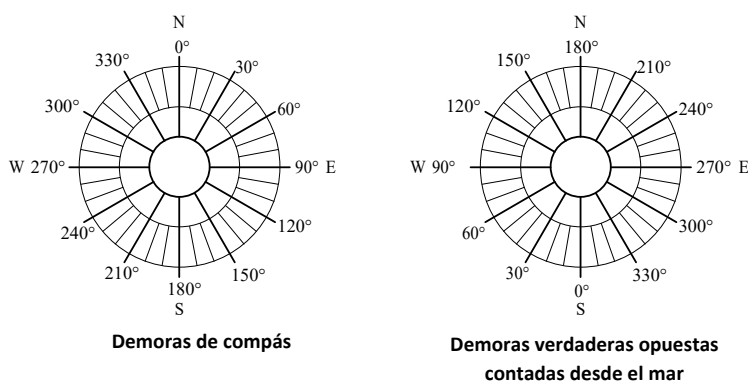


Figura 28 *Demoras de compás vs. opuestas*

14.2. COMENTARIOS GENERALES

El proceso de instalación y comprobación depende de si es una nueva linterna o si se actualizan las ya existentes.

Muchos equipos ya están configurados por el fabricante en el taller para cumplir las especificaciones del cliente. En este caso, el proceso de instalación se reduce a nivelar y orientar la linterna a su posición para una alineación correcta del sector.

En faros donde los equipos existentes se actualizan con la instalación de nuevos filtros, es necesario un proceso más complejo. En este caso, debe ajustarse cada límite de sector de forma individual. Los equipos que no han sido configurados por el fabricante tienen que ser verificados de la misma manera en el emplazamiento.

Cuando se sustituya una luz existente, marque los límites de los sectores de la antigua luz en una estructura existente que sea adecuada; después esta referencia podrá emplearse para la comprobación tras la instalación de la luz de sustitución.

14.3. INSTALACIÓN DE UNA LUZ DE SECTORES NUEVA CON SECTORES CONFIGURADOS EN FÁBRICA

14.3.1. PROCEDIMIENTO CON UN DATUM DE LA LINTERNA (BAJA PRECISIÓN)

La instalación de una luz de sectores nueva requiere que el equipo tenga las especificaciones particulares que determinan los sectores y un datum. Dicho datum puede ser una característica local notable (punto conspicuo) o una referencia al norte. Los sectores deben verificarse mediante comprobación realizada por el fabricante.

Figura 29, se muestra la parte superior de una luz de sectores con un datum mostrando el “norte” y, Figura 30, una luz de sectores con un datum para la dirección de un punto de referencia dado, cuya demora es 267°.

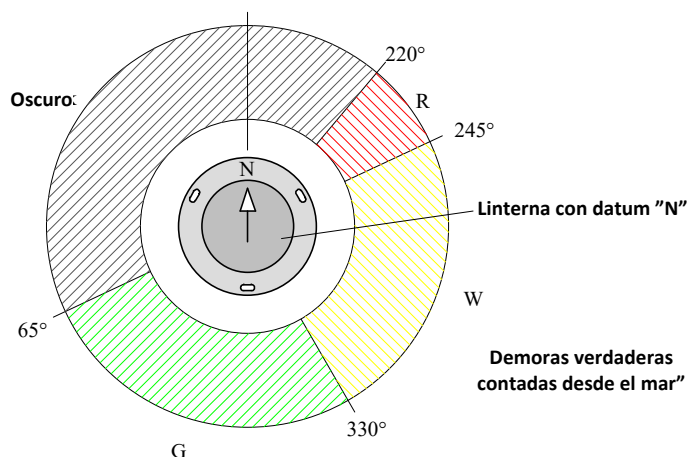


Figura 29 *Luz de sectores con datum “Norte” en la parte superior de la linterna y sectores de color*

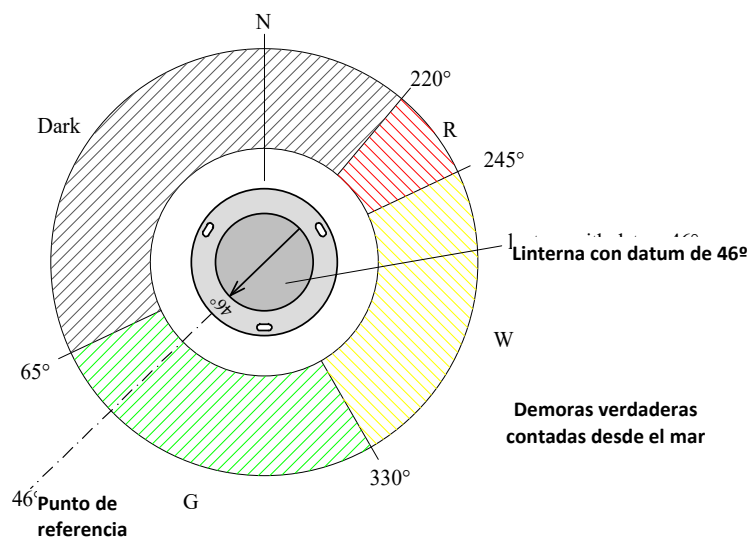


Figura 30 Luz de sectores con datum "46°" (demora verdadera desde el mar), con dirección a un punto conocido de referencia

Una vez que la linterna se haya instalado, se debe nivelar (Figura 31). En muchos casos, esto se puede hacer con la ayuda de un nivel de burbuja. La linterna debe tener o bien un nivel de burbuja fijo o plano de referencia que esté paralelo al eje horizontal del haz central.

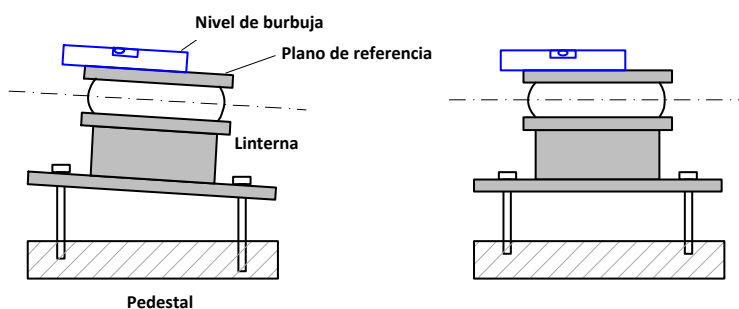


Figura 31 Nivelación de una linterna

A continuación se gira la linterna para alinearla con el punto de referencia (Figura 32), de modo que los sectores correspondan a los especificados en las cartas (Figura 33).

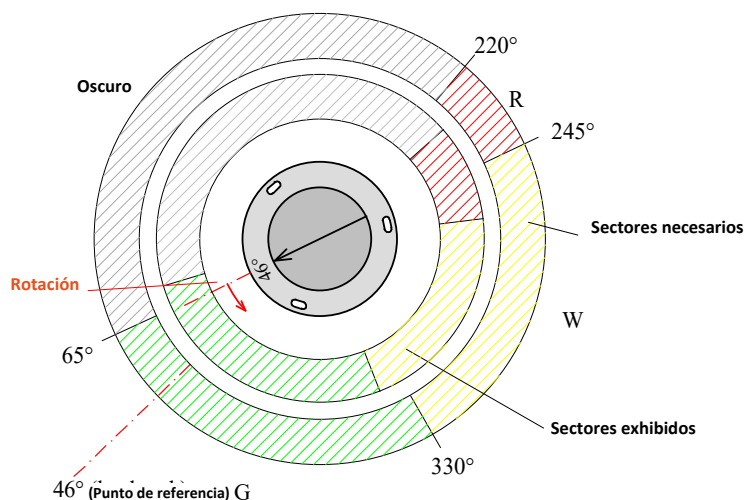


Figura 32 Rotación de la linterna con un punto de referencia al 226°

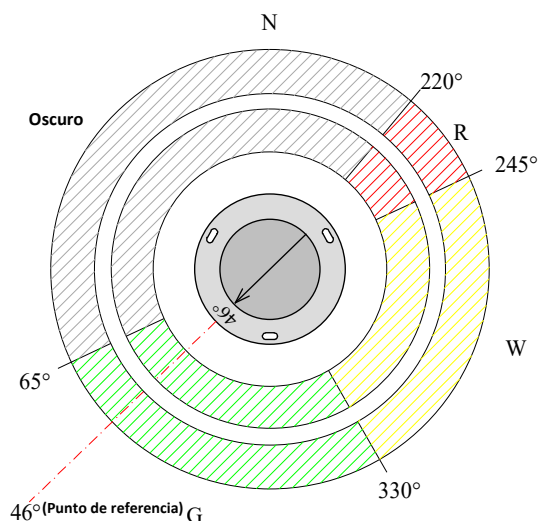


Figura 33 Finalización de la alineación

La puesta en servicio de la luz de sectores debe llevarse a cabo con la ayuda de un buque. La tarea consiste en navegar por todos los sectores y sus límites para asegurarse de que la luz cumple los requisitos establecidos. Es necesario que el navegante observe con cuidado el cambio de color de la luz en cada límite de sector. El reconocimiento del cambio de color durante todo el procedimiento de puesta en servicio puede percibirse mejor si se exhibe desde la luz de sectores la luz fija.

La puesta en servicio con ayuda de un buque deberá efectuarse hasta alcance asignado y, si fuera posible, en el alcance más corto en que pueda utilizarse.

En la Figura 34, se muestra un ejemplo de la comprobación de los sectores por un buque. Se cruzan los límites de sector varias veces para verificar su correcta alineación. Al cruzar un sector, debe apreciarse que el sector exhibe el color, ritmo e intensidad correctos.

Se pueden encontrar más detalles sobre la puesta en servicio en el apartado 14.5.

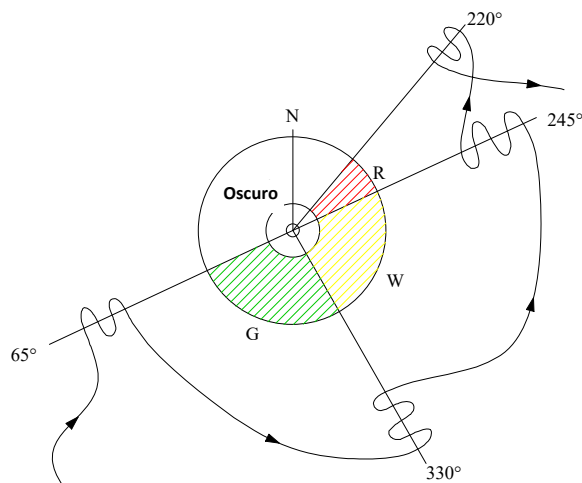


Figura 34 Puesta en servicio de la luz de sectores por un buque

14.3.2. UTILIZACIÓN DE UNA PLANTILLA DE REFERENCIA

El ajuste de la luz de sectores será más fácil cuando se utilice una plantilla de referencia, que muestre un trazado de los sectores, las direcciones hacia el norte y el punto de referencia para la alineación.

La plantilla de referencia se montará, de forma permanente, debajo de la linterna, dejando un espacio para que sea visible el trazado.

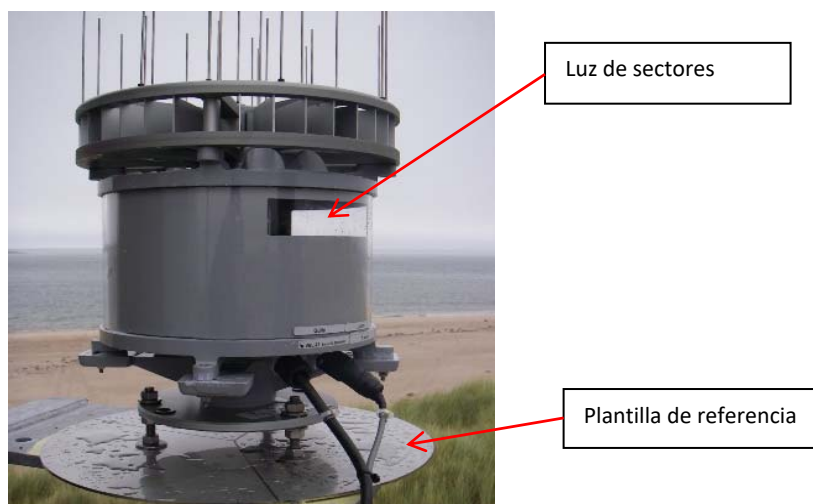


Figura 35 *Luz de sectores montada sobre una plantilla de referencia*

Para que la plantilla se pueda alinear con los puntos de referencia y/o las referencias relevantes, su diseño debe incluir taladros de fijación con ranuras que permitan que se pueda girar sobre de su eje vertical. También tiene que incorporar las marcas pertinentes a la posición donde se instalará la luz de sectores, que serán las siguientes:

- Una marca del norte verdadero;
- Líneas diametrales con las demoras correspondientes a los puntos de referencia determinados previamente;
- Líneas radiales con las demoras correspondientes a los límites de los sectores (opcionalmente, con la demora verdadera desde el mar);
- Identificación cromática de los sectores;
- El grosor de las líneas marcadas en la plantilla de referencia no debe superar los 0,5mm.

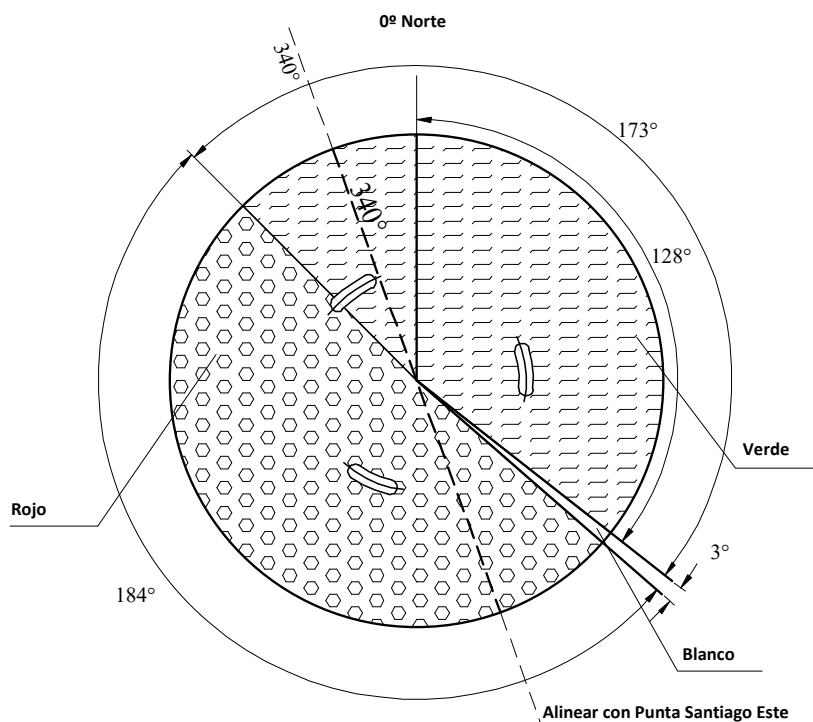


Figura 36 *Ejemplo de una plantilla de referencia*

Se debe tener en cuenta que, si el tornillo o tuerca de fijación coinciden sobre en la línea de demora, pueden estorbar en la visión del punto de referencia.

- Coloque la plantilla sobre en la plancha de montaje del pedestal, alineando aproximadamente la marca radial del norte verdadero de la plantilla con el norte de una brújula magnética o un instrumento similar;
- Usando tuercas y tornillos y sin apretarlos demasiado, fije la plantilla de referencia en su posición aproximada, teniendo en cuenta que se tendrá que girar para ajustar su posición con precisión;
- Mire a lo largo de la línea diametral marcada en la plantilla en dirección a su correspondiente punto de referencia y gire la plantilla hasta que la línea esté enfilada con el mismo;
- Si hay otros puntos de referencia, verifique sus líneas respectivas para comprobar que estén bien alineadas y ajústelas para conseguir el mejor compromiso entre todos los puntos de referencia;
- Apriete con cuidado los tornillos y tuercas y vuelva a verificar las alineaciones de los puntos de referencia;
- Monte el conjunto de la luz de sectores sobre la plantilla de referencia (véase la Figura 37) y fíjelo sin apretar demasiado (teniendo en cuenta que se tendrá que girar la luz para ajustar su posición);
- Asegúrese de que la luz esté nivelada, utilizando el nivel integrado y un nivel de burbuja encima de la linterna;
- Gire el conjunto de la luz hasta que la marca del norte verdadero en la base de la linterna (marcada durante el procedimiento de medición del alcance de la luz o por el fabricante) esté alineada con la marca radial del norte verdadero en la plantilla de referencia;
- Asegúrese que todas las otras marcas en el perímetro de la linterna estén alineadas con las marcas radiales correspondientes de la plantilla;
- Apriete las tuercas con cuidado y compruebe de nuevo la alineación con la plantilla de referencia.

En este punto, debe haber finalizado el procedimiento de instalación, pero es posible que haya que hacer más ajustes y alineaciones durante la puesta en servicio.

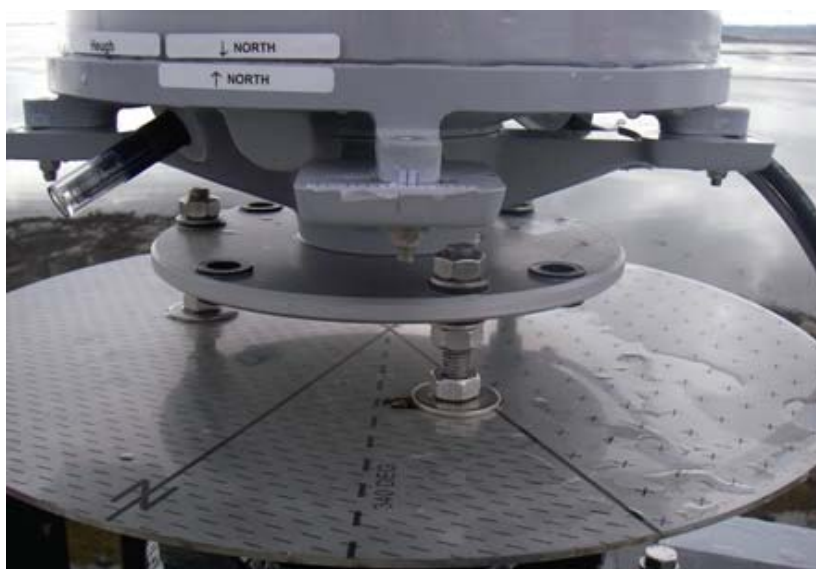


Figura 37 Primer plano del montaje de una luz de sectores sobre una plantilla de referencia

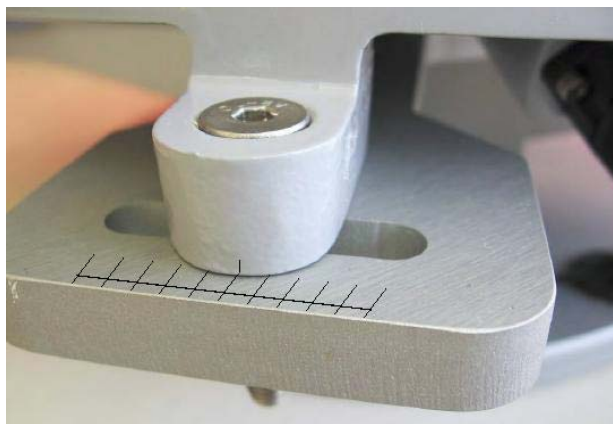


Figura 38 *Escala graduada marcada en la fijación secundaria de montaje*

14.3.3. UTILIZACIÓN DE UNA MIRA SENCILLA PARA MEJORAR LA PRECISIÓN

En muchos casos una referencia visual no es un método muy preciso para la alineación de una luz de sectores. La precisión puede mejorarse utilizando una mira sencilla, compuesta de punteros, uno delantero y otro trasero con diferentes formas para las piezas de puntería.

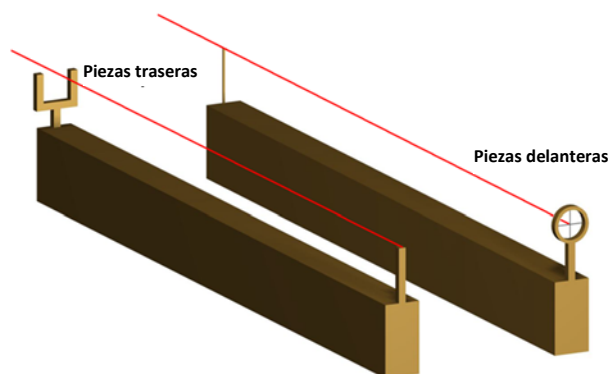


Figura 39 *Dos miras distintas*

Si se emplea una mira de este tipo, se debe explicar mediante una imagen el procedimiento de alineación.

Algunas miras se denominan “abiertas” cuando el blanco se tiene que promediar entre dos puntas. En este caso, se minimiza la oclusión del blanco.

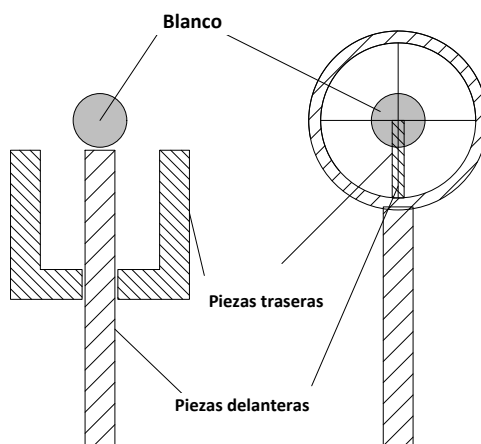


Figura 40 *Ejemplo de observación de dos miras*

El procedimiento de alineación utilizando una mira sencilla es igual al que se describe en el apartado 14.3.1.

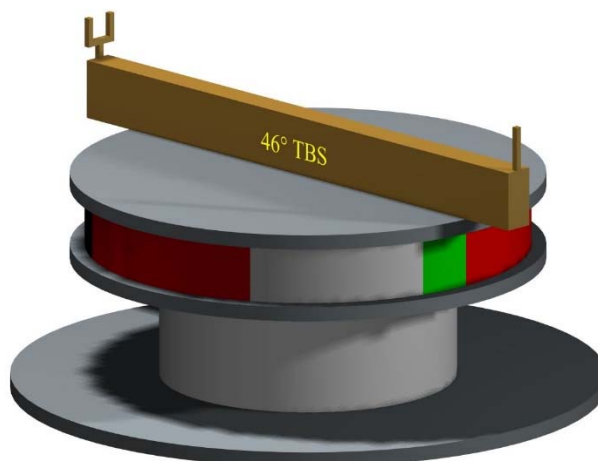


Figura 41 Mira sencilla montada en una luz de sectores

14.3.4. LA UTILIZACIÓN DE UNA MIRA TELESCÓPICA PARA CONSEGUIR LA MÁXIMA PRECISIÓN

La precisión de la alineación en el emplazamiento puede maximizarse mediante la utilización de una mira óptica o telescópica (telescopio de alineación), que es el método preferido para la instalación de luces de sectores de precisión con sectores pequeños (Figura 42)

Algunos fabricantes emplean filtros o pantallas reubicables para el proyector, por lo que el tamaño o la posición de los sectores pueden modificarse. Algunos otros proyectores tienen sectores fijos y, por lo tanto, sólo es necesario ajustar el proyector en su conjunto.

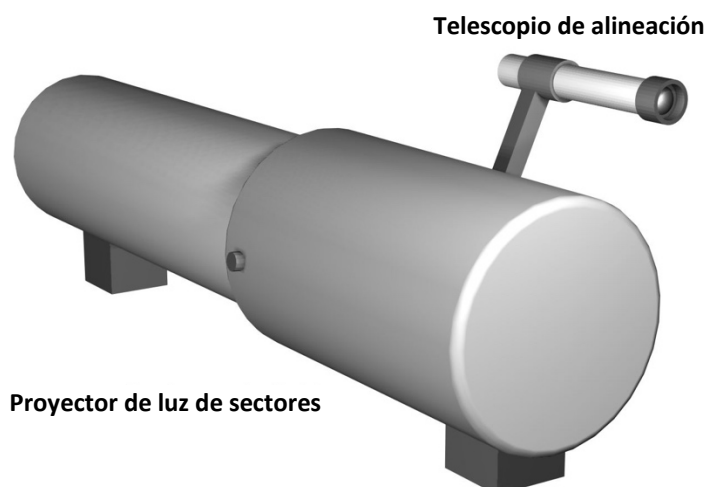


Figura 42 Luz de sectores de precisión con telescopio de alineación

El centro del sector blanco suele considerarse como el eje óptico del proyector. En el taller o el laboratorio, se instala en el proyector un telescopio con retícula. Se ajusta el telescopio, de modo que el centro de la retícula se muestre en la dirección del eje óptico del proyector, lo que significa que los ejes ópticos del proyector y el telescopio están paralelos (Figura 43).

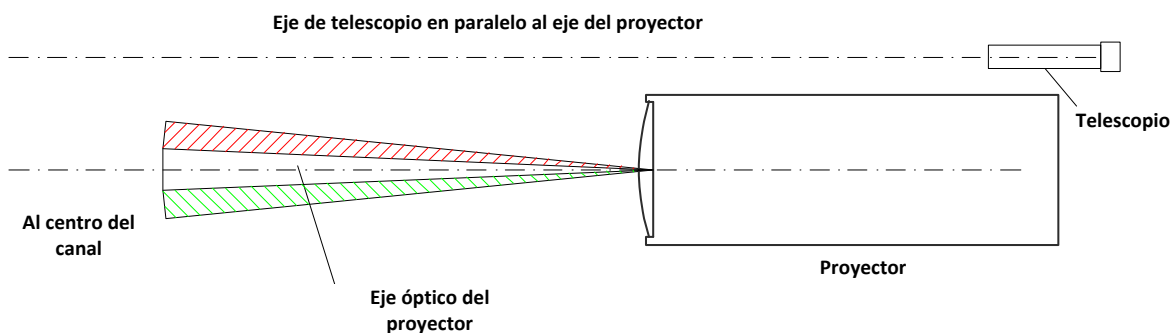


Figura 43 *Eje del proyector y del telescopio*

Durante instalación, un buque dotado con equipos de posicionamiento de alta precisión, debe alinearse con el centro del sector seguro. Entonces, se gira el proyector mientras se mira por el telescopio hasta que aparezca el buque en el centro de la retícula.

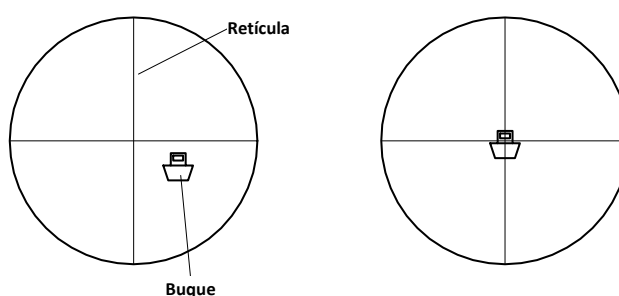


Figura 44 *Vista por el telescopio*



Figura 45 *Ejemplo de instalación práctica con el método del telescopio fijo*

Observaciones:

- Se supone que los sectores se han configurado correctamente en el laboratorio o el taller y, por lo tanto, el ajuste con el telescopio es la única tarea que se debe realizar durante la instalación.
Sin embargo, se aconseja que se comprueben todos los sectores, verificándolos con un buque.
- El ajuste podrá realizarse tanto horizontal como verticalmente.

14.3.5. ALTERNATIVA

En algunos casos, es más conveniente utilizar a punto de referencia para ajustar el proyector. Sin embargo, el punto de referencia puede no estar en el eje del canal seguro, sino tener una desviación angular α al eje. En este caso, el telescopio tiene que ajustarse con la desviación angular al eje del proyector.

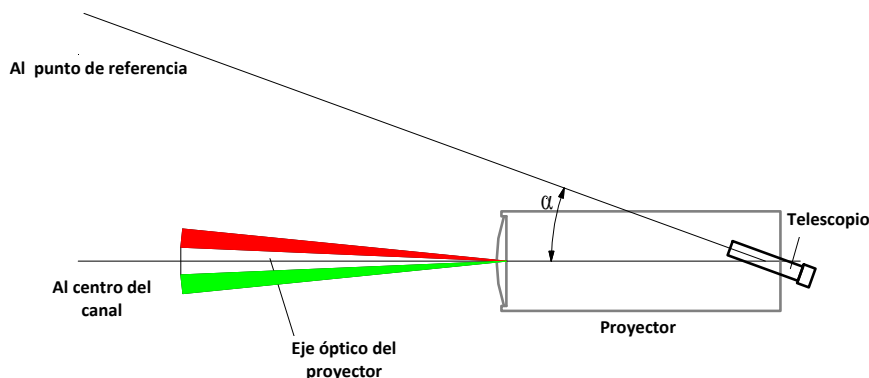


Figura 46 *Ajuste a un punto de referencia*

14.3.6. AJUSTE EN EL TALLER O LABORATORIO (CONFIGURACIÓN DE FÁBRICA)

Para el ajuste preliminar de una luz de sectores de proyector en un taller o laboratorio, debe tenerse en cuenta la disponibilidad de distancia necesaria para las mediciones.

El tamaño y la ubicación de los sectores pueden medirse con un goniofotómetro o proyectarse en una pantalla, que debe estar a una distancia de al menos 20m del proyector (Figura 47).

Si X es la distancia horizontal entre el eje del proyector y el eje del telescopio o de la mira, la distancia entre las marcas en la pantalla del eje y del telescopio también debe ser X , lo que garantizará que ambos ejes estén paralelos.

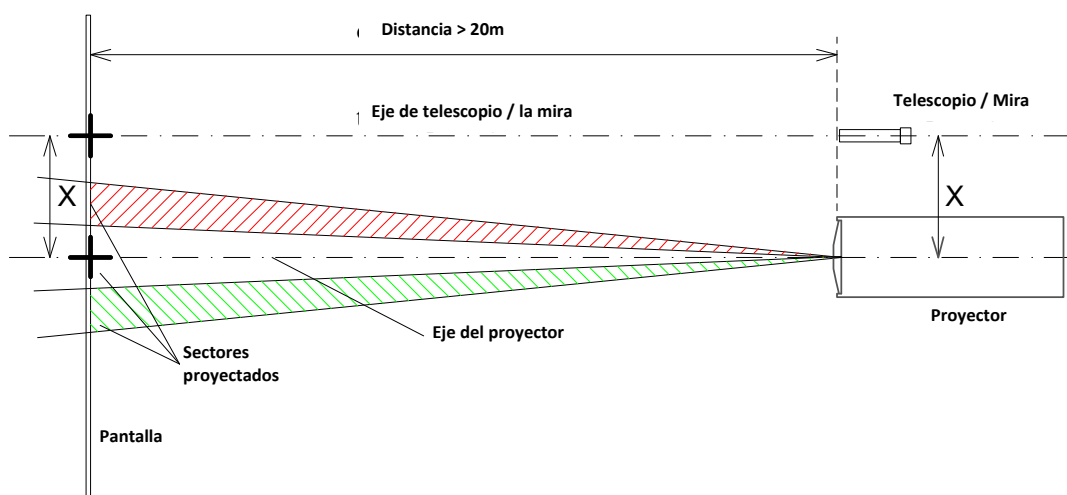


Figura 47 *Alineación horizontal en taller*

Lo mismo se aplica con el plano vertical. El telescopio se coloca a una distancia vertical Y por encima del eje óptico del proyector, por lo que las marcas en la pantalla deben también estar a una distancia Y .

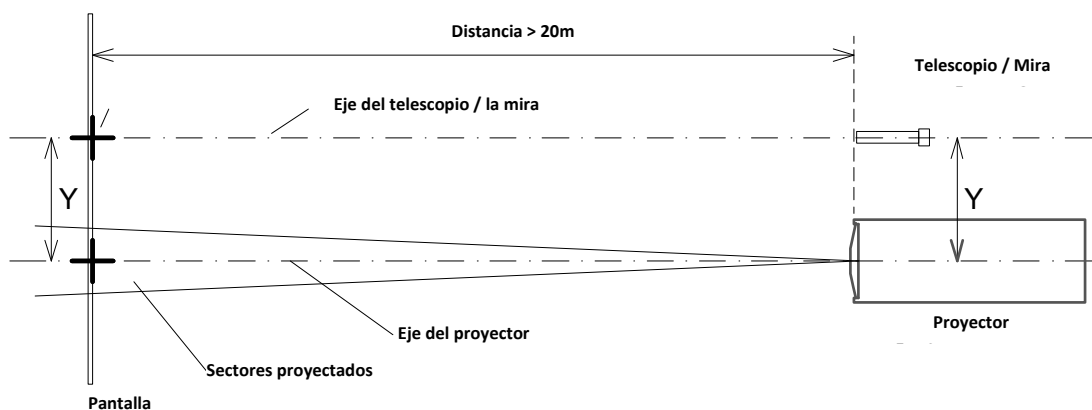


Figura 48 *Alineación vertical en taller*

14.4. INSTALACIÓN DE UN NUEVO SECTOR EN LUCES EXISTENTES

Un nuevo sector en una luz existente se puede generar mediante la instalación de un nuevo filtro o una pantalla opaca. Primero debe calcularse el tamaño del filtro y de las pantallas, teniendo en cuenta la altura de la óptica, la distancia entre la fuente luminosa y el filtro/pantalla (d) y el ancho del sector (α).

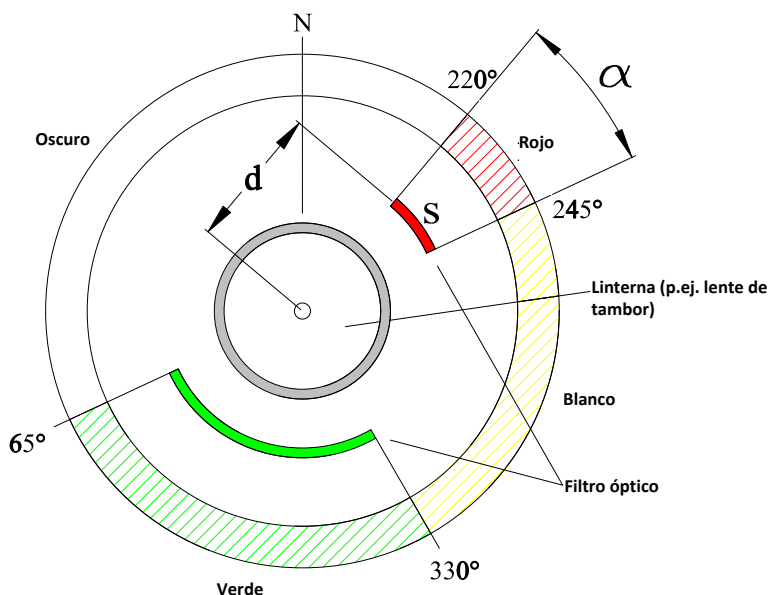


Figura 49 *Instalación de un nuevo sector*

S es la longitud horizontal del filtro

H es la altura vertical del filtro

$$S = d \times \alpha \quad \text{con } \alpha \text{ en radianes}$$

$$S = d \times 0.01745 \times \alpha \quad \text{con } \alpha \text{ en grados}$$

Ecuación 6 *Longitud horizontal del filtro*

$H >$ altura de la óptica

En los límites entre un sector de color y otro blanco, el tamaño real del material de filtro / la pantalla debe ser ligeramente mayor que el tamaño calculado (véase el apartado 7.1.4: $S_c = S + x$).

Si deben reajustarse dos límites de un sector, es recomendable utilizar dos piezas de filtro solapadas en el centro, lo que permite cierto margen de ajuste durante el procedimiento de comprobación (Figura 50).

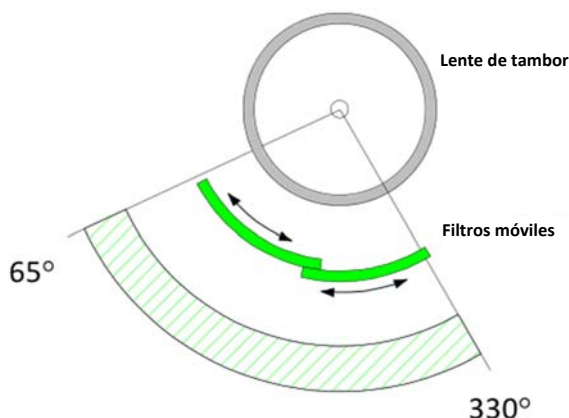


Figura 50 Filtros solapados

El material de filtro/pantalla debe instalarse tan alejados como sea posible de la fuente luminosa (normalmente, dentro del acristalamiento). Durante la instalación se debe poder modificar su posición y fijarse una vez que los sectores se hayan verificado y puesto en servicio.

Si el radio del filtro es excesivamente grande, la forma cilíndrica puede sustituirse por un conjunto de filtros planos (Figura 51).

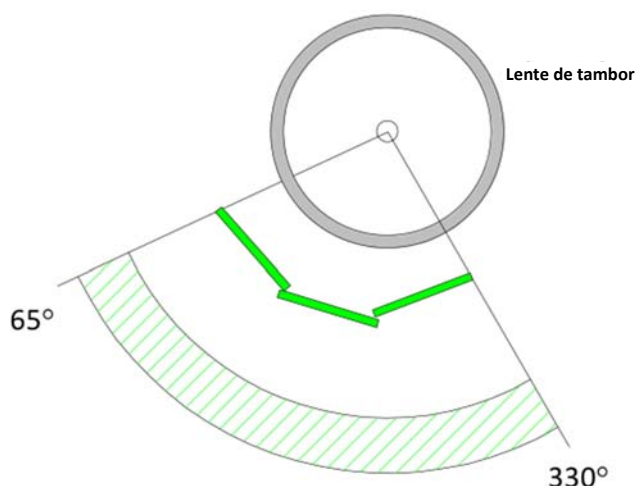


Figura 51 Filtros planos

Para el procedimiento de puesta en servicio, se requiere que un buque verifique que los sectores sean los correctos. Es posible que el borde del sector no corresponda exactamente con el borde del material de filtro/pantalla (véase el apartado 7.1.4).

14.5. PUESTA EN SERVICIO

La comprobación de los sectores deben llevarla a cabo al menos dos observadores experimentados. Deben realizarse en condiciones de buen tiempo y agua en calma, preferiblemente con atmósfera clara y transparente.

Las observaciones realizadas a gran distancia deben realizarse en total oscuridad. Previo al ensayo, se inspeccionará el sistema de la luz de sectores para garantizar que funciona correctamente y que están limpios el

acristalamiento, lentes, etc. Cuando la luz tenga ocultaciones prolongadas, se recomienda que se configure con la característica de luz fija.

En lo que respecta a los límites de sector con un ángulo de incertidumbre grande, la demora en que se percibe el cambio de color desde una dirección puede variar considerablemente con respecto al de otra. En tal caso, cada demora obtenida en cada transición debe tratarse por separado, tomándose la media de las registradas desde cada dirección. Esto dará como resultado dos valores medios, cuya media, a su vez, puede tomarse como la demora del límite del sector y la diferencia entre ellas puede tomarse como el ángulo de incertidumbre del límite del sector.

Por ejemplo, en una dirección, el cambio de color de rojo a rosa puede registrarse tres veces, tomándose la media. Asimismo, en la otra dirección, el cambio de color de blanco a rosa puede registrarse tres veces, tomándose la media. La media de estas dos medias sería, a su vez, la demora del límite de sector. La diferencia entre las dos medias sería el ángulo de incertidumbre del límite de sector.

Los datos obtenidos deben cotejarse con los oficiales y modificarlos si es necesario.

Hay que tener en cuenta que, en la mayoría de las luces de sectores aisladas, no hay una manera fácil de ajustar un límite de sector. Por lo tanto, si existiera una diferencia significativa con respecto a la demora publicada, o bien se tendrá que girar toda la baliza, lo que afectará a todas las demás demoras, o se tendrá que llevar el equipo a tierra para el reajuste. Si fuera necesario, puede girarse todo el conjunto para buscar un compromiso general entre los errores en todas las demoras de los límites de sector.

Las mediciones se llevan a cabo en diferentes posiciones como se indica en la Figura 52, que presenta uno de los muchos métodos de garantizar que toda la parte utilizable de los sectores está correctamente balizada.

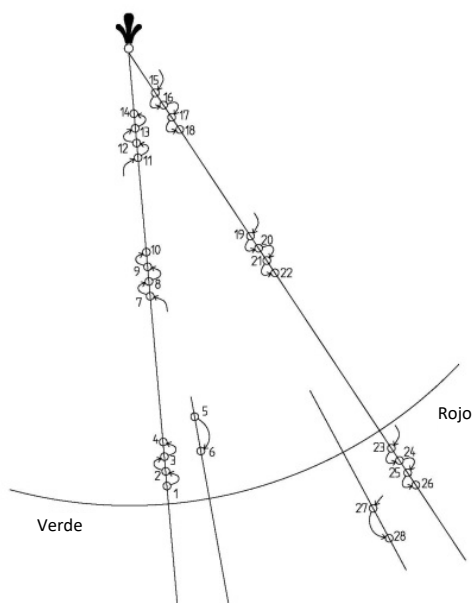
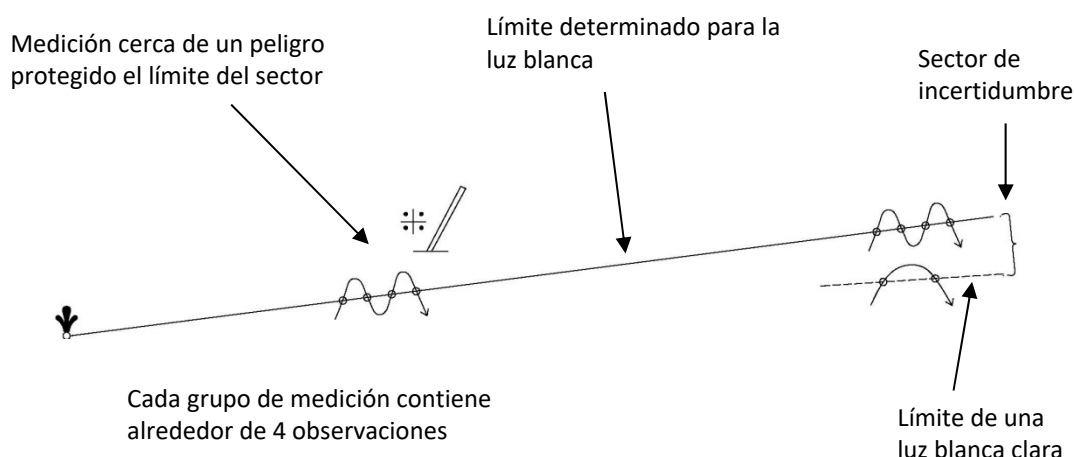


Figura 52 *Comprobación de luz de sectores utilizando un buque*



El número de observaciones varía en función de la longitud del límite. Deben tomarse al menos 2 (preferentemente, 3-4), una cerca del límite exterior del sector y la otra en el mismo límite. La distribución de las observaciones es importante para determinar el ángulo de incertidumbre.

Figura 53 *Puesta en servicio de luces de sectores*

Sin embargo, para cada estación y sector, debe considerarse con cuidado cada contribución a la incertidumbre. Cuando se emplee una carta electrónica y posicionamiento por DGNSS y cuanto mayor sea la distancia entre la luz y el buque, mayor será la precisión de la demora obtenida y por lo tanto menor ángulo de incertidumbre. Dicha mejora en la precisión se ve contrarrestada por la capacidad de observar un cambio de color en una luz cuando se proyecta más pequeña en el ojo (menor amplitud angular) y mucho más tenue. En el caso de los límites blanco/verde, existe la posibilidad de confusión cromática del observador a niveles bajos de iluminancia, particularmente para las luces de destellos. Por lo tanto, a mayores distancias de observación, es posible que no sea fácil de distinguir el cambio de blanco a verde, o viceversa.

14.6. EFECTO DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS FRÍAS

En las zonas que experimentan temperaturas bajo cero, el ángulo de incertidumbre puede aumentar de forma sustancial a causa de capas de nieve o hielo o el empañamiento de las ópticas. Debido a la dispersión, se podría percibir la luz como blanca en sectores donde en condiciones normales se vería coloreada. Es posible también que se observe en los sectores oscuros una luz falsa proveniente de los sectores colindantes.

14.7. UTILIZACIÓN DEL TEODOLITO PARA LA INSTALACIÓN, ALINEACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

14.7.1. INTRODUCCIÓN

Un teodolito es un instrumento portátil diseñado para medir ángulos en los planos horizontal y vertical. Sobre todo, son útiles para hacer levantamientos de aplicaciones, p.ej. levantamientos topográficos/geográficos y para la construcción de casas, puentes, carreteras, etc.

Los detalles de los teodolitos varían en función de su marca y tipo. Los más antiguos normalmente son de construcción exclusivamente mecánica, mientras que los más modernos pueden ser bastante complejos, con una pantalla digital y una unidad de memoria de datos. Los teodolitos modernos, o los llamados teodolitos inteligentes o de “estación total”, vienen equipados con medición de distancias electroóptica integrada y están informatizados para el almacenamiento de datos en un registro integrado.

El teodolito consiste en un telescopio móvil con dos ejes perpendiculares, el horizontal y el vertical.

Al girar la parte superior del teodolito (alrededor de eje vertical), es posible obtener una demora a un objeto objetivo concreto y leer su valor en una escala graduada. La utilización de una fijación en la escala horizontal hace posible fijar la lectura en la escala valor deseado, p. ej. cuando la dirección del emplazamiento A al emplazamiento B viene dada. Al inclinar el telescopio (alrededor del eje horizontal), se puede determinar la vertical o el ángulo de inclinación.

El ángulo de cada uno de esos ejes puede medirse con gran precisión, normalmente de un segundo de arco. La escala de un teodolito puede estar graduada en 360° o 400^g .

Se recomienda un teodolito de 360° para la comprobación y alineación de los sectores, ya que se corresponde con el sistema de medición náutico que emplea grados ($^\circ$), minutos ($'$) y segundos ($''$). Un teodolito de 400^g requiere un factor de conversión que puede llevar a errores durante su uso y en los resultados finales.

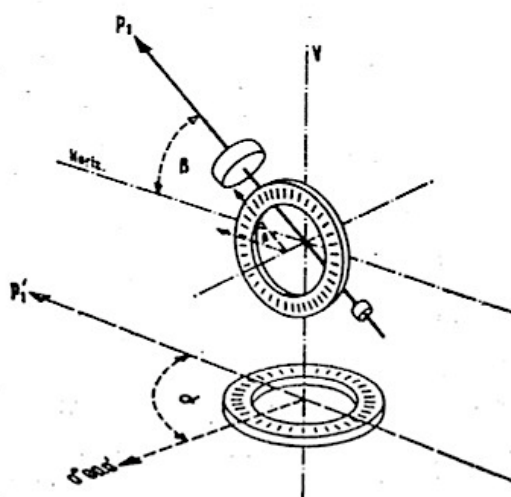


Figura 54 *Ejes de rotación de un teodolito*

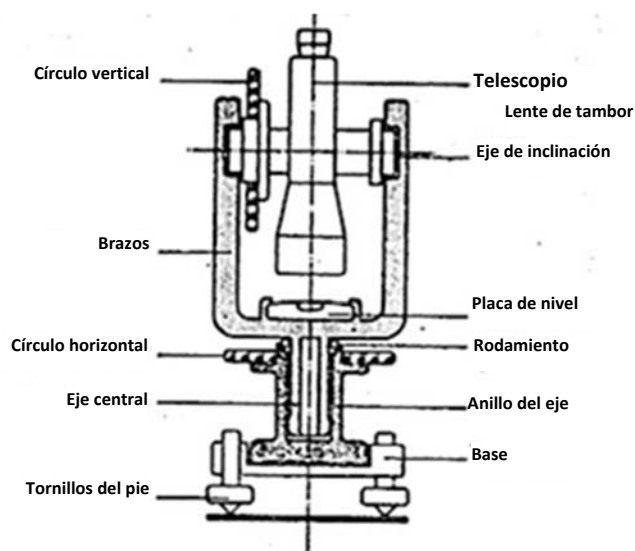


Figura 55 *Elementos de un teodolito*



Figura 56 Teodolito mecánico sencillo



Figura 57 Teodolito moderno montado en el trípode

El teodolito se suele montar en un trípode. La parte superior del trípode soporta el instrumento y las patas tienen hincas para afirmarlo al suelo.

El teodolito es un instrumento frágil y caro, por lo que se manipulará con cuidado durante su transporte y uso. Se suele guardar en un estuche impermeable, resistente a los golpes y provisto de correas para su transporte. El trípode se puede plegar y viene equipado con correas para los hombros para facilitar su traslado.

14.7.2. PREPARACIÓN PREVIA A LA ALINEACIÓN

14.7.2.1. Sectores y posición geográfica

- Los sectores y la posición geográfica de la luz se publican en el Libro de Faros o en los Derroteros de la autoridad marítima nacional.

Los ángulos de los límites con demoras contadas desde la mar se tienen que convertir en demoras opuestas de compás para su uso con el teodolito posicionado en la luz (véase la Tabla 3).

- Si la situación geográfica de la luz no es lo suficientemente precisa, debe reposicionarse antes del procedimiento de alineación.



Se puede confirmar/comprobar la posición con una unidad DGPS portátil o con un procedimiento de levantamiento geodésico que incluya puntos de referencia geográfica relevantes.

14.7.2.2. Selección de puntos de referencia geográfica

- Las autoridades geodésicas nacionales y locales suelen disponer de listas y registros de puntos de referencia geográfica.
Consultando las cartas náuticas, mapas y las propias listas, seleccionaremos los puntos más relevantes.
- Los detalles de las alineaciones realizadas anteriormente en la misma señal pueden aportar información útil sobre los puntos escogidos en el pasado.
- Se debe dar preferencia a los puntos de referencia para la línea de base en la misma dirección que el sector que se está alineando.
- Para el cálculo de las líneas de base, sólo se utilizan puntos de referencia aprobados y confirmados.
Cuando se eligen los puntos de referencia, tenga en cuenta que tienen que ser claros y reconocibles desde la luz que se está alineando.
- Considere los obstáculos en la línea de vista y la distancia, que no estén tan cerca, pero no tan lejos que resulten difícil de percibir.
- En general, los faros, las torres de iglesias, los edificios más grandes, etc., son adecuados como puntos de referencia geográfica.
- En zonas remotas, los objetos de referencia se suelen encontrar en el terreno y están marcados con una placa metálica numerada.
En tal caso, el punto de referencia debe marcarse con un poste temporal con bandera para que el operador del teodolito lo pueda ver.
- Elija al menos 3 puntos de referencia geográfica: uno para la línea de base de referencia y dos para la comprobación de la línea de base y la posición de la luz.

14.7.2.3. Cálculo de las líneas de base de referencia

- Utilizando los puntos de referencia identificados y la posición de la luz, ya es posible calcular las líneas de base / demoras entre la luz y los puntos de referencia elegidos.
Las autoridades geodésicas nacionales suelen prestar un servicio de Internet para esos cálculos. Si no fuera el caso, es posible calcular la dirección de la demora.

14.7.2.4. Ensayo previo del procedimiento de alineación

- Debido a la complejidad de un teodolito, es fundamental que haya un observador formado y experimentado para manejar el instrumento y se aconseja que esté familiarizado con el mismo antes de utilizarlo en el campo.
- Móntelo teniendo en cuenta la línea base, la línea base de referencia y los sectores que se están alineando.

14.7.3. ALINEACIÓN DE UNA LUZ DE SECTORES EN EL CAMPO

14.7.3.1. Previsión del tiempo

- Para lograr una buena alineación, es importante tener una visibilidad buena y estable.
Se recomienda que la tarea se lleve a cabo de noche o en un día nublado. Debido a la dificultad de observar con claridad la transición entre sectores, evite los días soleados, así como los días de lluvia y niebla con baja visibilidad.
- Cuando se utilice un buque pequeño para la observación desde el mar, también habrá que considerar la altura del oleaje y las corrientes locales.

14.7.3.2. Preparación de linterna y los filtros de color para la alineación de los sectores

- La preinstalación de los elementos debe finalizarse con tiempo suficiente antes del proceso de alineación.
- Hay que disponer de filtros de los colores y tamaños necesarios, además de las fijaciones y accesorios adicionales para el tipo concreto de luz de sectores.
- Antes de proceder a la alineación, se deben instalar y alinear los filtros y la linterna con sectores internos, tomando una demora sobre la linterna a simple vista en dirección a los objetos de referencia.
- Para facilitar el trabajo de campo calcule el ancho de arco de 1°, 45', 30' y 15'; posteriormente será más fácil ajustar la hoja de filtro o la linterna durante el proceso de alineación.

14.7.3.3. Montaje del teodolito

- Las luces y los faros varían en función del lugar geográfico, el tamaño del edificio y los equipos técnicos. No es habitual tener acceso a ellos para colocar el teodolito justo encima de la linterna u óptica.
En los faros de mayor tamaño, es práctico y fácil montar el teodolito en el balcón. Por el contrario, en los de menor tamaño, es más práctico montarlo en el suelo, en la vertical de la torre del faro.
- Montar el teodolito en la misma dirección/línea que el sector que se está alineando mejora los resultados.
- Antes de montar y nivelar el instrumento, compruebe que se puedan ver todos los puntos de referencia elegidos y que haya una vista clara y sin obstrucciones sobre el mar para hacer un seguimiento del buque.

14.7.3.4. Procedimiento de alineación

- De acuerdo con las instrucciones del fabricante, se monta el teodolito y se nivela el círculo horizontal utilizando el nivel de burbuja y las hincas de las tres patas.
- En la escala graduada horizontal se fija en la demora calculada de la “línea base” orientando el telescopio desde la luz al punto de referencia elegido.
- A continuación, se apunta el telescopio a las posiciones de los puntos de referencia adicionales (al menos dos) y se leen las demoras en la escala horizontal.
- Las lecturas deben ser idénticas a las demoras calculadas, lo que verificará la posición de la luz.
- Se recomienda que la luz se muestre fija durante el procedimiento de alineación.
- Las comunicaciones entre el buque y el faro se suelen establecer por radio VHF en un canal de trabajo (no el canal 16).
- Para evitar confusión en las comunicaciones, se aconseja que previamente se acuerde un plan que establezca el orden de alineación de los sectores.
- La situación del observador en el buque (p. ej. ala del puente a estribor) debe disponga de una visualización precisa de las demoras.
- El observador deberá tener una visión ocular y cromática normal, así como autoridad y precisión al comunicar sus observaciones.
- Se le ordena al buque que se dirija al primer sector acordado (p. ej. blanco/verde) y que notifique por VHF el color que se observa (ejemplo de mensaje: blanco, blanco, blanco – CORTE – verde, verde, verde...).
- El buque debe cruzar el límite del sector en el ángulo más agudo posible. Si se cruza en perpendicular la transición se efectuará rápidamente y el observador no podrá realizar observaciones precisas.
- Durante el desplazamiento del buque por el límite del sector, se apunta el teodolito hacia el observador, siguiendo el movimiento del buque.

En el momento en que se recibe el mensaje “corte”, se toma la lectura del teodolito. Dependiendo del tipo de luz de sectores, la incertidumbre puede ser mayor o menor, lo que influirá en la precisión de la notificación durante la alineación de los sectores.

- La diferencia entre las lecturas y el sector final se calcula, y se multiplica el resultado por el valor del arco (mm/°).

Según el resultado del cálculo, se modifica la posición del filtro de color o de la linterna.

- Se repite este procedimiento hasta que se obtenga un resultado satisfactorio.

Se recomienda cruzar el límite del sector al menos 3 veces desde cada lado; es decir 3 veces desde el sector blanco al verde y 3 veces desde el sector verde al blanco, dando un total de 6 cruces.

- En las luces de sectores tradicionales, se alinea cada sector y se fijan las hojas de color con accesorios y topes.

En las luces de sectores LED modernas, el recorte es de fábrica y sólo hace falta alinear uno de los límites de sector y después comprobar los sectores adicionales.

14.7.3.5. Comprobación final de los sectores desde el buque

- Antes de abandonar la luz, se recomienda que un buque navegue por cada uno de límites exhibidos desde la luz.
- Para la comprobación del pasaje seguro en zonas de aguas someras y rocas, son adecuados los registros de ecosonda.

14.7.3.6. Informe

En último lugar, prepare un informe sobre la alineación y la puesta en servicio, incluyendo los siguientes detalles:

- Nombre y número de luz (Libro de Faros);
- Fecha y hora (noche, día) con información sobre las condiciones meteorológicas en las que se han efectuado las alineaciones (visibilidad, sol, nuboso, lluvia, etc.);
- Lista de los sectores alineados;
- Puntos de referencia y posición, demoras de la luz con los puntos de referencia elegidos;
- Verificación de la posición de la luz;
- Nombre de la persona responsable de manejar el teodolito;
- Nombre del buque y del observador.

15. ACRÓNIMOS

AtoN	(<i>Aid(s) to Navigation</i>) Ayuda/s a la navegación
DGNSS	(<i>Differential Global Navigation Satellite System</i>) Sistema Diferencial Global de Navegación por Satélite
g	Gradián (unidad de medida de un ángulo, equivalente a 1/400 de un círculo, 9/10 de un grado)
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
LED	(<i>Light Emitting Diode</i>) Diodo emisor de luz
MN	Milla náutica
mm	Milímetro
MSSL	(<i>Multiple Source Sector Light</i>) Luz de sectores de fuentes múltiples
PAR	(<i>Parabolic Aluminized Reflector lamp</i>) Lámpara reflectora parabólica aluminizada



PWM	(Pulse Width Modulation) Modulación del ancho de pulsos
TBS	(<i>True Bearing from Seaward</i>) Demora verdadera contada desde el mar
V	Voltio/s
VHF	(<i>Very High Frequency</i>) Muy Alta Frecuencia
W	Vatio/s

16. REFERENCIAS

- [1] Recomendación E-200 de la IALA sobre las Señales luminosas marítimas, Parte 1 – Colores
- [2] Recomendación E-110 de la IALA sobre las Apariencias de las luces en ayudas a la navegación
- [3] Recomendación E-200 de la IALA sobre las Señales luminosas marítimas, Parte 2 - Cálculo, definición y notación del alcance luminoso.
- [4] Recomendación E-200 de la IALA sobre las Señales luminosas marítimas, Parte 3 – Medición
- [5] NAVGUIDE de la IALA
- [6] Guía 1048 de la IALA sobre las Tecnologías LED y su uso en las señales luminosas
- [7] Guía 1043 de la IALA sobre a las Fuentes luminosas utilizadas en ayudas visuales a la navegación
- [8] Recomendación E-112 de la IALA sobre las Luces de enfilación, Edición 1.1, diciembre de 2005
- [9] Guía 1023 de la IALA sobre el Diseño de enfilaciones, Edición 1.1, diciembre de 2005
- [10] *A Study of Filtered Sector Lights* (Un estudio sobre las luces de sectores filtradas), Ian Tutt, marzo de 2012