

IALA Guideline No. 1049

On

The Use of Modern Light Sources in Traditional Lighthouse Optics

El Uso de Fuentes de Luz Modernas en Ópticas de Faros Tradicionales

Edición 1

Diciembre 2005



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



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

ÍNDICE DE FIGURAS **4**

DIRECTRIZ SOBRE EL USO DE FUENTES DE LUZ MODERNAS EN ÓPTICAS DE FAROS TRADICIONALES. **5**

1 INTRODUCCIÓN **5**

- 1.1 ALCANCE Y FINALIDAD** **5**
- 1.2 MOTIVOS PARA CONSERVAR EN USO SISTEMAS ÓPTICOS TRADICIONALES** **5**
 - 1.2.1 ÓPTICAS GIRATORIAS CON CARACTERÍSTICAS COMPLEJAS 5
 - 1.2.2 FUTUROS CAMBIOS 6
 - 1.2.3 LEGADO HISTÓRICO Y CONSERVACIÓN 6

2 FUENTES DE LUZ ORIGINALES Y SUS SUCESORAS **10**

3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS LÁMPARAS MODERNAS **10**

- 3.1 LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS** **10**
- 3.2 LÁMPARAS HALÓGENAS DE TUNGSTENO** **13**
- 3.3 DIODOS EMISORES DE LUZ (LED: LIGHT EMITTING DIODES)** **14**
 - 3.3.1 CONSIDERACIONES SOBRE EL ENCAPSULADO 14
 - 3.3.2 TIEMPO DE VIDA 15
 - 3.3.3 COLOR, FLUJO Y TENSIÓN DE OPERACIÓN 15
 - 3.3.4 MODELOS DE RADIACIÓN 16
- 3.4 DESVENTAJAS GENERALES CON FUENTES DE LUZ PEQUEÑAS** **17**

4 RENDIMIENTO OPTICO CON DIFERENTES FUENTES DE LUZ **18**

5 USO EFICAZ DE LAS MODERNAS FUENTES DE LUZ **21**

- 5.1 5.1 LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS.** **21**
- 5.2 LÁMPARAS HALÓGENAS DE TUNGSTENO.** **22**
- 5.3 MÉTODOS PARA INCREMENTAR EL TAMAÑO EFICAZ DE UNA FUENTE DE LUZ** **24**
 - 5.3.1 TUBO DE ARCO MATE 25
 - 5.3.2 AMPOLLA OPAL O MATE 25
 - 5.3.3 DIFUSORES EXTERNOS 25
- 5.4 AGRUPACIONES DE LEDS** **28**
- 5.5 LEDs DE ALTA POTENCIA** **29**

5.5.1	EMPLEO DE LEDS DE ALTA POTENCIA EN BALIZAS OMNIDIRECCIONALES	29
5.5.2	FUNCIONAMIENTO DE UNA FUENTE LUMINOSA DE UN ÚNICO LED	31
5.5.3	FUENTE LUMINOSA DE 2 LEDS DE AMPLIA DIVERGENCIA VERTICAL PARA AYUDAS FLOTANTES	32
5.5.4	RENDIMIENTO DE UNA FUENTE LUMINOSA DE 2 LEDS:	34
6	<u>MEDIDAS DE RENDIMIENTO</u>	34
7	<u>REFERENCIAS</u>	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Óptica giratoria de 1º orden de Trevo Head.....	7
Figura 2. Moderna baliza giratoria con seis paneles ópticos iguales y simétricos.....	8
Figura 3. Manteniendo características complejas.	8
Figura 4 Manteniendo características complejas.	9
Figura 5. Flexibilidad.	9
Figura 6. Lámpara de halogenuros metálicos de 400W que muestra el tubo de arco.	11
Figura 7. Lámpara de halogenuros metálicos de baja potencia que muestra la posición del tubo de arco.	12
Figura 8. Diagramas de divergencia vertical de South Stack.	13
Figura 9. Lámparas halógenas de tungsteno con diferentes configuraciones de filamentos. (Cortesía de GE Lighting).....	14
Figura 10. Encapsulado de un LED de potencia (Fuente: Lumileds Lighting LLC).....	14
Figura 11. Colores de los LED de alta potencia.....	16
Figura 12. Modelo de radiación de mariposa (Fuente: Lumileds Lighting LLC).....	17
Figura 13. Modelo de radiación lambertiano (Fuente: Lumileds Lighting LLC).....	17
Figura 14. Modelo de radiación de emisión lateral (Fuente: Lumileds Lighting LLC).....	17
Figura 16. Resultados de medida de Lynmouth Foreland.....	19
Figura 17. Resultados de medida de South Stade	20
Figura 18. Resultados de medida de Farne Islands.....	20
Figura 19. Esquema de un grupo de tres lámparas halógenas de cápsula de filamento axial.	23
Figura 20. Resultados obtenidos en el sector blanco de Flat Holm.....	23
Figura 21. Resultados obtenidos de la medición del sector blanco de North Foreland,.....	24
Figura 22. Resultados de medida de Sark.....	26
Figura 23. Detalles de un difusor acanalado utilizado en Trevo Head para incrementar la duración del destello.	27
Figura 24. Resultados obtenidos en Trevo Head,	27
Figura 25. Agrupación experimental de cuatro lámparas CDM-T de 150W en un difusor.....	28
Figura 26. LEDs con lente incorporada (derecha) la agrupación generalmente no sirve como fuente de luz en sistemas ópticos tradicionales.	29
Figura 27. Lentes tradicionales con lámpara mostrando la altura focal y su soporte.....	30
Figura 28. Sustitución de lámpara por LEDs en una óptica pequeña	30
Figura 29. Fuente luminosa formada por un único LED con controlador de corriente.....	31
Figura 30. Intensidad luminosa respecto al ángulo : Optica PMMA 0.0775 + fuente luminosa de 1 LED rojo.	31
Figura 31. Fuente luminosa de 2 LEDs.....	33
Figura 32. Fuente luminosa de 2 LEDs.....	33
Figura 33. Intensidad Luminosa respecto al ángulo : Cristal óptico de 0.045 de distancia focal + fuente luminosa de 2 LEDs rojos	33

Directriz sobre el uso de Fuentes de Luz Modernas en Ópticas de Faros tradicionales.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ALCANCE Y FINALIDAD

Muchos departamentos de ayudas a la navegación están quitando o descatalogando ópticas tradicionales e instalando otras nuevas, más pequeñas y dispositivos sellados. Hay buenas razones económicas para hacerlo, pero, a veces, existe la necesidad de conservar en uso las grandes ópticas tradicionales. En estos casos es importante la elección de la fuente luminosa.

La finalidad de este documento es proporcionar a los miembros de la IALA una metodología para usar modernas fuentes de luz en los sistemas ópticos tradicionales.

1.2 MOTIVOS PARA CONSERVAR EN USO SISTEMAS ÓPTICOS TRADICIONALES

Cuando se modernizan los faros, existe la tendencia en los departamentos de señales marítimas de sustituir las grandes ópticas tradicionales (figura 1.1) por otras balizas más pequeñas, modernas y selladas (figura 1.2). Esto es razonable, dado el coste de modernizar una vieja óptica comparado con el de otra moderna equivalente que se instala con facilidad. De todas formas hay algunas razones por las que las ópticas tradicionales pueden conservarse en uso.

1.2.1 Ópticas giratorias con características complejas

Algunas balizas giratorias selladas tienen las lentes con una geometría hexagonal u octogonal que resulta satisfactoria para características simples (por ejemplo un destello aislado), pero no para grupos de destellos más complejos. Se requieren habitualmente velocidades de giro rápidas para cualquier característica mayor que un destello aislado lo que ocasiona una reducción de la intensidad efectiva y puede producir una duración del destello más corta de lo

necesario (véanse figuras 1.3 y 1.4)

1.2.2 Futuros cambios

A medida que se dispone de nuevas fuentes luminosas es deseable, con frecuencia, reemplazar las fuentes de luz antiguas por otras más modernas y eficientes. Una gran óptica con componentes separados, se modifica habitualmente con mayor facilidad que una pequeña sellada. Esto es especialmente cierto cuando se debe aumentar el alcance de una luz instalando una lámpara más potente de mayor tamaño (véase figura 1.5). Hay también una tendencia a reducir el alcance de las luces para lo que pueden utilizarse modernas fuentes luminosas de baja potencia en una óptica tradicional, consiguiendo una luz del alcance requerido a la vez que se consume menos energía.

1.2.3 Legado Histórico y Conservación

En los últimos años ha habido mucha presión sobre los servicios de balizamiento por parte de los grupos de poder conservacionistas para que se conserven en perfecto funcionamiento los equipos originales. Al mismo tiempo es necesario proporcionar un servicio eficaz sin llegar a tener equipos obsoletos que necesiten un mantenimiento intensivo. Hay que alcanzar una solución de compromiso, conservando algunas características importantes de la óptica y haciéndolas funcionar eficazmente.

Si es deseable la conservación de una óptica tradicional, la elección de la fuente luminosa es igualmente importante. El propósito de este documento es mostrar los efectos de diferentes fuentes de luz en ópticas tradicionales en comparación con las fuentes luminosas más tradicionales, incluidos los capillos y las lámparas de incandescencia más antiguas.

Las ópticas se agrupan en dos grandes categorías, fijas y giratorias. Las ópticas fijas necesitan que la fuente luminosa pueda encenderse y apagarse para producir la característica y las ópticas giratorias exigen una fuente de luz que esté constantemente encendida.

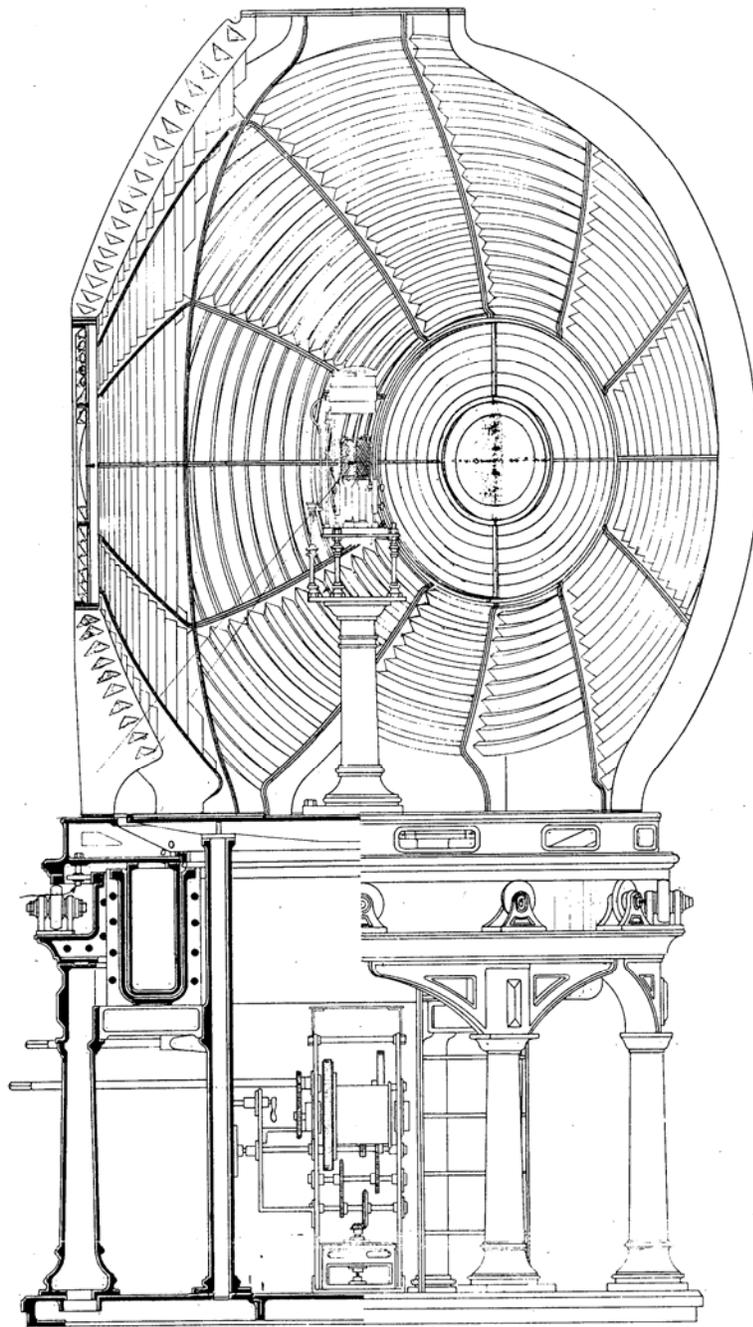


Figura 1. Óptica giratoria de 1º orden de Trevose Head

Esta es una típica óptica de faro tradicional que data aproximadamente de 1900. La altura total es de cerca de 4.5m.

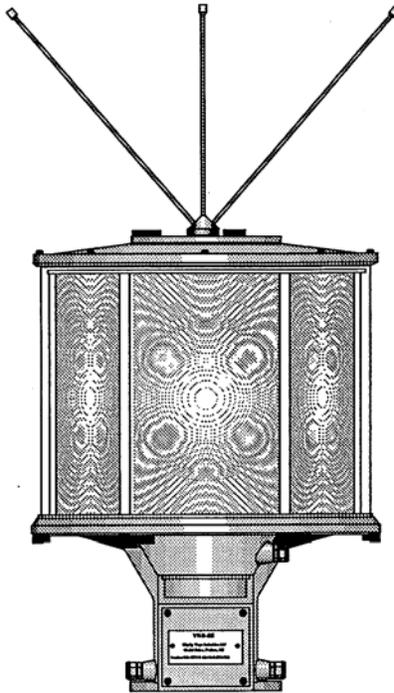


Figura 2. Moderna baliza giratoria con seis paneles ópticos iguales y simétricos.

Esta baliza mide aproximadamente 0.7 m. de altura excluidas las varillas de protección contra pájaros. En la figura 1.4 se muestra una configuración típica de lentes. (Cortesía de Industrias Vega)

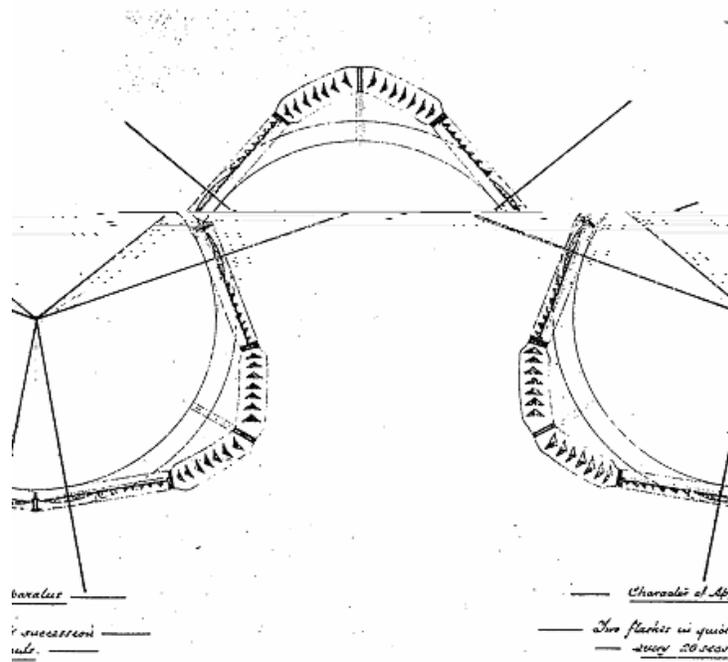


Figura 3. Manteniendo características complejas.

Disposición de lentes de 1º orden en Beachy Head que produce 2 destellos cada 20 s. Se necesita una velocidad de giro de 1RPM para conseguir esta característica.

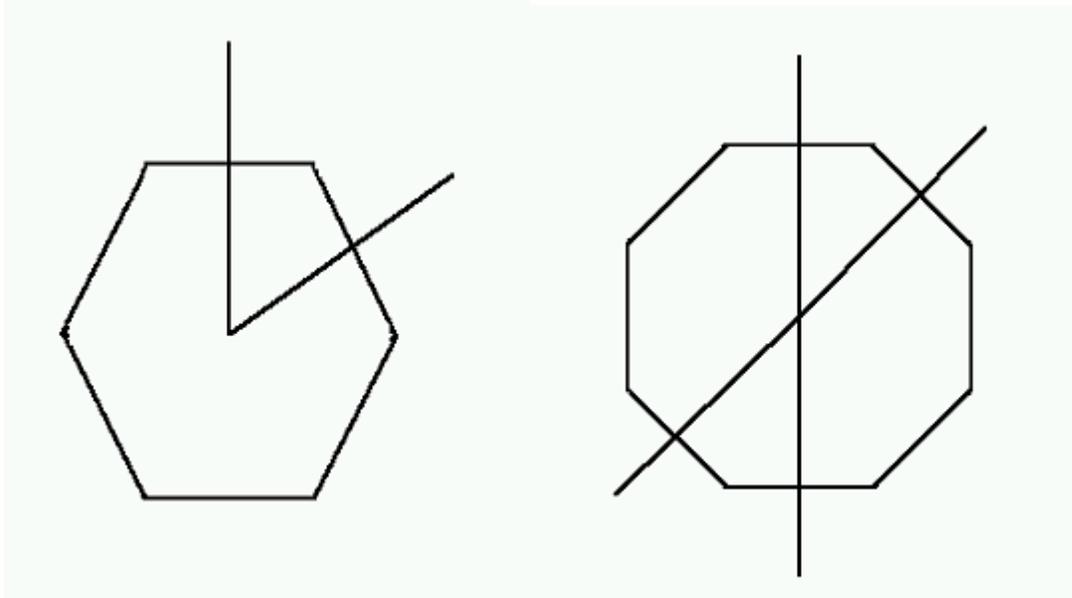


Figura 4 Manteniendo características complejas.

Típica disposición de lentes de seis y ocho paneles en balizas giratorias. Para conseguir una característica de dos destellos cada 20 s., conforme a las recomendaciones de la IALA, se requiere una velocidad de giro de 3 RPM y 1.5 RPM respectivamente.

Tipo de Lámpara	Intensidad de Pico (cd)	Intensidad Efectiva (cd)	Alcance Nominal (nautical miles)	Duración del Destello (segundos)		Divergencia Vertical (grados)	
				10%	50%	10%	50%
1000W GE MBI	3,040,000	1,580,000	27	0.54	0.20	>6.0	4.1
400W GE MBI	1,350,000	697,000	25	0.35	0.18	4.8	2.2
35W Philips Mastercolour	315,000	151,000	21	0.34	0.15	1.7	1.0

Figura 5. Flexibilidad.

Resultados obtenidos en la óptica giratoria de 1º orden de Beachy Head con lámparas de 1000 W, 400 W y 35 W. Se pueden conseguir alcances nominales medios y altos seleccionando la fuente de luz apropiada.

2 FUENTES DE LUZ ORIGINALES Y SUS SUCESORAS

Las fuentes de luz originales, usadas en las ópticas tradicionales, variaron desde los grandes capillos de vapor de parafina (PVB) a las lámparas incandescentes tipo Argand y los capillos más pequeños de acetileno. En general, las dimensiones de la fuente de luz eran mucho mayores que las del filamento de las lámparas eléctricas modernas. Ello requería más atención a su mantenimiento y gestionar bien el combustible. La intensidad de la luz emitida variaba a menudo y siempre estaba presente el peligro de fuego. Algo más tarde, los sistemas de acetileno fueron bastante fiables y, en muchos casos, fue posible su funcionamiento sin atención permanente.

Cuando se electrificaron los primeros faros, se hicieron para ellos lámparas especiales que tenían un filamento de tungsteno que intentaba imitar a las fuentes de luz originales. Comparadas con sus precursoras, éstas tenían alta luminancia, el flujo luminoso relativamente consistente, tenían un funcionamiento relativamente seguro y no necesitaban despabilar la mecha ni desobstruir el quemado. Debido a su alta luminancia estas lámparas generaban altas intensidades y, por la geometría de su filamento, buen rendimiento. En ópticas giratorias esto significaba alcances nominales altos y perfiles de destello razonables. Sin embargo, normalmente tenían gran consumo eléctrico y, debido a su tamaño y fragilidad, eran difíciles de transportar y manejar. Muchas lámparas de faros están ahora obsoletas a causa de sus altos costes de fabricación y de la demanda limitada.

3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS LÁMPARAS MODERNAS

Las lámparas modernas tienen muchas formas y tamaños y, aunque hay estándares comunes, existen diferencias entre fabricantes. Los dos tipos de lámparas modernas que más se usan son las de haluros metálicos y las halógenas de tungsteno. La utilización de lámparas de diodos emisores de luz (LEDs) aumenta cada vez más.

3.1 LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS

Las lámparas de halogenuros metálicos se usan en ópticas giratorias donde hace falta una luz continua. Estas lámparas tienen una eficacia muy alta, por encima de 120 lúmenes por vatio, proporcionan también una luz muy blanca y la

vida de la lámpara es de unas 20,000 horas. La correlación del color de la luz (CCT con la temperaturas está en rangos de 3000 a 6000° K y hay lámparas disponibles desde decenas de vatios a varios kilovatios. Las lámparas de menores tamaños son relativamente más robustas en comparación con las lámparas especiales para faros y las versiones de acabado único tienen bases de conexión sencillas. Sin embargo, hay algunas desventajas en las lámparas de halogenuros metálicos. Éstas no pueden encenderse y apagarse rápidamente para producir una característica porque necesitan tiempo para calentarse y enfriarse, lo que hace que no puedan usarse en ópticas fijas. El contenido de color rojo de su espectro es bajo, lo que significa que su uso con filtros rojos es poco eficiente. Estas lámparas requieren un suministro de AC cuidadosamente controlado y necesitan alto voltaje de arranque. Las lámparas de pequeño tamaño, aunque tienen alta luminancia, la dimensión de la fuente de luz es pequeña que da lugar a una estrecha divergencia en las ópticas grandes. Las lámparas de halogenuros metálicos más grandes, normalmente tienen un filamento largo y delgado que produce duraciones cortas del destello en las ópticas grandes, a menudo no deseadas, y grandes divergencias verticales (ver figura 1.5, y 3.3). Algunas de las lámparas de halogenuros metálicos más grandes están disponibles con un revestimiento fosforescente en la ampolla. La lámpara es normalmente más grande que la lámpara original, pero la luminancia y la intensidad es bastante más baja que la que se obtiene con ampollas transparentes (figura 4.1)

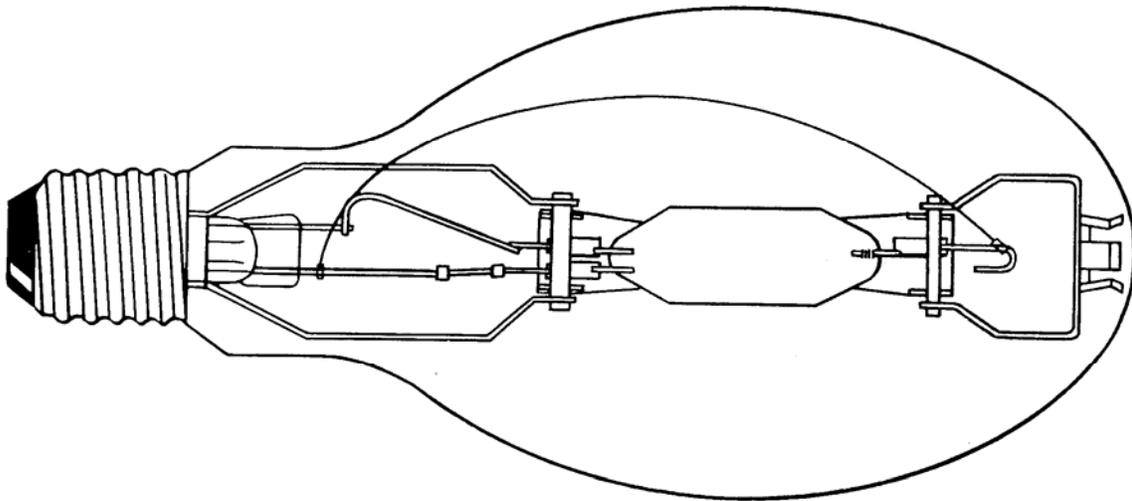


Figura 6. Lámpara de halogenuros metálicos de 400W que muestra el tubo de arco.

Esta lámpara está disponible en versiones de ampolla clara y satinada.
(Cortesía GE Lighting)

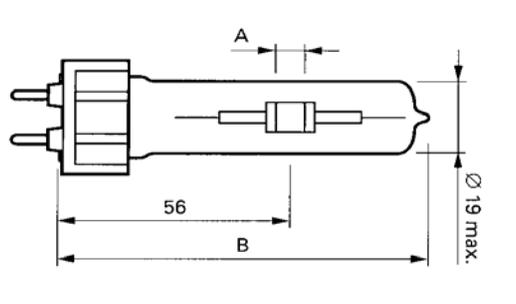
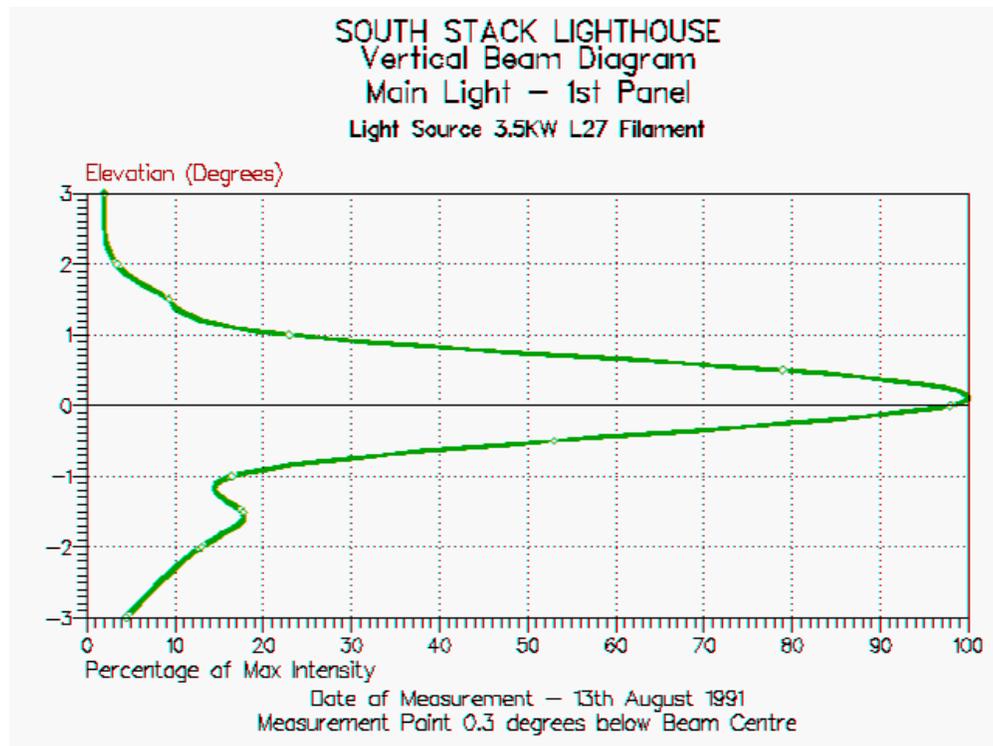


Figura 7. Lámpara de halogenuros metálicos de baja potencia que muestra la posición del tubo de arco.

Estas lámparas están disponibles en 35W, 70W y 150W, el tamaño del tubo de arco varía de acuerdo con la potencia. (Cortesía de Philips Lighting)

Nota: los Dibujos no están a escala



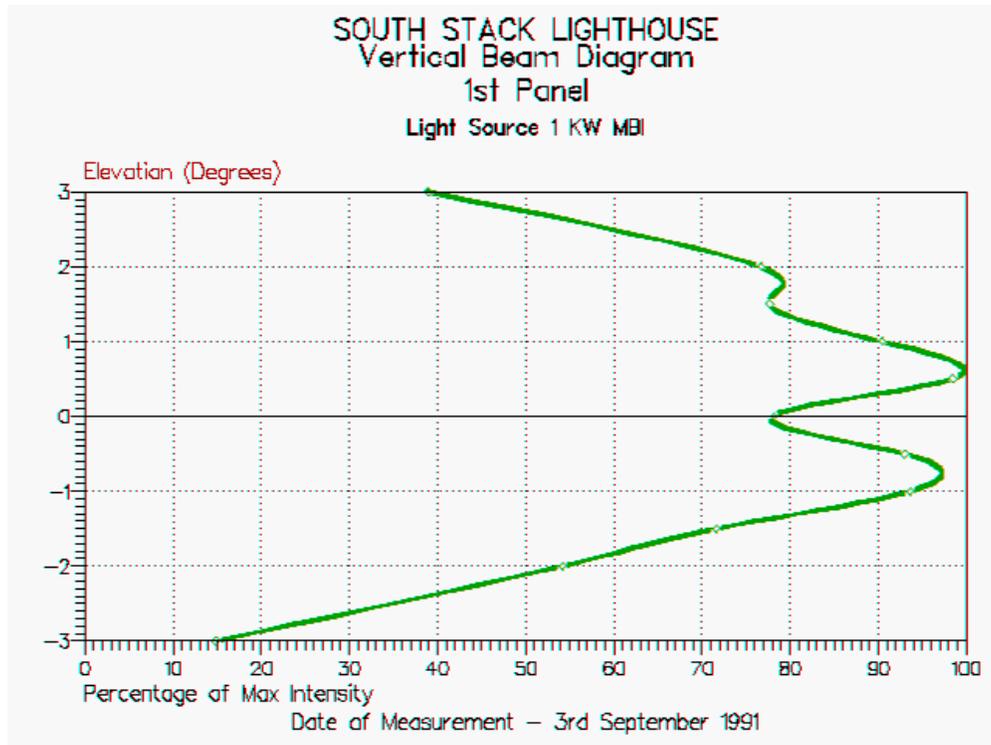


Figura 8. Diagramas de divergencia vertical de South Stack.

Lentes de primer orden mostrando la diferencia en divergencia vertical entre una lámpara de filamento de 3.5kW L27 y otra de halogenuros metálicos de 1kW. El largo tubo de arco de la lámpara de halogenuros metálicos produce una divergencia vertical grande. Los lóbulos superiores e inferiores del 2º diagrama están causados por el efecto de la altura de la fuente de luz sobre los elementos reflectantes superiores e inferiores.

3.2 LÁMPARAS HALÓGENAS DE TUNGSTENO

Las lámparas halógenas de tungsteno son muy utilizadas hoy en día y consecuentemente son baratas y asequibles. Tienen la misma facilidad de uso que las lámparas de faros pero tienen menor tamaño, vida más larga (hasta 2000 horas), mayor robustez y una eficacia hasta un 50% más alta que una lámpara equivalente de filamento de tungsteno. Sin embargo, tienen el problema de su pequeño foco luminoso. En el caso de lámparas de bajo voltaje, el tamaño del filamento es efectivamente muy pequeño y puede carecer de simetría. Otro problema que puede ocurrir en algunas lámparas halógenas de tungsteno al destellar es que el ciclo del halógeno puede interrumpirse produciendo el ennegrecimiento de la ampolla, lo que acorta la vida de la lámpara. Esto parece ocurrir solamente con algunas lámparas y dentro de éstas, sólo con algunas características de destello.

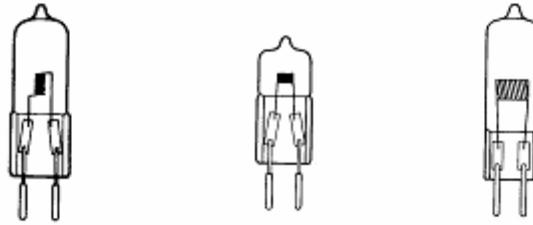


Figura 9. Lámparas halógenas de tungsteno con diferentes configuraciones de filamentos.
(Cortesía de GE Lighting)

Nota: Los dibujos no están a escala

3.3 DIODOS EMISORES DE LUZ (LED: LIGHT EMITTING DIODES)

La disponibilidad de LEDs de alta potencia es cada día mayor y tienen la ventaja de un bajo consumo de energía con alta eficiencia luminosa, particularmente en las luces de color.

3.3.1 Consideraciones sobre el encapsulado

El proceso de encapsulado de un LED típico de alta potencia se muestra en la figura 10.

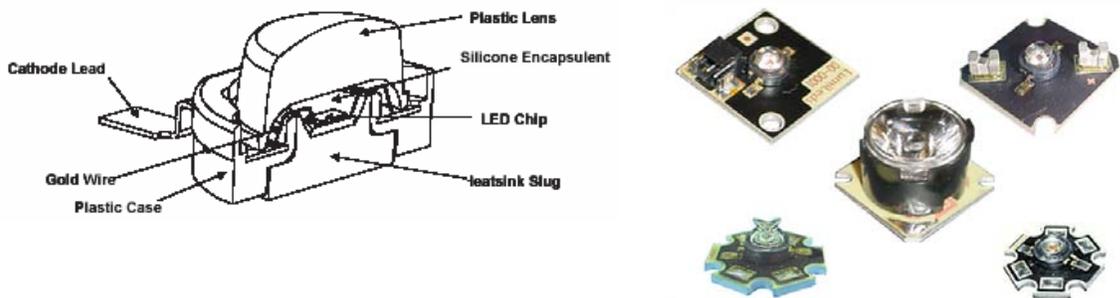


Figura 10. Encapsulado de un LED de potencia (Fuente: Lumileds Lighting LLC)

Cuando se usen LEDs en sistemas ópticos tradicionales, deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- la temperatura de la unión LED debe ser menor que la temperatura límite crítica del fabricante para que el tiempo de vida sea óptimo;
- el aumento de temperatura debido al paso de los rayos de sol a través de las

ópticas de Fresnel debe estar por debajo de la temperatura de almacenamiento específica del LED (esto es un problema para faros giratorios con ópticas de cristal tallado, con una temperatura de almacenamiento de 105°C para LEDs Luxeon);

- el color debe estar dentro de las regiones especificadas en las recomendaciones de la IALA dentro de todo el rango de temperaturas;
- los datos de intensidad luminosa y tensión de suministro deben medirse para las peores condiciones de uso (alta temperatura ambiente, máxima corriente y significativo ciclo de trabajo);
- la fuente luminosa debe ser suficientemente grande para tener una correcta divergencia;
- la fuente luminosa debe ser tan pequeña como sea posible y estar colocada a la distancia focal correcta para tener su mayor intensidad en el eje de la óptica;
- el diagrama de radiación horizontal debe ser regular para evitar que la luz se observe con diferente intensidad desde las distintas direcciones.

La temperatura de la unión puede calcularse midiendo directamente cerca del LED sobre el disipador de calor y con la información del fabricante sobre la resistencia térmica de la unión.

El chip del LED de alta potencia se fija a un disipador de calor metálico que proporciona la temperatura principal. Una lente de plástico a alta temperatura se fija a la cápsula de plástico y el espacio entre el chip y la lente se encapsula con silicona. La cápsula de silicona es más resistente al amarilleo/tostado por la exposición a rayos ultravioleta o a niveles altos de emisión de luz azul

La tecnología de los LED de alta potencia depende de:

- la adecuada disipación del calor;
- la elección de materiales con una amplia gama de temperaturas de utilización y mayores niveles de resistencia cerca de la radiación ultravioleta.

3.3.2 Tiempo de vida

El tiempo de vida y el flujo luminoso de los LEDs de pequeña señal son extremadamente dependientes de las condiciones de funcionamiento. Para un LED de alta potencia de 1W con una corriente de 350 mA o para un LED de 3W con una corriente de 700mA, la pérdida de flujo luminoso es casi del 20% después de más de 15000 horas, por encima de 90°C de temperatura de la unión.

3.3.3 Color, flujo y tensión de operación

El color, el flujo luminoso y la tensión de operación son variables y dependen del método de fabricación. Todas las características no están siempre disponibles, por lo que deben priorizarse una o dos para seleccionar los LEDs.

Cuando aumenta la temperatura de la unión, aumenta la longitud de onda principal mientras que el flujo y la tensión de operación disminuyen. Las variaciones son más importantes para el color ámbar y el rojo (tecnología AlInGaP) que en el blanco y verde (tecnología InGaN). La temperatura de la unión depende de la corriente, de la temperatura ambiente, del disipador de calor y del ciclo de trabajo (ej: de la característica)

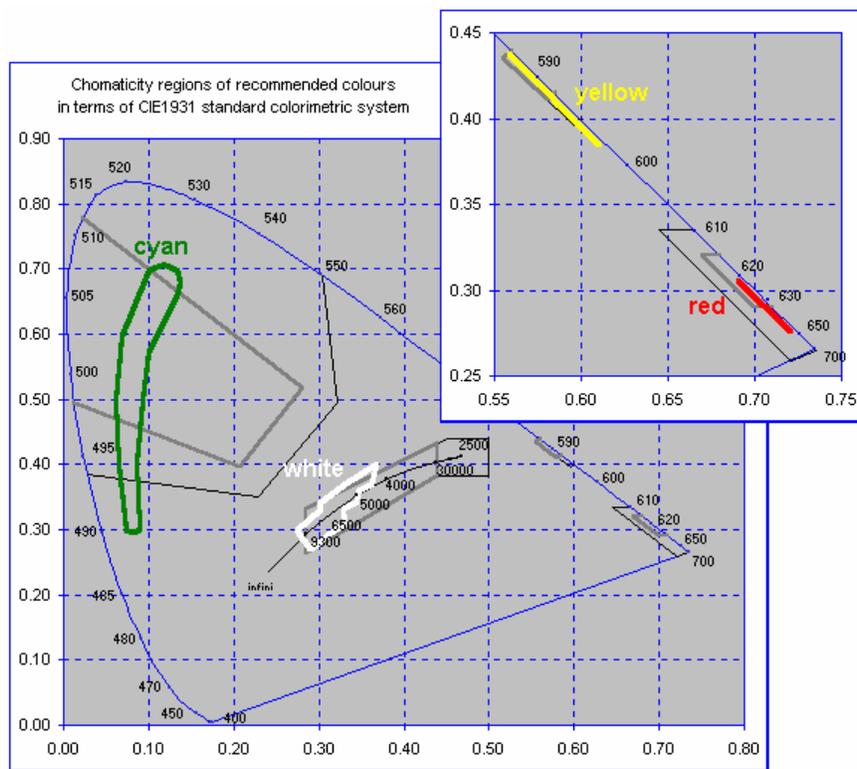


Figura 11. Colores de los LED de alta potencia

3.3.4 Modelos de radiación

Hay tres modelos de radiación distintos en la familia de LEDs Luxeon de alta potencia: de mariposa, lambertiano y de emisión lateral.

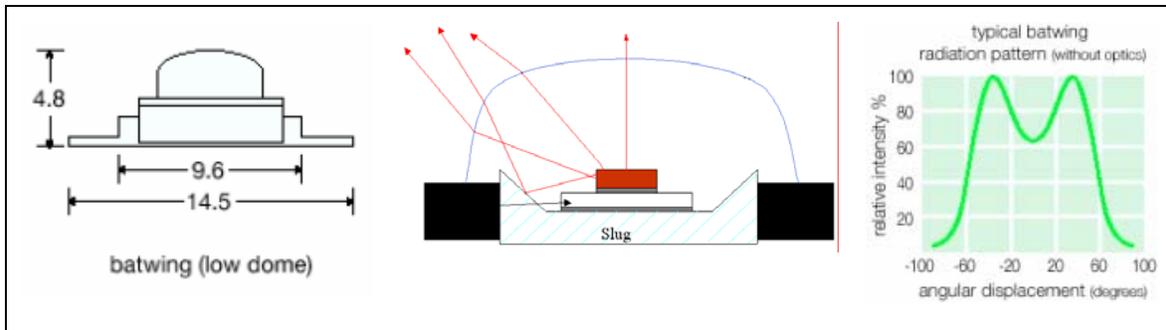


Figura 12. Modelo de radiación de mariposa (Fuente: Lumileds Lighting LLC)

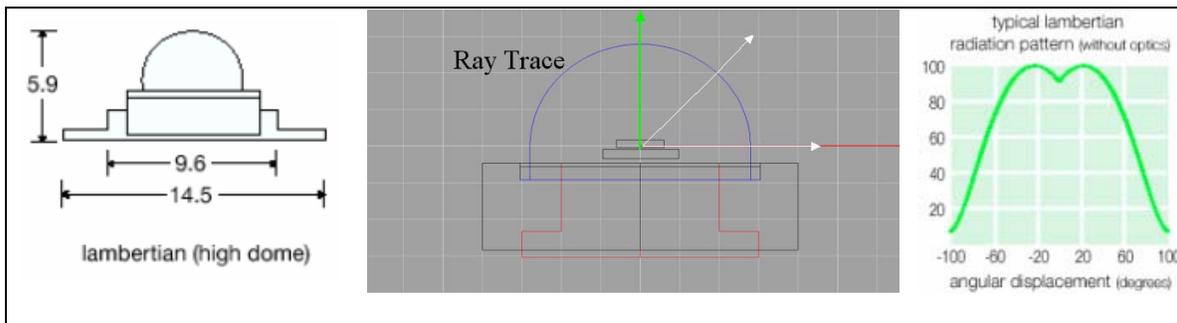


Figura 13. Modelo de radiación lambertiano (Fuente: Lumileds Lighting LLC)

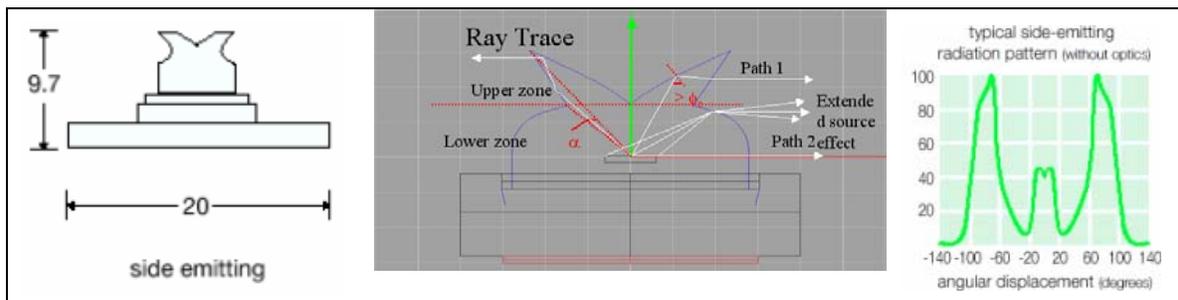


Figura 14. Modelo de radiación de emisión lateral (Fuente: Lumileds Lighting LLC)

Debe tenerse en cuenta que los diodos de emisión lateral tienen su máxima radiación en un ángulo de 10 grados por encima de la horizontal. Cuando se instala en foco correctamente en sistemas de grandes lentes, la luz ligeramente por encima de la horizontal es recogida por la lente y dirigida en un haz horizontal, dando un rendimiento satisfactorio. Debe tenerse cuidado cuando se usen diodos de emisión lateral en sistemas de lentes pequeñas debido a la no horizontalidad del rayo del diodo.

3.4 DESVENTAJAS GENERALES CON FUENTES DE LUZ PEQUEÑAS

Los grandes sistemas de lentes giratorias fueron diseñados para recoger la luz procedente de una fuente de gran tamaño, tal como una mecha de parafina o quemador de vapor parafina (PVB), y transformar la luz en una emisión de rayos

paralelos mediante una combinación de elementos de refracción y reflexión.

Cualquier pequeña fuente de luz en una gran óptica puede producir resultados más pobres de los esperados porque la óptica fue diseñada para tener en su foco una fuente de luz grande.

Si la tolerancia de la óptica es pobre, el resultado normal es una divergencia vertical mayor de lo esperado o desigualmente distribuida. En el caso de una óptica giratoria tradicional con varios paneles, puede haber grandes diferencias de funcionamiento entre ellos cuando la óptica está equipada con una fuente de luz pequeña. Cualquiera que sea el tipo de óptica, el posicionamiento correcto de la fuente de luz en su interior es importante para asegurar un rendimiento óptico.

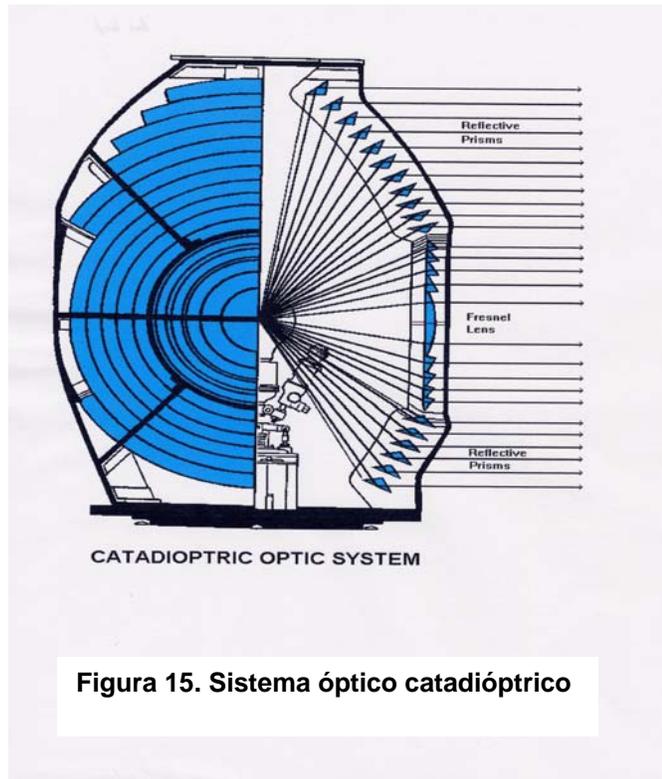


Figura 15. Sistema óptico catadióptrico

Se requiere una intensidad máxima y uniforme en todo el sector de funcionamiento de la óptica y en el horizonte. Las pequeñas divergencias verticales resultantes de insertar pequeñas fuentes de luz en ópticas grandes hacen que su posicionamiento correcto sea más crítico. Un error de posicionamiento vertical de pocos milímetros con un filamento que, ya de por sí mide unos pocos milímetros de altura, puede dar como resultado que sólo un pequeño porcentaje del de la máxima intensidad del haz se dirija hacia el horizonte. Las lámparas modernas, no diseñadas específicamente para las Ayudas a la Navegación (AtoN), pueden tener tolerancias considerables de fábrica y requerir un ajuste cuidadoso y uniforme para asegurar que se ponen en foco correctamente.

4 RENDIMIENTO OPTICO CON DIFERENTES FUENTES DE LUZ

Durante los años noventa, con el fin de reducir las necesidades de energía para el uso potencial de la energía solar, el Trinity House Lighthouse Service puso a prueba algunas lámparas pequeñas de bajo consumo en lentes grandes para ver cual era su rendimiento. En muchos casos, el pequeño tamaño de la fuente de luz causó problemas de bajo rendimiento, como corta duración del destello y baja intensidad. Se probaron diversas técnicas como el las ampollas

opalescentes, el uso de difusores y las agrupaciones de lámparas para aumentar el rendimiento de estas fuentes de luz de bajo consumo, con el fin de optimizar su utilización en ópticas tradicionales.

Tipo de Lámpara	Intensidad Máxima (cd)	Duración del Destello (segundos)	
		10%	50%
Quemador de Vapor de Parafina de 100mm	110,000	0.35	0.29
MBI de 1000W de ampolla y arco de tubo transparentes.	2,330,000	0.16	0.07
Kolorarc de 1000W de ampolla revestida	142,000	0.75	0.62
MBI de 400W de ampolla transparente opal y tubo de arco.	1,130,000	0.16	0.07
Powerstar de 35W de ampolla transparente	305,000	0.13	0.06
Powerstar de 35W de ampolla mate	160,000	0.18	0.08

Figura 16. Resultados de medida de Lynmouth Foreland

Resultados obtenidos en una óptica giratoria de primer orden al comparar varias fuentes de luz. Se puede observar que el QVP (Quemador de vapor de parafina) produjo una intensidad de luz relativamente baja pero con una duración del destello razonable. La lámpara de ampolla revestida es una fuente de luz de mucho de mayor tamaño que el QVP, de ahí la mayor longitud del destello, pero la intensidad es comparable. Por el contrario, las lámparas de halogenuros metálicos de ampolla transparente producen una intensidad alta, pero la pequeña dimensión de la lámpara produce una duración del destello mucho más corta.

Fuente de luz	Intensidad de pico (cd)	Intensidad efectiva (cd)		Duración del Destello (segundos)		Divergencia Vertical (grados)	
		Blondel-Rey (BS942)	Schmidt-Clausen (IALA)	10%	50%	10%	50%
Lámpara de 3.5kW L27 de filamento de tungsteno	3,890,000	3,080,000	2,000,000	0.57	0.32	3.75	1.25
Lámpara MBI de 1000W de halogenuros metálicos con tubo de arco opal	2,940,000	1,960,000	1,370,000	0.45	0.20	>6.0	5.0

Figura 17. Resultados de medida de South Stade

Resultados obtenidos en la óptica giratoria de primer orden al comparar la lámpara de filamento L27 de 500W con la de halogenuros metálicos de 1000W.

Fuente de luz	Filtro Rojo Trans (%)	Intensidad de pico (cd)	Intensidad efectiva (cd)		Duración del Destello (segundos)		Divergencia Vertical (grados)	
			Blondel-Rey (BS942)	Schmidt-Clausen (IALA)	90%	50%	10%	50%
Capillo de Acetileno GNUK25	22	572	515	494	0.90	1.50	>6.0	2.5
Lámpara de 50W Osram Halostar	19	2,030	1,770	1,650	0.69	0.88	>4.0	1.5

Figura 18. Resultados de medida de Farne Islands

Resultados obtenidos en el sector blanco de la óptica fija de tercer orden de Farne Islands al comparar el capillo de acetileno GNUK25 y la lámpara halógena

de tungsteno de 12 V y 50W. Una sola lámpara halógena tiene mayor rendimiento que el capillo de acetileno, para una lente de distancia focal de 500 mm. No obstante obsérvense los valores más bajos para la transmitancia del filtro rojo y la divergencia vertical.

5 USO EFICAZ DE LAS MODERNAS FUENTES DE LUZ

5.1 5.1 LÁMPARAS DE HALOGENUROS METÁLICOS.

Deberá proporcionarse un tiempo de calentamiento y enfriamiento adecuado en las lámparas de halogenuros metálicos para cualquier cambiador de lámparas o dispositivo de encendido. El tiempo de calentamiento varía entre dos y diez minutos, dependiendo del tamaño de la lámpara; los tiempos de enfriamiento pueden ser de hasta veinte minutos antes de que sea posible un nuevo encendido. Existen dispositivos que facilitan el calentamiento en algunos equipos de control de lámparas, que son capaces de volver a encender la lámpara pocos segundos después de haberla apagado, lo que significa el paso de un voltaje muy alto a través de los terminales de la lámpara. Esto no es recomendable para lámparas de de una sola patilla de conexión, generalmente usadas en faros, porque puede producirse un arco eléctrico por la pequeña distancia que separa los terminales de la lámpara. Acortar el tiempo de calentamiento reduce la vida de la lámpara.

La mayoría de los controles de lámparas de halogenuros metálicos están diseñados para operar con corriente alterna de alto voltaje, los diseños más simples incorporan un balasto o bobina de encendido para limitar la corriente de la lámpara con voltajes entre 80 y 240 voltios de corriente alterna, dependiendo del tipo de lámpara. Si para el funcionamiento se requiere una batería de bajo voltaje, se necesita una conversión de baja tensión de corriente continua de la batería a alta tensión de corriente alterna. La eficiencia del sistema luminoso se reduce. Normalmente se necesitan 50 o 60 vatios de potencia de corriente continua para alimentar una lámpara de 35 vatios . En una instalación de energía solar no es admisible esta pérdida de potencia por lo que se necesitan métodos más eficientes para operar con lámparas de halogenuros metálicos. Actualmente hay disponibles varios dispositivos electrónicos de control que mejoran la eficiencia del sistema; generalmente suministran 35 vatios a la lámpara con una potencia de entrada de menos de 38 vatios.

Las lámparas de halogenuros metálicos son útiles en ópticas giratorias donde la fuente de luz está constantemente encendida. El tiempo de calentamiento y enfriamiento impide producir destellos para conseguir una determinada característica en lentes fijas. Otra consideración es el espectro de estas lámparas, que contiene muy poco color rojo. Habitualmente son las ópticas fijas, las que están dotadas de sectores de colores debido a que producen un corte

preciso del sector , por ejemplo en el Reino Unido e Irlanda, al menos, hay un gran número de ópticas de tambor y un alto porcentaje de los sectores utilizados en faros son de color rojo. Si es necesario usar una lámpara de halogenuros metálicos con un material de filtro rojo, se deberá tener gran cuidado en la elección del material. Los materiales de filtros estándar pueden producir un color con una gama cromática fuera de la región preferente de las recomendaciones de la IALA o de la región general. Además la transmitancia puede ser tan baja como un 8%, resultando una luz roja de intensidad más baja de la esperada.

5.2 LÁMPARAS HALÓGENAS DE TUNGSTENO.

En general las lámparas halógenas de tungsteno permiten bastante bien el encendido y apagado para proporcionar la característica adecuada en una señal marítima. En todo caso puede haber problemas cuando el ciclo halógeno se interrumpe debido a que la temperatura de la ampolla es demasiado baja. En consecuencia el tungsteno del filamento se deposita en la ampolla ennegreciéndola. El acortamiento de la vida de la lámpara es inevitable. Este fenómeno parece ocurrir en ciertos tipos de lámparas, habitualmente las que usan una ampolla más grande y tienen además determinadas características de destellos. La solución para este problema depende mucho de las circunstancias, pero el cambio de la característica o del voltaje de la lámpara es eficaz a veces. La adición o anulación de la corriente de mantenimiento puede ser también efectiva. La mayor parte de las lámparas de cápsula de baja potencia no sufren estos efectos potencialmente desastrosos.

Una pequeña lámpara de cápsula con un filamento de pocos milímetros cuadrados, aunque de alta luminancia, puede producir un pobre rendimiento en una gran óptica fija debido a una pobre tolerancia de fabricación y a la dificultad en posicionar la lámpara correctamente. Una técnica que puede mejorar el rendimiento es colocar varias lámparas juntas para formar un grupo. Agrupando varias lámparas se aumenta la anchura total de la fuente de luz, lo que facilita los problemas de colocarla en foco e ilumina la lente con más eficacia. Significativamente, en algunos casos, un grupo de tres lámparas en una óptica de primer orden da más del triple de la intensidad de una única lámpara del mismo tipo (figuras 5.1 y 5.2). De todas formas, no siempre es este el caso, debiendo asignarse individualmente a cada óptica el tamaño de fuente de luz más adecuado. Se ha efectuado un experimento en lentes de primer orden donde un grupo de ocho lámparas se comparó con un grupo de cuatro. El grupo de ocho lámparas dio menos intensidad que el grupo de cuatro porque las lámparas estaban más separadas, por tanto la luminancia total de la fuente de luz fue más baja.

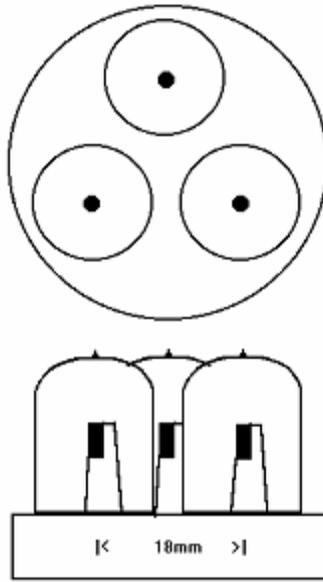


Figura 19. Esquema de un grupo de tres lámparas halógenas de cápsula de filamento axial.

Se emplearon tres lámparas Osram Halostar de 1000W en la óptica fija de primer orden de Flat Holm.

Fuente de luz	Intensidad de pico (cd)	Intensidad efectiva (cd)		Duración del destello (segs.)		Divergencia vertical (grados)	
		Blondel-Rey (BS942)	Schmidt-Clausen (IALA)	90%	50%	10%	50%
1.5kW L26 Filamento de tungsteno	29,100	24,900	24,100	0.60	0.97	4.0	1.9
Lámpara de 100W Halostar	3,650	2,860	2,920	0.36	0.79	3.0	1.1
Conjunto de 3 lámparas de 100W Halostar	21,000	16,000	17,100	0.32	0.83	3.2	1.0

Figura 20. Resultados obtenidos en el sector blanco de Flat Holm.

Optica fija de primer orden. Un conjunto de tres lámparas halógenas de 100W da más de cinco veces la intensidad de una sola lámpara del mismo tipo y es comparable a una lámpara de faro de 1.5kW.

Fuente de Luz	Intensidad Máxima (cd)	Intensidad Efectiva (cd)		Duración del Destello (seg)		Divergencia Vertical (grados)	
		Blondel-Rey (BS942)	Schmidt-Clausen (IALA)	90%	50%	10%	50%
Lámpara de 3kW de Filamento de Tungsteno EC111A	75,900	62,100	61,900	0.45	0.85	2.9	1.3
Grupo de 4 lámparas de 500W M40	89,800	78,300	72,500	0.68	0.86	4.0	1.5

Figura 21. Resultados obtenidos de la medición del sector blanco de North Foreland,

Óptica fija de primer orden. Un grupo de 4 lámparas halógenas de 500W proporciona una intensidad ligeramente mayor que una lámpara de un faro de 3kW (ahora obsoleta).

5.3 MÉTODOS PARA INCREMENTAR EL TAMAÑO EFICAZ DE UNA FUENTE DE LUZ

El efecto de incrementar el tamaño de una fuente de luz utilizando un grupo de lámparas funciona bien en algunas ópticas fijas de gran tamaño. Sin embargo en ópticas giratorias grandes, el uso de grupos de lámparas puede causar problemas. Esto se debe a que una óptica fija de tambor o una óptica de reflectores genera la característica mediante encendido y apagado de la fuente de luz. Cada panel de una óptica giratoria produce un rayo de luz, y éstos rotan alrededor de un eje para generar la característica. Cuando se coloca un grupo de fuentes de luz en distintas posiciones, cerca, o en el centro focal de un aparato de una óptica giratoria, el resultado es la producción de más de un rayo de luz. Cuando la óptica gira, el observador ve varios destellos juntos en lugar de un único destello.

Entonces, aparte de utilizar lámparas selladas con revestimiento de baja luminancia, ¿cómo se puede incrementar el tamaño de una sola fuente de luz y que resulte adecuada para su uso en una óptica giratoria?

5.3.1 Tubo de arco mate

Con lámparas de halogenuros metálicos más grandes, que tienen un tubo de arco vertical, es posible hacerlo mate durante la fabricación de la lámpara. Algunos fabricantes están dispuestos a hacer esto, normalmente a un coste. El efecto del vidrio opal es difundir la luz que emana del arco que discurre entre los electrodos situados en cada punta del tubo de arco vertical. A las lámparas originales Thorn MBI de 400 y 1000 W utilizadas por las autoridades en señales marítimas se les pusieron los tubos de arco de vidrio mate durante su fabricación, pero estas lámparas se han quedado ahora obsoletas. Sin embargo esto significa que el fabricante tiene que producir lo que en la práctica es una lámpara especial. El resultado de poner vidrio mate en un tubo de arco es incrementar la divergencia horizontal aproximadamente la mitad para una intensidad de pico del 50%. A un 10% de la intensidad de pico la divergencia se duplica. El inconveniente de estriar tubos de arco en cualquier tipo de difusión, es la reducción de luminancia de la fuente de luz que ocasiona una reducción proporcional de la intensidad máxima. Una buena analogía sobre la difusión de luz es el untar margarina en el pan, ¡cuanto más se extiende, más fina es la capa! Esto se ha utilizado con éxito durante muchos años.

5.3.2 Ampolla opal o mate

Con lámparas más pequeñas, es posible matizar la ampolla, normalmente con chorro de arena, para difundir la luz que emana del filamento o del tubo de arco. La ventaja de esta técnica es que disponemos de una lámpara 'genérica' que luego es modificada tras su compra. El grado de matiz depende del grosor de la ampolla y la difusión que se necesite. El grado de difusión también dependerá del tamaño de la ampolla. Si se lleva a cabo el matizado de la ampolla, se debe estudiar y controlar el proceso detenidamente. Una vez más, el matizado y la posterior difusión dará lugar a una reducción de la luminancia y de la intensidad máxima. La difusión se produce en todas las direcciones, así que tanto la duración de los destellos como la divergencia vertical se verán incrementadas. Se debe tener cuidado al manipular las fuentes de luz tras llevar a cabo el matizado ya que unos dedos grasientos pueden afectar la superficie matizada. En efecto, las ampollas de las fuentes de luz más modernas, estén o no matizadas, no deben ser manipuladas en absoluto.

5.3.3 Difusores Externos

Se puede colocar un difusor externo cerca de la fuente de luz para producir la difusión. Se encuentran disponibles varios tipos de difusores, por ejemplo los utilizados en lámparas portátiles de gas butano, aunque servirá cualquier cilindro de cristal o plástico adecuadamente matizado o translúcido. Se debe elegir con cuidado el material difusor y asegurarse que puede aguantar las temperaturas

con las que probablemente se encontrará procedentes de la radiación, la convección, la conducción etc. Un factor que a menudo se pasa por alto es el efecto de la luz del sol enfocada en un punto por la lente o lentes de la óptica. Otro problema con los plásticos es su degradación debido a la radiación ultravioleta. Esta puede provenir del sol o de la fuente de luz, aunque ahora la mayoría de fabricantes están recubriendo las ampollas de las lámparas con filtros UV.

Los difusores externos hechos de material estriado pueden ser muy útiles porque tienen la propiedad de producir una difusión direccional. Se puede observar el efecto difusor mirando a través de un cristal estriado verticalmente. El observador ve varias imágenes, una al lado de la otra, produciéndose un efecto borroso horizontal del objeto que se está mirando. Por lo tanto, si se coloca un cristal estriado horizontalmente frente a una fuente de luz, el haz de luz aparecerá más ancho pero no más alto. Esto es útil si se necesita incrementar únicamente la duración del destello de una óptica giratoria y no la divergencia vertical. Refiriéndonos a nuestra analogía de untar margarina, si la margarina se extiende sobre una línea estrecha a lo largo del centro del pan, en lugar de por toda la rodaja, ésta será más gruesa. Del mismo modo, cuando se difunde la luz sobre un dibujo elíptico en vez de sobre un dibujo circular, con el eje principal de la elipse del mismo diámetro que el del círculo, la luminancia será mayor. En la figura 22 se muestran los resultados de varias técnicas de difusión. La difusión proporcionada por un difusor estriado depende del perfil de éste, y de la distancia desde el difusor a la fuente de luz respecto a la distancia focal de la lente. En las figuras 23 y 24 se muestran detalles de un difusor estriado y el resultado de utilizarlo en una óptica giratoria de primer orden.

Fuente de Luz	Intensidad Máxima (cd)	Intensidad Efectiva (cd)		Duración del Destello (seg)		Divergencia Vertical (grados)	
		Blondel-Rey (BS942)	Schmidt-Clausen (IALA)	10%	50%	10%	50%
100W Ampolla Transparente	1,030,000	812,000	669,000	0.35	0.13	1.0	0.6
100W Ampolla Matizada	232,000	187,000	138,000	0.63	0.24	2.8	1.2
100W con Difusor Matizado Lumagaz	59,000	52,200	45,700	1.16	0.75	>>4.0	>1.7
100W con Difusor Acrílico Acanalado	457,000	428,000	353,000	2.24	0.68	1.1	0.7
100W con Difusor de Plástico tipo Pudding Bowl	118,000	103,000	80,800	1.00	0.30	No medido	

Figura 22. Resultados de medida de Sark

Optica giratoria de 2º orden con una lámpara de doble filamento de 10.3V 100W y varios difusores.

TREVOSE HEAD LIGHTHOUSE DIFFUSER

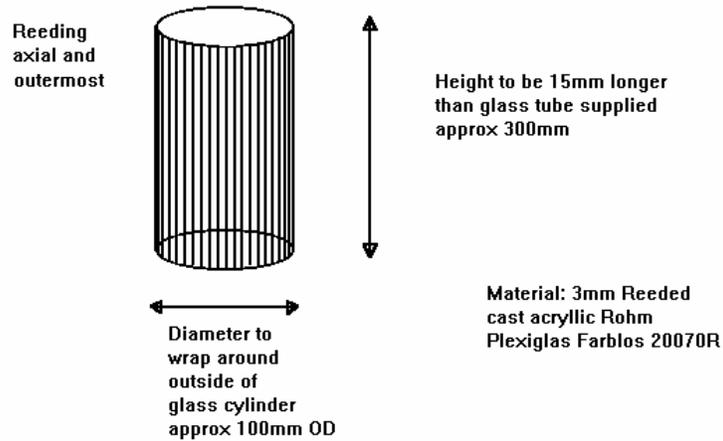


Figura 23. Detalles de un difusor acanalado utilizado en Trevose Head para incrementar la duración del destello.

La fuente de luz instalada durante la automatización fue una lámpara de halogenuros metálicos de 35W, pero la duración del destello observada se consideró muy corta. Cuando se instaló el difusor se cambió la lámpara por otra de halogenuros metálicos de 70W para conservar el alcance nominal publicado. La duración del destello se triplicó.

Fuente de Luz	Intensidad Máxima (cd)	Intensidad Efectiva (cd)		Duración del Destello (seg)		Divergencia Vertical (grados)	
		Blondel-Rey (BS942)	Schmidt-Clausen (IALA)	10%	50%	10%	50%
Lámpara Philips de 35 W de Halogenuros metálicos CDM-T	1,270,000	475,000	238,000	0.09	0.04	1.1	0.7
Lámpara Osram de 70 W de halogenuros metálicos HQI-T	1,840,000	780,000	406,000	0.11	0.04	1.9	0.7
Lámpara Osram de 70 W con Difusor acanalado	285,000	285,000	204,000	0.26	0.12	1.9	0.7

Figura 24. Resultados obtenidos en Trevose Head,

Optica giratoria de 1º orden con una lámpara Philips CDM-T de 35W, una lámpara Osram HQI-T de 70 W y el difusor acanalado detallado en la figura 23.

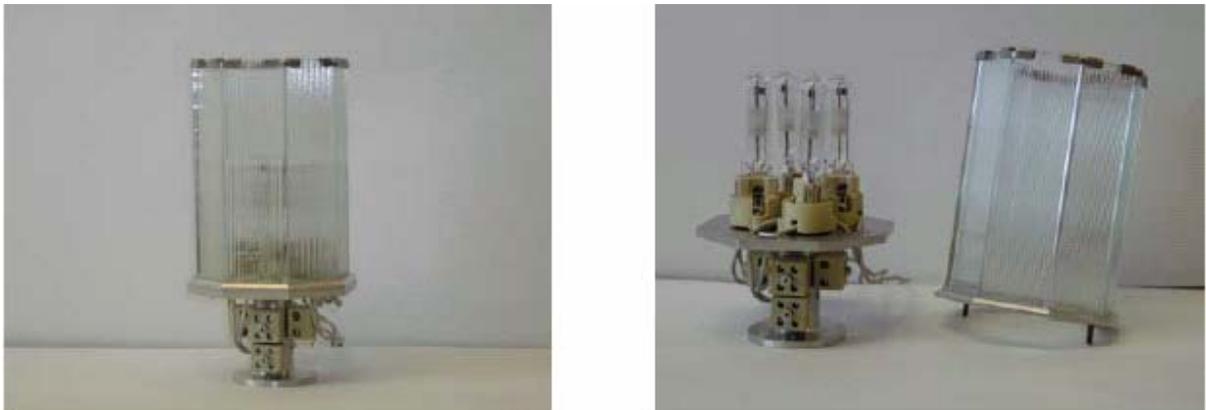


Figura 25. Agrupación experimental de cuatro lámparas CDM-T de 150W en un difusor

5.4 AGRUPACIONES DE LEDS

Se pueden formar agrupaciones de LEDs para reemplazar un sistema de lámpara y lente, reduciendo el consumo de energía, especialmente para luces de colores, con lo que se incrementa la vida del equipo luminoso. Esto puede ser especialmente útil para balizas donde es esencial dilatar los periodos de mantenimiento y un bajo consumo de energía. Muchos fabricantes proporcionan linternas con esta configuración.

Sin embargo, se debe tener cuidado al reemplazar lámparas por agrupaciones de LEDs en sistemas de lentes tradicionales. La distribución angular de la salida de luz del grupo de lentes de LEDs puede ser considerablemente diferente a la de una bombilla transparente. La luz producida por la agrupación de LEDs no proviene de un punto único y por tanto no puede ser enfocada correctamente por la lente.



Figura 26. LEDs con lente incorporada (derecha) la agrupación generalmente no sirve como fuente de luz en sistemas ópticos tradicionales.

5.5 LEDs DE ALTA POTENCIA

5.5.1 Empleo de LEDs de alta potencia en balizas omnidireccionales

El objetivo es reemplazar lámparas halógenas con un único diodo emisor LED en linternas omnidireccionales.

La lámpara puede ser reemplazada por uno o dos discos-emisores LEDs. Para mantener su duración (pérdida del 20% de flujo después de 15 000 horas), la temperatura de la unión se mantendrá por debajo de 135°C.

Los criterios para la selección del LED son :

- El color recomendado por la IALA para cada región;
- Flujo máximo.

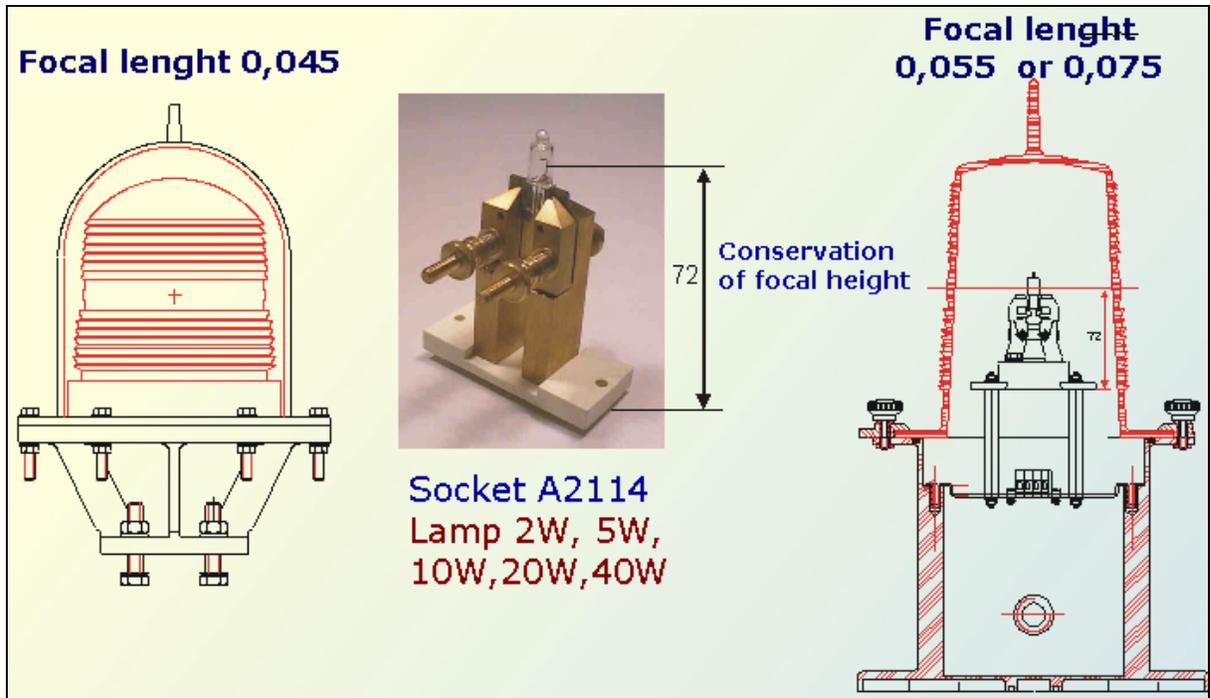


Figura 27. Lentes tradicionales con lámpara mostrando la altura focal y su soporte

Es importante que el soporte del LED tenga una alta disipación del calor y que la unión entre el LED y el soporte tenga una baja resistencia térmica. El soporte del LED reemplaza el soporte original de la lámpara y sitúa el LED exactamente en el plano focal.

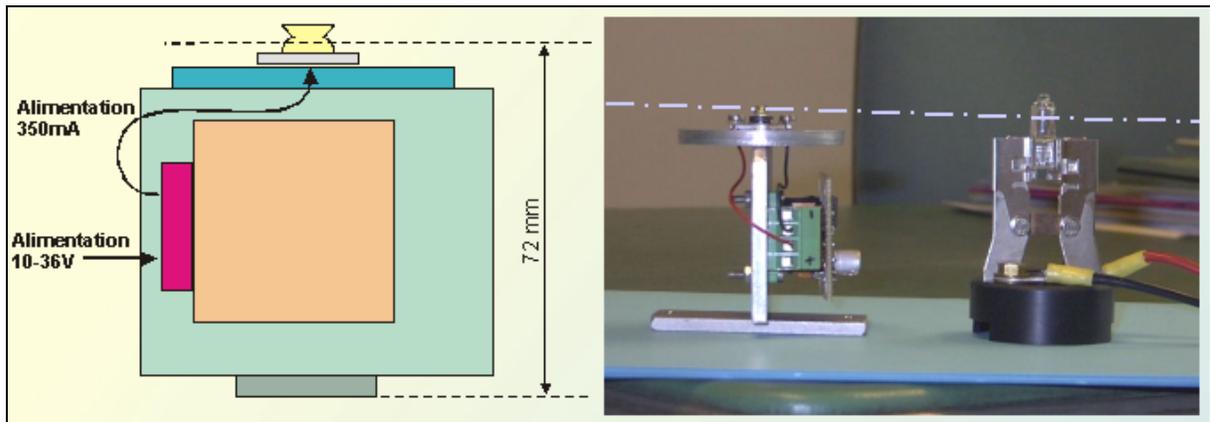


Figura 28. Sustitución de lámpara por LEDs en una óptica pequeña



Figura 29. Fuente luminosa formada por un único LED con controlador de corriente

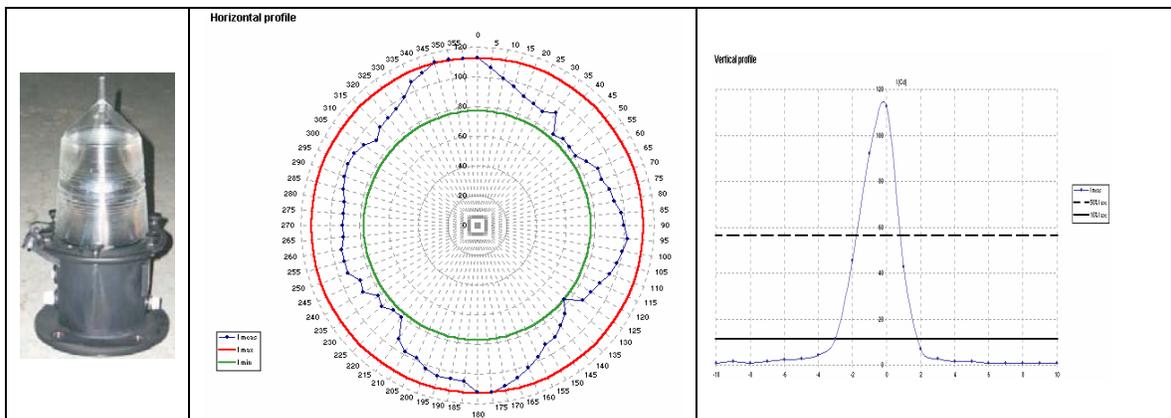


Figura 30. Intensidad luminosa respecto al ángulo : Óptica PMMA 0.0775 + fuente luminosa de 1 LED rojo.

5.5.2 Funcionamiento de una fuente luminosa de un único LED

5.5.2.1 Alimentación: 1.2 W / 12V

5.5.2.1.1 Temperatura de la unión semiconductor (Óptica de vidrio prensado. Distancia focal: 0,045 – Temperatura ambiente : 24°C)

Ciclo de trabajo	50%	75%	100%
LED	53°C	55°C	

ALCANCE (ciclo de trabajo 50% - Temperatura Ambiente : 24°C)				
Óptica	Color	Alcance	Divergencia Vertical	Lámpara Equivalente
Óptica de vidrio prensado. Distancia focal 0,045	Blanco	3,5 M	~ 5° at 50% > 10° at 10%	Halógena 5W/12V
	Rojo			Halógena 20W/12V
	Verde			Halógena 20W/12V
Optica PMMA 0,055 distancia focal	Blanco	4 M	~ 3° at 50% ~ 7° at 10%	Halógena 5W/12V
	Rojo			Halógena 20W/12V
	Verde			Halógena 20W/12V
Optica PMMA 0,0775 distancia focal	Blanco	4,5 M	~ 1.5° at 50% ~ 5° at 10%	Halógena 5W/12V
	Rojo			Halógena 20W/12V
	Verde			Halógena 20W/12V

5.5.3 Fuente luminosa de 2 LEDs de amplia divergencia vertical para ayudas flotantes

Dos LEDs se pueden colocar en una óptica tradicional, uno encima del otro, estando el de arriba invertido. Esta configuración puede producir una alta divergencia vertical en ayudas flotantes. La intensidad máxima de la luz disminuye un poco comparándola con la de un único LED pero la divergencia vertical aumenta.

Es importante que el soporte del LED tenga una alta disipación de calor y que la unión entre el LED y el soporte tenga una baja resistencia térmica. Esto se puede conseguir utilizando un soporte de aluminio. Para evitar obstrucciones en la propagación de la luz hay que observar lo siguiente:

- El cable eléctrico del LED superior debería estar en un ángulo de 45°
- El soporte térmico del LED superior estará apoyado en un cilindro acrílico

El soporte LED sustituye al soporte de lámpara original y sitúa el LED exactamente en el plano focal.

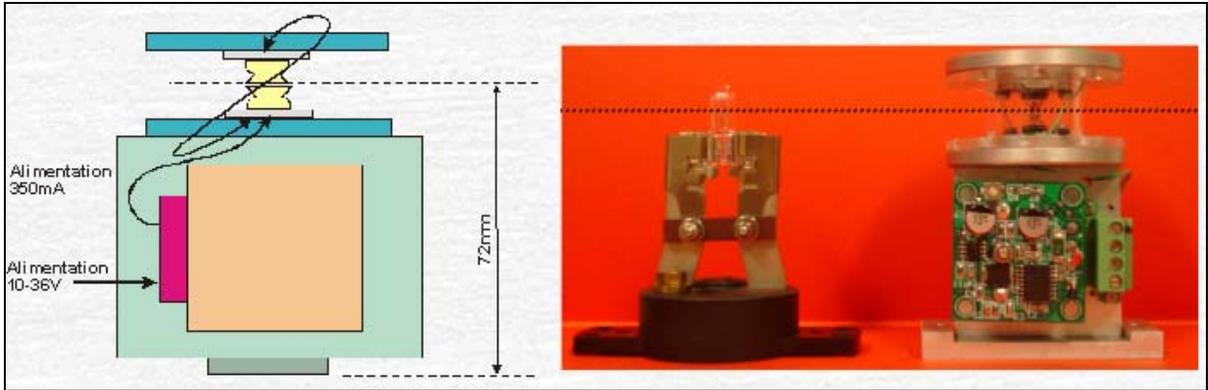


Figura 31. Fuente luminosa de 2 LEDs



Figura 32. Fuente luminosa de 2 LEDs

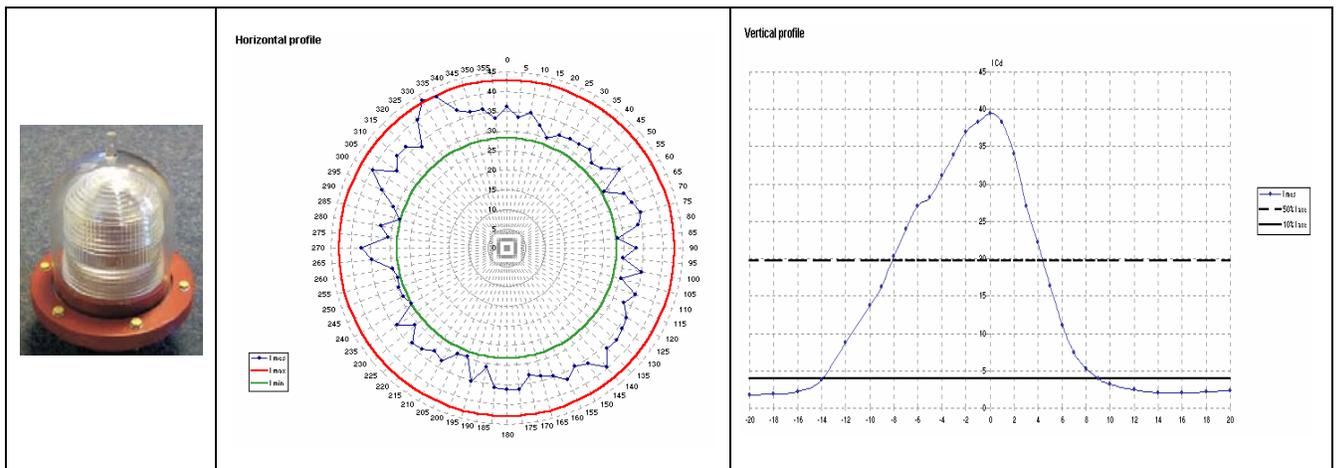


Figura 33. Intensidad Luminosa respecto al ángulo : Cristal óptico de 0.045 de distancia focal + fuente luminosa de 2 LEDs rojos

5.5.4 Rendimiento de una fuente luminosa de 2 LEDs:

5.5.4.1 Alimentación: 3 W / 12V

5.5.4.1.1 Temperatura de la unión semiconductor (Óptica de vidrio prensado de 0,045 de distancia focal – Temperatura ambiente : 24°C)

Ciclo de trabajo	50%	75%	100%
Led inferior	49°C	51°C	61°C
Led superior	68°C	79°C	85°C

ALCANCE (ciclo de trabajo 50% - Temperatura ambiente: 24°C)

Optica	Color	Alcance	Divergencia Vertical	Lámpara equivalente
Óptica de vidrio prensado de 0,045 de distancia focal	Blanco	3,5 mn	> 10° at 50% > 20° at 10%	Halógena 5W/12V
	Rojo			Halógena 20W/12V
	Verde			Halógena 20W/12V
Optica PMMA 0,055 distancia focal	Blanco	3,5 mn	> 10° at 50% > 20° at 10%	Halógena 5W/12V
	Rojo			Halógena 20W/12V
	Verde			Halógena 20W/12V

6 MEDIDAS DE RENDIMIENTO

En todas las pruebas y medidas realizadas durante las últimas décadas se ha puesto en evidencia que las cifras calculadas para el rendimiento óptico pueden resultar ser poco fiables. Ciertamente, ópticas que físicamente son muy similares a menudo producen resultados bastantes diferentes. Esto sucede especialmente cuando la fuente de luz empleada es mucho más pequeña que la que utilizaba la óptica en su diseño original. Por esta razón las medidas fotométricas de ópticas con fuentes luminosas adecuadas ofrecen la seguridad de que se alcanza el rendimiento deseado. Sin embargo, debido al gran tamaño y complejidad de las ópticas tradicionales, resulta difícil sustituirlas y reinstalarlas para obtener un alcance nominal dado.

Cuando realizamos medidas in situ, pueden presentarse problemas como encontrar un lugar de medida conveniente, condiciones atmosféricas tales como una pobre visibilidad, precipitación y centelleo. La exactitud de la mayoría de las medidas de campo a menudo se encuentra en un margen de más menos un

10% y depende de las condiciones y del número de medidas tomadas. Sin embargo, si lo que se requiere es un alcance nominal cercano a una milla náutica, esta precisión se considera suficiente y es seguramente mejor que la cifra calculada. Puede encontrarse información adicional sobre técnicas de medida en la Recomendación de la IALA E122 sobre la Fotometría de Luces de Ayudas a la Navegación Marítimas.

Ha habido ocasiones en las que la medida de la salida de una luz ha sido tan pobre que los resultados no han sido creíbles. Por lo general un rendimiento pobre se debe a equipos mal mantenidos o incorrectamente instalados, siendo las causas probables una incorrecta posición de la fuente de luz o una baja tensión de la lámpara. Es prudente medir todas las principales ayudas a la navegación, bien el alcance de la luz o bien in situ, para garantizar el rendimiento de éstas antes y después de la instalación o modificación.

7 REFERENCIAS

1. Ian Tutt, The Use of Modern Light Sources in Traditional Lighthouse Optics (New Lamps for Old), Development Department, Trinity House Lighthouse Service, United Kingdom.
2. IALA Engineering Environment and Preservation of Historic Lighthouses Committee, Single High Power LED in Traditional Optic, Xavier Kergadallan,