

Diseño y construcción de LED para Helicóptero Ranger Bell 206 B III*¹

Design and Construction of LED for Helicopter Ranger Bell 206 B III

Desenho e construção de LED para Helicóptero Ranger Bell 206 B III

**JOHN EDISSON DÍAZ FIGUEROA², ANDRÉS CAMILO MARTÍN DÍAZ³,
JUAN CAMILO BENAVIDES³**

Recibo: 04/12/2017 – Aprobación: 21.09.2018

DOI: <https://doi.org/10.30554/ventanainform.38.2864.2018>

Resumen: *Este artículo muestra un desarrollo tecnológico con la implementación de un prototipo de LED, para instalar como luces de posición del helicóptero Ranger Bell 206 B III, el cual emerge al considerar que el LED supera en eficiencia al convencional incandescente instalado originalmente en la aeronave, no solo en el aspecto térmico al presentar menor calentamiento, sino que se logra reducir la frecuencia de cambio de las luces en la aeronave, brindando una alternativa de solución que disminuirá gastos en el campo operacional y restricción de la máquina. La reducción de costos y horas de mantenimiento impactan positivamente la aeronáutica en los entornos nacional e internacional.*

* **Modelo para la citación de este artículo / Template for citation of this article / Modelo para a citação deste artigo:**
DÍAZ FIGUEROA, John Edisson; MARTÍN DÍAZ, Andrés Camilo & BENAVIDES, Juan Camilo (2018). Diseño y construcción de LED para Helicóptero Ranger Bell 206 B III. En: Ventana Informática No. 38 (ene-jun). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 135-147. ISSN: 0123-9678. DOI: <https://doi.org/10.30554/ventanainform.38.2864.2018>

- 1 Reporte de caso / Case report / Relato de caso
Proyecto / Project / Projeto: Diseño y construcción de LED para Helicóptero Ranger Bell 206 B III (Trabajo de grado) / Design and Construction of LED for Helicopter Ranger Bell 206 B III (Degree work) / Desenho e construção de LED para Helicóptero Ranger Bell 206 B III (Trabalho de grado)
Periodo / Period / Período: 02/03/2017-30/10/2017
Institución / Institution / Instituição: Escuela de Aviación Policial (San Sebastián de Mariquita, Tolima, Colombia).
- 2 Ingeniero Aeronáutico / Aeronautical Engineer / Engenheiro Aeronáutico. Coordinador formación científica y tecnológica / Scientific and technological training coordinator. / Coordenador formação científica y tecnológica, Escuela de Aviación Policial (San Sebastián de Mariquita, Tolima, Colombia). john.diaz1030@correo.policia.gov.co
- 3 Estudiantes de la Tecnología en Mantenimiento Aeronáutico / Students of Technology in Aeronautical Maintenance. / Estudantes da Tecnologia em Manutenimento Aeronáutico. Escuela de Aviación Policial (San Sebastián de Mariquita, Tolima, Colombia). andres.martin,juan.benavides2434@correo.policia.gov.co

Palabras clave: *Helicóptero, prototipo, LED, luces de posición.*

Abstract: *This article is a technological development with the implementation of a prototype LED, to be installed as position lights of the Ranger Bell 206 B III helicopter. The decision of this development is due to the fact that the LED is more efficient than the conventional incandescent installed in the aircraft at present, thermally it is more optimal since it is not heated like the conventional one, and it is possible to reduce the frequency of change of the lights on the aircraft, providing an alternative solution that will reduce expenses in the operational field and restriction of the machine. The reductions of costs and maintenance hours have a positive impact on aeronautics in national and international environments.*

Keywords: *Helicopter, prototype, LED, position lights.*

Resumo: *Este artigo é um desenvolvimento tecnológico com a implementação de um protótipo LED, para ser instalado como luzes de posição do helicóptero Ranger Bell 206 B III. A decisão desse desenvolvimento deve-se ao fato de que o LED é mais eficiente do que a incandescente convencional instalada na aeronave no presente, de forma térmica, é mais ideal, pois não é aquecida como a convencional e é possível reduzir a frequência de mudança das luzes na aeronave, fornecendo uma solução alternativa que reduza as despesas no campo operacional e a restrição da máquina. A redução de custos e horas de manutenção tem um impacto positivo na aeronáutica em ambientes nacionais e internacionais.*

Palavras-chave: *Helicóptero, protótipo, LED, luzes de posição.*

Introducción

En la aeronavegación antigua, según señala García (2014, 11), no se utilizaba ningún tipo de luz con un alto riesgo de accidentes, y los vuelos nocturnos se guiaban por la luz de la luna o las ciudades iluminadas, hasta que el piloto francés Henri Farman, en 1910, colocó farolas de papel en los extremos de las alas de su biplano, con lo que indicó su posición y recibió ayuda para el aterrizaje. En 1915 en Francia y 1923 en Estados Unidos, se montan las primeras luces de balizaje en aviones y pistas, lo que ha evolucionado con luces específicas de posición de la aeronave, de ayuda para el aterrizaje y el carreteo, así como en el

interior, tanto para la comodidad de las personas como para casos de emergencia.

En dicha evolución se ha llegado a la iluminación de estado sólido⁴ con la utilización de LED (*Light emitting diode* = diodo emisor de luz), que garantiza alta eficiencia de conversión de la energía⁵, larga vida útil del componente, amplio espectro de colores visibles⁶, fuentes de luz de tamaño reducido, el cual ofrece al mismo tiempo una eficiencia lumínica que supera a la de las lámparas incandescentes. Adicionalmente, Vera (2017, 1) indica que en el tema de seguridad, acercarse a bombillas LED es posible, permitiendo la realización de actividades rutinarias.

«Al contrario que las lámparas incandescentes, el LED funciona cuando se polariza en forma directa (forward bias). Si se alimenta con corriente alterna el diodo parpadea al iluminarse tan solo en los semiciclos de voltaje positivo. Para controlar la intensidad luminosa del LED, debe escogerse la corriente que lo atraviesa, que va a depender del voltaje aplicado, pudiendo variar de 1,5 a 3,8 voltios, dependiendo del gap del semiconductor. Los valores típicos de corriente directa de polarización de un LED están comprendidos normalmente entre los 10 y 40 miliamperios, pero pueden alcanzar hasta los 300 mA en LEDs de iluminación, y de

4 «La Iluminación de Estado Sólido (SSL, por sus siglas en inglés), es una tecnología que nace como una alternativa en iluminación, la misma que hoy en día cuenta con un sin número de aplicaciones. Esta tecnología usa diodos emisores de luz (LED'S, por sus siglas en inglés) como fuente de iluminación. No utiliza filamento o gases como las fuentes convencionales, donde la emisión proviene de un objeto sólido frente a los tubos de vacío o de gas empleados en las tecnologías antiguas. Dentro de la iluminación de estado sólido, se puede hablar de dos tipos: LED Y OLED» (Freire & Gordillo, 2013, 211-212)

5 «La ventaja principal de los LEO es su elevada eficacia. En las bombillas incandescentes convencionales, el proceso de producción de la luz implica la generación de mucho calor (calentamiento del filamento). Esto supone una energía totalmente perdida puesto que no convierten la mayor parte de la energía disponible en luz visible. Por otra parte, los LED generan relativamente poco calor. Un porcentaje mucho más alto de la corriente eléctrica en el LED se dedica directamente a la generación de la luz, reduciendo perceptiblemente demandas de la alimentación. Alta eficiencia energética - Los LEOs utilizan solo el 1 0% de la electricidad requerida para alimentar las bombillas incandescentes tradicionales y despiden menos calor para producir una cantidad de luz similar» (Calderón, 2014, 38).

6 «El color emitido por el diodo, viene dado fundamentalmente por la banda de energía del semiconductor (gap de energía), y por lo tanto depende del material semiconductor empleado en la construcción del dispositivo. Éste puede emitir en diferentes longitudes de onda y dependiendo del gap variar desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, pasando por todo el espectro visible» (García, 2015).

Según Freire & Gordillo (2013, 213-214), existen LED de distintos colores (color rojo, verde, azul, amarillo, ámbar, infrarrojo, y muchos más), incluso algunos que los humanos no ven, que dependen del material semiconductor con el que fueron fabricados: - Infrarrojo, de arseniuro de galio (GaAs), con una longitud de onda de 940 nm (no visible), - Rojo, de Arseniuro de Galio y Aluminio (GaAlAs) debido a su mayor luminosidad, con un máximo de radiación en la longitud de onda 660 nm., - Anaranjado y amarillo, compuestos de Galio, Arsénico y Fósforo (GaAsP), con una longitud de onda de entre 630 y 720 nm., - Verde, de Fosfuro de Galio y Nitruro de Galio con una longitud de onda de entre 525 y 550 nm., - Azul, de Seleniuro de Zinc (ZnSe), Nitruro de Galio e Indio (InGaN) y Carburo de Silicio (SiC), con una longitud de onda de entre 450 y 480nm., - Ultravioleta, de diamante (C), se desconoce su longitud de onda.

hasta varios amperios en el caso de láseres LED de alta potencia» (García, 2015).

Se desea implementar un prototipo de LED para instalar como luces de posición del helicóptero *Ranger Bell 206 B III*⁷ y así reducir su frecuencia de cambio, disminuyendo gastos en el campo operacional y restricción de la máquina. Cabe resaltar que un proyecto similar no había sido desarrollado en Colombia, para las luces de posición de dichas aeronaves, fundamentales en la capacitación y entrenamiento de los futuros pilotos.

«La Fuerza Aérea Colombia (FAC) ha anunciado la conformación de un escuadrón operativo dotado con sus helicópteros del tipo Bell Helicopter (Textron) 206 A Jet Ranger y que será desplegado por el Comando Aéreo de Combate cacom n° 4. (...)

Cabe recordar que un número significativo de 206 son empleados en la escuela de Helicópteros para las Fuerzas Armadas, en la ciudad de Melgar, (Departamento del Tolima), en donde son instruidos pilotos de ala rotatoria del conjunto de las Fuerzas Armadas Colombianas, así como de fuerzas e instituciones aéreas de todo el continente, destacándose por la calidad formativa de sus promociones» (Saumeth, 2018).

Las luces de navegación están constituidas por las de posición y anticollisión. Según Mena (2015, 55), las luces que deben ostentar las aeronaves en el aire sin obstrucción son: *«Una luz roja proyectada por encima y por debajo del plano horizontal en el ángulo de cobertura L. Una luz verde proyectada por encima y por debajo del plano horizontal, en el ángulo de cobertura R y, Una luz blanca proyectada por encima y por debajo del plano horizontal, hacia atrás, en el ángulo de cobertura A».*

7 De acuerdo con Great Lakes Helicopter (2016), es el helicóptero monomotor más seguro del mundo, de cinco plazas accionado por motor de turbina, con una velocidad de crucero de 185 km / h y aproximadamente 3 horas de vuelo promedio con carga completa de combustible. La versatilidad de la serie 206 permite utilizar estas naves en casi cualquier trabajo imaginable desde la lucha contra incendios forestales hasta salvar vidas.

Por su parte, EHFAA (2017) señala que *«el Bell 206 "RANGER", es una aeronave de categoría "liviana" que la Fuerza Aérea Colombiana adquirió en el año 2006 con el fin de brindar la instrucción y entrenamiento para pilotos básicos de helicóptero. Actualmente el escuadrón B-206 vuela alrededor de 4500 horas anuales en propósitos de instrucción y entrenamiento con unos estándares de seguridad y confiabilidad muy altos que han permitido formar alrededor de 300 pilotos básicos de helicópteros de las Fuerzas Militares de Colombia, Panamá y Policía del Perú».* Agrega que la velocidad máxima es de 130 nudos, con 20000 pies como techo de operación y autonomía de 2:30.

Cabe anotar que *«en 1981, y siendo Director el Mayor General Francisco José Naranjo Franco, se adquieren dos helicópteros Bell 206 JetRanger y un Bell 212 que sirvieron como las primeras plataformas de instrucción en ala rotatoria y equipos de apoyo en labores policiales» (Aviacol, 2013).*

En Colombia, para vuelos nocturnos VFR (*visual flight rules*), la Aeronáutica Civil (2018, 51), exige luces de posición aprobadas, sistema de luces anticolidión aprobadas de aviación rojas o blancas, luz eléctrica de aterrizaje e iluminación para todos los instrumentos de vuelo y demás equipos esenciales en la operación de la aeronave, además de una fuente adecuada de energía eléctrica para los equipos eléctricos y de radio, y un juego de fusibles de repuesto o tres fusibles de repuesto de cada clase requeridos, accesibles al piloto durante el vuelo.

El artículo informa sobre el diseño y construcción de un prototipo de luces de posición de estado sólido (tipo LED) para helicópteros *Ranger Bell 206 B III*, estableciendo los componentes del prototipo de luces de posición, el diseño y construcción del banco de prueba y, por último, la prueba del prototipo.

1. Antecedentes

En la utilización de tecnología LED en aeronaves se han realizado diversos estudios, proyectos y propuestas.

1.1 Tecnología LED en la iluminación del interior de aeronaves

Considerando los cambios significativos experimentadas por las cabinas de pasajeros de aviones, García (2014, 14) *«propone modificar la iluminación interior en cabinas de pasajeros con tecnología Led para el ahorro de energía, reducir el tiempo de mantenimiento y costos en general»*, aprovechando sus ventajas y su eficiencia energética. De igual manera, Detor & Rosas (2014, 14) realizan un estudio de factibilidad para cambiar las luces de emergencia de la cabina de pasajeros de la aeronave B-737-300, con el fin de reducir el consumo eléctrico e incrementar el tiempo de la frecuencia de mantenimiento.

Vera (2017, 44), señala que *«Li-Fi se puede utilizar para reducir el peso y el cableado y adicionar flexibilidad en los diseños de asientos en las cabinas de pasajeros en aviones, donde las luces LED ya estarán instaladas. Los sistemas de entretenimiento en vuelo (IFE) también pueden ser integrados con los dispositivos móviles de los pasajeros»*.

1.2 Tecnología LED en las luces de navegación

Debido a las adaptaciones que pueden realizarse, la tecnología LED es factible de utilizarse en el campo de la navegación, aumentando la eficiencia de las luces.

«El semiconductor puede ser “dopado” en fábrica con diferentes elementos químicos lo cual determinará finalmente el color de la luz emitida. (...) Lo importante es buscar la bombilla adecuada para cada aplicación. Por ejemplo existen bombillas que iluminan en 360° ideales para lugares amplios. Otras son de más candelas lumínicas y adecuadas para lugares de mucha oscuridad y poca visión. Las hay que iluminan sólo a 120° o incluso de color verde y rojas para ser utilizadas directamente sin filtro de plástico como luces guías» (Aguiar & Rincón, 2014, 32)

Un mecanismo con luces en las bicicletas sin el uso de baterías, con LED, microprocesador, supercondensadores y dinamo, para aportar visibilidad y seguridad en los ciclistas, diseñado por Martín (2016, v), *«es un producto que aporta un panel frontal y otro trasero, que comparado con otros que necesitan paneles separadas y usan baterías, es económico y efectivo».*

Milán (2015, 22), en el marco de un sistema para equipos de ayuda a la navegación, cambia las luces de navegación originales de un Ferry por LED Hella Marine, con lo que *«ha logrado reducir la capacidad de la batería, el consumo inicial de las luces antes de ser sustituidas era de 360W, considerando la configuración de la luces, cuando está el Ferry navegando, en esta situación es cuando las luces necesarias consumen la máxima potencia. Con la luces LED Hella Marine el consumo máximo es de 36,2 W».*

En la navegación aérea se requieren unas ayudas visuales de iluminación, que según la OACI citada por Falconí (2014, 22), tiene entre los objetivos principales *«como guía para el piloto está: Aterrizar, despegar e identificar la ubicación del aeropuerto. Salir o arribar a la plataforma. Y la aproximación y aeronavegación».* Así, Vásquez (2014, 21), lista las siguientes luces como componentes de un sistema de señalización de un helipuerto como el de Buenaventura: Luz Elevada Perimetral y Aproximación Omnidireccional-LED, Luz Elevada Perimetral OACI Solar-Autónoma-LED, Luz fija de aproximación, Luz Rasante Omnidireccional Áreas Clasificadas – Marina, Luz Elevada Perimetral Áreas Clasificadas – Marina, Faro Fijo de Helipuerto – Integrado OACI H-Morse, Indicador de Trayectoria de Aproximación para Helipuertos y Faro Fijo de Helipuerto LEDOACI H-Morse.

2. Metodología

La alta frecuencia de cambio de luces de posición en los helicópteros *Ranger Bell BIII* se debe a los movimientos bruscos causados por la instrucción en vuelo. Las luces de posición de estado sólido LED resisten los movimientos bruscos que genera la instrucción. A continuación se describe el desarrollo ingenieril para establecer los componentes del prototipo.

2.1 Diagrama de luces de posición del helicóptero Ranger Bell 206 BIII

Para el desarrollo del diseño y construcción del prototipo de luces de posición de estado sólido (LED) para los helicópteros *Ranger Bell 206 B III* se tuvo en cuenta el diagrama actual de luces de posición (Figura 1), puesto que en el desarrollo de este proyecto no se modificará ningún circuito eléctrico del helicóptero, solo se extraerá el bombillo tradicional incandescente para llevarlo al banco de prueba.

Aunque existen muchos tipos de bombillos LED, de alta y baja potencia, se diferencian en que unos garantizan más eficiencia e intensidad lumínica: uno de alta potencia es de un *watt* en adelante y su rendimiento más eficiente. Para el desarrollo del prototipo se tuvo en cuenta una referencia de bombillos de 3 *watts*, debido a que ofrecen la intensidad y el consumo de voltaje deseado y requerido para el normal funcionamiento del sistema instalado en la aeronave.

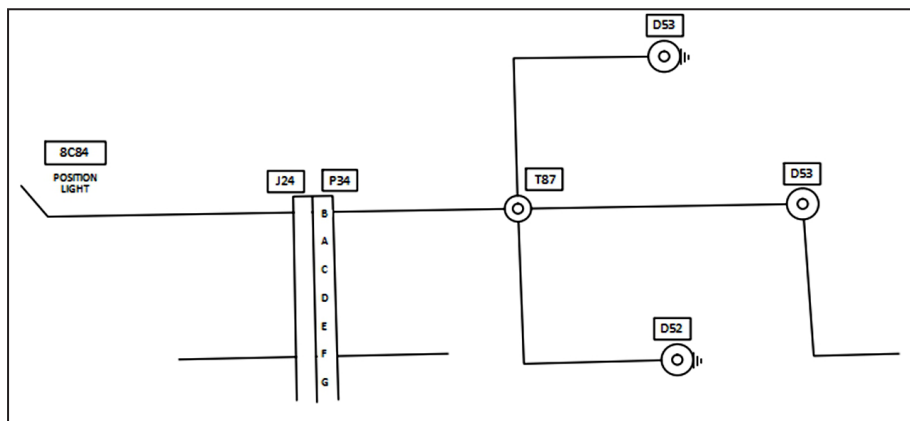


Figura 1. Diagrama actual de Luces de posición Bell 206 BIII

2.2 Diagrama pictórico bombillo LED

Como primera percepción de la construcción del prototipo y el banco de prueba se consideró la necesidad de una caja de diodos, un disipador de calor, una resistencia, un *socket* y una fuente de 28 voltios (Figura 2).

2.3 Diseño del prototipo de bombilla LED para el banco de prueba

Se creó la bombilla LED para ser utilizada en la prueba del banco a partir de una tradicional incandescente inservible, de los que fueron utilizados en el helicóptero *Ranger Bell 206 B III*, del cual se extrajo el *socket*, para instalarle un circuito mixto de alta intensidad, el cual consta de: - una base de aluminio que funciona como disipador de temperatura para que los diodos no se recalienten y no se pierda la soldadura en las conexiones de la línea, y - una resistencia de 3 *watts* para reducir el voltaje a 9 voltios (corriente para el funcionamiento óptimo de los bombillos de estado sólido LED de 3 *watts*).

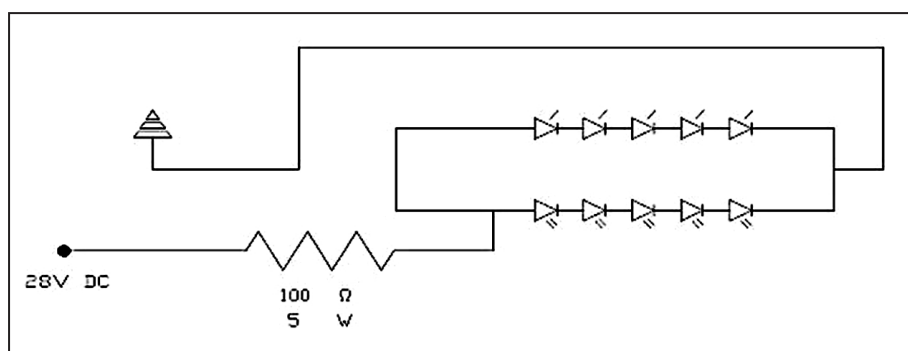


Figura 2. Diagrama circuito del bombillo LED

2.4 Construcción del banco de pruebas

Una vez terminado el diseño del banco de pruebas (Figura 3), para el desarrollo del prototipo se construyó un soporte en acero de 113 cm de alto, 45 cm de ancho y 33.5 cm de largo, con una lámina de duraluminio calibre 12 en la parte inferior para estabilizar los soportes (Figura 4).

En la parte superior del banco se instaló una tabla de madeflex de 19 x 12 pulgadas, seguido de una lámina calibre 65 de 9 x 19 pulgadas con soportes en forma de L para reposar un seguro, que sostiene la lámina y permita que el resorte en espiral de 10 cm, ejerza la tensión requerida de 50 psi., además de dos soportes en aluminio de 2.5 cm

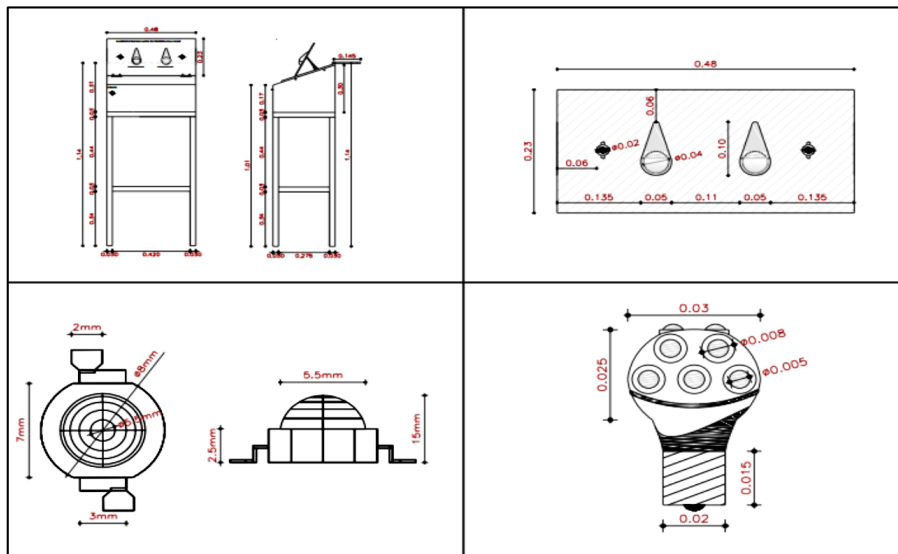


Figura 3. Planos del banco de prueba y del prototipo de luces de posición LED.



Figura 4. Banco de prueba

en L, que con un pasador sostienen una varilla retenedora en acero de 20 cm de largo, con el fin de sostener la lámina.

En la lámina de la parte interior se instalaron los dos sockets para los bombillos y los respectivos interruptores, con lo cual se manejan 28

voltios de corriente alterna, con una línea positiva que llega al interruptor y envía a la parte superior del banco, mientras la línea negativa va directamente a la lámina con la función de energizarla completamente.

2.5 Prueba de resistencia y luminosidad de la bombilla LED para las luces de posición

Como el cambio frecuente de luces de posición incandescentes en los helicópteros se debe a los movimientos bruscos causados por la instrucción en vuelo y aterrizajes forzosos, el banco simula impactos fuertes. Con respecto a la temperatura se le instaló un disipador de 12 x 1.8 mm con un espesor de 0.5 cm, para evitar el sobrecalentamiento de los diodos de alta intensidad en los puntos de soldadura que compone el prototipo.

Se realizaron pruebas de amperaje para comparar y tener certeza del consumo de cada uno de los bombillos (el incandescente y el de estado sólido), además de varias de resistencia a la estructura del prototipo, instalado manualmente ejerciendo una fuerza de presión y girándolo hasta quedar en la posición indicada por el fabricante para su correcto funcionamiento, ya que los conectores utilizados son los mismos que tiene el sistema de las luces de posición actual.

3. Resultados y discusión

3.1 Descripción de resultados

Las especificaciones del prototipo son:

- Rediseño del circuito mixto que consta de 10 diodos por un diodo que cumpliera con las especificaciones técnicas.
- Se usan resistencias de 100, 82, 47 y 22 Ohmios respectivamente.
- Se utiliza un disipador de calor y el bombillo LED de 20 w.
- Construcción de la burbuja protectora hecha en vidrio soplado.

Estos parámetros hacen que el rediseño y construcción de un prototipo de luces de posición de estado sólido (tipo LED) para los helicópteros *Ranger Bell 206 B III* de la Policía Nacional, sea un producto innovador y de utilizable en la aeronáutica de Colombia, al alcance no solo de la Escuela de Aviación sino de los demás servicios aeronáuticos nacionales.

En las pruebas (Figura 5) se obtuvo que el bombillo de estado sólido consume 0.11 amperios y el convencional 0.87 amperios, demostrando una ventaja de esta tecnología en el sistema de las luces de posición de las aeronaves.

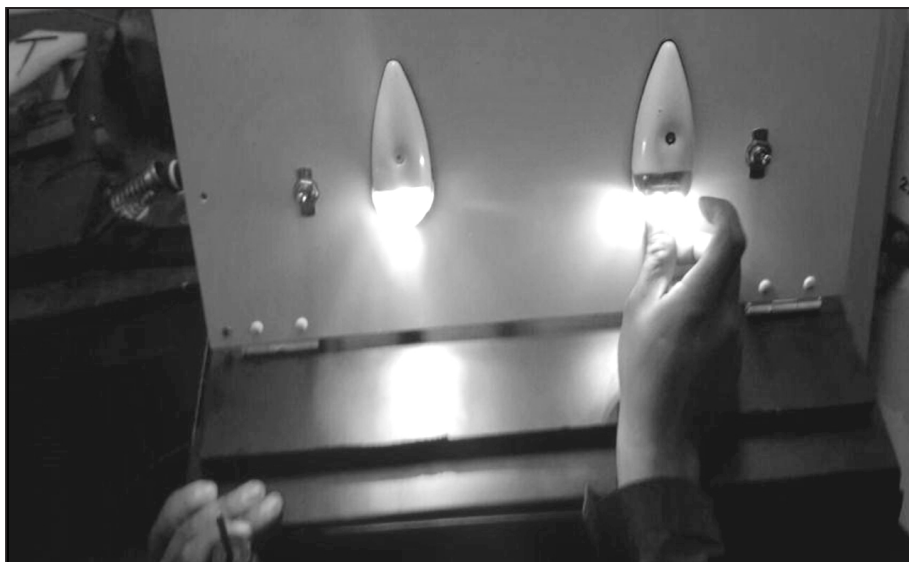


Figura 5. *Prueba del prototipo*

3.2 Discusión de resultados

Los helicópteros *Rangel Bell 206 BIII*, en la actualidad utilizan luces de posición con bombillos incandescentes elaborados con filamentos de tungsteno. En las actividades de mantenimiento se ha venido notando el aumento en la frecuencia de remplazo de estas luces en este tipo de aeronave, ante tal situación se puede decir que se está presentado un manejo inadecuado del operario de la máquina o por los componentes de la bombilla al no ser sólidas, como en el caso de las LED y por el cumplimiento de la vida útil de la bombilla. Las vibraciones y aterrizajes duros originan su cambio más a menudo, que implica demoras operacionales de servicio, trabajo que deberá ejercer el personal para mantener el estado óptimo de la aeronave⁸.

Con el bombillo LED diseñado se tiene menor consumo de energía, mayor intensidad lumínica, una vida útil más extensa y capacidad de recepción de voltaje más alta. Adicionalmente, buscando mejores condiciones de resistencia a la temperatura y apariencia estética, se construyó la carcasa del bombillo LED en vidrio soplado.

8 A manera de ejemplo y partiendo de datos internos de inventario, en el transcurso del año 2015, los helicópteros Ranger Bell 206B III de la Policía Nacional, consumieron nueve lámparas incandescentes, así: cuatro en el PNC 0908, tres en el PNC 0905 y uno en PNC 0907 y PNC 0910 respectivamente.

4. Conclusiones

El sistema de luces de estado sólido LED es más eficiente que el convencional incandescente instalado en la aeronave, ya que térmicamente llegan a unos 40°C, mientras las convencionales alcanzan una temperatura aproximada de 60°C. Así, las luces convencionales consumen 0.87 amperios y las de estado sólido LED 0.11, demostrando que ayudan a optimizar el rendimiento del sistema eléctrico de la aeronave, como también al rendimiento de la batería.

Con respecto a la luminosidad se puede percibir que las luces de estado sólido generan un poco más de luminosidad, por tanto no hay una decaída en cuanto a la bombilla convencional, lo que evidencia que el sistema de luces de estado sólido LED es viable para la implementación en los helicópteros *Ranger Bell 206 B III*, ya que este bombillo, debido a sus características físicas y técnicas, ofrece más tiempo de servicio y por ende reducción de costos, al reducirse la frecuencia con que se cambia este bombillo LED.

Se estableció que el tema de investigación del proyecto es muy amplio, lo cual hace viable que la Escuela de Aviación Policial le dé continuidad a esta investigación, partiendo de las características técnicas del bombillo construido y pensando en que se pueda implementar tanto en las aeronaves de ala rotatoria como de ala fija, adscritas a instituciones públicas y privadas, que no cuentan con la tecnología LED en las luces de posición, buscando optimizar el servicio y mejorar la calidad con respecto a la seguridad en vuelo.

Referencias bibliográficas

- AERONÁUTICA CIVIL (2018). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC4: Normas de aeronavegabilidad y operación de aeronaves [en línea]. Bogotá (Colombia): Aeronáutica Civil, Unidad Administrativa Especial (última enmienda: 19/02/2018). 692 p. <<http://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%204%20-%20Normas%20de%20Aeronavegabilidad%20y%20Operaci%C3%B3n%20de%20aeronaves.pdf>> [consulta: 13/05/2018]
- AGUIAR CIFUENTES, Óscar Ignacio & RINCÓN PÉREZ, Fabián Eduardo (2014). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de bombillos LED en Bogotá D.C. (en línea). Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Bogotá (Colombia): Universidad Libre de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial. 141 p. <<http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7843/RinconPerezFabianEduardo2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [Consulta: 20/11/2018]
- CALDERÓN FERNÁNDEZ, Luis Enrique (2014). Tecnología LED en un punto luz de alumbrado público para elevar la eficiencia en iluminación de la vía local comercial [en línea]. Tesis (Magíster en Tecnología Energética). Huancayo (Perú): Universidad Nacional del Centro del Perú, Escuela de Posgrado, Unidad de posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica. 153 p. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/205/PMEC_08.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [consulta: 03/12/2017]
- DETOR MÉNDEZ, Juan Manuel & ROSAS LUNA, Ramón Alberto (2014). Análisis de factibilidad de modificación del sistema de luces de emergencia a LED's en la cabina de pasajeros en la aeronave B737-300 [en línea]. Tesina

- (Ingeniero en Aeronáutica). México (México): Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Profesional Ticomán. 90 p. <[http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13980/2012%202014\(1\).pdf?sequence=1](http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13980/2012%202014(1).pdf?sequence=1)> [consulta: 23/11/2017]
- ESCUELA DE HELICÓPTEROS PARA LAS FUERZAS ARMADAS, EHFAA (2017). B-206 Ranger [en línea]. Bogotá (Colombia): Fuerza Aérea Colombiana (11/09/2017). <<https://helicopteros.fac.mil.co/b-206-ranger>> [consulta: 03/02/2018]
- FALCONÍ HIDALGO, Renato Danilo (2014). Sistema electrónico de luces indicadoras de precisión de pendiente de aproximación (P.A.P.I – Precision Approach Path Indicator) para la operatividad del aeropuerto Jumbay de la ciudad de Tena [en línea]. (Trabajo de graduación): Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones. Ambato (Ecuador): Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial. <<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8538>> [consulta: 22/11/2017]
- FRANCO TOPPER, Javier (2013). Historia de la Aviación de la Policía Nacional de Colombia [en línea]. En: Aviacol.net: Portal de la Aviación, Aviación Militar (20/05/2013) <<https://www.aviacol.net/historia-militar/historia-de-la-aviacion-de-la-policia-nacional-de-colombia.html>> [consulta: 12/02/2018]
- FREIRE LOAYZA, María Fernanda & GORDILLO LEMA, Mirian Noemi (2013). Alternativas de iluminación para el parque el Paraíso de la ciudad de Cuenca [en línea]. Tesis de Pregrado (Ingeniero Eléctrico). Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería. 226 p. <<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/345>>, <<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/345/1/tesis.pdf>> [consulta: 01/12/2017]
- GARCÍA CHAGOYA, Miguel Arturo (2014). Propuesta de modificación en la iluminación de tubos fluorescentes por tecnología tipo LED en la cabina de pasajeros de una aeronave comercial [en línea]. Tesina (Ingeniero en Aeronáutica). México (México): Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. 53 p. <[http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13924/2017%202014\(1\).pdf?sequence=1](http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/13924/2017%202014(1).pdf?sequence=1)> [consulta: 05/12/2017]
- GARCÍA DÍAZ, Daniel (2015). Estudio de fósforos de iluminación de LED blanco por técnicas de espectroscopia óptica resuelta en tiempo [en línea]. Trabajo de Fin de Grado (Grado en Física). Santander (Cantabria, España): Universidad de Cantabria, Facultad de Ciencias. <<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/7111/Daniel%20Garcia%20Diaz.pdf?sequence=1>> [consulta: 03/12/2017]
- GREAT LAKES HELICOPTER (2016). Bell 206B Jet Ranger [online]. Breslau (Ontario, Canada): Great Lakes Helicopter. <<https://www.greatlakeshelicopter.ca/es/acerca-de-nosotros/flota/bell-206b-jetranger/>> [consult: 12/02/2018]
- MARTÍN MONTEMAYOR, Isabel (2016). Dynamo LED bike safety lights [en línea]. Proyecto fin de grado (Ingeniero Electromecánico). Madrid (España): Universidad Pontificia Comillas. 67 p. + Anexos <<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/17009>> [consulta: 20/11/2017]
- MENADOMÍNGUEZ, Juan Carlos (2015). Desarrollo de rutas y procedimientos para un helicóptero A109E de MEX a QET, PBC y CVJ para vuelo visuales nocturnos [en línea]. Tesis profesional (Ingeniero en Aeronáutica). México (México): Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Profesional Ticomán. 175 p. <[http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/15507/2075%202015\(1\).pdf?sequence=1](http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/15507/2075%202015(1).pdf?sequence=1)> [consulta: 29/11/2017]
- MILÁN ÁNGEL, Antonio (2015). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para los equipos de ayuda a la navegación, de radiocomunicaciones, y luces de navegación de un ferry [en línea]. Proyecto final (Máster Oficial en Tecnología de los Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica). Sevilla (España): Universidad Internacional de Andalucía. 72 p. ISBN: 978-84-7993-678-5 <http://repositorio.biblioteca.unia.es/bitstream/handle/10334/3520/0669_Milan.pdf?sequence=1> [consulta: 27/11/2017]
- SAUMETH, Erich (2018). Colombia activa un nuevo escuadrón con helicópteros Bell 206 [en línea]. En: Infodefensa.com (24/05/2018). Madrid (España): IDS, Información de Defensa y Seguridad. ISSN: 2445-3048 <<https://www.infodefensa.com/latam/2018/05/24/noticia-colombia-activa-nuevo-escuadron-helicopteros.html>> [consulta: 28/06/2018]
- VÁSQUEZ GÓMEZ, José Arley (2014). Implementación de luces de señalización en el helipuerto de Buenaventura (Valle del Cauca) [en línea]. Trabajo de análisis aplicado (Especialista en Administración Aeronáutica). Bogotá (Colombia): Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias Económicas. 27 p. <<http://unimilitar-dspace.metabiblioteca.org/bitstream/10654/13020/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20.pdf>> [consulta: 22/11/2017]
- VERA GUEVARA, Daniel Germán (2017). Análisis comparativo de la tecnología LiFi: comunicaciones por luz visible con otras tecnologías de comunicación [en línea]. Proyecto de titulación (Ingeniero en Telecomunicaciones y Networking). Guayaquil (Ecuador): Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. 105 p. <<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16963/1/UG-FCMF-B-CINT-PGT-N.139.pdf>> [consulta: 20/11/2017]