

## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CON LEDS DE ALTA LUMINISCENCIA PARA SEMAFORIZACIÓN PREVENTIVA EN ZONAS ESCOLARES

### IMPLEMENTATION OF A SYSTEM WITH LEDS OF HIGH FOR LUMINESCENCE PREVENTIVE TRAFFIC LIGHT IN SCHOOL AREAS

DORA LILIA CASTAÑEDA TIBAQUIRÁ<sup>1</sup>  
 LUISA FERNANDA ECHEVERRI LÓPEZ<sup>2</sup>  
 EDWIN LEONEL MÁRQUEZ SANDOVAL<sup>3</sup>

#### RESUMEN

En este artículo se presenta la implementación de un semáforo preventivo de dos caras con leds de alta luminiscencia color amarillo, el cual se instala en zonas escolares como una alternativa para disminuir la accidentalidad que se presenta en éstas, dado que los últimos reportes de accidentalidad de la Secretaria de Transito y Transporte del año 2006 muestran que un 35% de los accidentes ocurren en las afueras de los colegios.

El sistema tiene adaptado en su interior una fuente switchada en modo Step-down (reductor); además un subsistema de control que trabaja de tal forma que hace que el semáforo funcione con 60 destellos por minuto alternados para las dos caras. Este semáforo ofrece 880.35 lumens más de luminosidad y un ahorro de 83,45% energía en comparación con el semáforo convencional de bombillo incandescente; logrando así que incursionemos en el área de la optoelectrónica para obtener nuevas aplicaciones dentro del sector productivo.

#### Palabras clave

semáforo, leds de alta luminiscencia, fuente switchada, reductor, sistema de control, luminosidad, optoelectrónica, sector productivo.

#### Abstract

In this article appears a preventive traffic light implementation of two faces with leds of high luminescence of yellow color that has adapted in its interior a source switched in

1 Ingeniera Electrónica Universidad Distrital Francisco José De Caldas; Especialista en Telecomunicaciones Móviles; miembro del grupo de investigación ROMA, Docente adscrita a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital. Correo electrónico: dlcastanedat@udistrital.edu.co.

2 Tecnóloga en Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Áreas de interés: Programación y sistemas de control. Correo electrónico: luisaf929@gmail.com

3 Tecnólogo en Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Áreas de interés: Programación y sistemas de control. Correo electrónico: edwinlmarquez@gmail.com

Step-down (reductor), with a control system that makes that the traffic light works with a determinated amount of sparkles per minute, wich they are alternated for the two faces.

This traffic lights offers us more luminosity and less consume of energy; we obtain so the incursion in the area of the optoelectronics in order to make new applications in the productive sector.

### Key words

traffic light, leds of high luminescence, switched source, reductor, system of control, luminosity, optoelectronics, productive sector.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las bombillas incandescentes, que generan un alto consumo de energía, deben pasar a la historia. El Ministerio de Minas y Energía está empeñado en que a julio del 2010 se suspenda la comercialización y venta de bombillas incandescentes y se comience con la sustitución masiva en el territorio nacional de la totalidad de las bombillas incandescentes por lámparas ahorradoras, para favorecer el desarrollo de fuentes de iluminación energéticamente eficaces.

El propósito de esta campaña es contribuir con la disminución del calentamiento global y generar buenos hábitos de consumo y ahorro de la energía hasta de un 40% en iluminación [1].

Para lograr este avance se deben estudiar alternativas que le conciernen a la optoelectrónica, rama de la electrónica que trata con la luz. Particularmente, los dispositivos ópticos son aquéllos que responden a la radiación de la luz, o que emiten radiación y responden a una frecuencia específica de tal radiación.

El campo de la optoelectrónica se ha convertido en un área de creciente interés en la Ingeniería electrónica; puesto que dispositivos tales como LED, optocopladores y fotodetectores se deben construir buscando la mayor capacidad de manejo de corriente al menor costo.[2].

A fin de enviar al pasado los bombillos incandescentes en los semáforos, se pretende usar LED de alta luminiscencia, e introducir a la vida diaria de los estudiantes y peatones una señal que en Colombia como es costumbre ha tardado en instalarse y que debe ser obligatoria; puesto que esta demanda se encuentra explícita en las normas del Ministerio de Transito y Transporte. En este artículo se muestra con detalle todo el proceso para optimizar el objetivo expuesto.

## 2. NORMATIVIDAD

El Ministerio de Transporte ha instaurado una serie de normas que se encuentran en el Manual de Señalización Vial, publicado en mayo de año 2004 y firmado por el Ministro de Transporte, Andrés Uriel Gallego. Este manual fue realizado con la intencionalidad de lograr que en Colombia exista una buena regulación de tránsito. Lo relativo a semáforos se encuentra en el capítulo siete de esta normatividad, allí son caracterizados como dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignando el derecho de paso o prelación de vehículos y peatones secuencialmente [3]. Se enfatiza entonces, en el sentido preventivo de la semaforización.

## 2.1 Semáforos especiales

Los semáforos especiales se dividen en:

- a) Semáforos intermitentes o de destello.
- b) Semáforos para regular el uso de carriles.
- c) Semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes.

El semáforo que se usa se encuentra dentro del numeral a) por ello sólo se explicará éste.

### 2.1.1 Semáforos intermitentes o de destello

Son aquéllos que tienen una o varias lentes de color amarillo o rojo que se iluminan intermitentemente. Los semáforos de destello son útiles en lugares donde el tránsito o las condiciones físicas locales no justifican la operación de un semáforo para la regulación del tránsito de vehículos y sirven además, según lo demuestra la experiencia, para llamar la atención de los conductores en ciertos sitios en los que exista peligro.

Por la función que desempeñan existen distintos tipos de semáforos de destello como son:

- Semáforos intermitentes o de destello para indicar peligro.
- Semáforos intermitentes o de destello para regular la velocidad.
- Semáforos intermitentes o de destello para intersecciones.
- Semáforos intermitentes o de destello de PARE.

El semáforo que hace parte del proyecto está incluido en el grupo correspondiente a semáforos intermitentes o de destello para regular velocidad [3].

### 2.1.2 Semáforos intermitentes o de destello para regular velocidad

La cara de un semáforo intermitente para regular la velocidad consta de dos lentes circulares de color amarillo con un diámetro no menor de 20 cm, dispuestas verticalmente, emitiendo destellos alternados.

Generalmente este tipo de semáforos se utiliza en zonas escolares, hospitales y pasos peatonales, y su presentación y ubicación en la zona determinada se hace colocando una señal reflectiva en medio de las dos lentes en forma de trapecio, 60 cm de lado y color amarillo con la figura correspondiente al paso peatonal por prevenir [3].

## 3. LED DE ALTA LUMINISCENCIA

Para lograr una buena luminosidad en el semáforo es necesario tener en cuenta qué LED escoger y mirar las características de corriente, voltaje, diámetro y ángulo de visión del LED.

### • Voltaje y corriente

Como los bombillos incandescentes consumen demasiada energía, se diseña un circuito que reduce este consumo, mas no la intensidad de luz, y para ello se eligen LED de alta luminosidad, los cuales tienen un consumo de 2.2V y 20mA c/u.

### • Diámetro

El diámetro de los LED, elegidos es de 5 mm (ver figura 1), dado que son los apropiados

para la distribución de espacio de 20 cm de la lente del semáforo, además porque son óptimos en luminosidad, pues tienen 1000mcd.

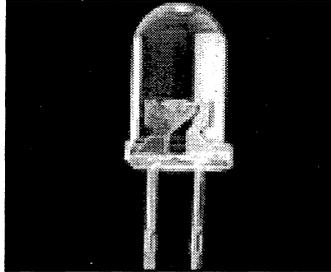


Figura 1. Led 5 mm.

• **Angulo de visión**

La intensidad luminosa y el modelo de la radiación espacial (ángulo de visión) se deben tener en cuenta. Si dos LED tienen el mismo valor de intensidad luminosa, la lámpara con el mayor ángulo de visión tendrá la más alta luz de salida. El punto muerto donde la intensidad del LED es 50% del punto de intensidad se conoce como el punto  $\theta/2$ ,  $2\theta/2$  es el ángulo total de visión; sin embargo, la luz que es visible pertenece al punto de  $\theta/2$ ; esto se puede observar en la figura 2 [5].

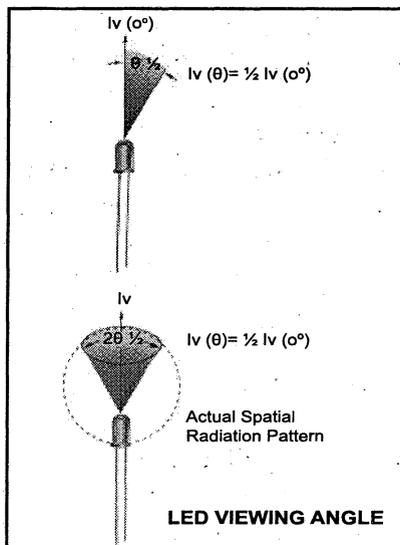
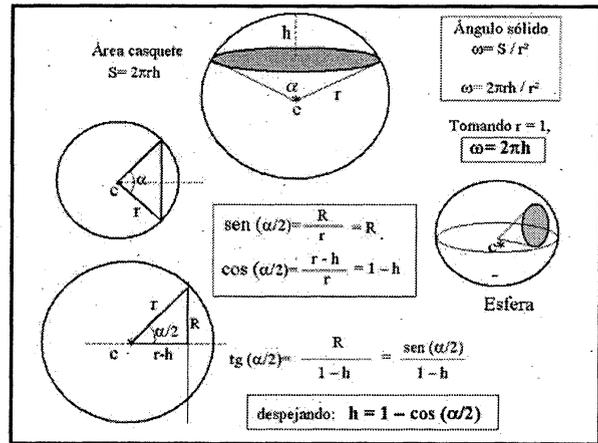


Figura 2. Ángulo de visión de un LED.

El ángulo de visión de los LED de alta luminosidad elegidos es de 30°.

**3.1 Modelamiento físico**

Para este modelamiento se tienen en cuenta los parámetros preestablecidos en cuanto a la luminosidad de un semáforo convencional. Y se estudian las fórmulas de fotometría.



Para 1 LED de 1000 mcd y 30° tenemos:

$$h = 1 - \cos\left(\frac{30^\circ}{2}\right) = 1 - \cos(15^\circ) = 0.03407$$

$$\omega = 2 * \pi * h = 2 * \pi * 0.03407 = 0.21409sr$$

$$lumen = \omega * cd$$

$$0.21409sr * 1cd = 0.21409lumens$$

Teniendo en cuenta que un bombillo incandescente de semáforo de 75 w produce un flujo luminoso de 1.080 lumens se necesitan aproximadamente 127 LED para dar la misma luminosidad, entonces:

$$h = 1 - \cos\left(\frac{30^\circ * 127}{2}\right) = 1 - \cos(1905) = 1.2588$$

$$\omega = 2 * \pi * h = 2 * \pi * 1.2588 = 7.90939sr$$

$$lumen = \omega * cd$$

$$7.90939sr * 127cd = 1004.49lumens$$

Debido a la falta de LED para obtener una armónica distribución de éstos en la lente es necesario aumentar en 29 LED, con lo cual la lente final queda de 156 LED.

$$h = 1 - \cos\left(\frac{30^\circ * 156}{2}\right) = 1 - \cos(2340) = 2$$

$$\omega = 2 * \pi * h = 2 * \pi * 2 = 12.5663sr$$

$$lumen = \omega * cd$$

$$12.5663sr * 156cd = 1960.35lumens$$

Aumentando así el flujo lumínico del sistema en 860.35 lumens más, dando así más direccionalidad, entendida como mayor definición a mayor distancia.

### 3.2 Distribución de LED para la lente del semáforo

Dada la normatividad que una lente debe tener 20 cm de diámetro, se distribuyen de una manera armónica 156 LED, los cuales están ubicados en seis círculos concéntricos con un LED central, repartidos de la siguiente manera:

$$D_1 = 1_{CENTRAL}$$

$$D_2 = 7$$

$$D_3 = 15$$

$$D_4 = 23$$

$$D_5 = 30$$

$$D_6 = 38$$

$$D_7 = 42$$

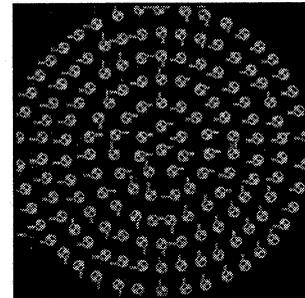


Figura 3. Muestra su distribución.

## 4. SISTEMA DE CONTROL

Como el semáforo consta de dos caras y cada una de ellas hace un destello intermitente, para ello se elabora un circuito de switcheo basado en un oscilador astable en el cual el tiempo de encendido (on) será exactamente igual al tiempo de apagado (off). Además de ello, el circuito tiene integrado un relé que se encarga de cambiar la tierra para cada una de las lentes del semáforo.

## 5. FUENTE SWITCHADA

Después de elaborar la distribución armónica de los LED para generar una óptima luminosidad en las lentes del semáforo, diseñar un circuito de control y realizar las respectivas

medidas; se llega a concluir que se necesita una fuente de 12V a 1A máximo, para todo el funcionamiento del semáforo. Para ello se busca diseñar una fuente que sea óptima y que no tenga caídas de voltaje, ni de corriente al conectar la carga. La fuente que cumple estos requisitos es la fuente switchada, que tiene el siguiente modo de operación:

- **Step down o reductor:** este modo opera en forma de regulador de voltaje y como su nombre lo indica es un convertidor que reduce el voltaje de entrada con respecto a su salida. Tanto el voltaje de entrada como el de salida son DC [6].

Además, este regulador hace un control en modo de tensión y funciona de tal manera que la salida de la fuente es comparada con una tensión de referencia interna. La salida de este comparador se aplica a un convertidor de duración, el cual recibe por la otra entrada una señal de diente de sierra del oscilador. El resultado que se obtiene es una onda cuadrada con el ancho de pulso variable (PWM), regulando de tal forma las variaciones de tensión en la salida [7].

## 6. SISTEMA DE PROTECCIÓN

Se utilizan tres elementos para la protección del circuito. Estos son:

- **Varistor:** es necesario el uso de este componente electrónico para ser conectado en la entrada de todo el circuito, ya que disminuye su resistencia óhmica cuando el voltaje que se le aplica aumenta e inmediatamente abre el circuito. El varistor es usado para proteger un circuito contra picos de tensión generados por la conmutación de circuitos inductivos próximos o por tormentas eléctricas [8].

- **Fusible:** este elemento se implementa para limitar el paso de corriente.

- **Resistencia PTC:** es usada para proteger el circuito de la fuente y funciona de tal forma que si se le pide demasiada corriente a la red ésta se calienta y por temperatura cambia su valor resistivo y abre el circuito.

## 7. RESULTADOS

Se elabora un sistema de semaforización con LED de alta luminiscencia para ser instalado en zonas escolares o donde haya pasos peatonales concurridos, a fin de prevenir e informar a los conductores el paso de transeúntes en la vía (ver figura 4).

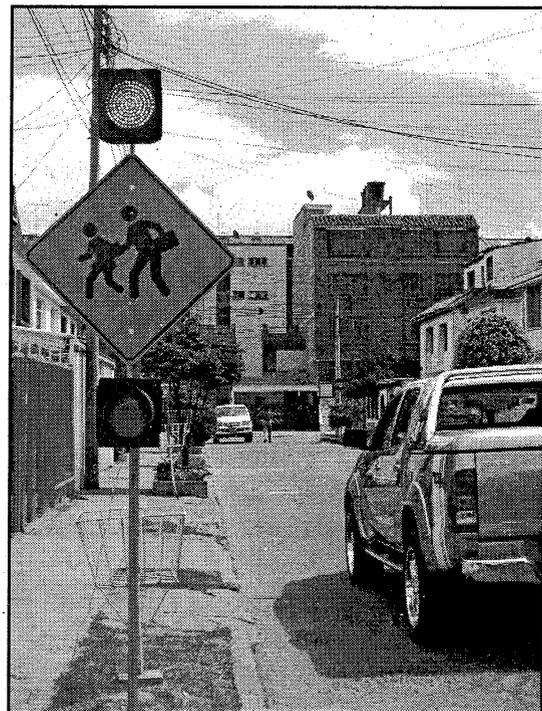


Figura 4.

### 7.1 Lente

Se logra una distribución armónica de 156 LED por lente y una excelente conexión entre ellos para lograr una disminución en el consumo de energía (ver figuras 5 y 6).

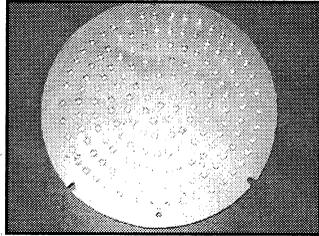


Figura 5.

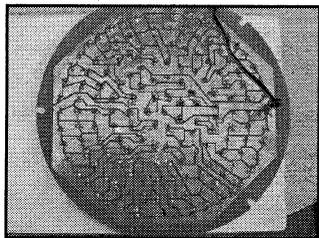


Figura 6.

### 7.2 Sistema de control de destellos

Se diseña un circuito capaz de lograr el control de secuencia para dos lentes, manteniendo el tiempo de encendido y el tiempo de apagado iguales. De tal manera que las lentes se encienden y se apagan alternadamente en un ciclo de 60 veces por minuto. El circuito obtenido se puede observar en la figura 7.

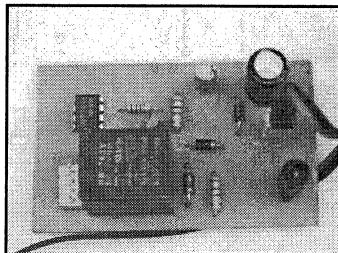


Figura 7.

### 7.3 Fuente

La fuente diseñada tiene una caída de voltaje del 5%, se busca que la distribución de sus componentes queden lo mejor ubicados dentro de la baqueta, para así tener en el semáforo una fuente pequeña y liviana. El semáforo entonces tendrá en su interior una fuente de 12V a 1A capaz de suministrar toda la corriente y voltaje necesarios para el funcionamiento apropiado del dispositivo (ver figura 8).

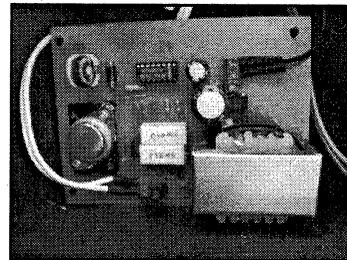


Figura 8.

### 7.4 Sistema de soporte

Se elabora un módulo en fibra de vidrio con medidas reglamentarias teniendo en cuenta los parámetros establecidos en el manual de señalización vial del Ministerio de Tránsito y Transporte en la sección de semáforos (ver figura 9).

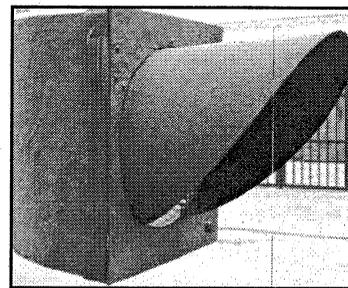


Figura 9.

## 8. CONCLUSIONES

- La realización y diseño de este dispositivo busca por medio de elementos más económicos el funcionamiento óptimo de un dispositivo electrónico como es el semáforo.
- En el futuro ya no se tendrán bombillas incandescentes, halógenos, etc., ahora se usarán LED, los cuales mejorarán en un 100% la durabilidad y la eficiencia que tienen en la actualidad los sistemas de iluminación.
- Una bombilla incandescente tiene una vida útil aproximadamente de seis meses, en cambio un LED tiene una vida útil de aproximadamente diez años, es decir, genera un ahorro de veinte bombillas incandescentes, sólo para una cara de semáforo.
- En la actualidad los semáforos consumen aproximadamente 1.45A, el semáforo con LED consume 240 mA por lo cuál son 83,45% más eficientes.
- Al mismo tiempo, una lente de LED consume 13.2W y una bombilla incandescente 80W, entonces una lente de LED consume seis veces menos que una bombilla típica de semáforo.
- Además la fuente que se diseña mejora en tamaño, es mucho más eficaz que una fuente lineal y es capaz de suministrar la tensión y corriente necesaria para el funcionamiento del dispositivo sin afectar el consumo de la red.
- Por otra parte, la contribución al gran cambio que se avecina por la implementación de la ley que prohíbe la comercialización y uso de bombillas incandescentes, hará que este trabajo y proyecto contribuyan al cambio para todos los sistemas de semaforización, pues en el 2010 no se tendrán semáforos con bombillas incandescentes, sino semáforos conectados con circuitos de LED,

los cuales serán más efectivos en cuestiones de luminosidad y mantenimiento.

Este proyecto es uno de los primeros pasos para lo que se aproxima, y se puede llamar “la iluminación en el futuro”, pues gracias a los LED que son pequeños “focos con un haz más intenso, brillante y a la vez observable a largas distancias” [9].

Las bombillas incandescentes serán cosa del pasado, pues ahora se podrán fabricar bombillas con LED de luz blanca, reemplazando así todo el alumbrado de las ciudades, de las oficinas y de las casas, entre otros.

En el país además de “ahorrar dinero al consumir menos energía, se estaría beneficiando al medio ambiente, pues habrá menos emisiones de CO<sub>2</sub> y gracias a la reducción indirecta de la energía eléctrica se lucharía contra el calentamiento global” [10].

## 9. REFERENCIAS

- [1] Electricaribe y ministerio de minas y energía, (2007). Bombillas: una apuesta contra el calentamiento global. Extraído de: [www.minminas.gov.co/minminas/prensa.nsf](http://www.minminas.gov.co/minminas/prensa.nsf)
- [2] Optoelectrónica. (n.d). Extraído de: <http://kim.ece.buap.mx/Comunikece/archivos/Optoelectronica.pdf>
- [3] Ministerio de transporte, (s.f). Cap. 7. Semáforos. Extraído de: [www.mintransporte.gov.co/Servicios/Biblioteca/documentos/Manual\\_senalizacion/Capitulo7\\_SEMA\\_FOROS.pdf](http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Biblioteca/documentos/Manual_senalizacion/Capitulo7_SEMA_FOROS.pdf)
- [4] Leds Internacional L.L.C, (s.f). Extraído de: [www.ledsinternational.com/espanol/Productos/LEDs\\_5mm.htm](http://www.ledsinternational.com/espanol/Productos/LEDs_5mm.htm)

## 8. CONCLUSIONES

- La realización y diseño de este dispositivo busca por medio de elementos más económicos el funcionamiento óptimo de un dispositivo electrónico como es el semáforo.

- En el futuro ya no se tendrán bombillas incandescentes, halógenos, etc., ahora se usarán LED, los cuales mejorarán en un 100% la durabilidad y la eficiencia que tienen en la actualidad los sistemas de iluminación.

- Una bombilla incandescente tiene una vida útil aproximadamente de seis meses, en cambio un LED tiene una vida útil de aproximadamente diez años, es decir, genera un ahorro de veinte bombillas incandescentes, sólo para una cara de semáforo.

- En la actualidad los semáforos consumen aproximadamente 1.45A, el semáforo con LED consume 240 mA por lo cuál son 83,45% más eficientes.

- Al mismo tiempo, una lente de LED consume 13.2W y una bombilla incandescente 80W, entonces una lente de LED consume seis veces menos que una bombilla típica de semáforo.

- Además la fuente que se diseña mejora en tamaño, es mucho más eficaz que una fuente lineal y es capaz de suministrar la tensión y corriente necesaria para el funcionamiento del dispositivo sin afectar el consumo de la red.

- Por otra parte, la contribución al gran cambio que se avecina por la implementación de la ley que prohíbe la comercialización y uso de bombillas incandescentes, hará que este trabajo y proyecto contribuyan al cambio para todos los sistemas de semaforización, pues en el 2010 no se tendrán semáforos con bombillas incandescentes, sino semáforos conectados con circuitos de LED,

los cuales serán más efectivos en cuestiones de luminosidad y mantenimiento.

- Este proyecto es uno de los primeros pasos para lo que se aproxima, y se puede llamar “la iluminación en el futuro”, pues gracias a los LED que son pequeños “focos con un haz más intenso, brillante y a la vez observable a largas distancias” [9].

- Las bombillas incandescentes serán cosa del pasado, pues ahora se podrán fabricar bombillas con LED de luz blanca, reemplazando así todo el alumbrado de las ciudades, de las oficinas y de las casas, entre otros.

- En el país además de “ahorrar dinero al consumir menos energía, se estaría beneficiando al medio ambiente, pues habrá menos emisiones de CO<sub>2</sub> y gracias a la reducción indirecta de la energía eléctrica se lucharía contra el calentamiento global” [10].

## 9. REFERENCIAS

- [1] Electricaribe y ministerio de minas y energía, (2007). Bombillas: una apuesta contra el calentamiento global. Extraído de: [www.minminas.gov.co/minminas/prensa.nsf](http://www.minminas.gov.co/minminas/prensa.nsf)
- [2] Optoelectrónica. (n.d). Extraído de: <http://kim.ece.buap.mx/Comunikece/archivos/Optoelectronica.pdf>
- [3] Ministerio de transporte, (s.f). Cap. 7. Semáforos. Extraído de: [www.mintransporte.gov.co/Servicios/Biblioteca/documentos/Manual\\_senalizacion/Capitulo7\\_SEMA\\_FOROS.pdf](http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Biblioteca/documentos/Manual_senalizacion/Capitulo7_SEMA_FOROS.pdf)
- [4] Leds Internacional L.L.C, (s.f). Extraído de: [www.ledsinternational.com/espanol/Productos/LEDs\\_5mm.htm](http://www.ledsinternational.com/espanol/Productos/LEDs_5mm.htm)

- [5] Data Display Products. (2005). What is an Led?. Solid-State Lighting Catalog, 3, 5-7. Extraído de: [www.dbup.com.ar/tutorial\\_fuentes\\_conmutadas.htm](http://www.dbup.com.ar/tutorial_fuentes_conmutadas.htm)
- [6] Modulo pwm. (n.d). Extraído de: [www.solo-electronica.net/pwm\\_modu.lo.htm](http://www.solo-electronica.net/pwm_modu.lo.htm)
- [7] Cap. 2. Breve descripción de los convertidores electrónicos de potencia. Extraído de: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/bernabe\\_a\\_e/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/bernabe_a_e/capitulo2.pdf)
- [8] BUP Electrónica, (2006). Introducción a las fuentes conmutadas. Topologías básicas. Extraído de: [www.dbup.com.ar/tutorial\\_fuentes\\_conmutadas.htm](http://www.dbup.com.ar/tutorial_fuentes_conmutadas.htm)
- [9] El Colombiano, (s.f). Diodos 'Led' El futuro de las luces. Extraído de: [www.elcolombiano.com.co/BancoConocimiento/A/at\\_diodosled\\_jlopa\\_04122007/at\\_diodosled\\_jlopa\\_04122007.asp](http://www.elcolombiano.com.co/BancoConocimiento/A/at_diodosled_jlopa_04122007/at_diodosled_jlopa_04122007.asp)
- [10] Electricaribe, (2007). Bombillas ahorradoras de energía. Extraído de: <http://www.electricaribe.com/Home/tabid/385/ctl/noticiacompleta/mid/426/id/81/Default.aspx>