

INTRODUCCIÓN

A medida que empresas sólidas de cualquier tipo de mercado de productos y/o servicios, en especial las empresas de transporte público masivo deseen consolidarse a través del tiempo dejando una huella positiva en la población y su entorno, sus estrategias organizacionales deben tender a una optimización de recursos, reducción de gastos, especialización del personal y muchas otras características que se le exigen a la empresa de hoy para posicionarse y mantenerse en lo más alto a nivel nacional siendo aun más estricto si se desea alcanzar un nivel internacional.

El estudio realizado en esta investigación va dirigido a satisfacer una de esas características esenciales, que no solo se han convertido en una opción sino en una obligación, como es la optimización de procesos e insumos afectando desde los activos financieros de la empresa hasta los recursos naturales que ésta consume, siendo de vital importancia conocer lo que se tiene, como se puede mejorar, saber cómo hacerlo basados en argumentos técnicos y financieros que lleven a la empresa ferroviaria al éxito social, ambiental y financiero que finalmente esa es su naturaleza.

1. PRESENTACION DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 PLANTEAMIENTO (FORMULACIÓN) DEL PROBLEMA

La tecnología LED es un nuevo concepto en iluminación el cual tiene una eficiencia energética increíble, es decir, la cantidad de energía que necesita para iluminar es mucho menor que inclusive los focos ahorradores de halógeno que conocemos actualmente.

LED (*light emitting diode*), es un diodo emisor de luz, esto es, un dispositivo semiconductor que emite luz cuando circula por él corriente eléctrica¹. Su gran ventaja frente a las tradicionales bombillas de filamento de tungsteno (también conocidas como incandescentes) e incluso frente a las bombillas de bajo consumo, radica en su eficiencia energética pues los diodos LED no poseen un filamento de tungsteno como las bombillas. Por ello, son más resistentes a los golpes y su duración es mayor ya que no dependen de que el filamento se termine quemando (cuando las bombillas se funden), además la eficiencia de los LEDs es mucho mayor. Mientras el rendimiento energético de una bombilla es aproximadamente del 10% (sólo una décima parte de la energía consumida genera luz), los diodos LED aprovechan hasta el 85%. El equivalente a una bombilla se puede construir con una decena de LEDs. Si alguno se rompe es incluso posible sustituirlo. Son de bajo costo y fáciles de fabricar.

Entre las nuevas tecnologías de señalización ferroviaria se encuentran las lámparas LED, unos sistemas de nueva generación que no requieren de mantenimiento y ofrecen una eficiencia muy superior a la de los equipos tradicionales de incandescencia. Diferentes sistemas de trenes alrededor del mundo han empezado a sustituir las señales luminosas convencionales por estos equipos dado que su menor consumo energético y la reducción de los costos de mantenimiento aportan un importante ahorro económico, además de una mejora en la seguridad del sistema.

La aplicación de la tecnología LED a la señalización del tráfico ferroviario ofrece ventajas adicionales como una mayor seguridad, puesto que la luz de alto brillo emitida permite la perfecta percepción de las señales aún en las más adversas condiciones. Además, al desaparecer el cristal que poseen las señales luminosas convencionales, evitamos ser deslumbrados por el sol cuando los rayos de éste entran en el reflector, lo que se conoce por efecto fantasma. Además una de sus mayores ventajas es el ahorro en su mantenimiento al tener una vida útil muy

¹ SERWAY R., MOSES C., MOYER C. Física Moderna. México: Thomson, 2006. p. 433.

superior a la de las lámparas actuales, pues en las señales tradicionales su bombilla dura solo dos mil horas, en cambio la nueva tecnología puede llegar a durar hasta diez veces más.

Actualmente el gobierno colombiano² está muy interesado en la incorporación de programas tendientes al ahorro de consumo de energía en todos los campos desde el hogar pasando por los medios de transporte hasta llegar al alumbrado público. Es lógico pensar que este tipo de iniciativas están orientadas hacia la prevención de un racionamiento de energía y a la protección del medio ambiente, lo que conlleva a que uno de los puntos de partida sea cómo optimizar los recursos energéticos aplicados a la señalización luminosa ferroviaria e implementación de la tecnología LED en los mismos. Es por esto entonces que esta investigación estará dirigida a la realización de un estudio para aclarar dudas en el sector tales como ¿Se cumplen todas las especificaciones técnicas usando esta nueva tecnología? ¿Es económicamente viable? ¿Cuánto sería el ahorro en dinero al año? Todas las respuestas a estas preguntas servirán para exponer los BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA LED MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO EN LA SEMAFORIZACIÓN DEL SISTEMA FERROVIARIO LOCAL.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio del consumo de energía en una lámpara de las señales fundamentales pertenecientes la señalización ferroviaria luminosa actual, frente a la misma señalización con una lámpara tipo LED mostrando sus fortalezas y debilidades.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar un prototipo de lámpara de una señal luminosa que emule las especificaciones técnicas requeridas generando patrones de consumo de energía a estudiar.
- Realizar mediciones del consumo de energía de acuerdo a cada color en la lámpara de señal luminosa prototipo.
- Elaborar un análisis comparativo de costos de las tecnologías en estudio.

² MARTINEZ, Hernán. Situación eléctrica actual respecto al Fenómeno del Niño. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá 2009. Comunicado no. 612.

- Presentar una serie de recomendaciones ambientales respecto al desecho de materiales utilizados por la tecnología LED.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Cada vez más informes científicos nos alertan que de seguir contaminando como lo hemos hecho hasta ahora, nuestro planeta tendría una fecha de caducidad cercana. Por este motivo dos científicos Schubert y Jong Kyu Kim, de Rensselaer Polytechnic Institute de Nueva York, se propusieron investigar como influiría en esta tendencia el cambiar todas las luces del planeta por iluminación LED. “Los resultados han sido más que sorprendentes dijeron, porque sólo en el plano económico los habitantes de este planeta nos ahorraríamos 1,83 billones de dólares en un periodo de 10 años. Pero hay mucho más, con este simple cambio de tipo de bombillas las emisiones de CO2 se verían reducidas en 10,68 giga toneladas, el consumo de crudo se reduciría en 962 millones de barriles y finalmente las plantas de generación de energía eléctrica del mundo se verían reducidas a sólo 280”.³

El ahorro energético que supone la utilización de lámparas de señales luminosas ferroviarias tipo LED en lugar de las tradicionales bombillas incandescentes es más que evidente: aunque el costo de estas lámparas puede ser mayor, el consumo puede llegar a reducirse entre un 80% y un 90%. Pero esta no es su única ventaja:

- Menor emisión de calor: Los semáforos de LEDs emiten mucho menos calor en su operación que los semáforos halógenos
- Eliminación del efecto fantasma: las lámparas incandescentes, al utilizar una óptica diferente, puede producir un efecto con el reflejo del sol llegando a confundir al conductor al dar la impresión de estar encendido cuando no es así. Con los semáforos de LEDs, este efecto no está presente.
- Mayor duración: mientras que una lámpara incandescente tiene una duración de 8.000 horas, un semáforo de LEDs está alrededor de las 100.000 horas.

³ SCHUBERT E.F., KIM J.K. Transcending the replacement paradigm of solid-state lighting. Nueva York: Optical Society of America, 2008, p.1.

- Menor disminución del brillo con el tiempo.
- Una distribución uniforme de la luminosidad en los semáforos de LEDs, en lugar del único punto de luz que existe en los semáforos halógenos.
- Mayor fiabilidad: al estar formado cada semáforo por multitud de LEDs, en caso de fallar alguno, quedan muchos otros LEDs que permiten al semáforo seguir funcionando con normalidad. En el caso de las señales actuales, si falla la lámpara, el doble filamento que poseen no la dejaría inservible pero si exigiría una inmediata intervención correctiva y no preventiva como se plantea en esta investigación que pueden ser los mantenimientos con la tecnología LED.
- Menor mantenimiento: gracias a su duración y a la fiabilidad, los costos del mantenimiento se reducen enormemente.

El costo de la tecnología de iluminación LED es bastante superior respecto a las tecnologías actuales, pero su precio se está reduciendo y vistas sus ventajas, es un costo amortizable en el mediano plazo. También según el caso, es posible que haya que realizar alguna labor en el controlador de los semáforos (para cambiar su tensión, acoples, entre otros).

En indagaciones preliminares con empresas ferroviarias locales se muestran interesadas pero por el momento no existe una sustentación técnica ni financiera de la problemática aquí expuesta, y se nota el interés en el proyecto debido al alto número de señales fundamentales que se utilizan para la gestión del tráfico de trenes en el sistema ferroviario local y recordando que la señalización alimenta un sistema que trabaja las 24 horas al día, todos los días del año se divisa el gran número de ventajas económicas, que es lo que finalmente más interesa, además de la seguridad que la implementación de la tecnología LED traería al sistema masivo de transporte ferroviario, sin mencionar el positivo impacto ambiental en la conservación del medio ambiente que esto generaría, lo que sería en síntesis, una ganancia para todos.

1.4 DISEÑO METODOLÓGICO

Las estrategias metodológicas que serán utilizadas y los medios de los que se dispone para atender los objetivos específicos que persigue el problema planteado serán:

En este Trabajo de Grado de desarrollo tecnológico se utilizará el *Método de Investigación Cuantitativo*, en donde se estudiarán los aspectos particulares y generalizados de los “Beneficios de la implementación de la tecnología LED”, tomando muestras del voltaje y la corriente en las lámparas para que éstas revelen el consumo real de energía de ambas tecnologías. Otra variable que se tendrá en cuenta será la longitud de onda en las lámparas LED de cada color y su intensidad. Por medio de éste método se resolverán en cifras concretas las siguientes preguntas:

¿Es en realidad menor el consumo de energía en esta nueva tecnología?

¿En qué proporción se puede comparar la tecnología LED con las técnicas actuales?

¿Es financieramente acertado realizar una migración hacia la nueva tecnología LED en el ámbito ferroviario local?

Finalmente por medio de éste método se hará un registro narrativo del desempeño la tecnología LED como medio alternativo y ambientalmente viable, que irá siendo estudiado mediante técnicas como la observación y con base en contextos estructurales y situacionales que traiga la investigación.

Así entonces, por medio de éste método se tomarán como base las siguientes estrategias metodológicas empíricas:

- a. La observación en el laboratorio,
- b. La inducción,
- c. La deducción,
- d. La verificación o comprobación.
- e. La evaluación en el laboratorio.

El tipo de trabajo es *Investigativo de tipo Experimental*, pues con él se pretende utilizar las adecuadas técnicas y procedimientos anteriormente mencionados dentro y fuera del laboratorio para obtener nuevos conocimientos, explicaciones y

comprensión de los problemas y fenómenos planteados, y por consiguiente, que nos puedan llevar a la solución de los mismos.

Con esta investigación se pretende aportar certeza al conocimiento del tema, tocar el sistema de la señalización ferroviaria desde lo más general llegando a lo específico.

Las *fuentes* serán primarias y secundarias:

Primarias: Se realizarán visitas y entrevistas a la sede administrativa de la empresa ferroviaria local, ubicada en Bello, buscando una panorámica real en lo técnico y financiero.

Secundarias: Manuales técnicos, manuales del servicio de transporte, normas técnicas, libros, documentos y revistas especializadas relacionados con la señalización ferroviaria.

1.5 PRESUPUESTO

Tabla 1: Presupuesto Global

Rubros	Fuentes			Total
	Estudiante	IUE	Externa	
Personal	\$ 2.800.000	\$ 700.000	\$	\$ 3.500.000
Materiales	\$ 500.000	\$	\$	\$ 500.000
Salidas de campo	\$ 50.000	\$	\$	\$ 50.000
Bibliografía	\$ 50.000	\$ 150.000	\$	\$ 200.000
Equipos	\$	\$ 4.550.000	\$	\$ 4.550.000
Otros	\$ 100.000	\$	\$	\$100.000
TOTAL	\$3.500.000	\$5.400.000	\$	\$8.900.000

Tabla 2: Presupuesto de personal

DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PERSONAL						
Nombre del investigador	Función en el trabajo	Dedicación horas por semana	FUENTES			TOTAL
			Estudiante	IUE	Externa	
Ronal Leonardo García Ramírez	Investigador	7	\$2.800.000	\$	\$	\$2.800.000
Luis Alirio Ruiz Muñoz	Asesor	2	\$	\$700.000	\$	\$700.000
TOTAL			\$2.800.000	\$700.000	\$	\$3.500.000

Tabla 3: Presupuesto materiales y suministros

DESCRIPCIÓN DEL MATERIALES Y SUMINISTROS				
Material	FUENTES			TOTAL
	Estudiante	IUE	Externa	
Materiales de impresión	\$ 80.000	\$	\$	\$ 80.000
Elementos electrónicos	\$ 220.000	\$	\$	\$ 320.000
Circuitos impresos	\$ 100.000	\$	\$	\$ 100.000
TOTAL	\$ 500.000	\$	\$	\$500.000

Tabla 4: Presupuesto bibliografía

DESCRIPCIÓN BIBLIOGRAFIA				
Descripción bibliográfica	FUENTES			TOTAL
	Estudiante	IUE	Externa	
Libros	\$	\$ 150.000	\$	\$ 150.000
Internet	\$ 50.000	\$	\$	\$ 50.000
TOTAL	\$ 50.000	\$ 150.000	\$	\$ 200.000

Tabla 5: Presupuesto equipos

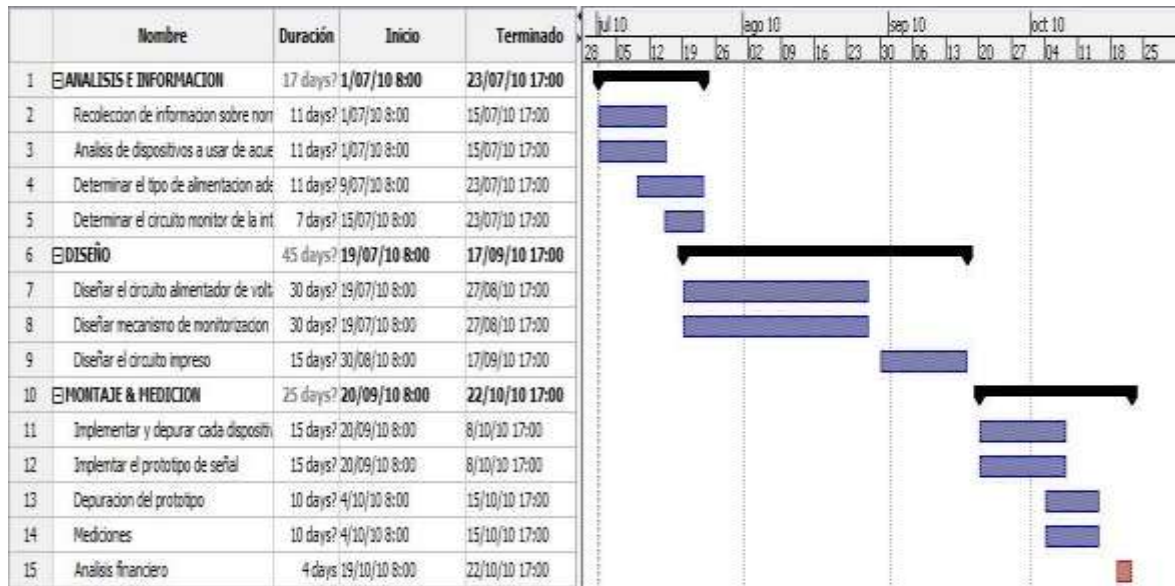
DESCRIPCIÓN EQUIPOS				
Descripción de equipos	FUENTES			TOTAL
	Estudiante	IUE	Externa	
Computador	\$	\$ 1.600.000	\$	\$ 1.600.000
Osciloscopio	\$	\$ 2.000.000	\$	\$ 2.000.000
Multímetro digital	\$	\$ 150.000	\$	\$ 150.000
Fuente digital	\$	\$ 800.000	\$	\$ 800.000
TOTAL	\$	\$ 4.550.00	\$	\$ 4.550.000

Tabla 6: Presupuesto salidas de campo

DESCRIPCIÓN DE LAS SALIDAS DE CAMPO				
Descripción de salidas de campo	FUENTES			TOTAL
	Estudiante	IUE	Externa	
Desplazamiento a Talleres del Metro	\$ 50.000	\$	\$	\$ 50.000
TOTAL	\$ 50.000	\$	\$	\$ 50.000

1.6 CRONOGRAMA

Figura 1: Cronograma de actividades



2. IMPLEMENTACION DE UNA LAMPARA PROTOTIPO DE SEÑAL LUMINOSA

2.1 SEÑAL LUMINOSA ACTUAL

La empresa ferroviaria local cuenta desde su construcción en los años ochenta con señales luminosas tipo ST 210, cumple con la DIN⁴ 40050. Codificada en tres aspectos es decir en tres colores amarillo ó ámbar, rojo y verde.

Figura 2: Señal luminosa ST210



⁴ El *Deutsches Institut für Normung e.V.* (su marca empresarial es DIN), con sede en Berlín, es el organismo nacional de normalización de Alemania.

Una señal luminosa consta principalmente de partes eléctricas y mecánicas como el mástil, la carcasa, la base, lámpara y lentes de donde toma su color cada aspecto; el objeto de estudio de esta investigación es la lámpara. La lente exterior tiene un diámetro de 210mm y tiene una dispersión de +/- 2 grados a contar del centro de la lente, así como un centro de dispersión aproximadamente de 50mm de diámetro de 40 grados.

La lente interior tiene un diámetro de 140mm y es del color característico de cada aspecto; la lente interior de la señal para movimientos de maniobra es de color blanco lunar; debido a la calidad de la óptica las lámparas tienen un bajo consumo y alta visibilidad.

Las lámparas de las señales trabajan 12/20 de dos filamentos, principal y secundario. Al fundirse el filamento principal el indicador de comprobación de la señal ubicado en el tablero de mando y panorámico se enciende con luz a destellos, siendo necesario ir a cambiar la lámpara.

Figura 3: Lámpara incandescente actual



La señal luminosa tiene en su interior una lámpara de doble filamento Ü (12V/20W) a continuación una tabla de características específicas de una SIG 1820 perteneciente a la ST210 de OSRAM

Tabla 7: Características lámpara actual

Característica	Valores Admisibles
Vida útil	2000 horas
Vida útil extendida	400 horas
Temperatura	- 40° hasta 80° Celsius
Alimentación diurna	150V
Alimentación nocturna	120V
Resistencia eléctrica	48 ohmios
Diámetro externo	210mm
Diámetro interno	140mm
Voltaje	12V
Potencia	20W

Las lámparas se alimentan con señales de AC pues disminuye la pérdida de potencia en los cables. En la codificación de la protección internacional tiene un IP54, es decir protegido contra el polvo y protegido de derrames de agua.

2.2 NUEVA LAMPARA PARA SEÑAL LUMINOSA

2.2.1 MARCO TEORICO

El diodo es un dispositivo semiconductor de unión *pn* con dos terminales, eléctricamente hablando, la curva característica de un diodo (I-V) consta de dos regiones: por debajo de cierta diferencia de potencial, se comporta como un circuito abierto (no conduce), y por encima de ella como un circuito cerrado con una resistencia eléctrica muy pequeña.

2.2.1.1 Principio físico de la emisión de luz

El fenómeno de emisión de luz está basado en la teoría de bandas⁵, por la cual, una tensión externa aplicada a una unión p-n polarizada directamente, excita los electrones, de manera que son capaces de atravesar la banda de energía que separa las dos regiones. Si la energía es suficiente los electrones escapan del material en forma de fotones.

Cada material semiconductor tiene unas determinadas características y una longitud de onda específica de la luz emitida.

Tabla 8: longitudes de onda de algunos compuestos de Galio

Material	Longitud de onda	Color
GaAs : Zn	9000 Å	Infrarrojo
GaAsP. ₄	6600 Å	Rojo
GaAsP. ₅	6100 Å	Ámbar
GaAsP. _{.85} : N	5900 Å	Amarillo
GaP : N	5600 Å	Verde

⁵ SERWAY R., MOSES C. MOYER C., op. cit., p. 425

A diferencia de las lámparas incandescentes cuyo funcionamiento es por una determinada tensión, los LED funcionan por la corriente que los atraviesa. Su conexión a una fuente de tensión constante debe estar protegida por una resistencia limitadora.

2.2.1.2 Teoría de bandas

En un átomo aislado los electrones pueden ocupar determinados niveles energéticos pero cuando los átomos se unen para formar un cristal, las interacciones entre ellos modifican su energía, de tal manera que cada nivel inicial se desdobra en numerosos niveles, que constituyen una banda, existiendo entre ellas huecos, llamados bandas energéticas prohibidas, que sólo pueden salvar los electrones en caso de que se les comunique la energía suficiente.⁶

En los aislantes la banda inferior menos energética (banda de valencia) está completa con los e- más internos de los átomos, pero la superior (banda de conducción) está vacía y separada por una banda prohibida muy ancha (~ 10 eV), imposible de atravesar por un e-. En el caso de los conductores las bandas de conducción y de valencia se encuentran superpuestas, por lo que cualquier aporte de energía es suficiente para producir un desplazamiento de los electrones. Entre ambos casos se encuentran los semiconductores, cuya estructura de bandas es muy semejante a los aislantes, pero con la diferencia de que la anchura de la banda prohibida es bastante pequeña. Los semiconductores son, por lo tanto, aislantes en condiciones normales, pero una elevación de temperatura proporciona la suficiente energía a los electrones para que, saltando la banda prohibida, pasen a la de conducción, dejando en la banda de valencia el hueco correspondiente.

En el caso de los diodos LED los electrones consiguen saltar fuera de la estructura en forma de radiación que percibimos como luz (fotones).

2.2.1.3 Composición de los LEDs

⁶ SERWAY R., MOSES C., MOYER C., op. cit., p. 425.

2.2.1.3.1 LED Rojo

Formado por un compuesto de GaP, consiste en una unión p-n⁷ obtenida por el método de crecimiento epitaxial del cristal en su fase líquida, en un sustrato. La fuente luminosa está formada por una capa de cristal p junto con un complejo de ZnO, cuya máxima concentración está limitada, por lo que su luminosidad se satura a altas densidades de corriente. Este tipo de LED funciona con baja densidades de corriente ofreciendo una buena luminosidad, utilizándose como dispositivo de visualización en equipos portátiles.

El constituido por GaAsP consiste en una capa p obtenida por difusión de Zn durante el crecimiento de un cristal n de GaAsP, formado en un sustrato de GaAs, por el método de crecimiento epitaxial en fase gaseosa. Actualmente se emplea los LEDs de GaAlAs debido a su mayor luminosidad. El máximo de radiación se halla en la longitud de onda 660 nm.

2.2.1.3.2 LED Anaranjado y amarillo

Están compuestos por GaAsP al igual que sus hermanos los rojos pero en este caso para conseguir luz anaranjada y amarilla así como luz de longitud de onda más pequeña, lo que hacemos es ampliar el ancho de la “banda prohibida” mediante el aumento de fósforo en el semiconductor. Su fabricación es la misma que se utiliza para los diodos rojos, por crecimiento epitaxial del cristal en fase gaseosa, la formación de la unión p-n se realiza por difusión de Zn. Como novedad importante en estos LEDs se mezcla el área emisora con una trampa isoelectrónica de nitrógeno con el fin de mejorar el rendimiento

2.2.1.3.3 LED Verde

El LED verde está compuesto por GaP. Se utiliza el método de crecimiento epitaxial del cristal en fase líquida para formar la unión p-n. Al igual que los LEDs amarillos, también se utiliza una trampa isoelectrónica de nitrógeno para mejorar el rendimiento. Debido a que este tipo de LED posee una baja probabilidad de transición fotónica, es importante mejorar la cristalinidad de la capa n. La disminución de impurezas a larga la vida de los portadores, mejorando la cristalinidad.

Su máxima emisión se consigue en la longitud de onda 555 nm.

⁷ Ibíd., p. 435.

2.2.1.4 Circuito eléctrico LED

Si la corriente aplicada es suficiente para que entre en conducción el diodo emitirá una cierta cantidad de luz que dependerá de la cantidad de corriente y la temperatura del LED⁸.

La luminosidad aumentará según sea la intensidad pero habrá que tener en cuenta la máxima intensidad que soporta el LED.

Antes de insertar un diodo en un montaje se tendrá que tener el color del diodo para saber la caída de tensión parámetro necesario para los cálculos posteriores:

Tabla 9: Caída de tensión e intensidad

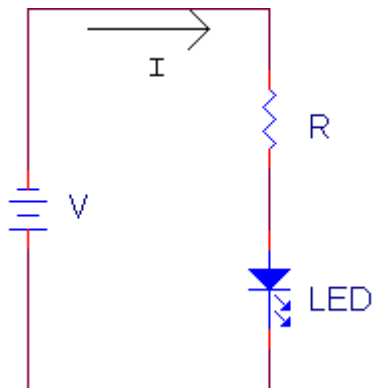
Color	Caída de tensión (VLED) V	Intensidad máxima (ILED) mA	Intensidad media (ILED)mA
Rojo	1.6	20	5 – 10
Verde	2.4	20	5 – 10
Amarillo	2.4	20	5 – 10
Naranja	1.7	20	5 – 10

2.2.1.4.1 Circuito básico en corriente continúa

La resistencia de limitación de la siguiente figura puede calcularse a partir de la fórmula:

⁸ BOYLESTAD, Robert. Electrónica teoría de circuitos y dispositivos. Diodos emisores de luz. México: 2003. p. 40.

Figura 4: Circuito básico en DC



$$R = \frac{V - V_{led}}{I}$$

Si se expresa V en voltios e I en miliamperios el valor de la resistencia vendrá directamente expresado en kilo ohmios.

También hay que tener en cuenta el calor disipado por en la resistencia, se calcula por la Ley de Joule.

Ley de Joule:

$$Potencia = I^2 * R$$

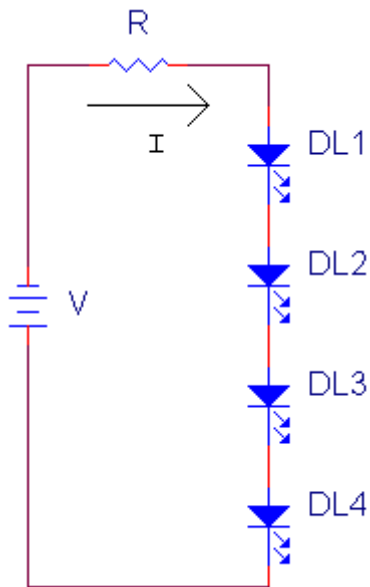
Donde I es la intensidad que atravesará al diodo y R la resistencia calculada en el apartado anterior.

2.2.1.4.2 Asociación de LEDs

2.2.1.4.2.1 Arreglo en serie

Los diodos se pueden conectar en serie siempre que la suma de las caídas de tensión sea menor que la tensión de alimentación. La fórmula a utilizar para el cálculo de la resistencia limitadora es:

Figura 5: Arreglo en serie



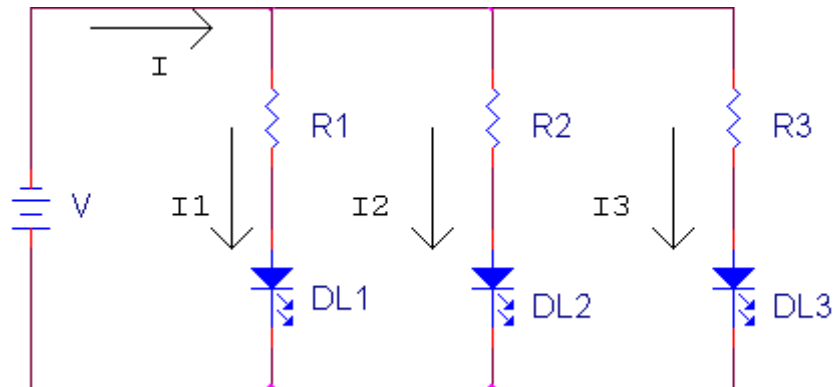
$$R = \frac{V - NV_{led}}{I}$$

Donde N es el número de LEDs conectados en serie.
Ver figura para su interconexión.

2.2.1.4.2 Arreglo en paralelo

Para conectar varios LEDs en paralelo solo tendremos que calcular el valor para un LEDs y luego los ponemos como en la siguiente figura.

Figura 6: Arreglo en paralelo

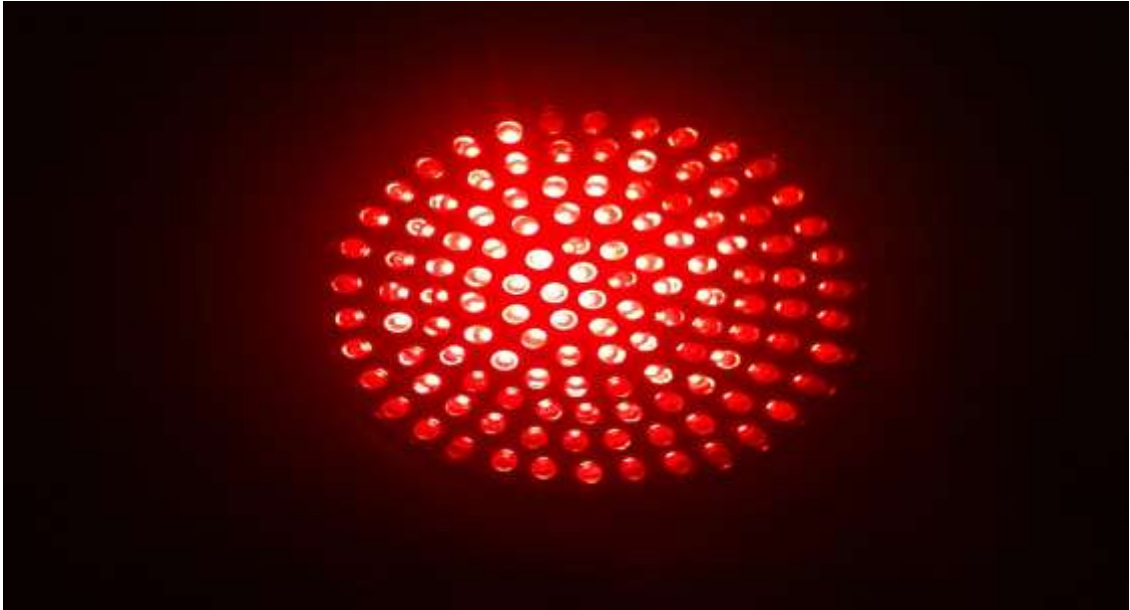


En este caso habrá que tener cuidado con la intensidad (corriente) de la fuente de alimentación que deberá ser superior a la suma de la intensidad de todos los LEDs.

2.2.1.4.2.3 Lista de componentes

- Diodo LED 5mm de alta luminosidad rojo
- Diodo LED 5mm de alta luminosidad amarillo
- Diodo LED 5mm de alta luminosidad verde
- Diodo 1N4001
- Resistencia 560 ohmios
- Resistencia 510 ohmios
- Resistencia 330 ohmios

Figura 7: Nueva lámpara color rojo



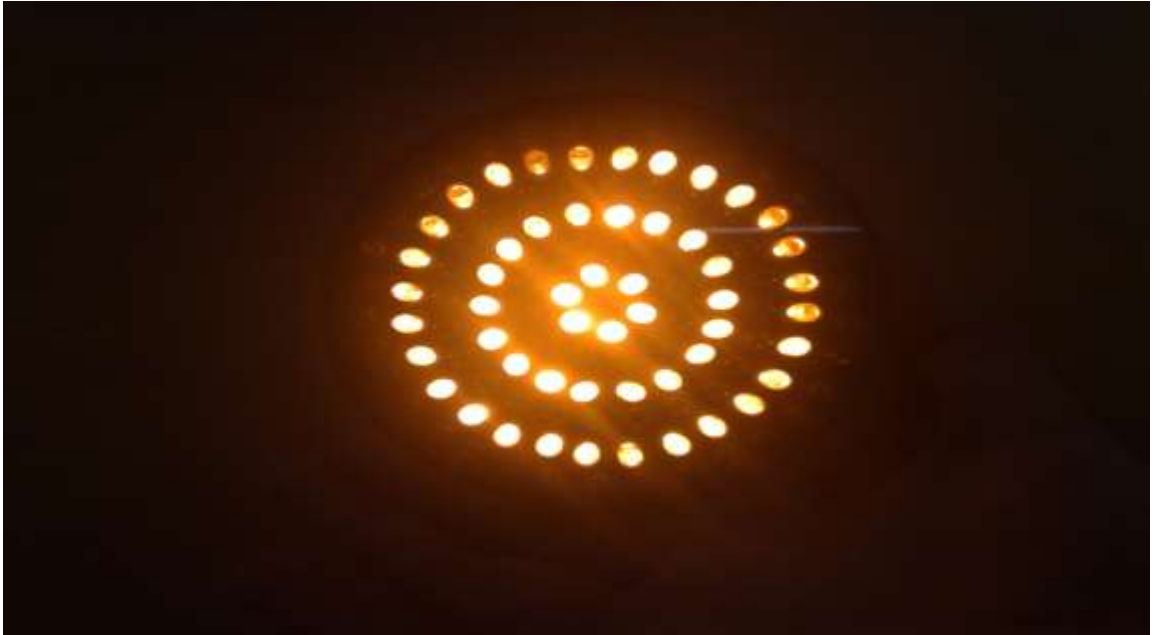
Vista frontal al 200%



Vista frontal al 100%

La nueva lámpara ROJA cuenta con 123 diodos LED, agrupados en una circunferencia de 10.5 cm de diámetro.

Figura 8: Nueva lámpara color ámbar



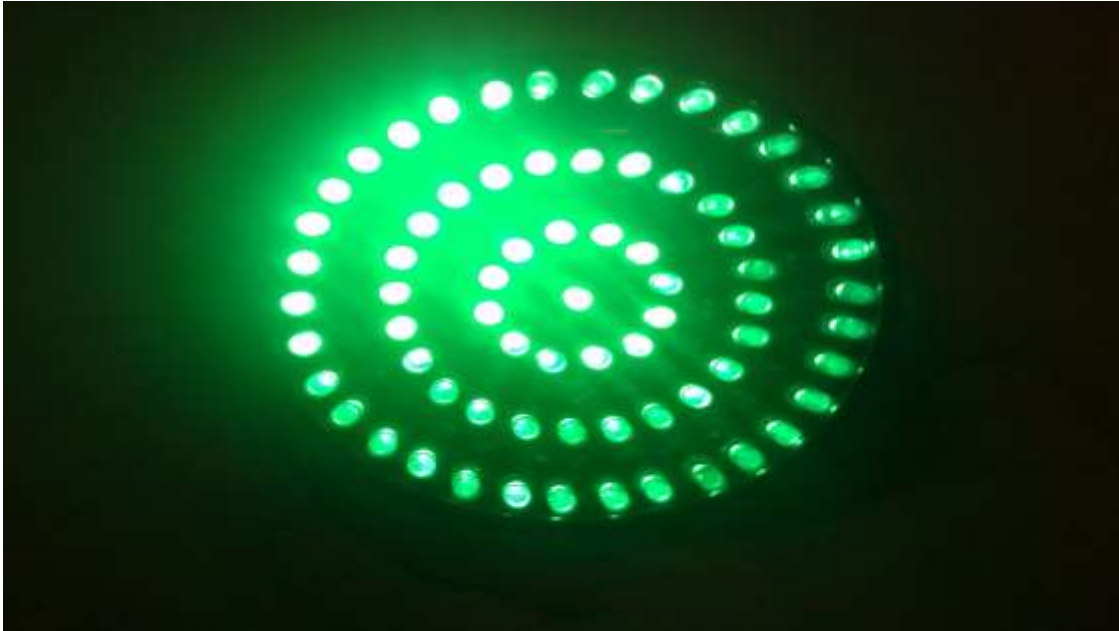
Vista frontal al 200%



Vista frontal al 100%

La nueva lámpara AMBAR O AMARILLA cuenta con 53 diodos LED, agrupados en una circunferencia de 10.5 cm de diámetro compartidos con la lámpara verde en círculos concéntricos.

Figura 9: Nueva lámpara color verde



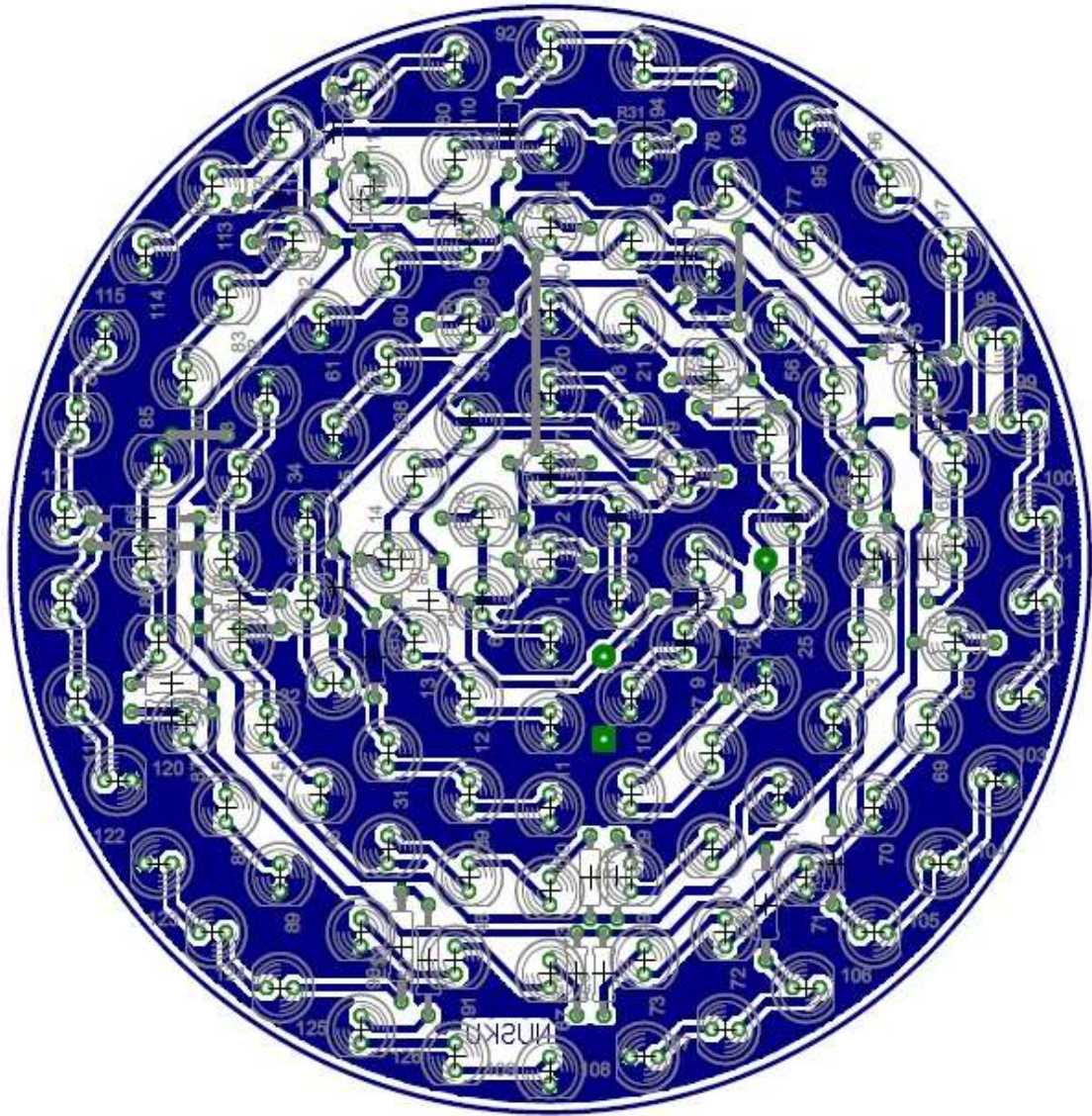
Vista frontal al 200%



Vista frontal al 100%

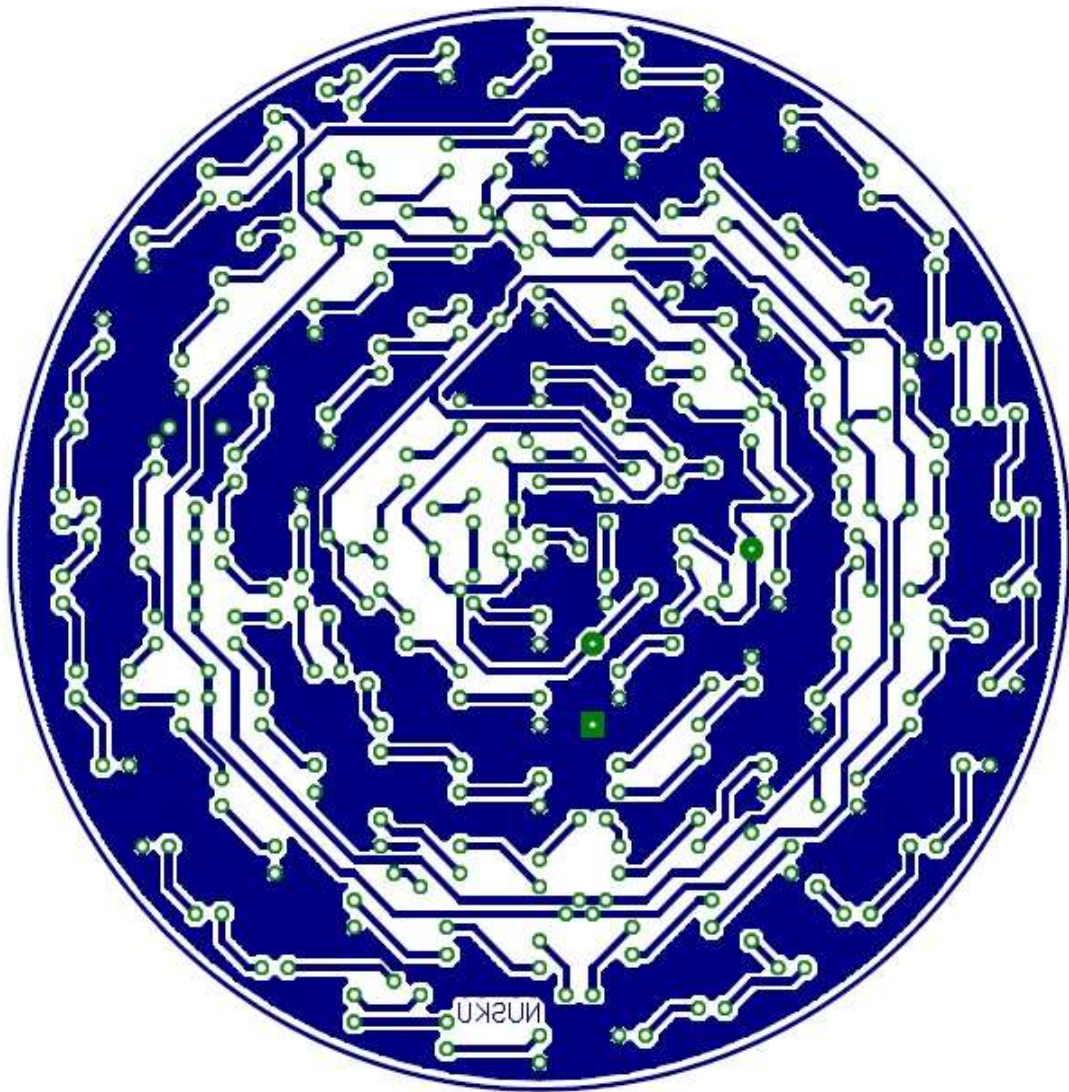
La nueva lámpara VERDE cuenta con 70 diodos LED, agrupados en una circunferencia de 10.5 cm de diámetro compartidos con la lámpara ámbar o amarilla en círculos concéntricos.

Figura 10: Circuito impreso nueva lámpara capa superior



Se han agrupado LEDs en grupos de tres con una resistencia de 330 ohmios.
Se han agrupado LEDs en grupos de dos con una resistencia de 510 ohmios.
Se utiliza para el caso de un solo LED con una resistencia de 560 ohmios.

Figura 11: Circuito impreso nueva lámpara capa inferior



El circuito impreso de la nueva lámpara es igual para las dos lámparas planteadas en este diseño, su diferencia radica en la doble conexión que tiene la lámpara de dos colores, una para el color verde y otra para el color amarillo, pues comparten la misma conexión negativa.

2.2.1.5 Características ópticas

Al igual que las buenas cualidades eléctricas que debe tener la lámpara de una señal fundamental, ésta debe tener un buen desempeño óptico-visual, para ser reconocidas fácilmente. En la señalización actual una señal fundamental se apoya en la óptica de su cristal exterior para la difusión de la luz emitida y la correcta visualización del color depende del lente.

Con la construcción de una lámpara tipo LED se puede omitir la implementación del cristal exterior pues el alto grado de complejidad de la óptica de éste hace que se eleven los costos. Con los LEDs de alto brillo disponibles en el mercado de manera masiva hace solo unos pocos años (por ende menos costosos), se han construido los prototipos utilizados en este trabajo mostrando una ventaja adicional frente a las lámparas actuales.

Si bien la tecnología LED no es nueva, su implementación a gran escala si lo es, esto porque su eficiencia luminosa hace algunos años no era comparable con la de las bombillas incandescentes.

Figura 12: Eficiencia luminosa a través del tiempo




	15th	19th	20th century...		
					
		GL	FL	HID	LED
Efficiency lm/W	1	10 – 15	70 – 104	70 – 100	Target: >> 100
Efficiency (rel.)	<1%	5 – 9%	25 – 30%	30 – 35%	Target: 30 – 50%

Tabla 10: Mediciones en el laboratorio longitud de onda

Color	Ancho de Banda (nm)
Verde	495-570
Amarillo	570-590
Rojo	620-750

En la tabla anterior se observa que los diodos utilizados en la elaboración de los prototipos de lámpara cumplen con el rango de longitud de onda para cada color. De acuerdo la hoja de datos del fabricante las longitudes de onda dominantes para cada color a una corriente de 20mA son:

- Verde = 568 nm
- Amarillo = 588 nm
- Rojo = 625 nm

También se tomaron datos sobre el comportamiento de los LEDs a los cambios de voltaje. Este es un dato muy relevante en la seguridad que la lámpara ofrece, pues el sistema de señalización con el fin de ahorrar energía reduce el voltaje que llega al mástil de la señal en las horas de la noche, y se necesita garantizar el correcto funcionamiento de las lámparas.

Figura 13: Variación del color respecto al voltaje

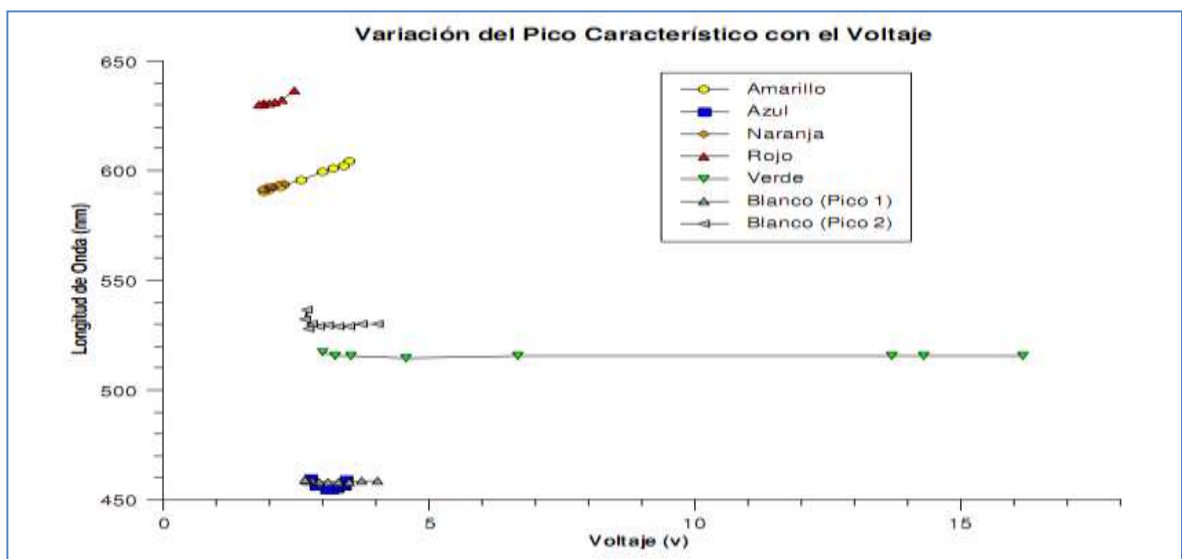
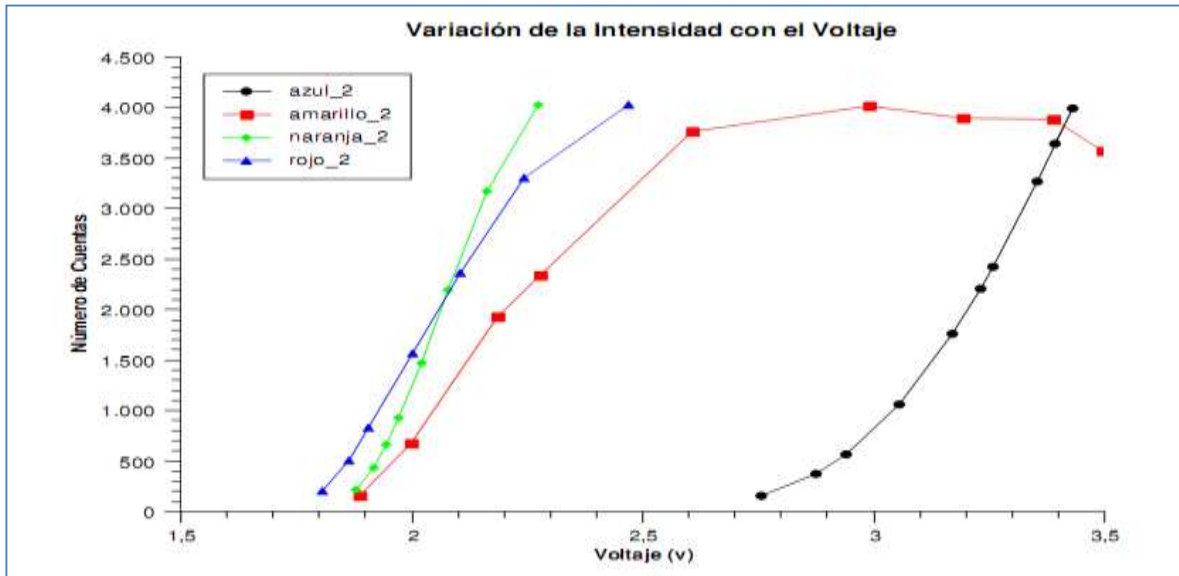


Figura 14: Variación intensidad respecto al voltaje



Esta grafica revela el comportamiento en la intensidad de los LEDs de acuerdo al incremento de voltaje, quedando evidenciado que todos los colores aumentan su intensidad luminosa a medida que se incrementa el voltaje excepto por el LED de color amarillo que muestra un punto máximo de intensidad luego se estabiliza y después a mayor voltaje su intensidad empezó a descender.

Si bien el flujo luminoso que posee la lámpara incandescente actual es de 350 lúmenes, esta se ve mejorado por el diseño del cristal exterior de la señal fundamental. En el caso de la lámpara tipo LED su flujo luminoso es aproximado a los 400 lúmenes, pero con la gran diferencia de la eliminación del cristal y la mejora en el ángulo de dispersión pues cada LED es una fuente de luz y su punto más visible no se concentra en el foco central como sucede con las lámparas actuales.

Otro factor determinante en el estudio de las lámparas tipo LED es que su eficiencia lumínica respecto a la cantidad de energía eléctrica que consume, es ampliamente superior, porque la lámpara incandescente demostró tener una eficiencia de 10 a 15 lm/w y la lámpara tipo LED dio resultados de 85 a 125 lm/w; debido a estas características que posee una lámpara tipo LED sus ventajas son evidentes aun a ojo desnudo.

3. MEDICIONES REALIZADAS DE CONSUMO

Las medidas de consumo de energía se basan en la toma del valor del voltaje y la corriente en el mismo instante y bajo las mismas condiciones.

Se realiza la toma de datos en dos ambientes, primero en el laboratorio y luego al aire libre. El objetivo de tomar muestras al aire libre es el de verificar la luminosidad de cada color en las lámparas diseñadas, para que cumplan el requerimiento mínimo de luminosidad a 150 metros de distancia.

3.1 TOMA DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Tabla 11: Mediciones en el laboratorio

PRUEBA NUMERO	VOLTAJE(v)	CORRIENTE(mA)	POTENCIA(w)
Color ROJO (123 LEDs)			
1	12	760	9.120
2	12	760	9.120
3	12	770	9.240
4	12	770	9.240
5	12	760	9.120
Promedios ROJO	12	764	9.168
Color AMARILLO (53 LEDs)			
6	12	330	3.960
7	12	328	3.936
8	12	330	3.960
9	12	332	3.984
10	12	330	3.960
Promedios AMARILLO	12	330	3.960
Color VERDE (70 LEDs)			
11	12	410	4.920
12	12	420	5.040
13	12	420	5.040
14	12	420	5.040
15	12	420	5.040
Promedios VERDE	12	418	5.016

Tabla 12: Promedios por color en laboratorio

Color ROJO (123 LEDs)		
	Lámpara	LED
Voltaje (v)	12	0.097
Corriente (mA)	764	6.211
Potencia (w)	9.168	0.075
Color AMARILLO (53 LEDs)		
	Lámpara	LED
Voltaje (v)	12	0.226
Corriente (mA)	330	6.226
Potencia (w)	3.960	0.075
Color VERDE (70 LEDs)		
	Lámpara	LED
Voltaje (v)	12	0.175
Corriente (mA)	418	5.971
Potencia (w)	5.016	0.072

3.2 TOMA DE MUESTRAS AL AIRE LIBRE

Tabla 13: Mediciones al aire libre

PRUEBA NUMERO	VOLTAJE(v)	CORRIENTE(mA)	POTENCIA(w)
Color ROJO (123 LEDs)			
1	12.9	800	10.320
2	12.9	800	10.320
3	12.9	810	10.449
4	12.9	810	10.449
5	12.9	800	10.320
Promedios ROJO	12.9	804	10.372
Color AMARILLO (53 LEDs)			
6	12.9	420	5.418
7	12.9	440	5.676
8	12.9	420	5.418
9	12.9	410	5.289
10	12.9	420	5.418
Promedios	12.9	422	5.444

AMARILLO			
Color VERDE (70 LEDs)			
11	12.9	620	7.998
12	12.9	610	7.869
13	12.9	600	7.740
14	12.9	610	7.869
15	12.9	610	7.869
Promedios VERDE	12.9	610	7.869

Tabla 14: Promedios por color al aire libre

Color ROJO (123 LEDs)		
	Lámpara	LED
Voltaje (v)	12.9	0.105
Corriente (mA)	804	6.536
Potencia (w)	10.372	0.084
Color AMARILLO (53 LEDs)		
	Lámpara	LED
Voltaje (v)	12.9	0.243
Corriente (mA)	422	7.962
Potencia (w)	5.444	0.103
Color VERDE (70 LEDs)		
	Lámpara	LED
Voltaje (v)	12.9	0.184
Corriente (mA)	610	8.715
Potencia (w)	7.869	0.112

4. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS

La valoración económica de los resultados sirve para la correcta comprensión de los beneficios que trae a la empresa ferroviaria local la implementación de la tecnología LED en su señalización, pues la virtud económica de esta tecnología se puede percibir desde las cifras de consumo de energía eléctrica en vatios; la intención de este capítulo es la de mostrar de forma fehaciente y de fácil comprensión lo que los resultados de las pruebas han arrojado, pues no siempre quien lee un trabajo de tipo investigativo necesariamente conoce el significado de las magnitudes y unidades físicas. A continuación una breve explicación de cada una de las casillas de la siguiente tabla:

Tabla 15: Indicadores promedio de beneficios de una lámpara LED

Lámpara	Consumo	Costo	Bombillas para cambio anual	Horas de Man anual	Valor hora hombre	Horas de interrupción por man	Horas Vida útil	Costo anual Elementos	Costo Horas Hombre	Total
Actual	20 Vatios	2800	10	10	50000	4	2400	28.000	2.000.000	2.028.000
Nueva LED	10 Vatios	450	4	2	50000	1	8000	1.800	100.000	101.800

Lámpara: se refiere al tipo de lámpara o bombillo que se compara.

Consumo: indica el valor en vatios de la cantidad de energía eléctrica que se consume en una unidad de tiempo.

Costo: el valor monetario de una sola bombilla y de un solo LED.

Bombillas para cambio anual: son la cantidad de bombillas en el caso de una lámpara tradicional o la cantidad de LEDs en la nueva lámpara, que se deben reemplazar en un periodo de un año.

Horas de Man anual: cantidad de horas laboradas que deben emplear los trabajadores que realizan el mantenimiento de la señalización.

Valor hora hombre: ponderación del valor de la hora trabajada con todos los beneficios y posibles recargos.

Horas de interrupción por mantenimiento: el número acumulado de horas al año que va dejar de funcionar la señal fundamental por el cambio de la lámpara abriendo la ventana de riesgo que esto conlleva.

Horas vida útil: medición en horas de la vida útil de una lámpara tradicional y la de una lámpara tipo LED.

Costo anual de elementos: resultado de multiplicar el número de elementos usados en el mantenimiento por su precio.

Costo horas hombre: valor anual acumulado de las horas laboradas.

El menor costo por consumo energético se puede ver de forma más clara con las siguientes tablas que cada una se refiere al ejemplo de comparar el sistema de lámparas actual si se contara con 200 lámparas con la nueva lámpara LED, utilizando un valor de consumo energético tomado del valor más alto obtenido en las pruebas.

Tabla 16: Indicadores de la lámpara LED roja

Lámpara	Vatios	Cambios	Total Vatios	Costo Kilovatio en pesos	Total en pesos
Actual	20	200	4000	314	1.256.000
ROJA	11	200	2200	314	690.800

Tabla 17: Indicadores de la lámpara LED amarilla

Lámpara	Vatios	Cambios	Total Vatios	Costo Kilovatio en pesos	Total en pesos
Actual	20	200	4000	314	1.256.000
AMARILLA	6	200	1200	314	376.800

Tabla 18: Indicadores de la lámpara LED verde

Lámpara	Vatios	Cambios	Total Vatios	Costo Kilovatio en pesos	Total en pesos
Actual	20	200	4000	314	1.256.000
VERDE	8	200	1600	314	502.400

5. CONSIDERACIONES AMBIENTALES

El estímulo a las empresas comprometidas con el ambiente consiste en reconocimiento a su gestión, con difusión a nivel empresarial de sus buenas prácticas, lo que de hecho se transforma en ventajas comparativas de productos elaborados o servicios prestados mediante programas de gestión ambiental sostenibles como lo planteado en esta investigación que es una optimización en el consumo de energía, también lo es, un adecuado programa de residuos que complementa profundamente el espíritu de protección al medio ambiente de este trabajo.

Dentro de los elementos que componen la lámpara LED y que se desechan al momento de un mantenimiento preventivo preferiblemente y no correctivo están:

- *Plásticos*: Los residuos plásticos son susceptibles de ser reciclados mediante procesos similares a los de su fabricación original. Aprovechando su comportamiento con respecto a los cambios de temperatura, pueden ser llevados mediante calentamiento a su estado elasto-plástico y en estas condiciones darles nueva forma para luego, mediante enfriamiento, llevarlos hasta el estado sólido conservando la forma adquirida.

- *Metales*: se encuentran metales como el galio, silicio, arsénico, aluminio, estaño. Existen diferentes medios que permiten que la separación de materiales sea además de una simple distribución manual, una oportunidad de renovación de productos base como materia prima a través de procesos que pueden ser químicos o físicos; todo dependiendo de las propiedades químicas y físicas de cada material a extraer.

Para una mayor comprensión de la definición del método químico de separación de materiales, es necesario conocer las propiedades físicas y químicas de los materiales, en especial la de los materiales metálicos, que son los elementos más abundantes en la descomposición y que son producto base o materia prima a recuperar, del cual están hechos la mayoría de los componentes eléctricos y electrónicos; de acuerdo a estas propiedades se establecen varios métodos de separación química para metal, entre ellos:

- *Flotación*: Es un proceso de gravedad modificado en el que el mineral metálico finamente triturado se mezcla con un líquido. El metal o compuesto metálico suele flotar, mientras que el subproducto se va al fondo. En algunos casos ocurre lo contrario.
- *Amalgamación*: Es un proceso metalúrgico que utiliza mercurio para disolver plata u oro formando una amalgama. Este sistema ha sido

sustituido en gran medida por el proceso con cianuro, en el que se disuelve oro o plata en disoluciones de cianuro de sodio o potasio.

- Fundición: Es el proceso de fabricación de piezas mediante el colado del material derretido en un molde por efectos de altas temperaturas sobre el material.

Se espera que en el futuro cercano la legislación no solo tienda a obligar a grandes empresas a tomar medidas de cuidado al ambiente se debe considerar que un problema del tipo ambiental nos afecta a todos y principalmente cuando se trata de elementos que se están convirtiendo en parte de nuestras vidas, como dispositivos electrónicos que cada vez son de mayor consumo⁹ y su correcto desecho día a día se hace prioritario y riguroso.

Además del reconocimiento entre empresas, también los gobiernos se han comprometido a mejorar los incentivos fiscales a éstas, bien sea en reducciones o exoneraciones en pago de impuestos y otros aportes obligatorios.

Visión, innovación, creatividad y creación de riqueza son cuestiones que deben caracterizar la gestión de las empresas. Pero hoy en día, las empresas enfrentan un reto adicional para poder contribuir con un crecimiento económico, así como promover el desarrollo y el empleo en sus países; este reto es el cambio climático que obliga a las empresas a buscar una transformación radical a partir de los patrones actuales de la actividad económica de producción, uso de la energía, de consumo, de conducta para construir una nueva economía sostenible¹⁰.

Premios como el premio Responsabilidad Ambiental cada año fortalecen y amplían los espacios de participación para la estimulación a los empresarios que de manera comprometida y responsable han desarrollado programas de gestión ambiental en sus procesos productivos y actividades comerciales o agropecuarias, basados en la necesidad de establecer la mitigación de las acciones que impactan en el cambio climático como ejemplo de la afectación al ambiente.

Organizaciones mundiales como la ONU han creado indicadores para medir el daño causado al medio ambiente y la forma en que se intenta retribuirlo, entre ellos la huella ecológica con el fin de concientizar a los países y sus gobiernos de las repercusiones que este daño está causando y podría causar en un futuro cada vez más cercano.

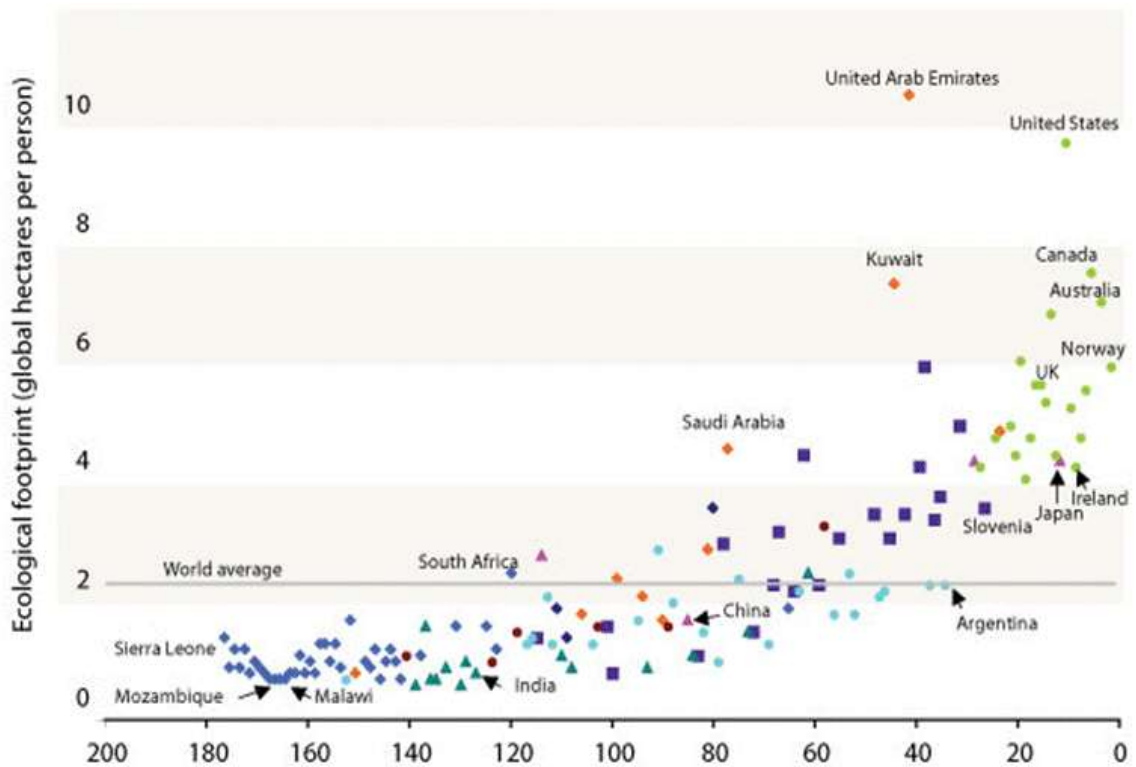
La huella ecológica es un indicador agregado definido como «el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos)

⁹ DUQUE, Julián. et al. Proyecto E-WASTE. Envigado, 2010, 78p. Trabajo de grado (Ingeniería Electrónica). Institución Universitaria de Envigado. Facultad de Ingenierías.

¹⁰ DEW, John. Responsabilidad Ambiental. Revista Responsabilidad 2010. Vol. 2, (sep. 2010); p. 4.

necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida.

Figura 15: Huella ecológica



Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Highlight_Findings_of_the_WA_S0E_2007_report_gif

Básicamente sus resultados están basados en la observación de los siguientes aspectos:

- La cantidad de hectáreas utilizadas para urbanizar, generar infraestructuras y centros de trabajo.
- Hectáreas necesarias para proporcionar el alimento vegetal necesario.
- Superficie necesaria para pastos que alimenten al ganado.
- Superficie marina necesaria para producir el pescado.
- Hectáreas de bosque necesarias para asumir el CO₂ que provoca nuestro consumo energético. En este sentido no sólo incidiría el grado de eficiencia energética alcanzado sino también las fuentes empleadas para su obtención: a mayor uso de energías renovables, menor huella ecológica.

6. CONCLUSIONES

A través del trabajo investigativo realizado por medio de la construcción de las lámparas LED de una señal fundamental para el sistema metro que posee la ciudad de Medellín, por los conocimientos adquiridos en la elaboración de esta investigación y la experiencia de más de cinco años como conductor de trenes de pasajeros del investigador que realiza este trabajo de grado, se llega a las siguientes conclusiones

- La tecnología LED en su construcción es significativamente costosa si se compara con el sistema de lámparas actual pues el costo de una sola bombilla incandescente es cinco veces menor que una lámpara construida con tecnología LED.
- Los valores eléctricos sobre consumo y eficiencia de energía, obtenidos en la nueva lámpara LED de una señal luminosa son significativamente menores a los valores medidos en las lámparas actuales. Pues la potencia consumida por una lámpara actual es el doble de una lámpara tipo LED, además la eficiencia energética de una lámpara tipo LED es casi ocho veces mayor a la eficiencia de una lámpara convencional; de esta forma dichos valores toman una enorme importancia al momento de traducirlos en indicadores monetarios siempre y cuando el proyecto sea implementado a largo plazo.
- El sentido proteccionista con el medio ambiente con el que nació y ha crecido la empresa metro de la ciudad, se ve enriquecido y se fortalece con la disminución en el consumo de energía eléctrica por parte de la señalización si se tiene en cuenta que cada señal fundamental hace parte de un sistema que trabaja todo el día, los siete días de la semana desde hace quince años, consumiendo millones de vatios, pero sigue siendo el sistema de transporte más amigable con el ambiente que existe en la ciudad.

7. RECOMENDACIONES

Es necesario mencionar que para realizar una migración exitosa de tecnología en la señalización, desde la plataforma actual de lámparas incandescentes, se deben tener en cuenta una serie de recomendaciones interdisciplinarias que abarcan lo administrativo, técnico, y económico descritas a continuación:

- Se recomienda hacer un cambio paulatino de lámparas en las señales luminosas, es decir a medida que se vaya agotando el stock de lámparas actuales, instalar las nuevas. Otro caso es de la construcción de nuevas instalaciones, en las cuales se deberán instalar las nuevas señales con lámparas LED, pues un cambio inmediato en todas las lámparas de la señalización ferroviaria actual sería un gasto innecesario e insostenible para la empresa.
- El mantenimiento a las señales fundamentales que funcionen con tecnología deberá de hacerse de forma PREVENTIVA (el operador de estación dentro de la inspección que realiza en horas de la madrugada de un reporte del estado de la señal) y no correctiva como se realiza actualmente, pues de esta forma se garantizará que en la mayoría del tiempo la lámpara LED se encuentre iluminando al 100%.
- No existirán problemas en el desecho de los componentes de la nueva lámpara de una señal fundamental si se continua con la adecuada disposición de los materiales, como se hace en la actualidad; dentro de estos materiales ya se encuentran LEDs pertenecientes a otros componentes eléctricos de trenes y estaciones.

BIBLIOGRAFIA

- BLAKE, Roy. Sistemas Electrónicos de Comunicaciones. 2 ed. México: Thomson, 2003. 985p. ISBN: 970-686-365-6.
- BOYLESTAD Robert NASHELSKY Lois. Electrónica Teoría de Circuitos y dispositivos electrónicos. 8 ed. México: Pearson - PrenticeHall, 2003. 1040p. ISBN: 970-26-0436-2.
- DAUB, G. William SEESE, William. Química. 7 ed. México: Pearson - PrenticeHall, 1996. 768p. ISBN: 0-13-373630-x.
- RASHID, Muhammad H. Electrónica de Potencia: Diodos Semiconductores. 3 ed. México: Pearson, 2004. 904p. ISBN: 970-26-0532-6.
- SEARS, ZEMANSKY, YOUNG, FREEDMAN. Física Universitaria. 11 ed. México: Pearson - Addison Wesley, 2003. 864p. ISBN: 970-26-0511-3.
- SERWAY, Raymond MOSES Clement MOYER Curt. Física Moderna. 3 ed. México: Thomson, 2006. 642p. ISBN: 970-68 649-2.

Bibliografía en línea:

- CENAM. Mediciones en LEDs de alta densidad. Mexico, 2011 {En línea}. {Consultado febrero 2011}. Disponible en <http://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/S4/SM2008-S4B1-1015.pdf>
- LRC. Lighting Research Center. New York, 2010 {En línea}. {Consultado abril 2010} Disponible en < www.lrc.rpi.edu/programs/solidstate/ >

- OSRAM. Everything about LED. Munich, 2011 {En línea}. {Consultado febrero 2011}. Disponible en <http://www.osram.com/osram_com/LED/Everything_about_LED/index.html>.
- RENSSELAER POLYTECHNIC INSTITUTE. New York, 2010 {En línea}. {Consultado abril 2010} Disponible en <<http://www.rpi.edu/>>
- SIEMENS ANDINA. Productos y Servicios. Bogotá, 2010 {En línea}. {Consultado abril 2010}. Disponible en <http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/templates/PortalRender.aspx?channel=990&parentid=980>.

Bibliografía complementaria

- METROMED. Manuales Técnicos: Señalización. Medellín: Metro de Medellín Ltda., 2010.
- RESPONSABILIDAD AMBIENTAL. Revista: Premio Responsabilidad Ambiental 2010. Bogotá: Embajada Británica en Bogotá, 2010.


ANEXOS

Anexo A: Características típicas de un semáforo LED

SPARK
HUIJIAO 华亚照明

SERIALS OF LED TRAFFIC SIGNAL LIGHT

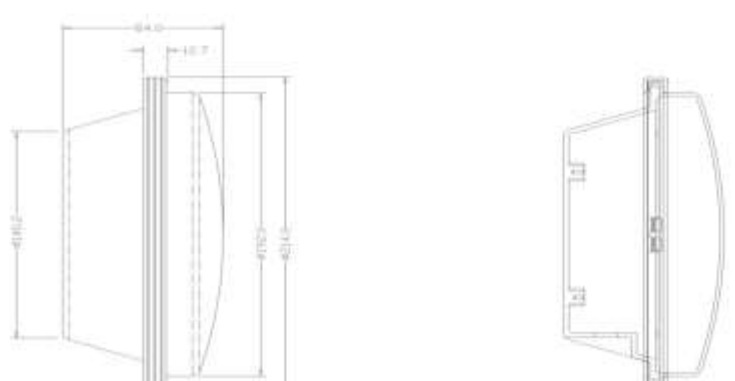
Φ200 Core of Signal Light



SPJD200-R SPJD200-Y SPD200-G SPFX200-R SPFX200-G
SPRX200-R SPRX200-D SPRX200-G SPFX200-Y SPCD200-R


MAIN TECHNOLOGY PARAMETER

Model	Light color	Quantity of LED (pcs)	Light intensity (cd)	Wavelength (nm)	Visual angle		Consumed power (W)	Operating temperature (°C)	Operating voltage	Outside material	Outer size (mm)
					Left/right	Allow					
SPJD200-R	■	90	>400	625±5	60	30	<8	-40~+80	AC200~280V 50Hz/60Hz	PC	Φ200
SPJD200-Y	■	90	>400	590±5	60	20	<8				
SPJD200-G	■	90	>400	505±2	60	20	<7				
SPFX200-R	→	36	>4000/m²	625±5	60	20	<5				
SPFX200-Y	→	36	>4000/m²	590±5	60	20	<5				
SPFX200-G	→	36	>4000/m²	505±2	60	20	<5				
SPCD200-R	×	36	>4000/m²	625±5	60	20	<5				
SPRX200-R	⤴	48	>4000/m²	625±5	30	10	<8	-40~+80	AC200~280V 50Hz/60Hz	PC	Φ200
SPRX200-G	⤴	42	>4000/m²	505±2	30	10	<8				
SPRX200-D	⤴	314	>4000/m²	505±2	30	10	<10				



Anexo B: Hoja de Datos Diodo 1N4001


1N4001-1N4007



1N4001 - 1N4007

Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



DO-41
COLOR BAND DENOTES CATHODE

General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings* T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V _{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
I _{F(AV)}	Average Rectified Forward Current, .375" lead length @ T _A = 75°C	1.0							A
I _{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
T _{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +175							°C
T _J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P _D	Power Dissipation	3.0	W
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	°C/W

Electrical Characteristics

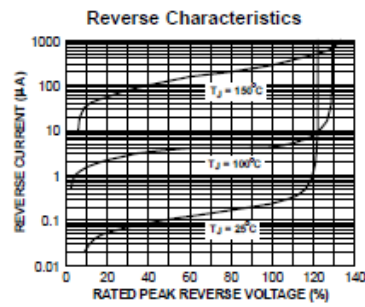
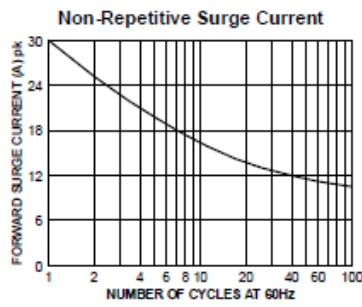
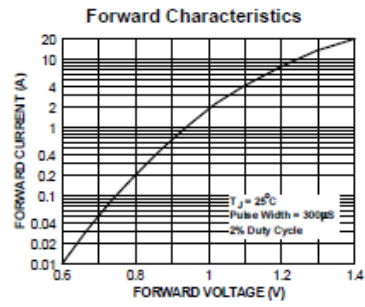
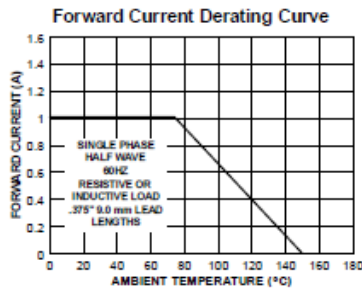
T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V _F	Forward Voltage @ 1.0 A	1.1							V
I _r	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle T _A = 75°C	30							μA
I _R	Reverse Current @ rated V _R T _A = 25°C T _A = 100°C	5.0 500							μA μA
C _T	Total Capacitance V _R = 4.0 V, f = 1.0 MHz	15							pF

©2003 Fairchild Semiconductor Corporation
1N4001-1N4007, Rev. C1

General Purpose Rectifiers
(continued)

Typical Characteristics



TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	FACT™	ImpliedDisconnect™	PACMAN™	SPM™
ActiveArray™	FACT Quiet Series™	ISOPLANAR™	POP™	Stealth™
Bottomless™	FAST®	LittleFET™	Power247™	SuperSOT™-3
CoolFET™	FASTr™	MicroFET™	PowerTrench®	SuperSOT™-6
CROSSVOLT™	FRFET™	MicroPak™	QFET™	SuperSOT™-8
DOME™	GlobalOptoisolator™	MICROWIRE™	QS™	SyncFET™
EcoSPARK™	GTO™	MSX™	QT Optoelectronics™	TinyLogic®
E ² CMOS™	HiSeC™	MSXPro™	Quiet Series™	TruTranslation™
EnSigna™	FC™	OCX™	RapidConfigure™	UHC™
Across the board. Around the world.™		OCXPro™	RapidConnect™	UltraFET®
The Power Franchise™		OPTOLOGIC®	SILENT SWITCHER®	VCX™
Programmable Active Droop™		OPTOPLANAR™	SMART START™	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Rev. 12

Anexo C: Hoja de Datos LED rojo

Kingbright

T-1 3/4 (5mm) SOLID STATE LAMP

WP1513IT

HIGH EFFICIENCY RED

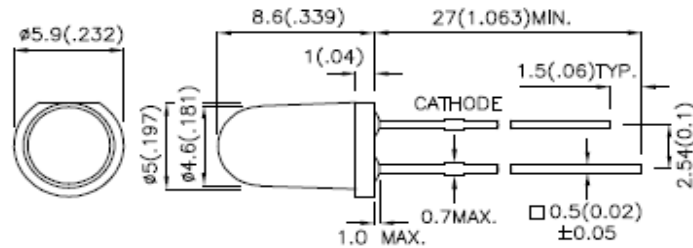
Features

- LOW POWER CONSUMPTION.
- VERSATILE MOUNTING ON P.C. BOARD OR PANEL.
- T-1 3/4 DIAMETER PACKAGE, TAPERED TYPE.
- RELIABLE AND RUGGED.
- RoHS COMPLIANT.

Description

The High Efficiency Red source color devices are made with Gallium Arsenide Phosphide on Gallium Phosphide Orange Light Emitting Diode.

Package Dimensions



Notes:

1. All dimensions are in millimeters (inches).
2. Tolerance is $\pm 0.25 (0.01)$ unless otherwise noted.
3. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.
4. Specifications are subject to change without notice.

SPEC NO: DSAF0221
APPROVED: J. Lu

REV NO: V.2
CHECKED: Allen Liu

DATE: APR/19/2005
DRAWN: S.H.CHEN

PAGE: 1 OF 4
ERP: 1101001753

Kingbright

Selection Guide

Part No.	Dice	Lens Type	Iv (mcd) @ 10mA		Viewing Angle
			Min.	Typ.	
WP1513IT	HIGH EFFICIENCY RED (GaAsP/GaP)	RED TRANSPARENT	40	80	2 θ 1/2 20°

Note:

1. θ 1/2 is the angle from optical centerline where the luminous intensity is 1/2 the optical centerline value.

Electrical / Optical Characteristics at TA=25°C

Symbol	Parameter	Device	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
λ_{peak}	Peak Wavelength	High Efficiency Red	627		nm	IF=20mA
λ_D	Dominant Wavelength	High Efficiency Red	625		nm	IF=20mA
$\Delta\lambda_{1/2}$	Spectral Line Half-width	High Efficiency Red	45		nm	IF=20mA
C	Capacitance	High Efficiency Red	15		pF	VF=0V; f=1MHz
VF	Forward Voltage	High Efficiency Red	2.0	2.5	V	IF=20mA
IR	Reverse Current	High Efficiency Red		10	uA	VR = 5V

Absolute Maximum Ratings at TA=25°C

Parameter	High Efficiency Red	Units
Power dissipation	105	mW
DC Forward Current	30	mA
Peak Forward Current [1]	160	mA
Reverse Voltage	5	V
Operating/Storage Temperature	-40°C To +85°C	
Lead Solder Temperature [2]	260°C For 3 Seconds	
Lead Solder Temperature [3]	260°C For 5 Seconds	

Notes:

1. 1/10 Duty Cycle, 0.1ms Pulse Width.
2. 2mm below package base.
3. 5mm below package base.

SPEC NO: DSAF0221

REV NO: V.2

DATE: APR/19/2005

PAGE: 2 OF 4

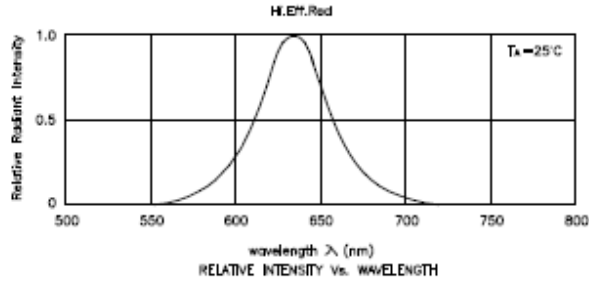
APPROVED: J. Lu

CHECKED: Allen Liu

DRAWN: S.H.CHEN

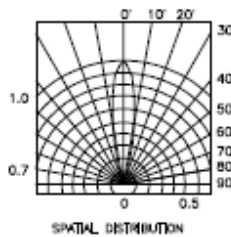
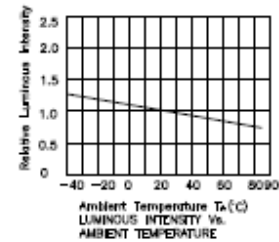
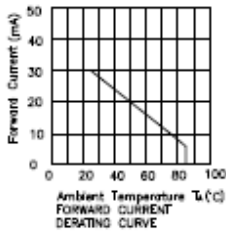
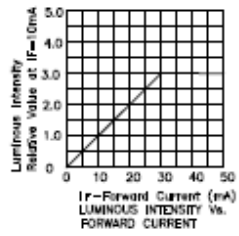
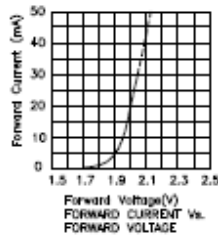
ERP: 1101001753

Kingbright



High Efficiency Red

WP1513IT



SPEC NO: DSAF0221
 APPROVED: J. Lu

REV NO: V.2
 CHECKED: Allen Liu

DATE: APR/19/2005
 DRAWN: S.H.CHEN

PAGE: 3 OF 4
 ERP: 1101001753

Anexo D: Hoja de datos LED amarillo

Kingbright

T-1 3/4 (5mm) SOLID STATE LAMP

WP1513YT

YELLOW

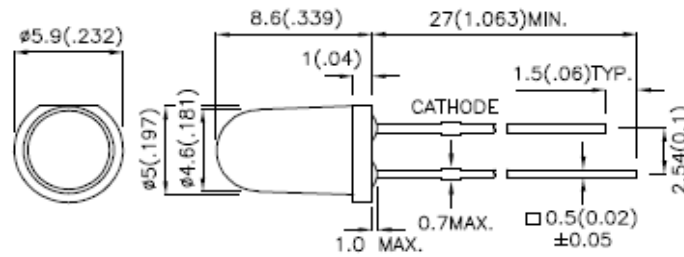
Features

- LOW POWER CONSUMPTION.
- VERSATILE MOUNTING ON P.C. BOARD OR PANEL.
- T-1 3/4 DIAMETER PACKAGE, TAPERED TYPE.
- RELIABLE AND RUGGED.
- RoHS COMPLIANT.

Description

The Yellow source color devices are made with Gallium Arsenide Phosphide on Gallium Phosphide Yellow Light Emitting Diode.

Package Dimensions



Notes:

1. All dimensions are in millimeters (inches).
2. Tolerance is $\pm 0.25(0.01")$ unless otherwise noted.
3. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.
4. Specifications are subject to change without notice.

SPEC NO: DSAF0220
APPROVED: J. Lu

REV NO: V.2
CHECKED: Allen Liu

DATE: APR/19/2005
DRAWN: S.H.CHEN

PAGE: 1 OF 4
ERP: 1101001812

Kingbright

Selection Guide

Part No.	Dice	Lens Type	Iv (mcd) @ 10 mA		Viewing Angle
			Min.	Typ.	2 θ 1/2
WP1513YT	YELLOW (GaAsP/GaP)	YELLOW TRANSPARENT	18	40	20°

Note:

1. θ 1/2 is the angle from optical centerline where the luminous intensity is 1/2 the optical centerline value.

Electrical / Optical Characteristics at TA=25°C

Symbol	Parameter	Device	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
λ_{peak}	Peak Wavelength	Yellow	590		nm	I _F =20mA
λ_D	Dominant Wavelength	Yellow	588		nm	I _F =20mA
$\Delta\lambda_{1/2}$	Spectral Line Half-width	Yellow	35		nm	I _F =20mA
C	Capacitance	Yellow	20		pF	V _R =0V; f=1MHz
V _F	Forward Voltage	Yellow	2.1	2.5	V	I _F =20mA
I _R	Reverse Current	Yellow		10	uA	V _R = 5V

Absolute Maximum Ratings at TA=25°C

Parameter	Yellow	Units
Power dissipation	105	mW
DC Forward Current	30	mA
Peak Forward Current [1]	140	mA
Reverse Voltage	5	V
Operating / Storage Temperature	-40°C To +85°C	
Lead Solder Temperature [2]	260°C For 3 Seconds	
Lead Solder Temperature [3]	260°C For 5 Seconds	

Notes:

1. 1/10 Duty Cycle, 0.1ms Pulse Width.
2. 2mm below package base.
3. 5mm below package base.

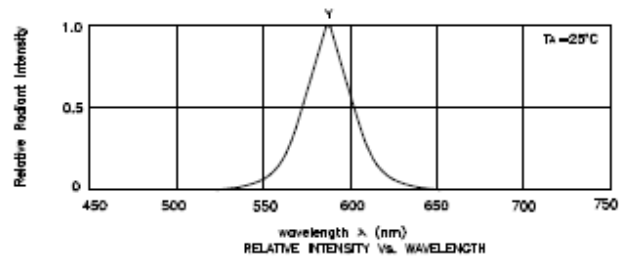
SPEC NO: DSAF0220
APPROVED: J. Lu

REV NO: V.2
CHECKED: Allen Liu

DATE: APR/13/2005
DRAWN: S.H.CHEN

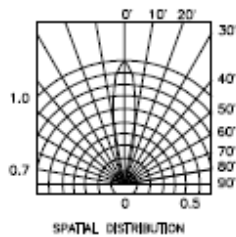
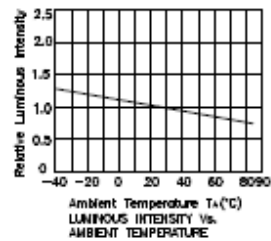
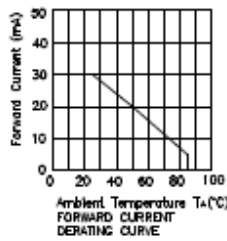
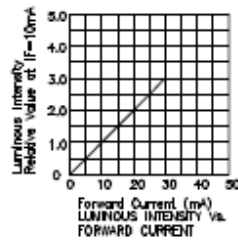
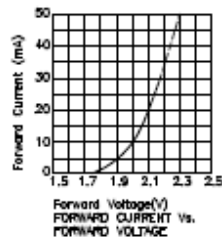
PAGE: 2 OF 4
ERP: 1101001812

Kingbright



Yellow

WP1513YT



SPEC NO: DSAF0220
APPROVED: J. Lu

REV NO: V.2
CHECKED: Allen Liu

DATE: APR/13/2005
DRAWN: S.H.CHEN

PAGE: 3 OF 4
ERP: 1101001812

Anexo E: Hoja de datos LED verde

Kingbright

T-1 3/4 (5mm) SOLID STATE LAMP

WP1513GT

GREEN

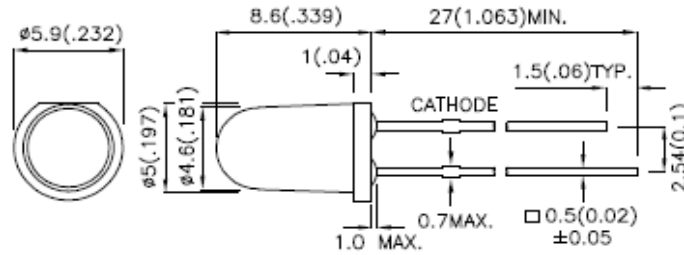
Features

- LOW POWER CONSUMPTION.
- VERSATILE MOUNTING ON P.C. BOARD OR PANEL.
- T-1 3/4 DIAMETER PACKAGE, TAPERED TYPE.
- RELIABLE AND RUGGED.
- ROHS COMPLIANT.

Description

The Green source color devices are made with Gallium Phosphide Green Light Emitting Diode.

Package Dimensions



Notes:

1. All dimensions are in millimeters (inches).
2. Tolerance is $\pm 0.25 (0.01)$ unless otherwise noted.
3. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.
4. Specifications are subject to change without notice.

SPEC NO: DSAF2371
APPROVED: J. Lu

REV NO: V.1
CHECKED: Allen Liu

DATE: APR/19/2005
DRAWN: S.H.CHEN

PAGE: 1 OF 4
ERP:1101001746

Kingbright

Selection Guide

Part No.	Dice	Lens Type	Iv (mcd) @ 10mA		Viewing Angle
			Min.	Typ.	2 θ 1/2
WP1513GT	GREEN (GaP)	GREEN TRANSPARENT	18	50	20°

Note:

1. θ1/2 is the angle from optical centerline where the luminous intensity is 1/2 the optical centerline value.

Electrical / Optical Characteristics at TA=25°C

Symbol	Parameter	Device	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
λ_{peak}	Peak Wavelength	Green	565		nm	I _F =20mA
λ_D	Dominant Wavelength	Green	568		nm	I _F =20mA
$\Delta\lambda_{1/2}$	Spectral Line Half-width	Green	30		nm	I _F =20mA
C	Capacitance	Green	15		pF	V _R =0V; f=1MHz
V _F	Forward Voltage	Green	2.2	2.5	V	I _F =20mA
I _R	Reverse Current	Green		10	μA	V _R = 5V

Absolute Maximum Ratings at TA=25°C

Parameter	Green	Units
Power dissipation	105	mW
DC Forward Current	25	mA
Peak Forward Current [1]	140	mA
Reverse Voltage	5	V
Operating / Storage Temperature	-40°C To +85°C	
Lead Solder Temperature [2]	260°C For 3 Seconds	
Lead Solder Temperature [3]	260°C For 5 Seconds	

Notes:

1. 1/10 Duty Cycle, 0.1ms Pulse Width.
2. 2mm below package base.
3. 5mm below package base.

SPEC NO: DSAF2371

REV NO: V.1

DATE: APR/19/2005

PAGE: 2 OF 4

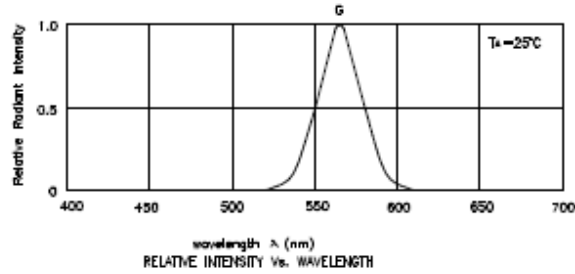
APPROVED: J. Lu

CHECKED: Allen Liu

DRAWN: S.H.CHEN

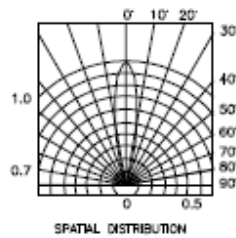
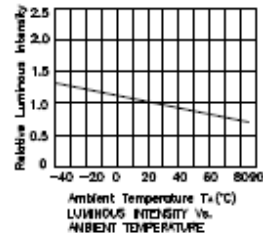
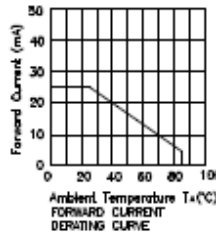
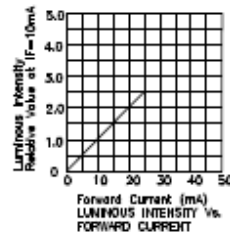
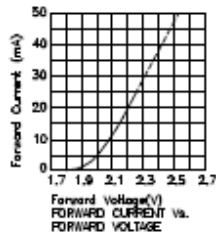
ERP:1101001746

Kingbright



Green

WP1513GT



SPEC NO: DSAF2371
APPROVED: J. Lu

REV NO: V.1
CHECKED: Allen Liu

DATE: APR/19/2005
DRAWN: S.H.CHEN

PAGE: 3 OF 4
ERP:1101001746

Anexo F: Algunos precios de semáforos LED en Colombia



Foto	Modelo No.	Nombre	Dimensiones (mm)	Tamaño del Paquete	N.W./G.W. (Kgs)	Precio Unitario (Pesos)
	JD200-3-3	200mm LED Traffic Ball Signal Light	750x250x180	850x325x270	7.50/9.20	\$ 878.400
	FX200-3-3	200mm LED Traffic Arrow Signal Light	750x250x180	850x325x270	7.50/8.80	\$ 753.600
	JD200-3-2+FX200-3-2	200mm LED Traffic Ball & Arrow Signal Light	1,000x250x180	1,210x325x270	10.40/12.00	\$ 1.094.400
	JD200-3-2+FX200-3-3	200mm LED Traffic Ball & Arrow Signal Light	1,250x250x180	1,470x325x270	12.90/14.50	\$ 1.383.200
	RX200-3-2	200mm LED Pedestrian Signal Light	500x250x180	690x325x270	5.40/6.40	\$ 658.800
	RX200-3-01A	200mm Dynamic Pedestrian Signal Light	500x250x180	690x325x270	5.50/6.50	\$ 801.800
	CD200-3-2	200mm LED Cross & Arrow Signal Light	500x250x180	690x325x270	5.10/6.40	\$ 628.000
	JD300-3-3	300mm LED Traffic Ball Signal Light	1,050x350x180	1,250x430x280	13.20/15.40	\$ 1.168.800
	FX300-3-3	300mm LED Arrow Signal Lights	1,050x350x180	1,250x430x280	12.50/14.60	\$ 840.800
	JD300-3-2+FX300-3-2	300mm LED Traffic Ball & Arrow Signal Light	1,400x350x180	1,590x430x280	16.40/19.00	\$ 1.377.600
	JD300-3-2+FX300-3-3	300mm LED Traffic Ball & Arrow Signal Light	1,750x350x180	1,940x430x280	20.00/23.10	\$ 1.718.000
	JD300-3-1+JD200-3-2	300mm Red Ball & Yellow + Green Ball Signal Light	850x350x180	1,250x430x280	9.20/11.30	\$ 956.200
	JD300-3-3+FX300-3-1	300mm LED Traffic Ball & Arrow Signal Light	1,400x700x180	1,590x430x280	16.40/19.00	\$ 1.482.800
	RX300-3-2	300mm LED Pedestrian Signal Light	700x350x180	800x430x280	7.80/9.50	\$ 688.400
	RX300-3-01A	300mm Dynamic Pedestrian Signal Light	700x350x180	800x430x280	7.90/9.60	\$ 818.720
	RX300-3-02A	300mm Dynamic Pedestrian with Countdown Timer	700x350x180	800x430x280	13.0/14.7	\$ 1.124.840

* PRECIOS NO INCLUYEN IVA

* PRECIOS PUEDEN VARIAR SIN PREVIO AVISO

Info@colombialeads.com • TEL: 2110543, 3125736 • FAX: 7344003 • BOGOTÁ, COLOMBIA • www.colombialeads.com

	CD300-3-2in1	300mm LED Cross & Arrow 2-in-1	350x350x180	1,250x430x280 (2 Sets)	8.20/10.60	\$ 880.720
	CD300-3-2	300mm LED Cross & Arrow Signal Light	700x350x180	800x430x280	8.00/9.50	\$ 864.720
	FJ300-3-2	300mm LED Bicycle Signal Light	700x350x180	800x430x280	8.10/9.80	\$ 720.000
	FJ300-3-3	300mm LED Bicycle Signal Light	1,000x350x180	1,250x430x280	13.00/15.20	\$ 1.061.200
	DJS-A-1	2-Digit 1C LED Countdown Timer (C-99)	700x600x80	785x625x170	15.50/17.50	\$ 882.840
	DJS-B-1	2 and Half-Digit 1C LED Countdown Timer (C-99)	820x600x80	850x625x170	17.00/18.50	\$ 1.082.400
	DJS-C-1	3-Digit 1C LED Countdown Timer (C-99)	1,100x660x80	1,140x685x170	22.20/23.70	\$ 1.610.080
	DJS-A-3	2-Digit 3C LED Countdown Timer (C-99)	700x600x80	785x625x170	15.50/17.50	\$ 1.540.800
	DJS-B-3	2 and Half-Digit 3C LED Countdown Timer (C-99)	820x600x80	850x625x170	17.00/18.50	\$ 1.892.000
	DJS-C-3	3-Digit 3C LED Countdown Timer (C-99)	1,100x660x80	1,140x685x170	22.20/23.70	\$ 2.174.400
	BBE-A3	14 Outputs Intelligent Traffic Signal Controller	300x280x120	430x340x180	5.00/6.40	\$ 1.267.800
	BBE-C	28 Outputs Intelligent Traffic Signal Controller	380x340x155	400x400x200	9.75/10.25	\$ 4.812.800
	MRZ-A1	Blindman Audio Buzzer	130x65x45	345x230x190	6.4/7.0	\$ 401.280
	XBA-A1	Pedestrian Push Button	205x105x87	480x240x215	10.2/11.8	\$ 278.840
	SG300-3-T3	Solar Powered LED Warning Light	560x590x780	500x210x600	15.0/16.5	\$ 1.185.200
	FDB-A1	200mm Separate Road Indicator	320x202x1.063	1,080x340x300	15.5/17.5	\$ 628.000
	FDB-A2	300mm Separate Road Indicator	480x230x1.440	1,480x520x350	31.2/33.7	\$ 888.800

* PRECIOS NO INCLUYEN IVA
 * PRECIOS PUEDEN VARIAR SIN PREVIO AVISO
 info@colombialeads.com • TEL.: 2110543, 3125736 • FAX: 7344003 • BOGOTÁ, COLOMBIA • www.colombialeads.com