

## REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES, POR RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO, CARRERA 68, BOGOTÁ

SEMILLERO ADMINISTRACIÓN SOSTENIBLE Y SOLUCIONES ENERGÉTICAS (ASSE)  
PROYECTO CURRICULAR ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL



**Autores:** Sara Elizabeth González Melo – sara.gonzalezm@outlook.com  
Juan Bernardo Vallejo Cuellar – juanvallejo1705@gmail.com

**Docente Tutor:** Carlos Díaz Rodríguez Ph.D.

### RESUMEN

En este documento se presenta el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, las características de las tecnologías LED y todos aquellos datos y conceptos que permitan darle desarrollo a la propuesta de cambio de tecnología de generación eléctrica para el alumbrado público en la ciudad de Bogotá; a lo largo del artículo se abordan temas relacionados con la energía solar, mediante la situación actual con las tecnologías convencionales, con el fin de evaluar la eficiencia energética de la implementación de esta tecnología; para lo cual en la metodología se realizan los cálculos pertinentes y necesarios, todo esto con el fin de poder

evaluar la factibilidad, los beneficios y aportes al de Colombia en la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero que adquirió en la COP 21.

### PALABRAS CLAVES

Eficiencia energética, sistema, fotovoltaico, sostenibilidad, luz LED.

### ABSTRACT

This document presents the operation of photovoltaic systems, the characteristics of LED technologies and all those data and concepts to allow developing to the proposal for change of technology of power generation to the public lighting system in

the city of Bogota; throughout the article addresses issues related to solar energy, using the current situation to conventional technologies, in order to assess the energy efficiency of the implementation of this technology; for which in the methodology calculations are performed relevant and necessary, all this in order to evaluate the feasibility, the benefits and contributions to Colombia in the reduction of emissions of Greenhouse gas effect that acquired in the COP 21.

### KEY WORDS

Energetic efficiency, system, photovoltaic, LED light, sustainability.

### INTRODUCCIÓN

El presente artículo se desarrolló en consideración al cambio de energía convencional para el alumbrado público en el sector de la avenida-carrera 68 en la ciudad de Bogotá, por energía fotovoltaica con

tecnología de luces LED; como proceso pertinente, para la reducción de consumo energético y disminución en 20%, de las emisiones de gases de efecto invernadero (G.E.I.) por parte de Colombia, desde su compromiso en la COP21 (Min. Ambiente, S.f.)

Dado que la capacidad efectiva de generación eléctrica en Colombia, se da principalmente por instalación de hidroeléctricas -64% aproximadamente-, con conexión directa a la capital; ésta modalidad se convierte en el principal factor que permite al país, la posición de cuarto lugar, entre 129 países, dentro del *ranking de sostenibilidad ambiental* del Consejo Mundial de la Energía (CME); sin embargo, es importante decir que el país no debe descuidar su compromiso frente a las emisiones al medio ambiente, puesto que los Gases de Efecto Invernadero, representan el 8,5% del total (IDEAM, 2009). Por lo cual, se desarrollaron puntos estratégicos a partir

del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE) (Min. Minas, 2010), mediante el reconocimiento técnico de los aportes pertinentes para cambios en la gestión energética de la capital colombiana, referente al desafío que afronta el país, frente a los G.E.I. y otros factores que impactan la calidad ambiental global. Igualmente, cabe decir que mediante la puesta en marcha de la Ley 1715 del 2014 (Gobierno Nacional, 2014), sobre estos elementos, se puede reconocer la inversión que se llevaría a cabo en el cambio de tecnologías; así como también, los beneficios económicos, aporte a la reducción de emisiones y menor impacto ambiental.

Lo anterior es pertinente para formular la siguiente pregunta de investigación, *¿Cuáles son los factores, que permiten realizar la estimación de la reducción en el consumo de energía y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (G.E.I), asociados a la implementación de energía fotovoltaica de tecnología con luminarias LED, en la avenida-*

*carrera 68, entre calles 3ra y 26, en la ciudad de Bogotá D.C.?*

## MÉTODOS

La zona identificada para la proyección, se da sobre la Avenida-Carrera 68, delimitada entre calles 3ra y 26, con una distancia de 3,87 Km (Figura 1: Delimitación de la zona). Esta se caracteriza por ser una de las zonas más importantes para la movilidad en la ciudad, así como también, por tener una alta demanda de iluminación eficiente -la cual actualmente no se presta-. Así, a partir de la identificación del escenario actual, mediante el conteo del total de postes de luz (de ambos carriles en todo el tramo), dando un total de 252 postes de iluminación, se prosigue a establecer la postulación de un nuevo escenario, donde el sistema híbrido de energía fotovoltaica y luz LED, permitan aportar a los procesos ambientales que adelanta el país.

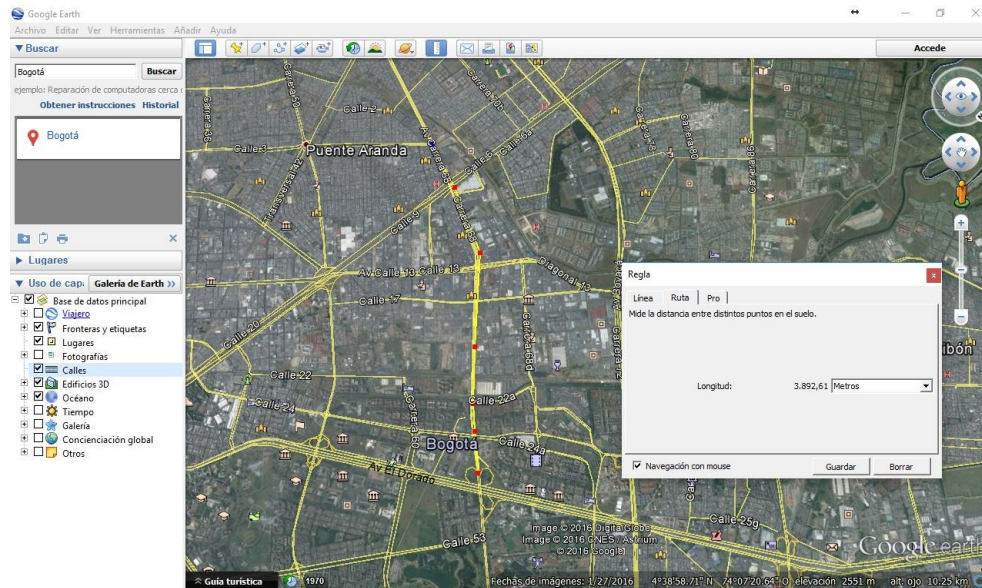


Figura 1 Delimitación de la Zona, Fuente: Google Earth

Dado lo anterior, es importante aclarar que la energía solar es la energía radiante del sol recibida en la tierra, es una fuente de energía que tiene varias importantes ventajas sobre otras y que, para su aprovechamiento, también presenta varias dificultades. Entre sus ventajas se destacan principalmente su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de contaminación, como desventajas se encuentran su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia, lo que conllevan entonces la necesidad de transformarla a otra forma de energía para su almacenamiento y posterior

uso. La energía solar se transforma en la naturaleza en otras formas de energía, como biomasa y energía eólica, pero también se puede transformar a otras formas de energía como calor y electricidad. Las aplicaciones más difundidas en Colombia son el calentamiento de agua para uso doméstico, industrial y recreacional (calentamiento de agua para piscinas), y la generación de electricidad a pequeña escala. Otras aplicaciones menos difundidas son el secado solar de productos agrícolas y la destilación solar de agua de mar u otras aguas no

potables. (Murcia, 2008)

Adicional a lo anterior, para el desarrollo de este artículo se tuvieron en cuenta dos tipos de tecnologías, estas son: Fotovoltaica y luces LED, a continuación, se describirá cada una de las tecnologías.

### **Tecnología Solar Fotovoltaica:**

Consiste en la conversión directa de la radiación del sol en electricidad. Esta conversión se realiza a través de la célula solar, unidad básica en la que se produce el efecto fotovoltaico. Existen dos tipos de sistemas fotovoltaicos, en función de si están o no conectados a la red eléctrica, estos son:

Sistemas fotovoltaicos autónomos: son los que están aislados de la red eléctrica.

Sistemas fotovoltaicos conectados a la red: son los que están directamente conectados a la red eléctrica

En general un sistema fotovoltaico está conformado por:

Un generador fotovoltaico

Una batería de acumulación

Un regulador de carga

Un inversor

(Abella, S.f.)

Un aspecto importante se encuentra en la selección de la tecnología oportuna para el cambio propuesto; se consideraron factores imprescindibles expuestos por Iván Kouyomgian sobre los elementos que comprenden la estructura de los postes lumínicos con tecnología LED y energía fotovoltaica, todo mediante el cálculo de la eficiencia de éstos, según sus características y especificaciones. (Kouyomgian, 2010)

En primer lugar, se determinó panel fotovoltaico a utilizar; Sunmodule SW 80 poly RNA de 958 mm de alto x 680 mm de ancho, con 7,6 Kg de peso; con una potencia pico (Wp) de 58,0Wp, variación de la potencia (0,46-CTP) y eficiencia del 11%.

*Energía Teórica:* Se explica como el análisis de la disponibilidad de energía teórica entregada por el panel, teniendo factores como la potencia pico del panel, (80Wp) y

las horas promedio insolación al día en el mes más desfavorable (4,4 horas/día).

$$E_{\text{teórica}} = W_p (\text{panel}) \times HPS (\text{mes más desfavorable})$$

*Potencia Real:* Correcciones respecto a la temperatura promedio que se presenta en la zona, a partir de las características del panel solar; en este caso, se tienen variables de la potencia pico del panel (80Wp), variación de la potencia de salida del panel (0,46-CTP) y variación de temperatura en la ciudad de Bogotá (16°C-14°C)

$$Real = W_p (\text{panel}) - \frac{CTP}{100} \times W_p (\text{panel}) \times \text{Variación } (^\circ C)$$

*Dimensiones del panel:* Se determina en m<sup>2</sup>, como dimensiones equivalentes para la absorción eficiente de luz solar, en este caso 0,958 mts de alto y 0,68 mts de ancho:

$$A \times B = \text{altura}(\text{mts}) \times \text{ancho} (\text{mts}) = m^2$$

*Energía real:* Con esta aproximación, y la eficiencia del panel (11%- η), se puede estimar la energía real, que puede entregar el panel en el mes más desfavorable (radiación solar en Wh/m<sup>2</sup> día):

$$E_{\text{Real}} = H (\text{mes más desfavorable}) \times \eta$$

*Energía recibida en la carga:* A partir del reconocimiento del factor de seguridad del diseño (1,25), se puede establecer la energía total entregada por el panel solar a la carga:

$$E(\text{recibida en la carga}) = E_{\text{Real}} (1 - 0,25)$$

Por último, con todos los datos obtenidos, se calculó la demanda de energía, y se restó la energía que aporta el sistema fotovoltaico, con el fin de obtener el ahorro, en el sistema eléctrico de iluminación pública.

Finalmente, con este dato, se pudo obtener el total de emisiones compensadas en ahorro de Kg CO<sub>2</sub>; como se explicará más adelante.

Emisiones de CO<sub>2</sub> por la generación eléctrica

Acorde al tema de presente artículo es necesario tener conocimiento frente al factor de emisión de la red eléctrica nacional, con el fin de realizar una comparación relacionando el consumo de energía eléctrica en el país y la meta de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas a nivel

nacional, se tiene entonces que el factor de emisión de la red eléctrica nacional es 0,199 kg CO<sub>2</sub>/ kWh, aclarando que este hace referencia a la cantidad de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmosfera por cada kWh de energía eléctrica.

### *Compromiso de Colombia para el año 2030 COP 21*

En la COP21, entendida este como la Conferencia de las Partes, se planteó una meta mundial para evitar el aumento de la temperatura promedio global por encima de los 2°C, Colombia tenía la tarea de fijar una meta nacional de reducción de emisiones en donde se involucrarán todos los sectores productivos del país mediante lo Planes de Acción Sectorial (PAS), hay que tener en cuenta que para poder lograr con el compromiso que se plantearía son necesarios los cambios tecnológicos, de consumo y sobre todo y más importante cambiar la visión y ampliar las políticas de desarrollo, articulando estrategias de disminución y reducción de emisiones de GEI. Colombia para el año 2010 era responsable del

0,46% de las emisiones a nivel mundial, y estas se dividen de la siguiente manera:

El compromiso de Colombia en la COP21 se basa en la reducción del 20% de las emisiones de GEI para el año 2030, tomando como punto de referencia el inventario de emisiones nacionales de 2010, el cual se proyectó para el año 2030 y sobre esa proyección, se estableció el 20% de reducción. Dentro de los gases de efecto invernadero incluidos en el compromiso se encuentran: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>.

Dentro de las estrategias o los planes de acción sectorial se tiene en cuenta la variable energía y allí se promueve la eficiencia energética en todos los sectores productivos (Figura 2) por medio de la implementación de energías renovables no convencionales y a su vez realizando una gestión más eficiente de la energía. Dentro de lo cual el tema de este artículo tiene cavidad, puesto que se

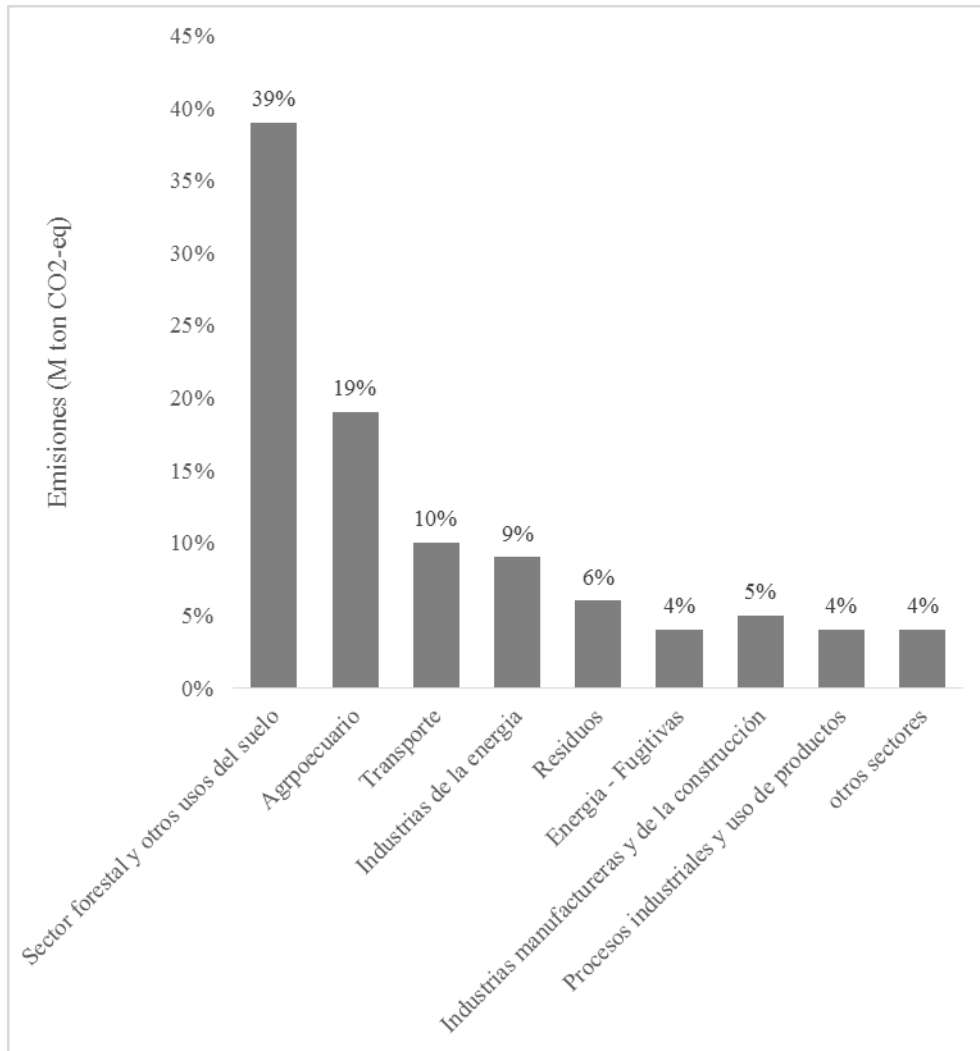


Figura 2 Participación de los sectores con respecto a sus emisiones de CO<sub>2</sub>  
Fuente: Autores, basado en Informe Bienal de Actualización IDEAM 2015

propone la implementación de sistemas de un sistema fotovoltaico, se determinó  
fotovoltaicos.

## RESULTADOS

Llegado a este punto, a consideración del optimizando la tecnología, de manera, que éste  
proceso metodológico sobre el funcionamiento

mediante los cálculos (tabla 1 Cálculos  
Realizados), la posibilidad de utilizar un panel  
solar con una potencia de 80W y unas  
dimensiones de 0,95mts x 0,68mts,



puede tener una captación de energía solar de 86,75 Wh/día para que el sistema eléctrico convencional, LED que tiene el poste, dejando el 32,2% para que el sistema eléctrico convencional, compense el proceso de iluminación. Cabe decir también, que este sistema fotovoltaico, es un cambio esencial en el desarrollo de Colombia, así que debe considerarse como

**Tabla 1** - Cálculos realizados

| VARIABLE  | FORMULACIÓN  | RESULTADO  |
|---|--|--|
| <i>Energía Teórica:</i>   | $ETeódrica = Wp \text{ (panel)} \times HPS \text{ (mes más desfavorable)}$<br>$ETeódrica = 80W \times 4,4 \text{ h/día}$   | $ETeódrica = 352 \text{ Wh/día}$                               |
| <i>Potencia Real:</i>   | $Real = Wp \text{ (panel)} - \frac{CTP}{100} \times Wp \text{ (panel)} \times \text{Variación } (°C)$<br>$Real = 80W - \frac{0,46}{100} \times 80W \times (16°C - 14°c)$ | $Wp \text{ Real} = 79,264W$                                    |
| <i>Dimensiones del panel:</i>                                       | $A \times B = \text{altura (mts)} \times \text{ancho (mts)} = m^2$<br>$A \times B = 0,95 \text{ mts} \times 0,68 \text{ mts}$  | $A \times B = 0,64m^2$   |
| <i>Energía Real</i>   | $E. \text{Real} = H \text{ (mes más desfavorable)} \times \eta$<br>$E. \text{Real} = 1643 \frac{Wh}{m^2 \text{ día}} \times 0,64m^2 \times 0,11$                         | $E. \text{Real} = 115,66 \frac{Wh}{\text{día}}$                |
| <i>Energía recibida en la carga:</i>                                | $E(\text{recibida en la carga}) = E. \text{Real} (1 - 0,25)$<br>$E(\text{recibida en la carga}) = 115,66 \frac{Wh}{\text{día}} \times 0,75$                              | $E(\text{recibida en la carga}) = 86,75 \frac{Wh}{\text{día}}$ |
| <i>Demanda de Energía:</i>  | $127,92 \frac{Wh}{\text{día}}$   | $127,92 \frac{Wh}{\text{día}}$                                 |
| <i>Demanda compensada con los paneles solares:</i>                  | $41,17 \frac{Wh}{\text{día}}$  | $41,17 \frac{Wh}{\text{día}}$                                  |
| <i>Cálculo de consumo de CO<sub>2</sub> con la demanda actual:</i>  | $0,12792 \frac{kWh}{\text{día}} \times 0,199 \frac{Kg \text{ CO}_2}{kWh}$  | $= 0,025 \frac{Kg \text{ CO}_2h}{\text{día}}$                  |
| <i>Cálculo de consumo de CO<sub>2</sub> con la demanda teórica:</i> | $0,04117 \frac{kWh}{\text{día}} \times 0,199 \frac{Kg \text{ CO}_2}{kWh}$  | $= 0,00819 \frac{Kg \text{ CO}_2h}{\text{día}}$                |

una inversión proyectada a largo plazo, los beneficios ambientales y de costos al inicio pueden no percibirse, sin embargo, con el tiempo, el sistema y la planeación energética del país, cambiará por completo.

## DISCUSIÓN

La generación de electricidad para el sistema de iluminación pública, es uno de los elementos esenciales a transformar en la planeación de Colombia, así como también permitir la innovación en infraestructura, sistemas, procesos y cultural hacia la determinación de disminuir la huella de Carbono de todo un país.

La transformación que se podría hacer con tan sólo 252 postes de luz, en el sector determinado en el presente artículo, permitiría que la capital Bogotana empezara a cambiar por completo su estética, brindaría beneficios ambientales, sociales, económicos, al igual que

un aporte a la meta para el 2030 a partir de la COP21.

## CONCLUSIONES

Se considera importante exponer la posición de los futuros Administradores Ambientales, como aportadores de soluciones sostenibles a los problemas globales, partiendo del hecho de aprovechar al máximo esta tecnología, por sus numerosas ventajas, desde una perspectiva académica y laboral.

Además, los estudios que se realizan desde la academia deben ser potenciados por las diferentes instituciones del Estado, para que, de este modo, se plantee la manera en la cual esto puedan pasar a una fase de implementación, ya que como se expresó a lo largo de este artículo, las energías renovables han tenido un importante crecimiento y la implementación de estas debe ser una prioridad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Abella, M. A. (S.f.).** *CIEMAT*. Recuperado de:  
[http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf)

**Delta Volt. (s.f.).** *Delta Volt*. Recuperado de:  
<http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>

**Gobierno Nacional. (2014).** *Unidad de Planeación Minero Energética UPME*. Recuperado de: [http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY\\_1715\\_2014.pdf](http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf)

**IDEAM, I. d. (2009).** *Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de gases de Efecto Invernadero (2000-2004)*. Recuperado de:  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021658/2Comunicacion/IDEAMTOMOIICap2.pdf>

**INERSOL. (s.f.).** *Inersol*. Recuperado de:  
[http://www.inersol.es/Tec\\_Led.htm](http://www.inersol.es/Tec_Led.htm)

**Kouyomgian, I. S. (2010).** *Cálculo de instalación eléctrica, utilizando energía solar para tres casos de estudio*. Sartenejas.

**Min. Ambiente, M. d. (S.f.).** *Min. Ambiente, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado de:  
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1913:colombia-se-compromete-a-reducir-el-20-de-sus-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-para-el-ano-2030>

**Min. Minas, M. d. (2010).** *Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no Convencionales-PROURE*.

**Murcia, H. R. (30 de Diciembre de 2008).** *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas*. Recuperado el de: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12>

**Nexia. (s.f.).** *Nexia*. Recuperado de: <http://www.nexia.es/es/beneficios-del-led>