



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS POR REFRACCIÓN DE LUZ SOLAR**

Néstor Escobar Navarrete nesescnav@gmail.com

T.S.U. Hilda Ángeles Rosas ar2hilarin@hotmail.com

T.S.U. Luis Germán Hernández Torres luis-germaik@hotmail.com

7° Cuatrimestre de Ingeniería en Energías Renovables

*Universidad Tecnológica de Tula Tepeji*



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

### Resumen

El presente documento tiene como intención generar conocimientos sobre los beneficios en iluminación que ofrece la aplicación de las lámparas de refracción de rayos solares, utilizando métodos analíticos que nos permitan proyectar su capacidad luminosa y potencial de iluminación; indicando con esto la viabilidad de la aplicación de dichas lámparas en las viviendas.

### Abstract

This document has been made with the purpose in order to generate knowledge about the benefits in lighting that offer the application of sunlight refraction lamps, using analytical methods that allow us to show their bright capacity and lighting potential; pointing of this way the viability of the application of these lamps in houses or dwelling.

### Palabras Claves

Métodos analíticos, Generar conocimientos, Lámparas de refracción de rayos solares, México.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

# ÍNDICE

**INTRODUCCIÓN.....3**

**METODOLOGÍA.....3**

**RESULTADOS.....9**

**CONCLUSIONES.....9**

**BIBLIOGRAFÍA.....10**



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## INTRODUCCIÓN

Las lámparas de refracción de rayos solares tipo “Moser” se han convertido en una alternativa de iluminación en sectores sociales de países donde los recursos económicos son carentes gracias a la reutilización de envases de plástico transparente. Teniendo presente que el principal factor para el aprovechamiento óptimo de este tipo de luminarias es una adecuada radiación solar, México es un país donde las condiciones parecen viables para la instalación de esta alternativa de iluminación en los hogares de sus habitantes. Dicha opción permitiría una mayor eficiencia energética en aquellos lugares que cuentan con energía eléctrica, y como fuente primaria de iluminación en aquellas donde aún se carece de este servicio público.

## METODOLOGÍA

### Problema u objeto de estudio

Si bien en otros países la implementación de lámparas tipo “Moser” ha traído resultados positivos, no se ha realizado un estudio analítico de las ventajas en iluminación que dichas lámparas ofrecen. Es importante determinar el potencial y su viabilidad en el entorno que ofrece para México, para de esta manera poder proponer dicha iniciativa como una alternativa sólida y confiable.

### Tema de investigación



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

*Problemática Nacional.*- En México el 2.3% de la población no cuenta con acceso a la red eléctrica nacional (INEGI 2010) lo que implica alrededor de 3 millones de personas SIN acceso a este servicio. La mayoría de ellos viven en alrededor de 45 mil comunidades rurales a las cuales dichos servicios no llegan debido a los altos costos de expansión de la red eléctrica, la baja población de las localidades (en su mayoría localidades de menos de 100 habitantes), la dispersión poblacional y las complicadas situaciones geográficas de dichas regiones. La mayoría de esta población es de origen indígena y se encuentran en zonas de alta y muy alta marginación.

### Planteamiento del problema

- Determinar los valores de iluminación solar aprovechables. (Física, Óptica)
- Desarrollar un modelo que englobe la radiación, el segmento del espectro electromagnético aprovechable, flujo luminoso, intensidad luminosa. (Física, Óptica).
- Definir la capacidad de iluminación del dispositivo. (Física y Óptica)

### Enunciación de la problemática

No existe un método científico que nos permita definir la viabilidad de las lámparas de refracción de rayos solares sin ser colocadas; ello supone un obstáculo más a la propuesta como alternativa que dichas lámparas pueden ofrecer.

### Descripción del problema

- Poca información existente sobre el desempeño de las lámparas “Moser”.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

- Carente base de argumentos científicos para reconocerlas como viables.
- Poca promoción por el desarrollo de fuentes de iluminación alternas.
- El poco conocimiento global que se tiene de estas lámparas.

### **Justificación del Proyecto**

Las lámparas de tipo “Moser” que llevan como principio de funcionamiento la refracción de los rayos solares para la iluminación de las viviendas, es una iniciativa que empieza a impulsarse en algunas regiones del mundo.

En México, es sabido que la energía solar es aprovechable para diferentes tipos de actividades. Al mismo tiempo, por características geográficas propias de nuestro territorio, resulta económicamente inviable la instalación de subestaciones eléctricas y líneas de transmisión para ciertos sectores sociales de nuestro país. Es por ello, que surge como interés de investigación el determinar la viabilidad de estas lámparas que utilizan la refracción de los rayos solares para esas regiones donde aún se carece de la iluminación eléctrica en los hogares y entonces ofrecer una alternativa que ayude a satisfacer dicha necesidad.

### **Objetivo General del Proyecto**

Calcular el potencial de iluminación de las lámparas de refracción de rayos solares utilizando envases reciclados, así como demostrar mediante un modelo matemático la viabilidad de su instalación en México.

### **Objetivos Específicos**

- Recabar información sobre la iluminancia solar que llega a la Tierra.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

- Realizar un modelo matemático analítico del potencial de iluminación de las lámparas por refracción de rayos solares en las regiones de oportunidad.
- Determinar la viabilidad de la instalación de las luminarias tipo “Moser”.

### Hipótesis

- La iluminancia solar genera más de 200 cd de intensidad luminosa, que es el promedio ofrecido por una lámpara fluorescente de 40 W.
- La iluminancia producida por la lámpara será mayor a los 32 lx promedio de una lámpara fluorescente.
- Con al menos 2 lámparas puede iluminarse en un 80% una habitación de 3m. de largo por 3 m. de ancho por 2.5 m. de alto.

### Estado del arte

La Fundación My Shelter creó el movimiento internacional Un Litro de Luz. La propuesta, que comenzó a desarrollarse en Manila, Filipinas, hoy abarca a más de 16 ciudades del mundo. Tiene presencia en países latinoamericanos como Argentina, Brasil, México, Colombia, Guatemala y Perú.

El proyecto consiste en llevar luz natural a las viviendas de bajos recursos mediante un sistema económico y ecológico. Se trata de una técnica ideada por el brasileño Alfredo Moser y desarrollada por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), que utiliza botellas transparentes de plástico para concentrar y transportar la luz del sol desde el techo hacia el interior de la vivienda.

Antes de la instalación, se crea una mezcla con agua purificada y algunas cucharadas de lavandina, que se introducen al interior de la botella para evitar la aparición de moho y posibilitar que tenga una vida útil de hasta cinco años. Una vez realizada la mezcla, la botella se incorpora en trozos de chapa o fibra de vidrio



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

que se colocan en el techo con salida al exterior, sellando bien los agujeros que hayan quedado. Cuando el sistema ya está instalado puede dar una luz equivalente a una bombilla de 40 a 60 watts.

Entre sus beneficios, además de la incorporación de luz natural a las viviendas se puede mencionar el reciclaje de botellas de plástico y una mayor seguridad para los habitantes. Asimismo, hay quienes viven en una habitación con electricidad que deben consumir todo el día por no tener luz natural. La propuesta también sirve para que en estos casos no deban utilizar la bombilla durante el día y puedan reducir considerablemente su consumo.

Con la colaboración de compañías, agencias y voluntarios, Un Litro de Luz pretende llegar al 2015 con más de un millón de lámparas de botellas instaladas en el mundo.

### Marco teórico

El flujo luminoso  $F$  es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista.  $F = (680lm/W)(P)$

Un estereorradián ( $sr$ ) es el ángulo sólido subtendido en el centro de una esfera por un área  $A$  sobre su superficie que es igual al cuadrado de su radio  $R$ .  $Q = \frac{A}{R^2}$

La intensidad luminosa ( $I$ ) de una fuente de luz es el flujo luminoso  $F$  emitido por unidad de ángulo sólido  $O$ .  $I = \frac{F}{Q}$

La iluminación ( $E$ ) de una superficie se define como el flujo luminoso  $F$  por la unidad de espacio entre el foco y la superficie al cuadrado.  $E = \frac{I}{R^2}$



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

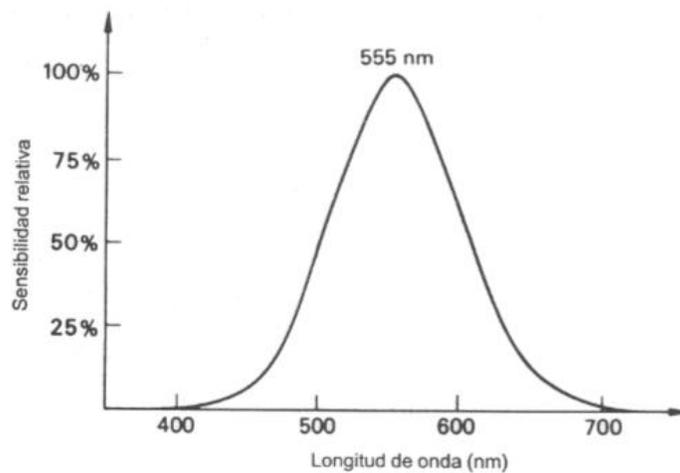
ISBN: 978-607-95635

En condiciones normales, el ojo es más sensible a la luz verde-amarilla con longitud de onda de 555 nm. La longitud de onda de los rayos solares tiene un valor de 465 nm.

La iluminación recibida al incidir normalmente los rayos solares sobre la superficie terrestre es aproximadamente  $E = 10^5$  lx.

Un lumen es equivalente a 1/680 W de luz verde-amarilla de 555 nm de longitud de onda.

Curva de sensibilidad del ojo humano



Una lámpara fluorescente de 40W en promedio ofrece una intensidad luminosa de 200 cd, instalada en una casa a 2.5 mts generara en promedio 32 lx.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
 Multidisciplinario  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

**Desarrollo**

Sabiendo que los rayos solares tienen una longitud de onda de 465 nm determinamos el flujo luminoso al ofrecer 50W de potencia visible con esa long. :

$$F = (680lm / W)(P) = (680lm / W)(50W) = 34000lm$$

$$465nm = 25\% \text{ ----- curva...visible}$$

$$(34000)(.25) = 8500lm$$

Tomando que la iluminación de los rayos solares en la superficie terrestre generan una intensidad de  $10^5$  lx y la altura de la habitación promedio es de 2.5 mts. Despejamos de la fórmula de la iluminación la intensidad luminosa quedando:

$$I = (E)(R^2) = (10^5 lx)(2.5^2 mts) = 250000cd$$

Sabemos una lámpara de 40 W ofrece 200 cd, como es un valor por entero loguable, lo tomaremos como referencia en los cálculos.

Como conocemos el valor del flujo luminoso y tenemos el valor definido de la intensidad luminosa. De la fórmula de intensidad luminosa despejamos al ángulo sólido:

$$Q = \frac{F}{I} = \frac{8500lm}{200cd} = 42.5sr$$

Valor útil para determinar el área que podremos iluminar

si utilizamos una botella (cuerpo cilíndrico) de diámetro de 15 cm; posicionando un largo de 15 cm dentro del cuarto para mantener una proporción puntual cercana al de una esfera.

Despejando Área determinada de una zona esférica donde la luz se propaga desde la fórmula del Ángulo Sólido nos queda:



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

$$A = (Q)(R^2) = (42.5sr)(0.075mts) = 3.39m^2$$

## RESULTADOS

Declarando entonces que si la lámpara de 15cm de radio está instalada a una altura de 2.5 mts iluminará refractando los rayos solares con 32 lx, en un rango de donde se encuentra la lámpara hasta 3.39 m<sup>2</sup> con una intensidad de 200cd.

*FLUJO LUMINOSO:*

**8500 lm.**

*ILUMINACIÓN:*

**+ 32 lx**

*INTENSIDAD LUMINOSA:*

**+200 cd**

*RANGO ILUMINADO ALREDEDOR DE LA LÁMPARA:*

**3.39 m<sup>2</sup>**

## CONCLUSIONES

Los valores obtenidos demuestran resultados favorables para la utilización de las lámparas de refracción de rayo solares reciclando envases de plástico transparente. Sus cualidades de iluminación, intensidad y flujo luminosos están a la par con las lámparas de tipo fluorescente; en un principio se manejó como tentativa que una superficie de 9m<sup>2</sup> pudiera ser iluminada eficientemente con dos



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

de estas luminarias. Los resultados demuestran que es posible lograr dicho objetivo, si bien al aumentar el espacio entre la lámpara las superficies va existiendo una disminución en la iluminación, el umbral nos asegura que esta seguirá siendo eficiente y factible. Como alternativa a las regiones donde se carece de energía eléctrica para iluminar, es viable lumínicamente y económicamente, pues hay que tener en cuenta que los materiales básicos para su utilización son reciclados y con un buen período de vida y conservación.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## BIBLIOGRAFÍA

- “Documento” Unidad 1 Tema Iluminación, ITLA Laguna, Consultado Noviembre 2013,  
[http://www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca/OPTO\\_PDF1\\_archivos/UNIDAD1TEMA2.PDF](http://www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca/OPTO_PDF1_archivos/UNIDAD1TEMA2.PDF)
- Artículo “El problema del acceso a la Energía en el Mundo”, ILUMEXICO, Consultado en Noviembre 2013,  
<http://www.ilumexico.mx/el-problema-acceso-a-la-energia/>
- García-Badell J.J., “Cálculo de la Energía Solar”, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
- Aguilar J., Senent F., “Cuestiones de Física”, Editorial Reverté, Octubre de 2002.
- Documento “Luminotecnia”, Universidad Tecnológica Nacional, Profesores Facultad Regional Córdoba, Consultados Noviembre 2013  
[http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art\\_Interes/ConBasLum.pdf](http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interes/ConBasLum.pdf)