

LICENCIATURA EN INGENIERIA INDUSTRIAL

*Diseño y construcción de una lámpara  
solar ecológica y sustentable*

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**INGENIERIA INDUSTRIAL**

PRESENTA  
**DANIEL CLETO DIAZ**

**DIRECTORA:** DRA. MARÍA DEL CARMEN FUENTES ALBARRÁN

**CODIRECTOR:** DR. FIDEL BENJAMÍN ALARCÓN HERNÁNDEZ



**DRA. JOSEFINA VERGARA SÁNCHEZ**  
**DIRECTORA DE LA EESX**  
**P R E S E N T E**

Por medio del presente, los revisores de la Tesis que lleva por Título: "*Diseño y construcción de una lámpara solar ecológica y sustentable*", que ha realizado el pasante **Daniel Cleto Díaz** de la Licenciatura en Ingeniería Industrial, otorgamos el **voto aprobatorio** para la impresión de la Tesis, por haberse realizado las correcciones consideradas pertinentes de nuestra parte:

Nombre	Puesto	Firma
Dra. María del Carmen Fuentes Albarrán	Directora	
Dr. Fidel Benjamín Alarcón Hernández	Co director	_____
Dr. José Luis Gadea Pacheco	Revisor	_____
Dr. Esteban Montiel Palacios	Revisor	_____
M.C. Eréndira Salgado Baza	Revisor	_____

Atentamente  
***Por una humanidad culta***  
*Una universidad de excelencia*



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARIA DEL CARMEN FUENTES ALBARRAN | Fecha:2020-08-04 20:26:31 | Firmante**

e0n0VzIgv870BrS0w9CassFup3CKDalU6fZ+7bzvASSLgmZcn1BBRyDwXu2Vv3oOoWPGOGEleStQgKzntVxyOg5Lu8877HStyaSq5eHC7CVDHU67ymu9QspOYkjHifbDkV38DOOMNj8Hkb6B+hi1+XZ30ja+bRSysGGihPIUJXH9Rw2LdNPkkMasuLVWl71+Y9SNIBX8Vuldzbq+juDXa8ibqpxJcPgYNgz7e5qTACWGW9id0cS+UztyEiSxhHw8trqBETUmLw+0w+RJoQ74p0B5X9+LQ5XXuJTP4V3TmqG0+aeuM6VQbJHPYvH29Q+G8Y9XUjEigDw==

**FIDEL BENJAMIN ALARCON HERNANDEZ | Fecha:2020-08-04 21:04:13 | Firmante**

vmDFo0+hifNkmKxYc3wR1R6M1KKRi6aPdr4Iz+BG+iRSWE7exMwpxJWL3+z9574le+qfzoomVqwuYTAEA4NN+VCJNprLvJatZBVf931xywWgJc1+dxXgbImcO6ubnUuagHShEDsNPr3JTJO+sFIRjYLnrdaw5i8gjhZ7BAz8YoMMI1aRbJ4VSak1BWJ4CmLDEdVnmDzvuC9+sYSjHwE6GsuT2SZhgmyGvrPzDG555aKG001HIXIVhZiqSpG4aiUBUrFvzBQpjO+TysS1AOxfHQwT05X8YrQU9KihHkro6+2hqb7fme2d5Pm+dQysrZm2EOmNzEeg==

**ESTEBAN MONTIEL PALACIOS | Fecha:2020-08-04 21:35:10 | Firmante**

VfepJdx3AilSHuTBYokhNJI4880CuxmUxVRiGALz7vJMf4C32a14AONv5J6xJ2xNUjFp+a9BMSyq0RvPHylamMex8hLyaT4papTioxORhJ38IRv1Q5xsDRwUr25Qk8dZ2GoMafTgGPeKohkBJk0NS+LcFI0hqUc29p6bohRNKghgbK8N/XZLJLz84UMP63r4Ac4ZdHb7vJwAHzgr+nhEelBXHnzFrHZBmlmjUZOzCDNKKER0yHs0snH3mEszXgufSckdXOlbsU1ga8pWa12qdnRt6EyZn8UuJMA4F0jpxWwZfH94MPkYw1ukFuEDQix4pw==

**ERENDIRA SALGADO BAZA | Fecha:2020-08-05 14:02:40 | Firmante**

a9xK4tef1peK3J2zxFc9epBLbXfcSD7Y3c+gBIM9VubjymlsBRk+KPXd6mjc0ADNirX7atwLz/m5ePu7jgEzZgASMwz1e5TkaO+ipGWn0poZm1GTm94n4kNfDmCpa8MjYfA5vW3+LXPRAIXTO6upbpmEN/OwNDS54dL8rbZlqqQpX2Y6fs/1ExuDVQXvqe9AOC56jUua9+XEuELUuA6ECn5qqCenim6Oewgaj5iHXW06UHR4T335GdEdAT5pu06aLZgNih9r3F6CcyBPAYrC4fdKk3oTKCaXuC1CKd+GoNjcvu4xQ9nyHPA6D3nXkZIKLsTmdtw==

**JOSE LUIS GADEA PACHECO | Fecha:2020-08-11 17:24:15 | Firmante**

N725x60FPCsXWnyubMEzmUArdyOUrQQu84413WD2/TKUpGisYtPgyWPPNi/XqZe+6b6GgQ/dcYKWhVsn3GEFzFWOBn8wWxSrZw2xkUeL6q8NhTad2tdZvUim0gzE3i8HsrvP7R/3YXqpladFoC9oMCTJEJrphp735kWGeB+xa4ifWe7xzHxpAFwmQRkHNLpmbmjpbNB+Vv8aewHdoSP2LDIaiM0ptVhty6fYBGiaQXkrYMQ45belAdWzCugwdHWPBIZBg844VmTZkyE4kQk0I0oc4vfm8Ld9jbn0LQOwzK0FT8N8mgm/Sqe3utvAJULQWLouWjyqh95ig==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



e4r2q

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Kd6n1Bib6omXJ08mw0CvubsWB33ju1b>

# INDICE

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
I.1. Objetivo general .....	11
I.2. Objetivos Particulares .....	11
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
II.2. Energías renovables .....	12
II.3. Energías renovables en México.....	15
II.4. Energía solar.....	17
II.4.1. Aprovechamiento de la energía solar.....	18
II.4.2. Uso de la energía solar y sus beneficios.....	19
II.5. Radiación solar en México.....	21
II.6. Iluminación pública sustentable.....	22
II.7. Iluminación con energía renovable para uso particular.....	24
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>27</b>
III.3. Descripción de material.....	27
III.4. Construcción de la base .....	33
III.4.1. Construcción del eje de soporte .....	35
III.4.2. Construcción del porta bombilla.....	36
III.4.3. Construcción de las piezas para soporte .....	37
III.4.4. Construcción del circuito .....	37
III.4.5. Ensamble final de los componentes .....	38
III.5. Pruebas de acuerdo a normas .....	41
III.6. Prueba de tensión o voltaje (V) .....	42
III.7. Prueba de flujo luminoso.....	42
III.8. Prueba de eficacia luminosa .....	43
III.9. Funcionamiento de la lámpara .....	44
III.10. Desempeño de la lámpara .....	45
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>49</b>
IV.4. Lámpara solar .....	49
IV.5. Temperatura ambiental .....	50
IV.6. Voltaje de célula solar .....	52

IV.7. Voltaje de célula solar con lámpara en funcionamiento .....	53
IV.8. Flujo luminoso .....	55
IV.9. Eficacia luminosa .....	56
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>VI. APÉNDICES .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>69</b>

---

## Lista de Figuras

---

<b>Figura 2.1</b>	Energías renovables	Pág.....12
<b>Figura 2.2</b>	Energía solar	Pág.....17
<b>Figura 2.3</b>	Radiación solar en México	Pág.....21
<b>Figura 2.4 a)</b>	Alumbrado publico	Pág.....23
<b>Figura 2.4 b)</b>	Alumbrado publico	Pág.....23
<b>Figura 3.1</b>	Sección de corte paralelo al eje del bambú	Pág.....34
<b>Figura 3.2 a)</b>	Corte del arco	Pág.....35
<b>Figura 3.2 b)</b>	Diseño de la base	Pág.....35
<b>Figura 3.3</b>	Construcción del eje o soporte	Pág.....36
<b>Figura 3.4</b>	Construcción del porta bombilla	Pág.....36
<b>Figura 3.5</b>	Diseño de las piezas para mayor estabilidad	Pág.....37
<b>Figura 3.6</b>	Construcción del circuito eléctrico; lámpara (ECO LUZ) con sus componentes.	Pág.....38
<b>Figura 3.7</b>	Ensamble de la base y eje de soporte	Pág.....39
<b>Figura 3.8</b>	Colocación de las piezas de apoyo para la base	Pág.....39

<b>Figura 3.9</b>	Ensamble del circuito de leds en el porta bombilla	Pág.....40
<b>Figura 3.10</b>	Diseño final de la lámpara	Pág.....40
<b>Figura 3.11</b>	Ubicación del puerto de conexión	Pág.....41
<b>Figura 3.12</b>	Dispositivo de medición, utilizada en la prueba	Pág.....42
<b>Figura 3.13</b>	Dispositivo para medir el flujo luminoso	Pág.....43
<b>Figura 3.14</b>	lámpara	Pág.....43
<b>Figura 3.15</b>	Diseño para describir su funcionamiento	Pág.....45
<b>Figura 3.16</b>	Pruebas de carga y descarga de la fuente de almacenamiento y prueba al panel solar	Pág.....47
<b>Figura 4.1</b>	Dispositivo de la lámpara solar con sus componentes	Pág.....49
<b>Figura 4.2</b>	Temperatura en un día nublado y soleado en función del horario. Temperatura día soleado, día nublado	Pág.....51
<b>Figura 4.3</b>	Voltaje real máximo de la célula solar durante el día, en un día soleado y un día nublado	Pág.....52
<b>Figura 4.4</b>	Voltaje de la lámpara en función del tiempo	Pág.....54
<b>Figura 4.5</b>	Voltaje de la célula solar en función de la temperatura	Pág.....55
<b>Figura 4.6</b>	Comportamiento de la intensidad luminosa en lúmenes en función del tiempo, durante el uso de la lámpara	Pág.....56

---

## Lista de tablas

---

<b>Tabla 3.1</b>	Materiales y equipo empleado en la construcción de la lámpara solar	Pág.....27
<b>Tabla 3.2</b>	Descripción de los componentes principales en la construcción de la lámpara	Pág.....28



## INTRODUCCIÓN

La prevención de una crisis energética es una de las cuestiones cruciales del siglo XXI. Se han realizado grandes esfuerzos para encontrar una vía alternativa a las crecientes necesidades de energía de la población en el mundo. A pesar de varias iniciativas, políticas e inversiones para aumento de la capacidad de generación, el número de áreas no electrificadas en países en desarrollo no ha cambiado significativamente. Por lo tanto, es de vital importancia crear la infraestructura requerida e instalar los recursos necesarios para satisfacer las necesidades energéticas mundiales (Devabhaktuni, et al., 2013).

En la actualidad el sistema energético mundial se basa en el consumo de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural), que representa aproximadamente el 80% del consumo total, sin embargo, el consumo de estos recursos está aumentando dramáticamente debido a la industrialización y el aumento de la población mundial. Desde hace tiempo se reconoce que el consumo excesivo de combustibles fósiles conduce no solo a la disminución de sus reservas, sino también tiene un impacto adverso en el medio ambiente, causando severos efectos en el cambio climático global.

Las fuentes de energía renovable no son un concepto nuevo, pero emergen rápidamente como una alternativa al uso de combustibles fósiles, estos recursos implican un mínimo impacto ambiental y producción de desechos secundarios, además su sostenibilidad está basada en las necesidades económicas y sociales actuales y futuras. Las fuentes de energía renovable incluyen; biomasa, energía hidroeléctrica, geotérmica, energía solar, eólica y marina, estos recursos

suministran el 14% del total de demanda energética mundial (Aleixandre, et al., 2019).

En particular la energía solar está mostrando promesas alentadoras, debido a las grandes cantidades de flujo de irradiación solar que llega a la Tierra. La energía solar disponible llega sobre la superficie de la tierra a una tasa de aproximadamente 120 petawatts, lo que significa que la cantidad de energía recibida del sol en un solo día puede satisfacer la demanda energética de todo el mundo por más de 20 años (Khan y Arsalan, 2016).

La Energía solar llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico). La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores. La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio) (Carrasco, 2007).

De acuerdo con los mapas de radiación solar, en Morelos se reciben cinco kilowatts de energía por cada metro cuadrado, en promedio, lo cual puede brindar energía eléctrica a una casa, y con la instalación de más paneles se puede producir energía que abastezca a una comunidad (Espinoza, 2019).

Desde esta perspectiva, en este trabajo se diseñó, construyó y examinó el desempeño de una lámpara solar, elaborada con materiales de bajo costo, como una alternativa a las lámparas convencionales de oficina.

## **I.1. Objetivo General**

Diseñar y construir una lámpara solar con materiales de bajo costo, examinando su desempeño y funcionalidad.

## **I.2. Objetivos Particulares**

- Diseñar y elaborar en AutoCAD los esquemas de la lámpara solar.
- Seleccionar los materiales adecuados para la construcción de la lámpara solar.
- Construir y ensamblar los componentes de la lámpara.
- Examinar el desempeño y funcionalidad del prototipo final.

### MARCO TEÓRICO

#### II.2. Energías renovables

Las energías renovables son fuentes de energía limpias, inagotables y crecientemente competitivas. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta, pero sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero –causantes del cambio climático- ni emisiones contaminantes. Además, sus costes evolucionan a la baja de forma sostenida, mientras que la tendencia general de costes de los combustibles fósiles es lo opuesto, al margen de su volatilidad coyuntural.



Figura 2.1 Energías renovables [Corrado M. (2011)].

El desarrollo de las energías limpias es imprescindible para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más devastadores. La Tierra ha sufrido un calentamiento de, 0.85 °C en promedio desde finales del siglo XIX, según lo reportado por National Geographic en noviembre de 2015.

Las energías renovables han recibido un importante respaldo de la comunidad internacional con el 'Acuerdo de París' suscrito en la Cumbre Mundial del Clima celebrada en diciembre de 2015 en la capital francesa (Sardón, 2016).

El acuerdo, que entrará en vigor en 2020, establece por primera vez en la historia un objetivo global vinculante, por el que los casi 200 países firmantes se comprometen a reducir sus emisiones de forma que el aumento de la temperatura media del planeta a final del presente siglo quede "muy por debajo" de los 2°C grados, -el límite por encima del cual el cambio climático tiene efectos más catastróficos- e incluso a intentar dejarlo en 1.5°C.

La transición hacia un sistema energético basado en tecnologías renovables tendrá asimismo efectos económicos muy positivos. Según IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables), duplicar la cuota de energías renovables en la energética mundial hasta alcanzar el 36% en 2030 supondría un crecimiento adicional a nivel global del 1.1% ese año (equivalente a 1.3 billones de dólares), un incremento del bienestar del 3.7% y el aumento del empleo en el sector hasta más de 24 millones de personas, frente a los 9.2 millones actuales (Hernández et al., 2018).

De acuerdo a Hermann Scheer (2000) "si se prosigue con una gestión económica basada en recursos agotables causantes de perjuicios e inmersa en una progresiva concentración estructural, no habrá suficiente para todos. Cuanto más patente se haga esta realidad y mientras falte una alternativa tangible, tanto mayor será la probabilidad de que se abandone la idea de igualdad de derechos humanos para todos..." (Jarabo y Elortegi, 2000).

Las consecuencias que se presentan en México y el mundo, en temas ambientales, son realmente preocupantes por el alto uso de energía obtenida mediante combustibles fósiles. Estos problemas están acabando lentamente con la calidad de vida de las personas cuya necesidad de energía puede ser satisfecha mediante otras alternativas como las energías renovables (Jarabo, 1988).

Existen diferentes tipos de energías renovables. La energía se puede obtener de muchas maneras, solo hay que transformarla en la forma que se requiera, en este caso, en energía eléctrica. En la naturaleza se puede encontrar variedad de fuentes

inagotables de las que extraer energía. A continuación, se enumeran los diferentes tipos de energías renovables:

- Energía solar

La energía solar es aquella que se obtiene del sol. A través de placas solares se absorbe la radiación solar y se transforma en electricidad que puede ser almacenada o volcada a la red eléctrica. También existe la energía solar termoeléctrica, que es aquella que utiliza la radiación solar para calentar un fluido (que puede ser agua), hasta que genere vapor, y accione una turbina que genera electricidad.

- Energía eólica

En este caso la generación de electricidad se lleva a cabo con la fuerza del viento. Los molinos de viento que están en los parques eólicos, son conectados a generadores de electricidad que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

- Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica o hidráulica es otra de las energías alternativas más conocidas. En ésta, se utiliza la fuerza del agua en su curso para generar la energía eléctrica y se produce, normalmente, en presas.

- Biomasa

Esta energía alternativa es una de las formas más económicas y ecológicas de generar energía eléctrica en una central térmica. Consiste en la combustión de residuos orgánicos de origen animal y vegetal. Con productos biodegradables, como serrín, cortezas y toda aquella materia orgánica que se pueda utilizar como fuente de energía se puede prensar un combustible que prenda el fuego a modo de yesca. Este material puede sustituir al carbón mineral en la producción de energía en forma renovable.

- Biogás

El biogás es un gas combustible que se genera por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos anaeróbicos. Este gas, producido en medios naturales o en dispositivos específicos, se puede utilizar para generar, de forma renovable, energía eléctrica.

- Energía del mar

La mareomotriz o undimotriz según si aprovecha la fuerza de las mareas o de las olas, es la producción de energía (eléctrica) gracias a la fuerza del mar.

- Energía geotérmica

Energía alternativa que nace en el corazón de la tierra, la energía geotérmica es aquella que aprovecha las altas temperaturas de yacimientos bajo la superficie terrestre (normalmente volcánicos) para la generación de energía a través del calor, pues suelen encontrarse a 100 o 150 grados centígrados (Ramírez, 2018).

### **II.3. Energías renovables en México**

México ocupa el puesto número 14 entre los países que más invierten en energías renovables, de acuerdo con un reporte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Del 2010 al primer semestre de 2019, nuestro país ha destinado 23,000 millones de dólares (mdd) en nueva capacidad de energía renovable, según el informe Tendencias globales en la inversión en energías renovables 2019 (Solís, 2019).

La energía renovable generó 12.9% de la electricidad en 2018, por encima de 11.6% en 2017. Esto evitó casi 2,000 millones de toneladas de emisiones de dióxido de carbono en ese año, un ahorro significativo al compararse con las emisiones globales del sector eléctrico de 13,700 millones de toneladas en el año 2017.

En México la aportación de las fuentes renovables para generación de electricidad en el año 2014 fue de 51,481 Gigawatts por hora (GWh); siendo la energía

hidroeléctrica la fuente renovable más aprovechada con 38, 822 GWh, es decir el 75.41% del total de energía renovable producida (Reyes, 2015).

En comparación con el mundo, la generación de energía renovable en México es baja; si se mide por tonelada, China es el principal generador de esta energía, su producción del año 2014 fue de 325.2 millones de toneladas, seguido por Estados Unidos de 204.1, Rusia de 141.1 y la India con 19.1 millones de toneladas, respectivamente. En este mismo año México únicamente generó 15.2 millones de toneladas.

En el año 2015 se rompió récord a nivel mundial en cuanto a inversión en energía renovable; de acuerdo con la Renewable Policy Network for the 21st Century (REN21) en este año se logró una capacidad mundial instalada de 784,000 megawatts, de los cuales 16,404 (el 2.5% del total) corresponde a México. Así mismo, una investigación de la agencia de información Bloomberg otorgó en ese mismo año un puntaje de 1.7 unidades a México, ubicándolo en séptimo lugar como mercado emergente para inversión en energía renovable (Méndez, 2017).

Si se incluyen todas las tecnologías de generación (fósiles y libres de carbono), al final de la década se habrá instalado una capacidad neta de 2,366 giga Watts. La fuente solar lideró esta expansión, con 638 GW instalados, seguida por el carbón (529 GW), y el viento y el gas con 487 GW y 438 GW, respectivamente.

Se sabe que las energías renovables tienen beneficios tanto climáticos como económicos. Pero se está invirtiendo lo suficiente para descarbonizar a tiempo los sectores de energía, transporte y calefacción, y limitar el calentamiento global a 2 °C o idealmente a 1.5 °C. Si se quiere lograr un futuro seguro y sostenible, se tiene que hacer mucho más ahora en términos de crear un entorno regulatorio y una infraestructura que permitan la inversión en energías renovables.

Se estima que para 2028 la capacidad instalada para la generación de electricidad a partir de energías renovables se incremente en 19,761 MW, de los cuales, se estima que las fuentes de energía eólica e hidráulica tendrán la mayor participación, con 59% y 21%, respectivamente (Almazán, 2019).



México destaca por poseer una amplia cantidad de energías renovables dentro de la suma total de energía que consume. Esto se debe a varios factores, entre los que cabe destacar el hecho de que cuenta con una geografía, una orografía, y una latitud privilegiadas en lo que a producción de energías alternativas se refiere. En este sentido, destacan el uso de la energía hidráulica, eólica, geotérmica, la derivada de biomasa y solar (Álvarez y Valencia, 2016).

En particular, el potencial de energía solar de México tiene el honor de estar posicionado entre uno de los más altos de todo el mundo en proporción a su población. La energía fotovoltaica obtenida con paneles solares se ha desarrollado a un ritmo muy acelerado en las dos últimas décadas.

#### **II.4. Energía solar**

El término energía solar se refiere al aprovechamiento de la energía que proviene del Sol. Se trata de un tipo de energía renovable. La energía contenida en el Sol es tan abundante que se considera inagotable.



Figura 2.2 Energía solar [Zhang yang Y, (2019)].

El Sol lleva 5 mil millones de años emitiendo radiación solar y se calcula que todavía no ha llegado al 50% de su existencia.

La energía solar, además de ser inagotable es abundante: la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor que la que se

consume al día en todo el planeta. La radiación recibida se distribuye de una forma más o menos uniforme sobre toda la superficie terrestre, lo que dificulta su aprovechamiento.

La energía solar, además de ser una fuente de energía renovable, es una energía limpia y supone una alternativa a otros tipos de energía no renovables como la energía fósil o la energía nuclear (Alvares, 2003).

La energía solar es la energía contenida en la radiación solar que es transformada mediante los correspondientes dispositivos, en forma de energía térmica o energía eléctrica, para su consumo posterior donde se necesite. El elemento encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía útil es el panel solar. Los paneles solares pueden ser de distintos tipos dependiendo del mecanismo escogido para el aprovechamiento de la energía solar: Mediante captadores solares térmicos (energía solar térmica), módulos fotovoltaicos (energía solar fotovoltaica) o sin ningún elemento externo (energía solar pasiva).

#### **II.4.1. Aprovechamiento de la energía solar**

En la actualidad existen básicamente tres formas para aprovechar la energía solar; energía solar pasiva, energía solar fotovoltaica y energía solar térmica.

- Energía solar pasiva. Es el método más antiguo de aprovechamiento de la radiación solar. Se trata del método que ya utilizaban las culturas antiguas. Este sistema consiste en aprovechar la radiación solar sin la utilización de ningún dispositivo o aparato intermedio, mediante la adecuada ubicación, diseño y orientación de los edificios, empleando correctamente las propiedades de los materiales y los elementos arquitectónicos de los mismos: aislamientos, tipo de cubiertas, protecciones, entre otros. La necesidad de climatizar los edificios y de iluminarlos se puede reducir significativamente aplicando criterios de arquitectura bioclimática.
- Energía solar fotovoltaica. Aprovecha el efecto fotovoltaico para generar una corriente eléctrica. La corriente que generan los paneles solares es corriente

continua, que tratada correctamente se puede convertir en corriente alterna. La corriente alterna generada se puede utilizar para suministrar electricidad en instalaciones autónomas o se puede utilizar para suministrarla (venderla) directamente a la red eléctrica.

- Energía solar térmica. Su funcionamiento se basa en el aprovechamiento de la radiación solar para calentar agua mediante colectores solares. Los colectores solares aumentan la temperatura del fluido aumentando su energía interna. De esta forma es fácil transportar la energía térmica generada y utilizarla donde se necesite: se podrá utilizar para obtener agua caliente sanitaria o para la calefacción de una vivienda (Wiley, 2008).

#### **II.4.2. Uso de la energía solar y sus beneficios**

El planeta recibe del sol una cantidad de energía anual de aproximadamente 1.6 millones de kWh, de los cuales sólo un 40% es aprovechable, una cifra que representa varios cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial; es una fuente de energía descentralizada, limpia e inagotable. El aprovechamiento energético está entonces condicionado por la intensidad de radiación solar recibida por la tierra, los ciclos diarios y anuales a los que está sometida y las condiciones climatológicas del lugar (Carrasco y Ramos, 2017).

Cuando se piensa en energía solar, lo primero que se viene a la mente suelen ser los enormes parques solares o granjas solares, o los paneles individuales que se pueden colocar en el tejado de las casas. Sin embargo, la energía solar tiene otras aplicaciones dado la expansión de su uso, por lo que es sencillo obtener energía solar de otras maneras. En el hogar, si se tiene una casa sostenible, se puede utilizar la energía solar para calentar agua, preparar la comida, aseo personal, etc., o para generar electricidad. En el primer caso, se usan calentadores y estufas solares, mientras que, para el segundo, hay que instalar células solares contenidas en paneles solares. Otros usos de la energía solar son potabilización de agua, secado de alimentos, evaporación, destilación, refrigeración, baterías solares,

cargadores solares, así como energía para señales de tráfico y alumbrado público de ciudades.

La forma que se puede aprovechar la energía del Sol es aprovechando el calor (conversión térmica) o aprovechando la luz (conversión fotovoltaica). Como se mencionó el aprovechamiento de la energía solar requiere de la utilización de dispositivos que capturen la energía proveniente del sol y la transformen en otra forma de energía compatible con la demanda que se pretende satisfacer. Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua. El resto de equipos incluidos en un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la aplicación a la que está destinado. La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación (Castro y Sánchez et al., 2000).

Algunos de los beneficios que aporta el uso de energía solar son los siguientes:

- El sol es una fuente limpia, inagotable y de acceso libre para su utilización.
- Evita un costoso de mantenimiento de líneas eléctricas en zonas de difícil acceso.
- Es una energía descentralizada que puede ser captada y utilizada en todo el territorio.
- Una vez instalada tiene un costo energético nulo.
- Mantenimiento y riesgo de avería muy bajo.
- Tipo de instalación fácilmente modulable, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada fácilmente según las necesidades.
- No produce contaminación de ningún tipo.
- Se trata de una tecnología que tiende a reducir el costo y aumentar el rendimiento (Domínguez, 2007).

## II.5. Radiación solar en México

La radiación solar se define como el flujo de energía que se recibe del Sol en forma de ondas electromagnéticas que permite la transferencia de energía solar a la superficie terrestre. Estas ondas electromagnéticas son de diferentes frecuencias y aproximadamente la mitad de las que se reciben, están entre los rangos de longitud de onda de 0.4 y 0.7  $\mu\text{m}$ , y pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que se conoce como luz visible. De la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta (Notimex, 2017).

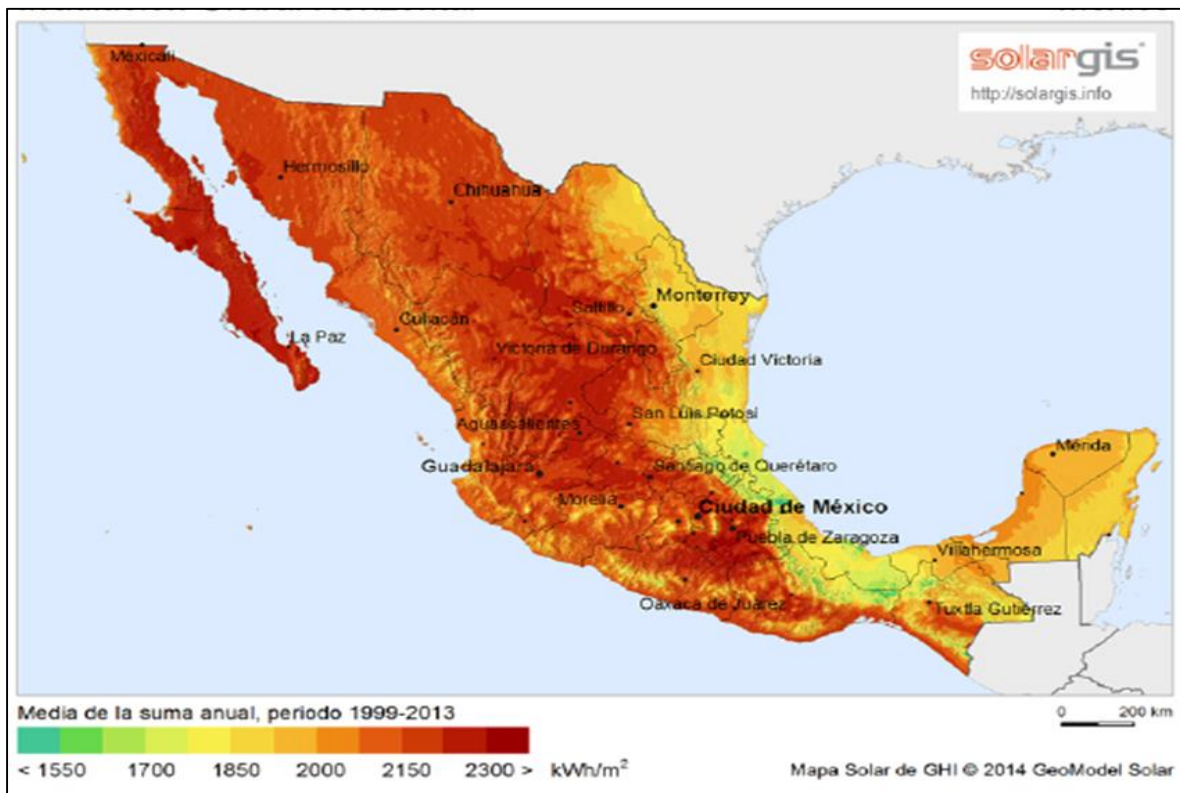


Figura 2.3 Radiación solar en México [Limón (2017)].

En el continente americano, México es el país con mayor radiación solar, sin embargo, sólo aprovecha el 5%. Según la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2015), México se encuentra entre 15° y 35° de latitud, región considerada

la más favorecida en recursos solares, donde se recibe diariamente, en promedio, 5.5 Kwh/m<sup>2</sup> (la unidad de medición de radiación solar). El noroeste del país es la zona con mayor potencial, donde la radiación excede los 8 Kwh/m<sup>2</sup> en primavera y verano. Sin embargo, los puntos de demanda más altos son en el centro del país, lo que implica un reto/oportunidad para la infraestructura de transmisión de la CFE (Comisión Federal de Electricidad) (IRENA, 2015).

Según datos de la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica, el territorio nacional tiene un potencial de 40 mil megawatts, de los cuales únicamente aprovecha dos mil (Morante, Zilles, Espinoza y Horn, 2005).

Si el país supiera aprovechar la radiación del Sol y convertirla en energía limpia por medio de celdas solares, se estaría en una situación económica totalmente diferente.

Las horas de mayor intensidad de radiación solar son de las 11:00 a las 16:00 horas, cuando el sol alcanza su máxima altura.

Una fracción de la radiación, que corresponde a la ultravioleta B (UV-B), atraviesa la atmósfera, son los de verano los que te broncean. Constituyen el 5% de radiación ultravioleta que nos llega del sol, mientras que la mayor parte de la radiación solar, que corresponde a la ultravioleta A (UV-A), alcanzan toda la superficie de la tierra y tienen lugar durante todo el año hasta en los días más fríos y cubiertos de nieve. Constituyen el 95% de la radiación ultravioleta. Es por esto que en la superficie la intensidad de la radiación UV-A es mayor que la de la radiación UV-B. Por su latitud y altitud la Ciudad de México recibe una cantidad importante de radiación solar (Bhawan, Alimonda y Nash, 2018).

## **II.6. Iluminación pública sustentable**

Uno de los mayores consumos eléctricos que se realizan en los países desarrollados es el destinado a la iluminación pública de las calles y carreteras. Un gasto que se podría reducir impulsando la iluminación pública basada en energías renovables.

Con alumbrado público se refiere a la infraestructura asociada a la iluminación que da servicio en espacios públicos. El objetivo es proporcionar una buena visibilidad y seguridad en las vías, parques y demás espacios. Actualmente, el alumbrado público de la mayoría de los países cuenta con una iluminación energéticamente deficiente, consumiendo más electricidad de la necesaria. Para evitarlo, se está impulsando su sustitución por la tecnología LED (Rojas, 2014).



Figura 2.4a) Alumbrado público [Tamburo, (2013).]



Figura 2.4 b) Alumbrado público [Muñiz, (2019)]

Las lámparas LED son la mejor opción para el alumbrado público, debido a que son las más eficientes, es decir, consumen menos energía para emitir la misma cantidad de luz. Además, son las que más duran sin fundirse, lo que supone importantes ahorros económicos. Este es el motivo por el que muchos países, están impulsando el alumbrado LED apoyando a sus provincias y municipios para el cambio de su alumbrado actual. Se calcula que, con este cambio, se puede ahorrar hasta el 50% en electricidad (Menéndez, 2014).

Los países que cuentan con alumbrado público utilizando luminarias led son: Estados unidos, Australia, China, Japón, Reino Unido, México, Brasil, entre otros. Por un lado, las energías renovables son más limpias y económicas que los

sistemas de iluminación tradicionales. Las farolas alimentadas por energía solar no han de estar conectadas a la red eléctrica y son totalmente autónomas. Ahorran energía y cuidan el medio ambiente ya que el sol es una fuente de energía totalmente limpia.

Este tipo de alumbrado público también permite seguir teniendo luz a pesar de fallos técnicos como apagones u otros fallos causados, por ejemplo, por las inclemencias meteorológicas.

Además, las farolas alimentadas por energía solar permiten iluminar zonas a las que no llega el tendido eléctrico, por lo que podrían brindar numerosas ventajas a zonas desfavorecidas y con escasos recursos.

Por estas y otras razones las farolas que funcionan con paneles solares son una gran solución para disminuir los gastos en iluminación pública o para servir de iluminación de apoyo en parques y otras zonas públicas (Allsopp, Santillo y Walters, 2017).

## **II.7. Iluminación con energía renovable para uso particular**

De la misma manera los beneficios de las energías renovables logran un impacto positivo, tanto en la calidad de vida ambiental como social, así como permitir el desarrollo práctico y sustentable de una nueva era de iluminación con recursos naturales inagotables. Como se mencionó anteriormente la apuesta por esta nueva tecnología de alumbrado con aplicaciones que van desde el uso en vías públicas, parques, oficinas, y hogares específicamente, también pueden ser llevadas de forma más particular, como una herramienta de trabajo por así decirlo en la realización de actividades personales, de trabajo, de oficina, u conveniencia personal.



La utilización de los focos LED, permite obtener la misma intensidad de luz, pero con un menor consumo de energía, por esta razón es más sustentable el utilizar las energías renovables como la mejor opción para la iluminación con LEDs de una nueva sociedad moderna, al desarrollar lámparas recargables independientes, capaces de emitir luz y que utilicen la energía solar como única fuente de funcionamiento es una obligación en las sociedades que están comprometidas con el desarrollo sustentable.

Mediante el uso de esta nueva tecnología se podrá obtener beneficios que van desde alumbrar la recámara, caminar por calles oscuras, realizar trabajos escolares u de oficina sin necesidad de utilizar la luz eléctrica, tener visibilidad en lugares de difícil acceso, mediante la utilización de lámparas, focos, etc., que no utilicen cables y que no sea necesario tener conectados de manera estática, haciendo más el uso práctico y beneficio de los mismos (Fernández, López y Villanueva, 2018).

Considerando todo lo anterior, es que se decidió trabajar en el diseño y construcción de una lámpara de leds funcional, que utilice, energía solar almacenándola en baterías de litio para su funcionamiento. La principal fuente de alimentación para poner en marcha este proyecto es en su totalidad la energía solar. Como complemento de este dispositivo y con el objetivo de obtener un producto sustentable y a su vez amigable con el medio ambiente se utilizó el bambú como material de construcción para el desarrollo del diseño. El bambú es una planta de rápido crecimiento, esta capacidad de reproducción hace que se considere como un material ecológico para la fabricación y construcción, ya que se trata de un recurso que se renueva de manera casi constante (Ruiz, 2016).

Propiedades del bambú, entre las propiedades del bambú destaca su dureza. El bambú es una planta gramínea con forma de caña y es originaria de países asiáticos. Su ventaja principal es la rapidez con la que crece. Además, tras su recolección, el bambú se regenera sin necesidad de volver a plantarlo, por lo que

es una planta sostenible. Posee una dureza similar a la del roble, algunas especies tienen una resistencia aún mayor. Suele crecer creando auténticos bosques. Lo podemos encontrar de forma silvestre en China, los Andes centrales y del norte, en zonas del Amazonas, en México y en ciertos países de Latinoamérica. Algunos tipos de bambú pueden llegar hasta treinta metros a los dos meses de crecimiento.

El bambú es un recurso natural y ecológico con una gran variedad de aplicaciones para su uso en la vida cotidiana. Debido a sus características, son muchas las empresas que lo emplean. Aportando así a su actividad el carácter sostenible que el bambú otorga.

La velocidad de crecimiento de las plantas de bambú, combinadas con el hecho que son recolectadas al cumplir los 5 años de edad, permite que desarrollen un importante proceso de recuperación forestal. El bambú es un excelente consumidor de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), perjudicial para la salud. Se ha comprobado que una hectárea de plantas de bambú puede consumir hasta 18 toneladas anuales de  $\text{CO}_2$ .

Las propiedades mecánicas que posee son extraordinarias y alientan la posibilidad de ser considerado uno de los principales recursos renovables que dé respuesta a nuevas demandas en distintas áreas.

Las fibras que se agrupan en la periferia de la caña de bambú poseen una importante resistencia a la tracción. Se ha medido que esta resistencia es de  $4000 \text{ kg/cm}^2$ . para que tengamos una idea de esta magnitud, la madera para construcción tiene una resistencia de  $500 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que en el hierro para construcción es de  $3750 \text{ kg/cm}^2$  (Cruz, 2009).

Por todas las propiedades que tiene el bambú, es que se decidió utilizar como el material para la construcción de la lámpara.

### METODOLOGÍA

En el presente apartado se detalla el diseño y la construcción de la lámpara solar. También se muestran los materiales utilizados, así como las pruebas realizadas a la lámpara de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-013-ener-2012, eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades, y la NOM-030-ener-2016, eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general.

#### III.3. Descripción de material

Para la construcción de la lámpara se utilizaron los materiales y equipo que se enlistan en la Tabla 3.1.


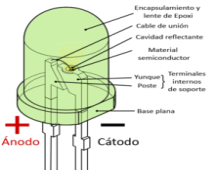

Tabla 3.1. Materiales y equipo empleados en la construcción de la lámpara solar





<b>Materiales</b>	
Bambú seco (1 m de largo x 10 cm de diámetro).	Pasta para soldar.
1 célula solar de 5 Volts(V) y 280 miliamperios (mA).	Puerto USB doble.
14 leds de color blanco.	Una lupa.
1 placa electrónica.	Madera de 10x10x0.03 mm.
1 diodo rectificador.	2 imanes de neodimio.
3 resistencias de 47 ohms.	5 barras de silicón.
3 metros de cable.	Tinta barniz para madera.
2 baterías recargables de litio (Li) 3.7 Volts (V) y 1500 mA.	20 cm de soldadura de estaño.




Equipo	
Cautín para soldar.	Flexómetro.
Taladro y broca.	Luxómetro.






En la Tabla 3.2 se describen las principales características que deben cumplir los componentes y herramientas para construir la lámpara.

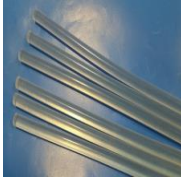



Tabla 3.2. Descripción de los componentes principales en la construcción de la lámpara.

Material	Marca y/o modelo	Función o aplicación	Características
<p>Bambú</p>  <p>(Muñoz J, 2015)</p>	Bambusoideal	Material para construir el diseño de la lámpara.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta resistencia a la deformación.</li> <li>Material orgánico.</li> <li>Fácil producción.</li> <li>Bajo costo</li> <li>No contaminante</li> </ul>
<p>LEDs</p>  <p>(Ávila G, 2017)</p>	ViewSonic	Diodo emisor de luz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.2 a 3.7 Volts</li> <li>20 mA</li> <li>Vida útil 30,000 a 50,000 horas</li> </ul>
<p>Placa electrónica</p>  <p>(Naron J, 2018)</p>	Junkers	Tarjeta para ensamblar los LEDs en paralelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarjeta electrónica</li> <li>Manejable con silicón</li> </ul>



<p>Célula solar</p>  <p>(Martil, 2018)</p>	<p>Radox</p>	<p>Una vez que la luz llega a la capa intermedia, los semiconductores absorben la luz. Los fotones, pequeños paquetes de energía contenidos en toda la luz, aumentan la energía dentro de los átomos de los semiconductores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 280 mA. (miliAmpers), 5 v (Volts)</li> <li>• Vida útil de película delgada 12 años.</li> </ul>
<p>Diodo rectificador</p>  <p>(Moreno E, 2019)</p>	<p>Electrónicos caldas</p>	<p>Permite el Flujo de energía eléctrica en un solo sentido, el polo positivo y bloquea el paso en polo negativo.</p>	<p>1N4003</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 w disipación de energía.</li> <li>• 50 °C/W resistencia térmica típica de unión ambiente.</li> <li>• Corriente directa (CD).</li> <li>• Voltaje directo. (VD)</li> <li>• Temperatura de operación máxima: 175 °C.</li> </ul>
<p>Resistencia</p>  <p>(Cabrera L, 2015)</p>	<p>Electrónicos caldas</p>	<p>Resiste el flujo de energía, para proteger a los LEDs.</p>	<p>47 ohm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia nominal: 0.5 W</li> <li>• Tolerancia: 5%</li> <li>• Tecnología: película de carbono</li> <li>• Terminación axial</li> </ul>
<p>Cable</p>  <p>(López C, 2017)</p>	<p>Reutilizado</p>	<p>Conductor por el cual fluyen los electrones de la célula solar hacia la fuente de almacenamiento</p>	<p>Metros</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibre 22</li> <li>• De 2 hilos</li> <li>• Color negro</li> </ul>

<p>Batería de litio</p>  <p>(Morrison H, 2015)</p>	<p>Motorola</p>	<p>Fuente de almacenamiento de energía,</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.7 volts</li> <li>• 1500 mA</li> <li>• 5.3 Wh</li> <li>• Recargable</li> <li>• Corriente directa</li> </ul>
	<p>Samsung</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.7 volts</li> <li>• 1500 mA</li> <li>• 5.6 Wh</li> <li>• Recargable</li> <li>• Corriente directa</li> </ul>
<p>Soldadura de estaño</p>  <p>(Palacios J,2009)</p>	<p>Radox</p>	<p>Es una aleación de metal-plomo, al ser expuesta al calor se derrite para lograr unir partes electrónicas.</p>	<p>Aleación 60%metal-40%plomo.</p>
<p>Pasta para soldar</p>  <p>(Arteaga M, 2016)</p>	<p>Soldek 15-4325</p>	<p>Limpia el soldador. Funde mejor el estaño. Desoxida las piezas a soldar. Suelta antes.</p>	<p>-----</p>

<p>Una lupa</p>  <p>(Fernández A, 2018)</p>	<p>-----</p>	<p>Lente convergente de corta distancia focal, desvía la luz incidente aumentando la intensidad térmica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud focal 25 cm</li> <li>• Potencia óptica 4 dioptrías (2x).</li> </ul>
<p>Cautín tipo lápiz</p>  <p>(Pérez A, 2018)</p>	<p>Radox 110-150</p>	<p>Es una resistencia eléctrica conectada a una punta cónica de cobre, con la cual se puede fundir el material de aporte de alambre de estaño.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 127 Vac</li> <li>• 40 watts</li> <li>• 60 Hz</li> <li>• Temperatura Maxima 360°C</li> </ul>
<p>Puerto de USB</p>  <p>(Delgado A, 2011)</p>	<p>Reutilizado.</p>	<p>Es un puerto diseñado para conectar varios periféricos, permitir la conexión entre la batería y la célula solar</p>	<p>-----</p>
<p>Madera</p>  <p>(Santos E, 2017)</p>	<p>-----</p>	<p>Ensamblar con la célula solar para dar mayor soporte.</p>	<p>10x10 cm Grosor 3mm</p>
<p>Imán</p>  <p>(Britos L, 2018)</p>	<p>-----</p>	<p>Sujeta y adherir la célula solar a la pared.</p>	<p>Neodimio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetizado axialmente por 2 mm</li> <li>• Material: recubrimiento de níquel</li> <li>• 10 mm de diámetro x 2 mm de grosor</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>Hasta 2.0 kg de fuerza adhesiva</li> </ul>
<p>Silicón de barra</p>  <p>(Zakharova E, 2019)</p>	-----	Es un tipo de adhesivo termoplástico en barras sólidas, se utilizó como adhesivo.	Medida: 7X200 mm
<p>Tinta barniz</p>  <p>(Campos B, 2017)</p>	River	Pintura para dar mayor protección a los materiales	Color roble claro
<p>Flexómetro</p>  <p>(Alba V, 2018)</p>	Pretul	Para medir las secciones a cortar con las unidades correctas	Unidades en metros (m) y centímetros (cm)
<p>Taladro y broca</p>  <p>(Navas M, 2019)</p>	Pretul	Es una herramienta para realizar un movimiento giratorio y en conjunto con una broca para realizar una perforación.	<p>Taladro eléctrico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>127 Vac</li> <li>500 W</li> <li>De 10 a 13 A</li> <li>Frecuencia de 60 Hz</li> </ul>



<p>Multímetro</p>  <p>(Casiano A, 2019)</p>	<p>-----</p>	<p>Medir el voltaje (v) y corriente (Amperio) del circuito</p>	<p>En unidades de Volts y Amperes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sirve para medir resistencia</li> <li>• Para medir tensión</li> <li>• Para corriente alterna y continua</li> <li>• Para medir continuidad</li> <li>• Para medir amperaje etc.</li> </ul>
<p>Medidor de luz (luxómetro)</p>  <p>(Mazola N, 2019)</p>	<p>Ciprés Alta Eficiencia lux HS1010A</p>	<p>Instrumento para medir la intensidad luminosa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla LCD.</li> <li>• Escala de rango de medición: 0 a 200,000 Lux. Con la función de retención de pico, la función HOLD.</li> <li>• Funciones de medida máxima, mínima.</li> <li>• El sistema de control de MCU es muy estable y confiable.</li> <li>• 50 conjuntos de datos pueden ser almacenados en memoria.</li> </ul>

### III.4. Construcción de la base

El material utilizado para construir la base de la lámpara fue el bambú, un material orgánico, de bajo costo y que no impacta al medio ambiente. Además, es un material de fácil adquisición. A continuación, se describen los pasos que se siguieron para su construcción.

1. Se realizaron dos cortes, de 30 cm de longitud, (en el eje vertical) y 7 cm (en el eje horizontal) como se muestra en la Figura 3.1.

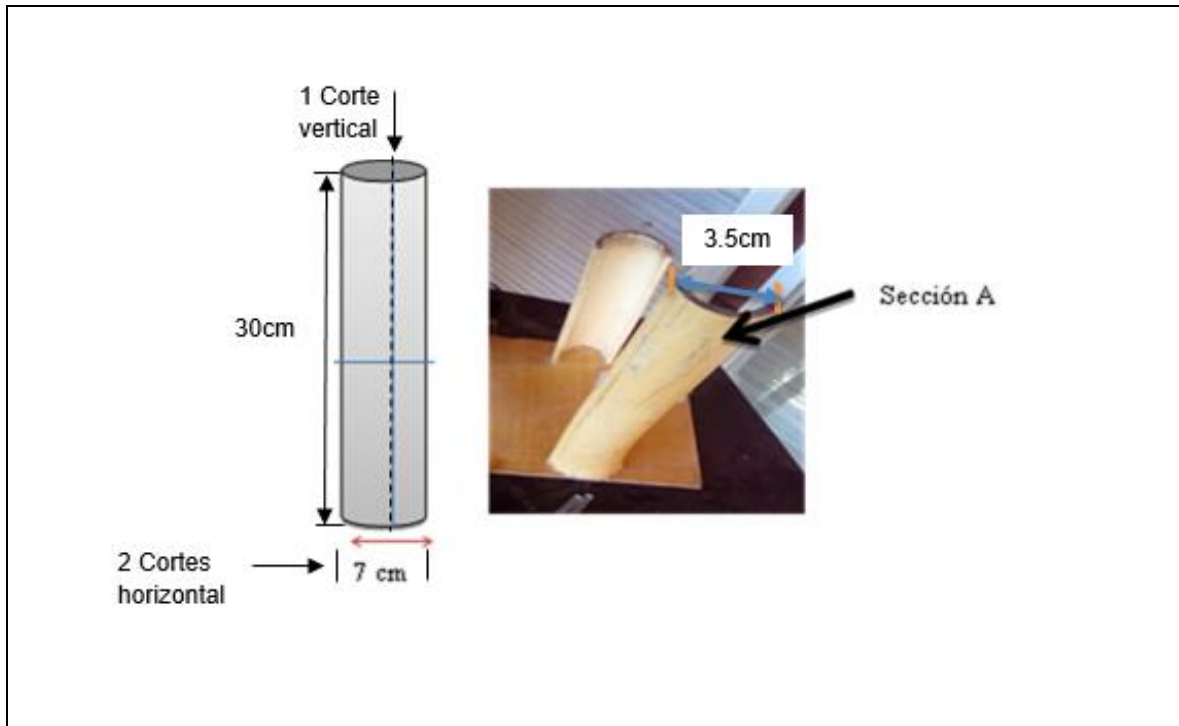
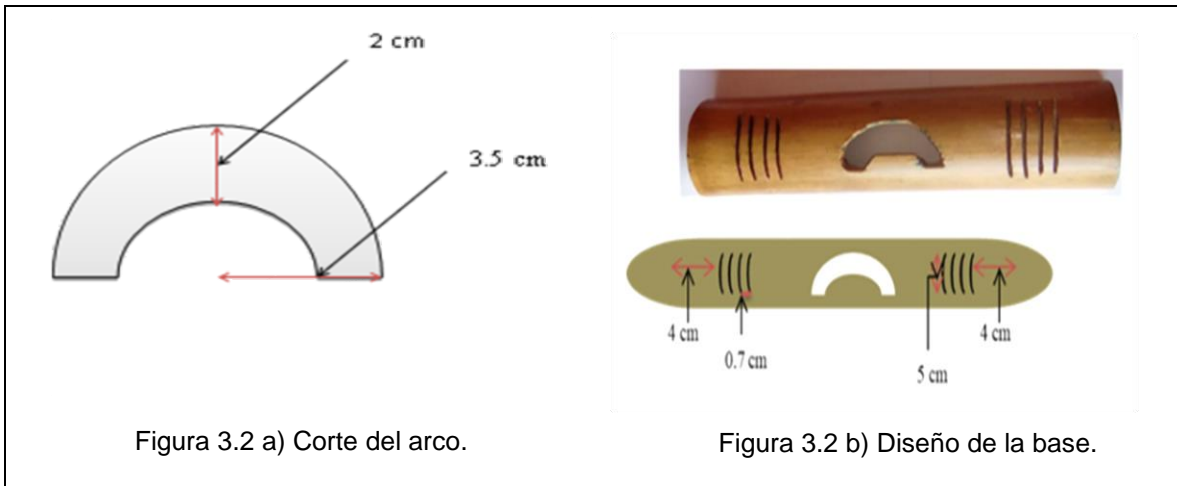


Figura 3.1. Sección de corte paralelo al eje del bambú.

2. Considerando la sección A, se marca un radio de 3.5 cm x 2 cm de ancho en el centro, como se muestra la Figura 3.2 a). Se perfora en los extremos del arco con un taladro, para continuar con su desbaste del arco, quedando como se aprecia en la Figura 3.2 b).
3. En la sección A, se realizaron 4 cortes transversales de 5 cm de largo y entre cada corte 0.7 cm, ver Figura 3.2 b).



### III.4.1. Construcción del eje de soporte

El eje del soporte se elaboró como se describe a continuación:

- Se seleccionó la parte del bambú más recta y uniforme posible, para cortar una pieza de 23 cm de longitud.
- Se efectuó un corte semicircular a un extremo del bambú, después con el taladro se realizaron orificios laterales al eje del bambú. Se cortó una pieza de bambú más delgado (cilindro) de igual tamaño al diámetro del eje de soporte, la cual se introdujo en los orificios laterales para dar sujeción y movimiento vertical a la porta bombilla, como se observa en la Figura 3.3.

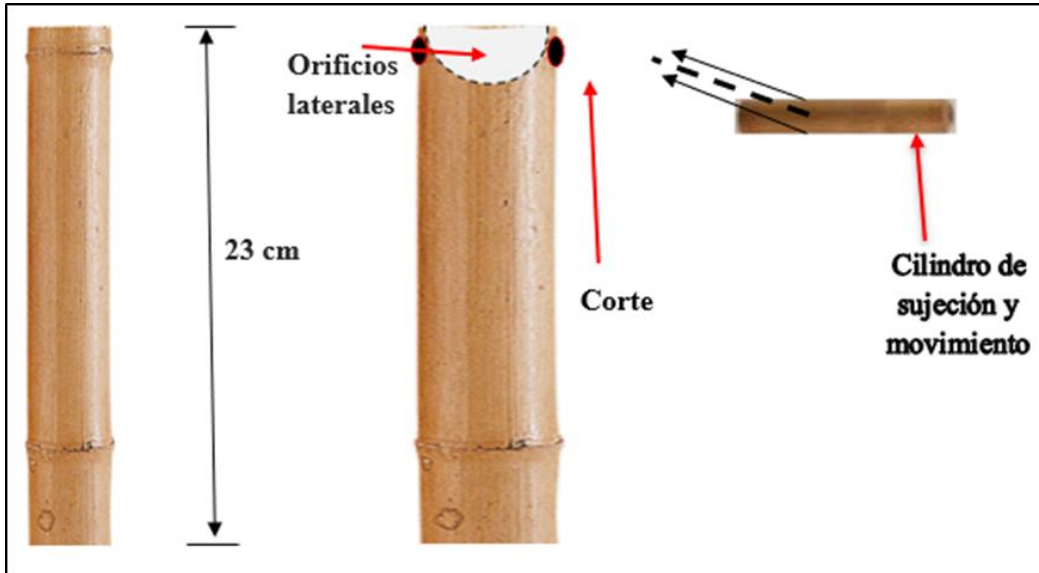


Figura 3.3 Construcción del eje o soporte.

### III.4.2. Construcción del porta bombilla

Con el esmeril o segueta, se corta un trozo de bambú con las medidas indicadas en la figura 3.4. Esta pieza solo tendrá un orificio, por donde se introducirán los LEDs y el cableado.

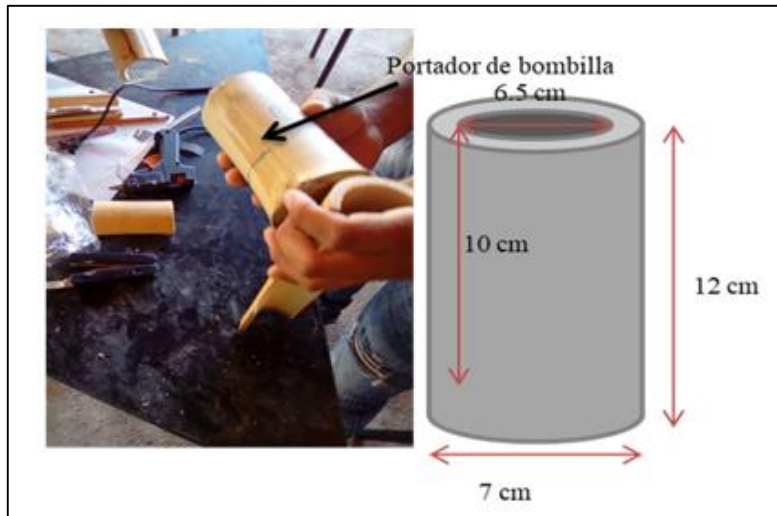


Figura 3.4. Construcción del porta bombilla.

### III.4.3. Construcción de las piezas para soporte

Para las piezas de soporte, se tomó un pedazo de bambú realizando los cortes con un esmeril con las medidas indicadas en la Figura 3.5, con el propósito de dar mayor estabilidad a la lámpara.

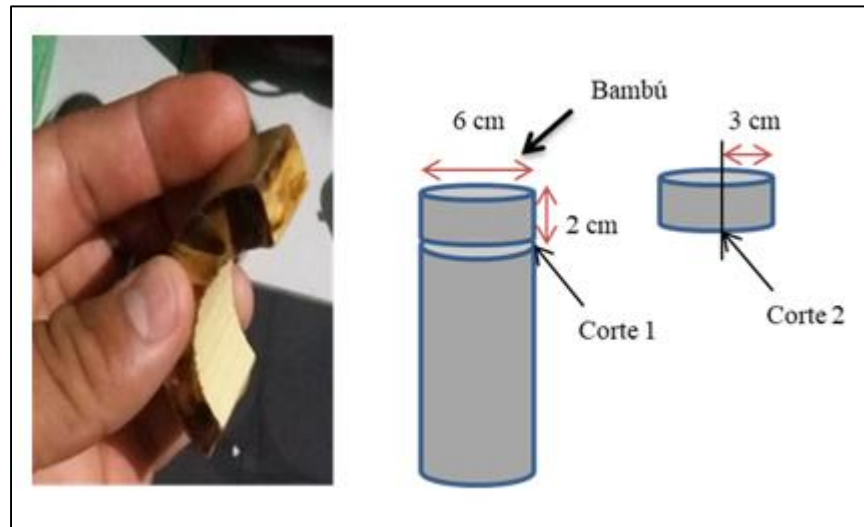


Figura 3.5. Diseño de las piezas para mayor estabilidad.

### III.4.4. Construcción del circuito

El circuito se muestra en la Figura 3.6, se construyó de la siguiente manera:

- Se conectó en paralelo las 2 baterías de litio (Li).
- La célula solar se le conectó el diodo rectificador en el polo positivo y éste a las baterías (conexión, positivo con positivo).
- La conexión de los Leds es en paralelo, en el polo positivo de la conexión en paralelo de los Leds se conecta la resistencia, como se muestra.

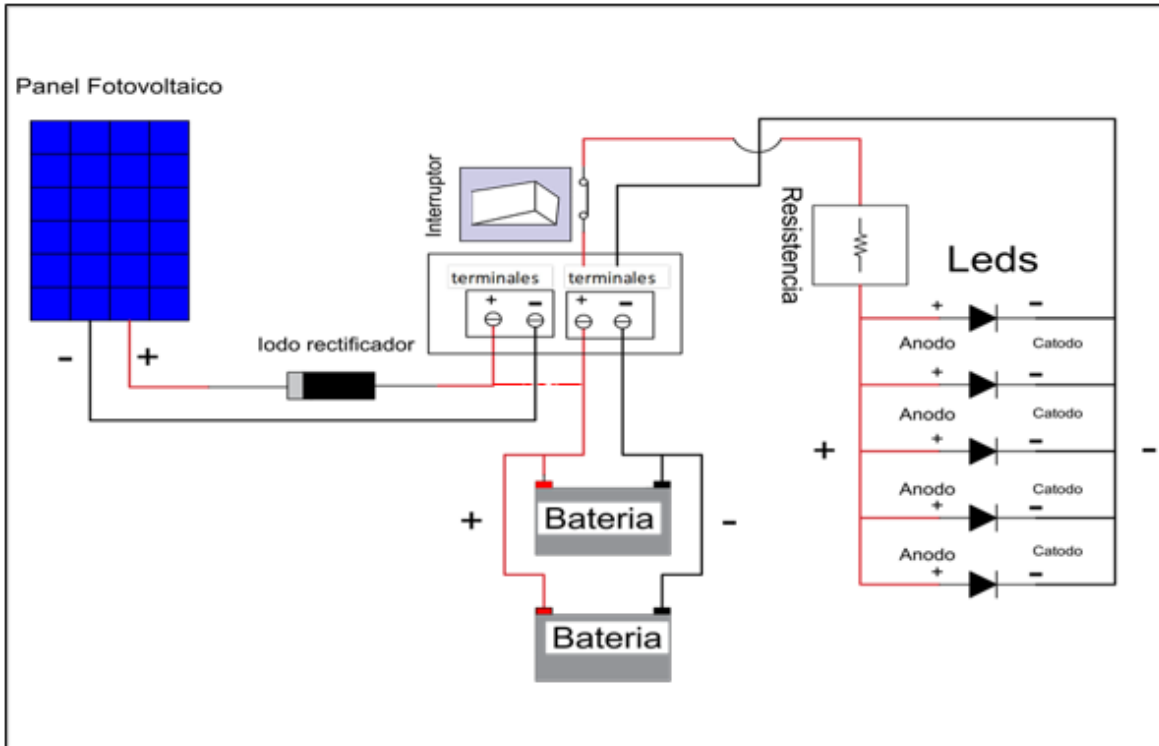


Figura 3.6 construcción del circuito eléctrico; lámpara (ECO LUZ) con sus componentes.  
(Fuente: Elaboración propia)

### III.4.5. Ensamble final de los componentes

- VI. Se ensambla el eje de soporte sobre la base, como se muestra en la Figura 3.7, agregando silicón para dar mayor resistencia y estabilidad.
- VI. Al subensamble anterior se ensamblaron las piezas elaboradas en la Figura 3.5 b). con silicón, una en cada extremo de la base como se muestra en la Figura 3.8.
- VI. Se ensambló el circuito eléctrico en el porta bombilla, extrayendo en la parte de atrás de la porta bombilla el cable del puerto USB para conectar la célula solar y el cable del interruptor, como se muestra en la Figura 3.9.

VI. La porta bombilla se ensambló sobre el eje de soporte, en la parte superior, adaptándola para brindar un movimiento vertical de la porta bombilla. Se colocaron dos elementos como soporte de columna por la parte de enfrente y de atrás para tener una mejor estabilidad y mayor soporte, como se observa en la Figura 3.10.

VI. Al final se coloca el puerto USB, en la parte izquierda, debajo de la base, en donde se colocará el cable del panel solar, ver Figura 3.11.

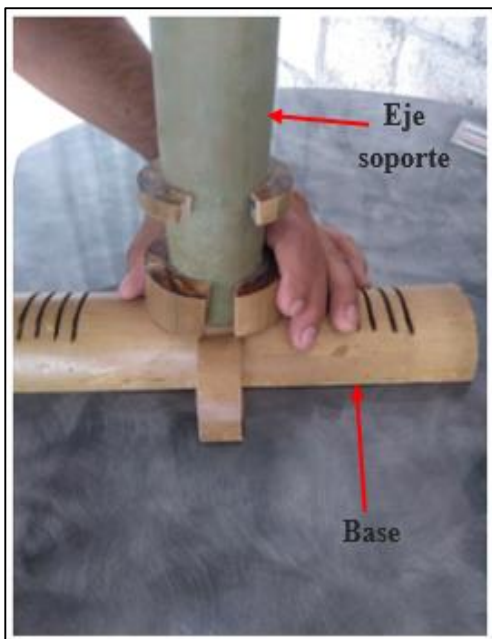


Figura 3.7. Ensamble de la base y eje de soporte.

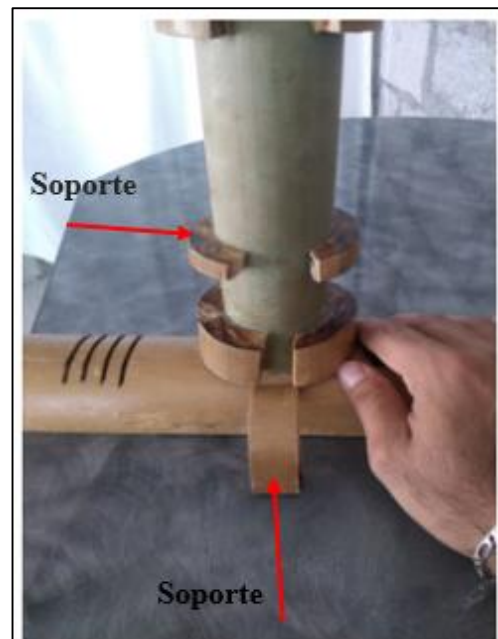


Figura 3.8. Colocación de las piezas de apoyo para la base.



Figura 3.9. Ensamble del circuito de leds en el porta bombilla.

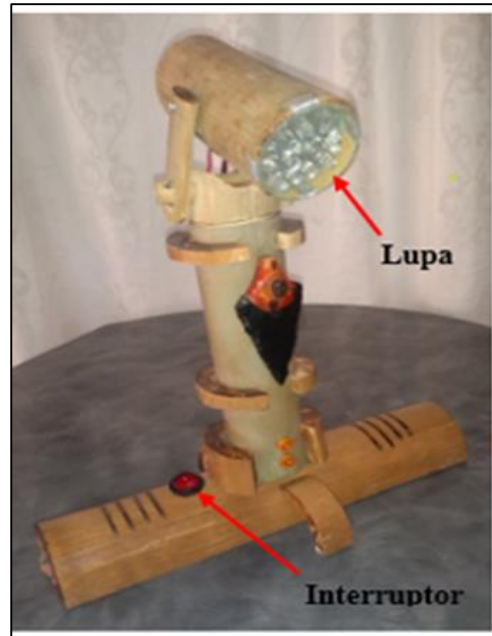


Figura 3.10. Diseño final de la lámpara.





Figura 3.11. Ubicación del puerto de conexión

### III.5. Pruebas de acuerdo a normas

En este apartado se muestran los procedimientos de las pruebas realizadas al prototipo. Estas pruebas se aplicaron, para determinar la eficiencia y calidad de la lámpara bajo las normas vigentes en el territorio nacional, de acuerdo a las NOM-028-ENER 2017 Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba, y la NOM-008-SCFI-2017, Sistema general de unidades que supervisa el sistema de unidades empleadas en las pruebas y unidades de medida. Las pruebas realizadas en el prototipo final de la lámpara fueron las siguientes:

- Prueba de voltaje.
- Prueba de flujo luminoso.
- Prueba de Eficiencia luminosa.

### III.6. Prueba de tensión o voltaje (V)

Para realizar esta prueba se utilizó: un panel solar, voltímetro, medidor de temperatura y un reloj (celular). El material empleado se muestra en Figura 3.12.



Figura 3.12 dispositivos de medición, utilizadas en la prueba.  
(Moreno A,2016)

La prueba se realizó durante 7 días consecutivos, realizando mediciones de 8 am a 5 pm. El panel se expuso a la luz solar y se comenzaron a tomar las medidas de voltaje con el medidor, con el propósito de monitorear el mayor voltaje que recibirían las baterías, con un panel solar de 5 volts de voltaje nominal. Se realizó un registro de temperaturas. Al término de cada día de mediciones, se prendía la lámpara y se medía con el voltímetro cada hora registrando el comportamiento del voltaje en función del tiempo, durante 15 horas de uso continuo en 7 días.

### III.7. Prueba de flujo luminoso

El material utilizado para esta prueba fue un medidor de luz (luxómetro) y la lámpara, como se muestra en la Figura 3.13 y 3.14.



Figura 3.13 Dispositivos para medir el flujo luminoso. (Mazola N,2019).



Figura 3.14 Lámpara.  
Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones se realizaron cada hora, durante 15 horas consecutivas por un período de 7 días continuos.

Para esta prueba, se encendió la lámpara colocando el medidor de luz enfrente a una distancia de 35 cm. Se utilizó el medidor para registrar los lúmenes emitidos por la lámpara durante 5 minutos.

### III.8. Prueba de eficacia luminosa

Esta prueba permite determinar si la lámpara solar cumple con algunas de las especificaciones requeridas en lámparas para interiores, considerando como dato de referencia un reporte emitido en el 2014 por la Comisión Federal de Electricidad.

Para determinar la eficiencia luminosa, se empleó la Ecuación 1.

$$Eficacia\ luminosa = \frac{flujo\ lumnoso\ total\ inicial\ (lm)}{potencia\ electrica\ (W)} \quad (Ecuación\ 1)$$

### III.9. Funcionamiento de la lámpara

A continuación, se describe a detalle el funcionamiento de la lámpara LED.

- 1 La célula solar (1) se expone a la radiación solar, en la cual la radiación que llega a la superficie terrestre en forma de fotones, se convierte en energía eléctrica continua por efecto fotoeléctrico.
- 2 La energía que fluye a través de los conductores (2), pasa por un diodo rectificador que se encarga de permitir el flujo en un solo sentido, es decir el flujo es en el polo positivo y no permite el paso al flujo en el polo negativo.
- 3 Cuando fluye la energía, pasa por el puerto USB y se acumula directamente en la fuente de almacenamiento que son las baterías (3) que se encuentra dentro del porta bombilla, al término de la recarga se encuentra disponible para su funcionamiento.
- 4 El interruptor (4) es el que bloquea o permite el flujo de la energía almacenada en las baterías, es control para permitir el funcionamiento de la lámpara, es el botón para encender o apagar la lámpara.
- 5 Cuando se permite el flujo de energía en el interruptor, esta pasa por un filtro (resistencia) para evitar que los LEDs reciban una descarga eléctrica lo cual daña las fuentes emisoras de luz. El módulo de LED (5) es la que recibe la energía correspondiente para cumplir su propósito, que es emitir energía en forma de luz.

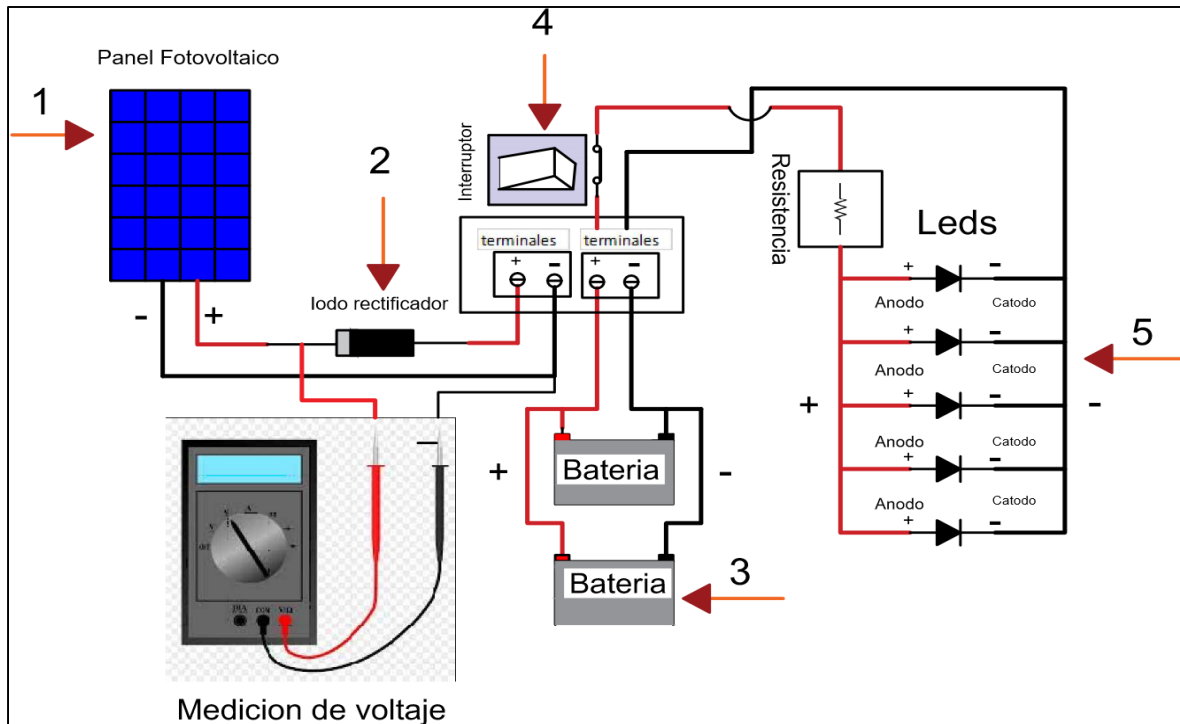


Figura 3.15 Diseño para describir el funcionamiento.  
(Fuente: Elaboración propia)

### III.10. Desempeño de la lámpara

Las pruebas físicas del prototipo se realizaron en las instalaciones de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, con asesoramiento de los docentes, y en el poblado de Tlayecac.

Previo a la construcción del prototipo, se efectuaron pruebas para determinar la calidad de los materiales que serían usados, éstas fueron realizadas en los meses de noviembre y diciembre de 2018.

Las pruebas que se realizaron al prototipo fueron:

- Resistencia a la deformación. La cual consistió en colocar un bambú en una prensa mecánica y apretar hasta el punto en que se hizo una grieta, pero no se quebró considerándose resistente.
- Flujo de energía por los conductores. Para esta prueba se utilizó el multímetro colocando una punta en cada cable y medir la continuidad para verificar que era buena y que permitía el flujo de electrones por los conductores.
- Pruebas de ergonomía. Estas pruebas se le realizaron a la lámpara considerando el diseño, el peso, la forma de conexión de una forma rápida y de poder trasportarse de un lugar a otro para la comodidad de las personas.

A las baterías se les realizaron pruebas de carga y descarga de voltaje para conocer su estado actual y, posteriormente, poder determinar el desempeño de la lámpara. Se registraron los datos del voltaje real, éstos se compararon con el voltaje nominal especificado por el proveedor. En la Figura 3.16 se muestra como se realizó la prueba de carga y descarga de las baterías.



Figura 3.16. Pruebas de carga y descarga de la fuente de almacenamiento y prueba al panel solar.

Se realizaron pruebas a la lupa, poniéndola a la luz del sol y colocando una lámpara y focos y ver el paso de los rayos de luz que tan amplio pasaban, para conocer si permitían el paso de los rayos de luz a través de ella. Además, se realizaron pruebas para determinar si era viable utilizar silicón como pegamento en el ensamble de las partes.

Con las pruebas físicas de los materiales, se determinaron algunos parámetros necesarios que deben cumplirse para un funcionamiento óptimo del prototipo. A continuación, se enumeran los parámetros indispensables que se tomaron en cuenta:

- El voltaje real máximo de la célula solar es de 5.77 volts en un día soleado en horas del día de 1:00 pm a 2:00 pm. y su voltaje nominal es de 5 volts y corriente de 0.280 amperios.
- Se determinó utilizar una fuente de almacenamiento de 3.7 volts con una corriente de 3000 miliamperios, 2 baterías de litio conectadas en paralelo.

- Con el voltaje que almacena las baterías y el voltaje que emite la célula solar, el tiempo promedio para recargar la batería es de 4.5 horas.
- Se determinó utilizar 15 Leds, que consumen entre 17 y 20 miliamperios cada uno, lo cual da una durabilidad de entre 10.0 y 11.76 horas de funcionamiento.
- Determinados los parámetros anteriores, se procedió a realizar un análisis detallado del efecto del cambio temperatura en la recarga de la batería.



### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### IV.4. Lámpara solar

En la Figura 4.1, se muestra el dispositivo de la lámpara solar con sus componentes principales.

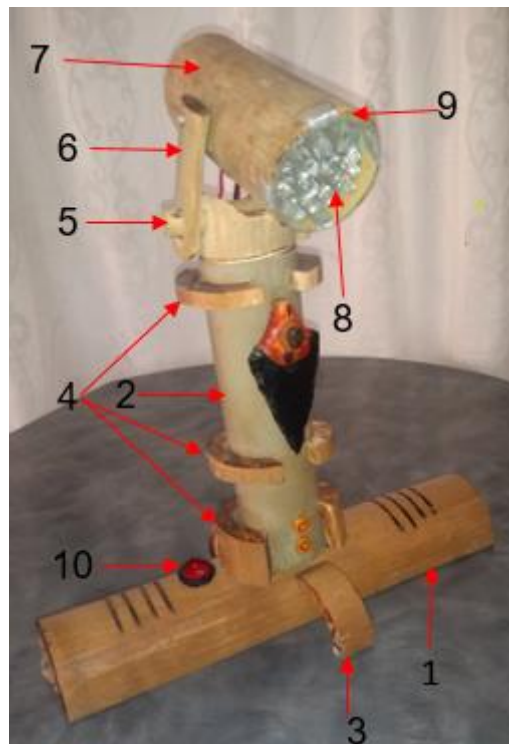
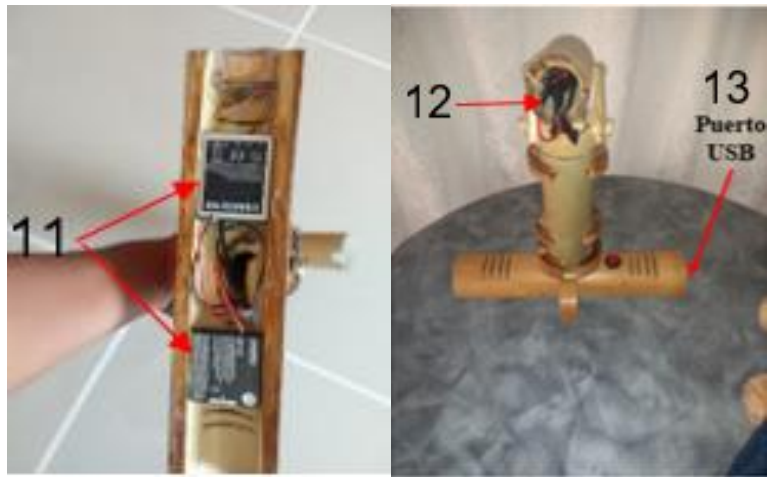


Figura 4.1 Dispositivo de la lámpara solar con sus componentes. 1. base de soporte, 2. Eje de soporte, 3. Soporte de sujeción de la base, 4. Soportes laterales del eje de soporte vertical, 5. Cilindro de sujeción y movimiento, 6. Base para el movimiento de la porta bombilla, 7. Portador de la bombilla, 8. Circuito de los leds, 9. Colocación de la lupa, 10. Interruptor para el encendido y apagado.



11. Conexión de las baterías, 12. Parte eléctrica del cableado, 13. Puerto USB para la carga.

## IV.5. Temperatura ambiental

Se tomaron medidas de temperatura ambiental de 2 días consecutivos en el mes de noviembre del 2018, monitoreando un día soleado y otro nublado. En la Figura 4.2 se observa que la temperatura en un día soleado alcanza un valor promedio de 23.6 °C. La temperatura va aumentando de 19 °C a las 8:00 horas, hasta llegar a un máximo de 26 °C a las 14:00 horas, disminuyendo 2°C a las 17:00 horas.

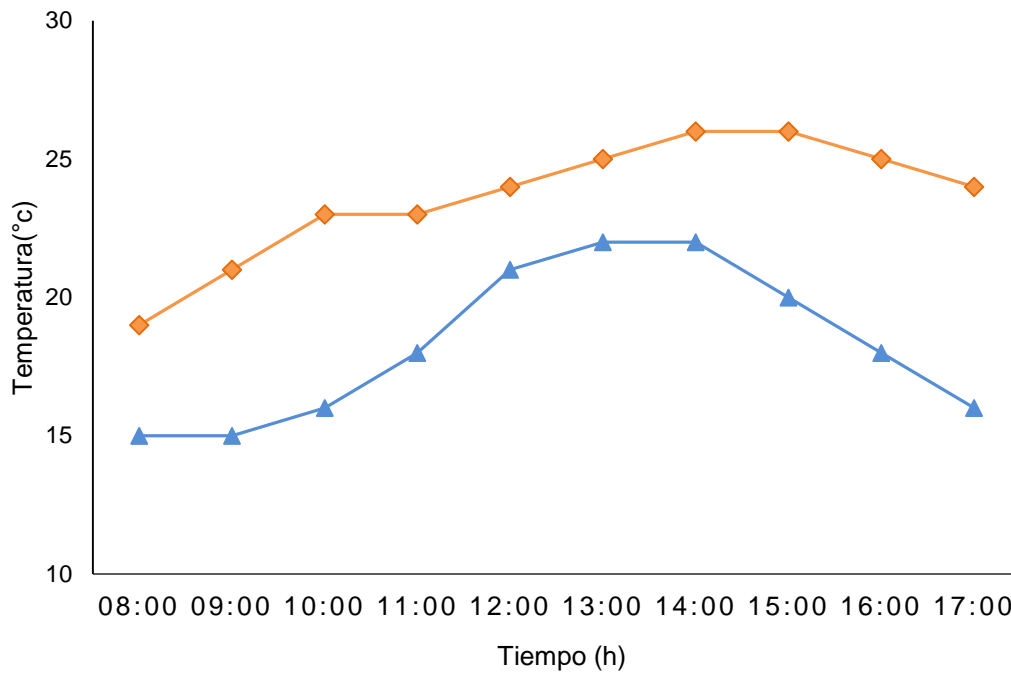


Figura 4.2. Temperaturas en un día nublado y otro soleado en función del horario. Temperaturas ◆ día soleado, ▲ día nublado.

Por otro lado, en un día nublado, la temperatura promedio fue 18°C, incrementando de 15°C a las 8:00 horas, alcanzando un máximo de 22°C a las 14:00 horas, decayendo gradualmente a 16°C al final de las mediciones.

Es importante monitorear la temperatura durante un día soleado y nublado, para saber si será capaz de cargar las baterías el panel solar sin importar si es un día nublado o soleado, ya que la temperatura parece afectar la eficiencia del panel solar porque cuando hay una mayor temperatura hay más calor y sol, pero lo que en realidad afecta es una mayor o menor cantidad de fotones que llegan a la tierra, a diferencia que cuando esta nublado y hay menos sol y son menores los fotones que llegan. Por lo que el prototipo de la lámpara solar, funciona con este tipo de energía limpia y sustentable.

## IV.6. Voltaje de célula solar

En la Figura 4.3 se muestra el voltaje emitido por la célula solar durante un día nublado (■) y soleado (◆), en un período de mediciones de 8:00 a 18:00 horas. Como se observa, en un día nublado la célula solar registra un voltaje de 3.81 V a las 8:00 am, el cual va incrementando gradualmente hasta llegar a 4.68 V al mediodía, permaneciendo casi constante hasta las 15:00 horas, con un máximo de 4.95 V a las 16:00 horas. Después de este tiempo el voltaje comienza a disminuir rápidamente.

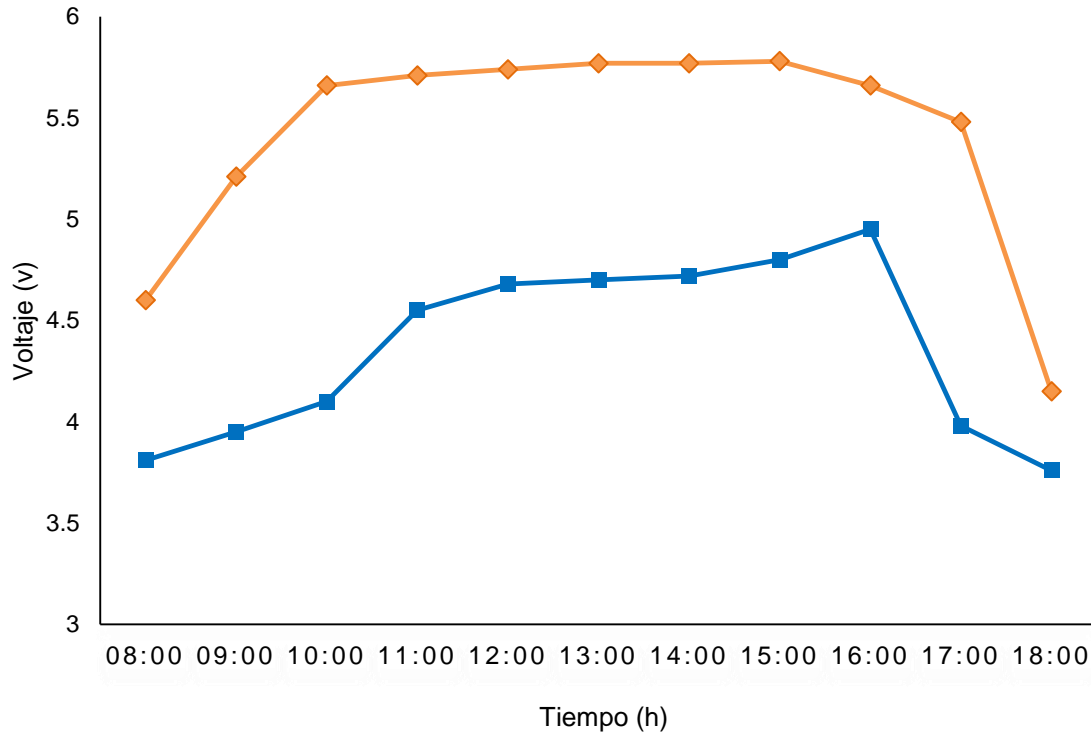


Figura 4.3. Voltaje real máximo de la célula durante el día, en un día soleado (◆) y un día nublado (■).

En un día soleado en cambio, se observa un voltaje inicial de 4.6 V a las 8:00 am, incrementando hasta 5.6 V a las 10:00 am, es decir, aproximadamente un 15%

mayor que el obtenido en un día nublado, permaneciendo casi constante hasta las 17:00 horas, decayendo a las 18:00 horas hasta 4.1 V. se debe tener en cuenta que el panel solar debe de estar directamente a los rayos del sol, ya que si está en el interior no tendría voltaje, porque no alcanzaría a penetrar la radiación solar en el interior, lo cual cuenta con un cable largo con conexión usb y fácil de conectar para poder poner el panel solar en su exterior.

Las variaciones de voltaje que se obtienen, están en función de la cantidad de radiación solar (fotones) que recibe la célula, esto es debido al ángulo de incidencia de la luz sobre la superficie colectora. Los valores obtenidos de voltajes son suficientes para cumplir con las especificaciones requeridas, para cargar con eficiencia las baterías en un menor tiempo, ya que el valor mínimo necesario para que se carguen las baterías es de 3.72 V y estos valores obtenidos son mucho mayores a éste.

#### **IV.7. Voltaje de célula solar con lámpara en funcionamiento**

Para conocer el comportamiento de la célula solar cuando la lámpara se encuentra en funcionamiento, se tomaron medidas de voltaje de salida en un tiempo de 16 horas consecutivas de trabajo durante 7 días.

La Figura 4.4 muestra el comportamiento del voltaje en función del tiempo de trabajo de la lámpara. El voltaje cambia de 3.74 V de inicio a 3.52 V en doce horas de funcionamiento. Después de este tiempo el valor desciende drásticamente a 2.7 V, siendo insuficiente la iluminación para su funcionamiento.

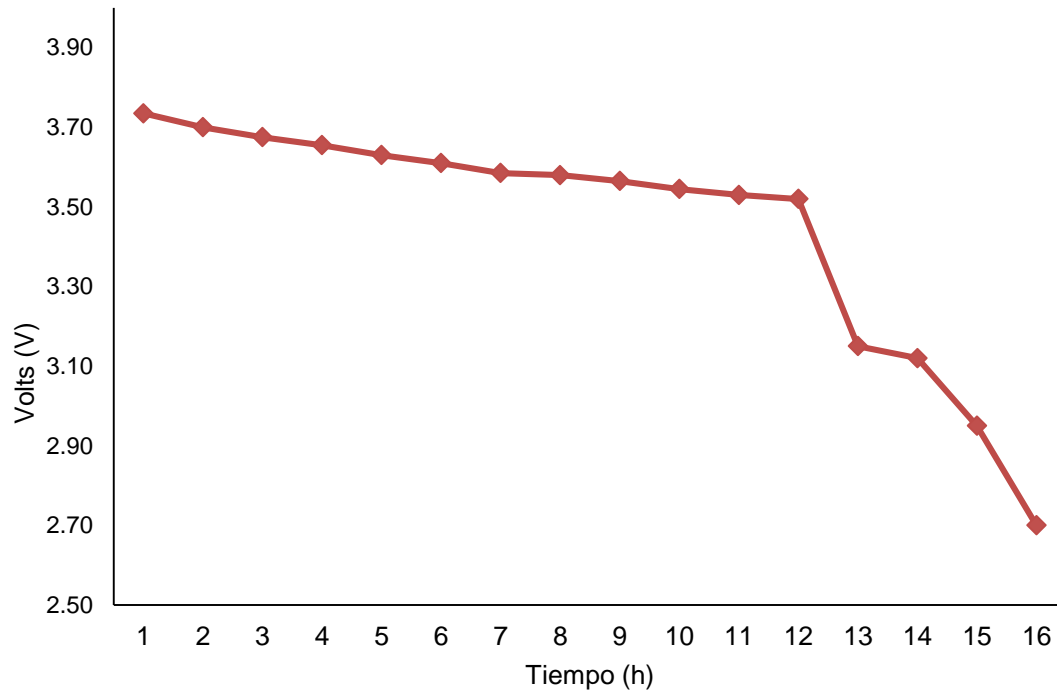


Figura 4.4. Voltaje de la lámpara en función del tiempo.

En la Figura 4.5 se muestra el comportamiento que tuvo el voltaje de la célula en función de la temperatura ambiente, se observa que cuando aumenta la temperatura ambiental el voltaje aumenta.

El voltaje emitido por la célula solar a una temperatura de 15 °C fue de 3.64 V mientras que a 27 °C el voltaje obtenido fue de 6.01 V, lo cual quiere decir que una mayor temperatura en el ambiente favorecería la recarga de la batería debido a que se tiene un mayor voltaje.

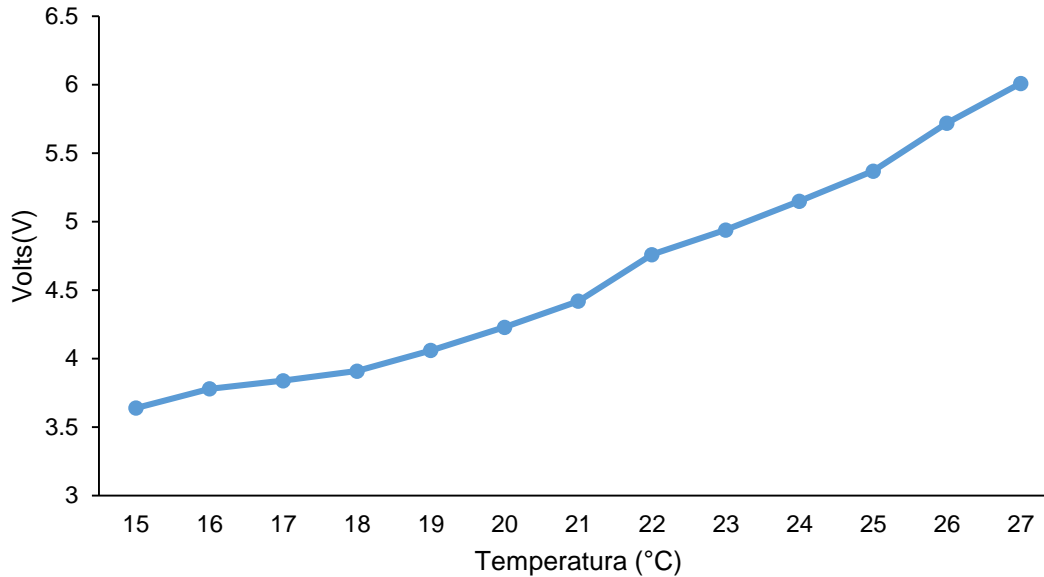


Figura 4.5. Voltaje de la célula solar en función de la temperatura.

Lo anterior significa, que a mayor temperatura en el ambiente es mejor para recargar la batería, si fuera necesario agregar una fuente de almacenamiento de energía de mayor capacidad y una célula solar de mayor voltaje, el tiempo de carga sería probablemente igual al de esta lámpara.

#### IV.8. Flujo luminoso

La Figura 4.6 presenta el comportamiento de la intensidad luminosa (lúmenes) en función del tiempo de uso (h). Se observa que el flujo luminoso desciende conforme transcurre el tiempo de funcionamiento de la lámpara, es decir que cada vez que pasa una hora, la luz emitida es menor. Los valores mostrados son el valor promedio obtenido durante 16 horas consecutivas de funcionamiento en siete días. Para una iluminación adecuada los valores son de 87 lúmenes hasta 70.5 lúmenes.

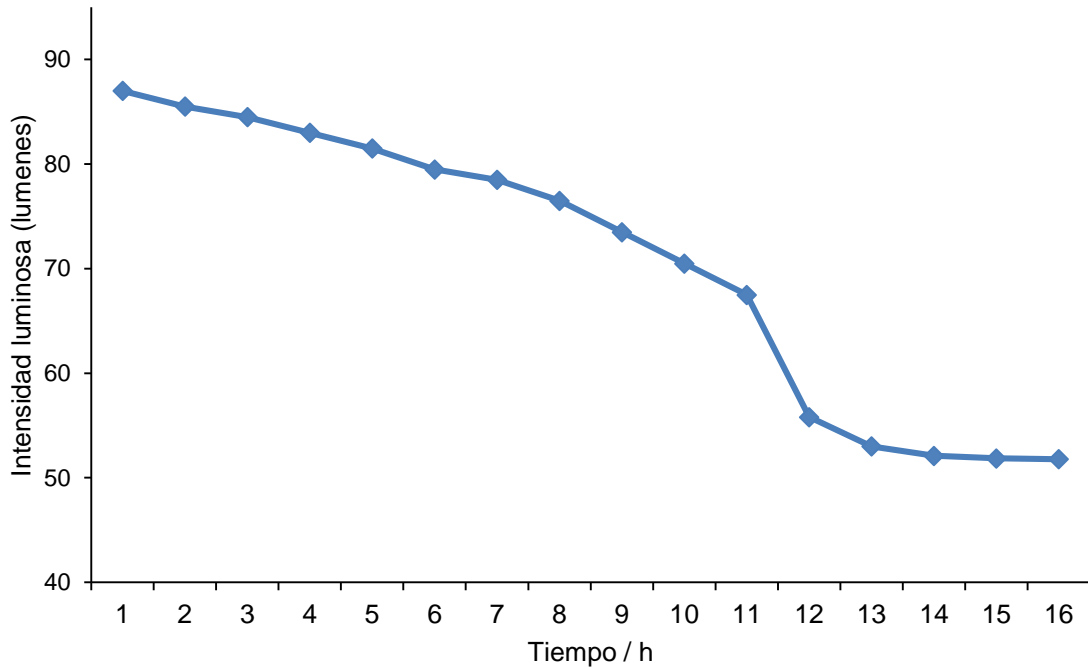


Figura 4.6 Comportamiento de la intensidad luminosa en lúmenes en función del tiempo, durante el uso de la lámpara.

#### IV.9. Eficacia luminosa

Para determinar la eficacia luminosa se emplea la expresión de la ecuación 1, con el propósito de examinar qué tan eficiente es la luz emitida por la lámpara con diodos emisores de luz. La expresión se tomó como referencia a la NOM-030-2017 Eficacia Luminosa de Lámparas de Diodos Emisores de Luz (LED) Integradas para Iluminación General.

$$eficacia\ luminosa = \frac{87\ lumenes}{1.11watts} = 78.38 \frac{lm}{watts}$$



La eficacia luminosa se puede definir como la relación entre el flujo luminoso y la potencia eléctrica requerida para generarla. Por lo tanto, este parámetro permite calcular eficiencia de la lámpara transformando electricidad en energía útil para iluminar. Se puede concluir que la eficacia luminosa se mide en lúmenes/W. A medida que aumenta la eficacia luminosa, se requerirá menor cantidad de energía para producir la misma cantidad de luz y por lo tanto su consumo energético será menor.

Según la norma mencionada anteriormente, para una buena iluminación de una lámpara LED de corriente directa necesita entre 15 a 130 lm/W. Los 87 lúmenes utilizados en la ecuación anterior, se determinaron de la primera prueba realizada con un luxómetro (descrito en el apartado 3.5 de flujo luminoso). De la expresión anterior, se obtuvo que el prototipo de lámpara de LED (eco luz) tiene una eficacia luminosa de 78.38 lm/W, por lo que se puede decir que se encuentra entre un rango promedio para poder considerarse como una buena iluminación del dispositivo.

Ventajas que brinda este dispositivo:

- El material de construcción es el bambú, éste no contamina es un material orgánico y de fácil adquisición.
- No consume energía eléctrica, solo basta con la exposición a la luz solar para recarga de las baterías.
- Intensidad de luz suficiente para realizar actividades nocturnas, reemplazando los focos convencionales.
- Movilidad, ya que no necesita cables (extensiones) de conexión, al ser una lámpara recargable y ligera puede llevarse a cualquier lugar.
- 10 horas de funcionamiento sin utilización de la red eléctrica.
- Reducción de costos en luz eléctrica, debido a que el tiempo de funcionamiento es prolongado.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- Se diseñó y elaboró el esquema de la lámpara solar en AutoCAD, para poder visualizar sus componentes y las partes que lo integran. El esquema de la lámpara permitió construirla de una manera rápida y efectiva.
- Las propiedades físicas, bajo costo, facilidad de procesamiento, crecimiento acelerado, resistencia a las bajas temperaturas y beneficios al ambiente (excelente consumidor de dióxido de carbono) hicieron que el bambú fuera elegido como el material idóneo, ya que es ecológico y sostenible, para la construcción del prototipo.
- Se logró construir una lámpara solar integrando cada una de sus partes de acuerdo al diseño establecido. La lámpara fabricada es ligera por lo que se puede trasladar fácilmente de un lugar a otro. Además, el movimiento vertical del porta bombilla permite que el usuario realice sus actividades de manera óptima. El uso de energía solar permite disminuir los costos de energía eléctrica y su empleo en ausencia de ésta.
- Las pruebas experimentales realizadas al prototipo como voltaje, flujo luminoso, voltaje generado a la temperatura ambiente de la región Oriente del Estado de Morelos (Ayala) permitieron establecer que la

lámpara proporciona una iluminación óptima, a una distancia de 2 a 3 metros, durante 10 horas y que las baterías se recargan en 4.5 horas. El flujo luminoso promedio fue de 87 lúmenes, de acuerdo al apartado del flujo luminoso obtenido con un luxómetro.

- No existe una norma específica para realizar las pruebas correspondientes para este tipo de tecnologías. Se tomó como referencia la NOM-025-STPS-2008 (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo) que emplea los luxes como unidad de medida para determinar la eficiencia de la lámpara.
  
- Esta lámpara basa su funcionamiento en el uso de energías renovables, la cual se obtiene gratuitamente de la radiación solar. Las energías limpias requieren una inversión inicial relativamente alta, pero tienen costos bajos de mantenimiento. Esta tecnología es sostenible ya que reduce el consumo de energía y no contamina el ambiente, al contrario, disminuye la emisión de dióxido de carbono que es responsable del calentamiento global del planeta.

## VI. APÉNDICES

Norma oficial mexicana NOM-030-ENER-2016, eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos prueba

### 1. Términos y definiciones

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana se establecen los términos y definiciones siguientes.

#### 1.1. Diodo emisor de luz (led)

Dispositivo de estado sólido que incorpora una unión p-n, emitiendo radiación óptica cuando se excita por una corriente eléctrica.

#### 1.2. Luminario de led

Sistema completo de iluminación, que cuenta con una fuente de luz a base de tecnología led, controlador, disipador de calor y un control óptico para distribuir la luz.

#### 1.3. Módulo de led

Fuente de luz que cuenta con uno o más leds, puede contener elementos adicionales como son ópticos, mecánicos, eléctricos y electrónicos, excluyendo el controlador.

#### 1.4. Flujo luminoso total

Energía radiante en forma de luz visible al ojo humano, emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo); su unidad de medida es el lumen (lm).

#### 1.5. Bulbo

Envoltura externa de vidrio o de otro material transparente o translúcido que guarda los componentes esenciales de una lámpara eléctrica.

## 2. Lámpara de led integrada omnidireccional

Lámpara que emite luz en todas direcciones y por lo menos el 10% de su salida de flujo luminoso total está dentro de un ángulo sólido entre 90°-180°.

### 2.1. Eficacia luminosa

Relación del flujo luminoso total emitido por la(s) fuente(s) entre la potencia total consumida por el sistema, expresada en lumen por watt (lm/W).

### 2.2. Lámpara de led integrada direccional

Lámpara que emite por lo menos el 80% de su salida de luz dentro de un ángulo sólido (que corresponde a un cono con un ángulo de 120°).

### 2.3. Flujo luminoso total nominal

Flujo luminoso total emitido de una fuente de luz, en su posición ideal, que declara el fabricante.

### 2.4. Flujo luminoso total inicial

Flujo luminoso total emitido de una fuente de luz, medido al inicio de su vida, después de un periodo de estabilización.

### 2.5. Temperatura de color correlacionada (TCC)

Expresa la apariencia cromática de una fuente de luz por comparación con la apariencia cromática de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura absoluta determinada, su unidad de medida es el Kelvin (K).

### 2.6. Índice de rendimiento de color (IRC)

Medida cuantitativa sobre la capacidad de la fuente luminosa para reproducir fielmente los colores de diversos objetos, comparándolo con una fuente de luz ideal.

## 3. Factor de potencia ( $\lambda$ )

Relación entre la potencia eléctrica activa (P) y la potencia eléctrica aparente (S), en un circuito de corriente alterna.

### 3.1. Lámpara de led integrada

Unidad que no puede ser desmantelada, sin causar un daño permanente, cuenta con una base para conectarse directamente a la red eléctrica, incorpora una fuente de luz led y cualquier elemento adicional, necesario para la operación estable de la fuente de luz.

### 3.2. Flujo luminoso total final

Flujo luminoso total emitido de una fuente de luz, medido al término de un periodo de prueba, en condiciones específicas.

### 3.3. Flujo luminoso total mantenido

Relación del flujo luminoso después de un tiempo de uso determinado de la lámpara de led, en condiciones de operación específicas, dividido por el flujo luminoso inicial de la lámpara, comúnmente expresado como porcentaje.

## 4. Clasificación

Las lámparas de led integradas se clasifican de la siguiente manera:

### 4.1. Por su flujo luminoso total.

### 4.2. Por su distribución espacial de luz.

- Omnidireccional.
- Direccional.

### 4.3. Por la forma de su bulbo.

## 5. Especificaciones.

### 5.1 Distribución espacial de luz

Las lámparas de led integradas omnidireccionales con formas de bulbo A, BT, P, PS y T y aquellas con forma de bulbo no definido, deben tener por lo menos el 10% de su salida de flujo luminoso total dentro de un ángulo sólido entre 90°-180°.

## 5.2. Eficacia luminosa mínima

### 5.2.1. Lámparas de led integradas omnidireccionales

Las lámparas de led integradas omnidireccionales con forma de bulbo A, BT, P, PS y T deben cumplir con la eficacia luminosa mínima establecida en la Tabla 1.

Las lámparas de led integradas que no declaren la forma de bulbo de acuerdo a lo establecido, deben cumplir con la eficacia luminosa mínima establecida en la Tabla 1.

Tabla 1 - Eficacia luminosa mínima para lámparas de led integradas (omnidireccionales con forma de bulbo A, BT, P, PS y T) y ((lámparas de led integradas que no declaren la forma de bulbo) (no definido))

<b>Intervalo de flujo luminoso total nominal (lm)</b>	<b>Eficacia luminosa mínima (lm/W)</b>
Menor o igual que 325	55.00
Mayor que 325 y menor o igual que 450	65.00
Mayor que 450 y menor o igual que 800	65.00
Mayor que 800 y menor o igual que 1 100	70.00
Mayor que 1100 y menor o igual que 1 600	70.00
Mayor que 1 600	70.00

## 6. Eficacia luminosa.

Para determinar la eficacia luminosa de las lámparas de led integradas establecidas en los incisos 5.1., 5.2., se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$Eficacia\ luminosa = \frac{\text{flujo luminoso total inicial} \left[ \frac{lm}{W} \right]}{\text{Potencia eléctrica consumida} \left[ \frac{lm}{W} \right]}$$

## 7. Criterio de aceptación

Las lámparas de led integradas cumplen esta Norma Oficial Mexicana, si el resultado de las pruebas de laboratorio descritas en el Capítulo 6, cumplen con las especificaciones aplicables del Capítulo 5, de acuerdo a cada tipo de distribución de luz y para cada una de las piezas que integran la muestra.

(Diario oficial de la federación, 2017).

Norma oficial mexicana NOM-031-ENER-2012, eficiencia energética para luminarios con diodos emisores de luz (leds) destinados a vialidades y áreas exteriores públicas.

### 1. Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de eficacia luminosa para los luminarios con diodos emisores de luz (leds), destinados a vialidades y áreas exteriores públicas, así como los métodos de prueba aplicables para verificar dichas especificaciones. Asimismo, establece el tipo de información de características técnicas esenciales acordes con el uso destinado, que deben llevar los productos objeto de esta Norma Oficial Mexicana que se comercialicen dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos y de igual forma, atiende la necesidad de que dichos productos propicien el uso eficiente y el ahorro de energía.

### 2. Campo de aplicación



Esta Norma Oficial Mexicana, aplica a los luminarios con componentes de iluminación de diodos emisores de luz (leds), que se comercialicen e instalen en el territorio nacional para alumbrar vialidades y áreas exteriores públicas.

### 3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, deben consultarse y aplicarse las siguientes normas vigentes o las que en su caso las sustituyan:

- NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida
- NOM-024-SCFI-1998, Información comercial para empaques, Instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos
- NMX-J-507/2-ANCE-2010, Iluminación fotometría para luminarias Parte 2: Métodos de prueba
- NMX-J-550/4-5-ANCE-2006, Compatibilidad Electromagnética (EMC) aparte 4-5: Técnicas de prueba y medición Pruebas de inmunidad a impulsos por maniobra o descarga atmosférica.

### 4. Definiciones

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana se establecen las siguientes definiciones.

Nota: Los términos que no se incluyen en esta Norma Oficial Mexicana, se definen en las normas de referencia incluidas en el capítulo 3 o tienen su acepción dentro del contexto en el que se utilizan.

Áreas exteriores públicas. Áreas expuestas a la intemperie en donde los objetos a iluminar son normalmente monumentos, fachadas, parques, jardines, áreas deportivas a la intemperie, etc.

Diodo emisor de luz (led). Dispositivo de estado sólido que incorpora una unión p-n, emitiendo radiación óptica cuando se excita por una corriente eléctrica.

Eficacia luminosa. Es la relación del flujo luminoso total emitido por la fuente de luz, entre la potencia eléctrica de la misma fuente luminosa más las pérdidas por equipos auxiliares. Se expresa en lumen por watt (lm/W).

Factor de potencia (I). Es la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), en un circuito de corriente alterna.

Flujo luminoso mantenido. Es la relación del flujo luminoso después de un determinado tiempo de uso del luminario con diodo emisor de luz (leds), en condiciones de operación específicas, dividido por su flujo luminoso inicial, expresado como porcentaje.

Flujo luminoso total. Es la energía radiante en forma de luz visible al ojo humano, emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad de medida es el lumen (lm).

Flujo luminoso total inicial. Es el flujo luminoso total emitido de una fuente de luz, medido al inicio de su vida y después de un periodo de estabilización.

Flujo luminoso total nominal. Es el flujo luminoso total emitido de una fuente de luz, en su posición ideal, que declara el fabricante.

Flujo luminoso de deslumbramiento ( $\phi_D$ ). Es el flujo luminoso parcial emitido por un luminario, que incide en el campo visual definidos por dos ángulos extremos  $\epsilon$  y  $\beta$  y que produce un mayor nivel de iluminación que el del entorno, produciendo fastidio, molestia o pérdida en rendimiento visual y visibilidad, en tanto los ojos se adaptan a este; es decir:  $\phi_D = \phi_b - \phi_{\pm}$ .

Índice de rendimiento de color (IRC). Es la medida cuantitativa sobre la capacidad de la fuente luminosa para reproducir fielmente los colores de diversos objetos comparándolo con una fuente de luz ideal.

Lado calle. Parte frontal de un luminario respecto a su plano vertical transversal.

Lado casa. Parte posterior de un luminario respecto a su plano vertical transversal.

Lámpara. Fuente luminosa artificial.

Luminario con diodos emisor de luz. Equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por uno o varios diodos emisores de luz (leds) y el cual incluye

todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estos leds y lo necesario para conectarlos al circuito de utilización eléctrica.

Temperatura de color correlacionada. Expresa la apariencia cromática de una fuente de luz por comparación con la apariencia cromática de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura absoluta determinada, su unidad de medida es el kelvin (K).

Vialidad. Área definida y dispuesta adecuadamente para el tránsito.

Vida nominal. Periodo de tiempo en horas especificado por el fabricante del luminario desde el primer encendido, hasta la reducción del 30% del flujo luminoso inicial de una muestra estadística de unidades de leds, en condiciones de encendido y operación controladas.

## 5. Clasificación

Por su uso o aplicación los luminarios con diodos emisores de luz (leds) se clasifican en:

- Luminarios para alumbrado de vialidades: luminarios diseñados específicamente para distribuir la luz que emite(n) el o los leds a lo largo de la vialidad y que se destina para la iluminación de vialidades como autopistas, carreteras, vías principales, vías primarias y vías secundarias
- Luminarios para el alumbrado de áreas exteriores: luminarios ubicados en el exterior, que tiene como finalidad principal el resaltar de su entorno durante la noche, la textura y forma del área, estructura o monumento, favoreciendo las condiciones de seguridad, estéticas y funcionales del lugar.

## 6. Flujo luminoso mantenido

Los luminarios con leds para alumbrado de vialidades y los luminarios con leds para alumbrado de áreas exteriores, deben cumplir con el flujo luminoso total mínimo mantenido establecido en la Tabla 3, medidos después de un periodo de prueba de 6 000 horas y de acuerdo a la vida útil declarada por el fabricante o importador.

Tabla 3. Requisitos de mantenimiento del flujo luminoso total

Vida nominal [h]	Flujo luminoso total mínimo mantenido a las 6 000 horas [%]
Menor a 35 000	93.1
35 000 y menor a 40 000	94.1
40 000 y menor a 45 000	94.8
45 000 y menor a 50 000	95.4
50 000 y menor a 100 000	95.8
100 000 y mayores	97.9

6.1. Índice de rendimiento de color

6.2. Luminarios para alumbrado de vialidades

Los luminarios con leds destinados al alumbrado de vialidades deben tener un valor de índice de rendimiento de color mínimo de 67.

6.3. Luminarios para alumbrado de áreas exteriores

Los luminarios con leds destinados al alumbrado de exteriores deben tener un valor de índice de rendimiento de color mínimo de 70.

6.4. Factor de potencia

Los luminarios con leds, deben tener un factor de potencia mínimo de 0.90.

(Diario oficial de la federación, 2012)

## REFERENCIAS

Agencia internacional de la energía (AIE). Energías renovables. Consultada el 13 noviembre de 2018, de: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>

Aleixandre, J., L., Castelló, L., Cogollos, J., L. Aleixandre, J., L., Aleixandre, R. (2019). Renewable energies: Worldwide trends in research, funding and international collaboration. *Renewable Energy*, 139, 268-278.

Allsopp, M., Walters, A. & Santillo, D. (2017) Nanotechnologies and nanomaterials in electrical and electronic goods: A review of uses and health concerns. Greenpeace Research Laboratories Technical. Consultada el 27 de noviembre 2018, de: [www.greenpeace.to](http://www.greenpeace.to)

Almazán E. (2019) fuentes de energía alternativa en México. Consultada el 12 de diciembre de 2018, de: <https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-las-principales-fuentes-de-energia-alternativa-en-mexico-1852.html>

Alvares R. (2003). Ingeniería de la Energía Solar II. Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

Álvarez, J., y Valencia, F. (2016). Made in México: Energy reform and manufacturing growth. *Energy Economics*, 55, 253-265.

Bhawan J, Alimonda M, Y Nash JF. (2018). U.S. Department of Health and Human Services. Final Reporton Carcinogens Background Document for Broad-Spectrum Ultraviolet (UV) Radiation and UVA, and UVB, and UVC. p.iv.; 43: 610-8.

Carrasco F y Ramos C. (2017). Energía solar y sus usos. Monografía de tipos de energías. Consultada el 11 de octubre de 2018, de: <https://concepto.de/energia-solar/>.

Carrasco R. (2007). El gran despertar de la energía solar, Integral: Vive mejor en un mundo mejor. Pág. 36-41.

Castro G.M. y Sánchez C. (2000). [et al]. Madrid: PROGENSA. Pág. 68. Monografías técnicas de energías renovables; 7. ISBN 84-86505-89-5. Energía solar fotovoltaica).

Cruz Ríos Hormilson, (2009) Bambú Guadua: Bosques naturales en Colombia, Plantaciones comerciales en México, COLMEX, México. Consultada el 14 de enero de 2019, de <https://www.mexicodesconocido.com.mx/otate-bambu-mexicano.html>

Diario oficial de la federación(DOF). nom-030-ener-2016 y nom-031-ener-2012, Normas oficiales mexicanas. Consultada el 29 de noviembre de 2018, de: <http://www.diariooficial.gob.mx/>

Devabhaktuni, V., Alam, M., Reddy, Depuru., S. S. R., GreenII, R. C., Nims, D., Near, C. (2013). Solar energy trends and enabling technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews,19, 555-564.

Domingo M. (2007). Energía Solar: Estado actual y perspectiva inmediata (SENER). Consultada el 12 de octubre de 2018, de: [www.iea.org](http://www.iea.org).

Duran A. (2014) ahorro de energía iluminada con equipos sustentables. Consultada el 18 de diciembre de 2018, de: <https://www.alcaldesdemexico.com/sitio-guia-mejor-gestion-publica/ahorro-de-energia/calles-mejor-iluminadas-con-equipos-sustentables/>

Elortegui N., Fernández J. y Jarabo F. (1998). [et al.]. Madrid: SAPT. El libro de las energías renovables. pág. 261. ISBN 84-8691301-2.

Espinoza S. (2019) Radiación solar y fotoprotección. Consultada el 6 de diciembre de 2019, de: <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/radiacion-solar>

Hernández-Escobedo, Q., Perea-Moreno, A.J., & Manzano-Agugliaro, F. (2018), "Wind energy research in México", *Renewable Energy*, 123, 719-729.

IDAE (Plan de Fomento de las energías renovables) (2002). Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Consultada el 4 de octubre de 2018, de: [www.idae.es](http://www.idae.es)

Jarabo F. y Elortegui N. (2000). E.N. 2ª ed. Madrid: SAPT Publicaciones Técnicas, Energías renovables. pág. 292. ISBN 84-4869-1307-1.

Khan, J., Arsalan, M. H. (2016). Solar power technologies for sustainable electricity generation – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.55, 414-425.

López G., Fernández L.F., y Villanueva M. (2018). Fomento activo de la energía solar: consideraciones sobre las instalaciones solares activas. *Era Solar: Energías renovables*, nº 142, p. 60-63.

Méndez O. (2017). Ventajas de la energía solar. Consultada el 5 enero de 2019, de: <https://elforoverde.org/tecnologia/los-10-mejores-gadgets-de-energia-solar/>

Menéndez P.E. (2014). Energías renovables, sustentabilidad y creación de empleo: una economía impulsada por el sol. Madrid: Catarata.270 p. ISBN 84-8319-115-6

Morante, F., Zilles, R., Espinoza, R. y Horn M. (2005), Análisis del consumo de energía eléctrica en: Sistemas fotovoltaicos domiciliarios instalados en cuatro comunidades aisladas de la región de Puno, Perú, *Energía y: desarrollo*, 26, pp. 9-17.

Norma Mexicana NMA-AA-008-SCFI-2002.

Norma Mexicana NMA-AA-024-SCFI-2013.

Norma Oficial Mexicana NOM-013-ENER-2012.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008.

Norma Oficial Mexicana NOM-028-ENER-2017.

Norma Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2016.

Noticias mexicanas (Notimex). Radiación solar nacional. Consultada el 8 de noviembre de 2018, de:<https://www.excelsior.com.mx/nacional/2017/05/22/1164965#view-1>

Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico. Consultada el 8 de noviembre de 2018, de:<https://www.informador.mx/Tecnologia/La-tecnologia-led-es-el-futuro-de-la-iluminacion-20100602-0080.html>.

Ramírez E. (2018). Tipos de energías renovables. Consultada el 18 enero de 2019, de: <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>

Reyes, A (2015). La energía del sol y del viento. Madrid: Alción. pág. 111. ISBN 84-862445-08-5.

Rojas S. (2014). Cáceres: Universidad de Extremadura, Pag.202. Energía y desarrollo. ISBN 84-772-3465-5.

Ruiz D. (2016) Ecológicas México. Ciudades más ecológicas. Consultada el 19 diciembre de 2018, de: <https://www.enlight.mx/blog/ciudades-mas-ecologicas-mexico>

Sardón J. (2016). Madrid: Paraninfo M<sup>a</sup>, Energías renovables para el desarrollo, pag.311. ISBN 84-283-2807-2.

Secretaria del medio ambiente (Sedema). radiación solar. Consultada el 2 de diciembre de 2018, de:<https://sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/informacion-sobre-radiacion-solar>



Solís A. (2019) Forbes, energías renovables en México. Consultada el 6 de diciembre de 2018, de: <https://www.forbes.com.mx/mexico-en-el-top-15-de-paises-con-mas-inversion-en-energias-renovables/>

Wiley J. (2008). Energía solar térmica de media y alta temperatura. Madrid: PROGRENSA. Monografías técnicas de energías renovables; 6. ISBN 84-86505-87-9. Pag.69.