

PROTOTIPO LEGO DE UN PANEL SOLAR GIRATORIO PARA COMUNIDADES INDÍGENAS

Data de aceite: 01/11/2023

Clara Sarith Amaya Mármol

Universidad de La Guajira. Riohacha,
Colombia

Oscar Guillermo Espinoza González

Universidad de La Guajira. Riohacha,
Colombia

Anthon Keiser De Kom Molina

Universidad de La Guajira. Riohacha,
Colombia

RESUMEN: Introducción: Los resultados de esta investigación demuestran que con un bajo presupuesto se pueden suplir las necesidades básicas de energía eléctrica de una vivienda indígena guajira a través de la instalación de un pequeño panel solar giratorio. **Objetivo:** El propósito de esta investigación fue el diseño y construcción de un sistema solar giratorio que pueda satisfacer el consumo promedio mensual de energía eléctrica de una vivienda de la comunidad indígena La Raya, en Mayapo del departamento de La Guajira, Colombia. **Metodología:** la investigación se realizó a través de las siguientes etapas: una recolección de información climática y geográfica del lugar, un estudio estadístico

sobre el consumo promedio mensual de energía en las viviendas de la población, la adaptación de un algoritmo en arduino, el diseño e impresión de las piezas, por último, el ensamble y articulación de todas las partes del modelo. **Resultados:** el desarrollo de esta investigación arroja como resultado un prototipo con un panel solar de 9 voltios, que gira en los dos ejes buscando obtener la mayor radiación solar directa. **Conclusiones:** el estudio estadístico en la comunidad indígena La Raya- Mayapo, demostró que la mayoría de los hogares contienen un mínimo de dos luminarias, un celular y una radio. De la misma manera esta investigación logró que el prototipo desarrollado suministrará energía suficiente para tres bobillas (3w) y una radio (5w) durante 8.5 horas.

PALABRAS CLAVES: comunidades rurales indígenas guajiras, Colombia, electricidad, diseño lego, panel solar giratorio, prototipo, radiación solar.

LEGO PROTOTYPE OF A ROTATING SOLAR PANEL FOR INDIGENOUS COMMUNITIES

ABSTRACT: Introduction: The results of this research demonstrate that with

a low budget the basic electrical energy needs of a Guajira indigenous dwelling can be supplied through the installation of a small rotating solar panel. **Objective:** The purpose of this research was the design and construction of a rotating solar system that can satisfy the average monthly consumption of electric energy of a house in the indigenous community of La Raya, in Mayapo in the department of La Guajira, Colombia. **Methodology:** the research was carried out through the following stages: a collection of climatic and geographical information of the place, a statistical study on the average monthly energy consumption in the homes of the population, the adaptation of an algorithm in arduino, the design and printing of the pieces, and finally, the assembly and articulation of all the pieces of the model. **Results:** the development of this research results in a prototype with a 9 volt solar panel, which rotates on both axes seeking to obtain the greatest direct solar radiation. **Conclusions:** The statistical study in the indigenous community of La Raya-Mayapo showed that most homes contain a minimum of two lights, a cell phone and a radio. In the same way this research achieved that the developed prototype will supply enough energy for three coils (3w) and a radio (5w) for 8.5 hours. **KEYWORDS:** Guajira indigenous rural communities, Colombia, electricity, lego design, rotating solar panel, prototype, solar radiation.

1 | INTRODUCCIÓN

La ubicación de un panel solar juega un papel importante al momento de su instalación, pues lo que se busca, es obtener por mayor tiempo la potencia nominal que este ofrece, es decir que cuando se compra un panel solar de , lo que el fabricante está diciendo es que esta es la cantidad de energía por hora que será capaz de producir este panel en condiciones óptimas, ósea un día completamente despejado y que el ángulo de incidencia del sol al panel sea el mejor. En Colombia se han estado realizando estudios sobre la cantidad de radiación solar que impacta nuestro territorio desde el año 1976, así lo refleja el anexo: promedios mensuales de brillo solar para todas las estaciones del país (horas de sol al día), publicado en la base de archivos del atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia, este atlas pertenece al instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) y es desarrollado y actualizado por nuestro gobierno con el apoyo de la unidad de planeación minero energética (UPME). Las estaciones automáticas satelitales que fueron calibradas con el patrón nacional en la implementación de 497 sensores, arrojaron con precisión la disponibilidad de la radiación global y del brillo solar en el territorio nacional.

De estos estudios se conoce que la radiación solar en el municipio de Manaure es capaz de producir entre 5.5 y de energía, municipio al cual pertenece la comunidad indígena La Raya, que fue el lugar de muestra y población para el estudio de viabilidad, diseño, elaboración y prueba de este proyecto en el departamento de La Guajira.

El objetivo principal de este proyecto fue hacer de la instalación del panel un escenario perfecto, es decir es que los paneles recibieran luz directa las 12 horas del día en los 365 días al año, es por eso que se desarrolló un sistema de seguidor de luz a bajo costo,

que pudiera ser instalado por cualquier persona de la comunidad indígena y que satisficiera las mismas necesidades que hoy sule un sistema de electricidad convencional, para esto se realizó una estudio estadístico de los consumos eléctricos de cada vivienda, teniendo en cuenta la cantidad de personas que la habitan y la cantidad de electrodomésticos y luminarias que poseen.

Muchas de las comunidades indígenas en el departamento de La Guajira son de difícil acceso, en su mayoría los caminos no están pavimentados, se encuentran en malas condiciones permitiendo que solo accedan vehículo con transmisión , además algunos caminos son tan angostos que solo permiten el acceso de motos y bicicletas, es por esto y otros inconvenientes económicos que todavía hay comunidades indígenas sin acceso a la electricidad y los que cuentan con ella, son redes inestables e inseguras. El sistema desarrollado no solo se puede adquirir a un bajo presupuesto, sino que es lego, es decir que puede ser ensamblado por cualquier persona que pueda leer e incluso que pueda interpretar y relacionar varias imágenes.

2 | REVISIÓN LITERARIA

En la investigación de los autores M. Vanegas Chamorro, E. Villicaña Ortiz y L. Arrieta Viana titulada “Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica”, publicado en la revista Scielo, Vol. 13 no. 2 de julio del 2015, se toman los siguientes resultados permitentes para el desarrollo de la presente investigación:

1. Estaciones meteorológicas de la zona norte de La Guajira (clima cálido árido).

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	HR (%)
Manaure	11°46'	72°28"	1	28,7	73,2
Puerto Bolívar	12°13'	71°59'	10	28,4	74,2
Nazareth	12°10"	71°17'	85	27,2	81,3
Rancho Grande	11°41'	71°49'	50	27,7	65,8

Tabla 1

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. <https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487>

La tabla 1 señala los valores de las estaciones meteorológicas del municipio de Manaure, municipio al cual pertenece la comunidad indígena “La Raya” donde se realizó este proyecto.

La tabla 2 recopila el promedio de la irradiación solar global anual de este municipio asumiendo diferentes índices de nubosidad, observándose que aun cuando la nubosidad se encuentra en 0.4 (3.2/8, poco nuboso) la irradiación solar de Manaure se encuentra en

es decir con muy buenas condiciones para instalar paneles solares.

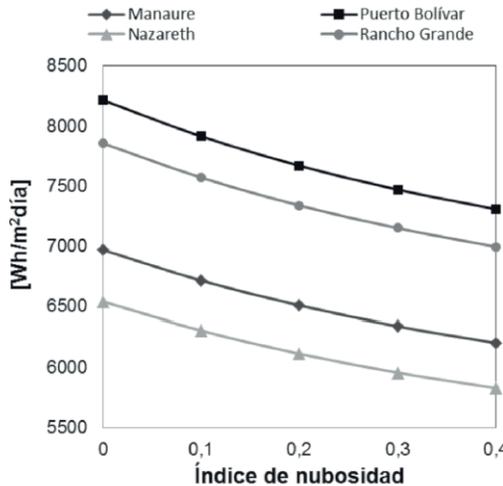
2. Irradiación solar global promedio anual en las estaciones meteorológicas.

Estaciones	$I_{TH} (\beta=0,0)$	$I_{TH} (\beta=0,1)$	$I_{TH} (\beta=0,2)$	$I_{TH} (\beta=0,3)$	$I_{TH} (\beta=0,4)$
	[Wh/m ² día]				
Manaure	6966,8	6713,4	6506,7	6338,3	6201,0
Puerto Bolívar	8212,8	7912,9	7668,6	7469,6	7307,5
Nazareth	6538,3	6303,1	6111,0	5954,2	5826,3
Rancho Grande	7853,9	7569,7	7337,9	7148,8	6994,6

Tabla 2

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. <https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487>

3. Irradiación solar global promedio anual en las estaciones meteorológicas en función del índice de nubosidad.



Grafica 1.

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. <https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487>

La grafica 1 ilustra la irradiación solar global de la tabla, mostrando resultados a diferentes índices de nubosidad, sin embargo, es importante conocer la irradiación directa y difusa del lugar donde se desarrolló el proyecto, por eso extrajo también de la investigación de Vanegas la tabla 3, donde se señalan estas otras irradiaciones; la radiación directa es aquella que viene directamente del sol a la superficie en estudio y la radiación solar difusa en la superficie en estudio: es aquella que proviene de la atmosfera por dispersión de parte de la radiación solar. La tabla 3 se construyó con una nubosidad de 0.3 (2.4/8 poco nuboso).

4. Irradiación solar global, directa y difusa promedio anual en las estaciones meteorológicas.

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	HR (%)
Manaure	11°46'	72°28"	1	28,7	73,2
Puerto Bolívar	12°13'	71°59"	10	28,4	74,2
Nazareth	12°10"	71°17'	85	27,2	81,3
Rancho Grande	11°41'	71°49'	50	27,7	65,8

Tabla 3.

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. <https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487>

Todo lo anterior confirma al municipio de Manaure como una zona altamente apta para el desarrollo de proyectos con paneles solares, como último aporte de la investigación de Vanegas se tomó un estudio multianual del mes enero para calcular la radiación solar de esta zona a través del modelo de Bird y Hulstrom.

5. Mapa de radiación solar global. Promedio multianual del mes de enero.

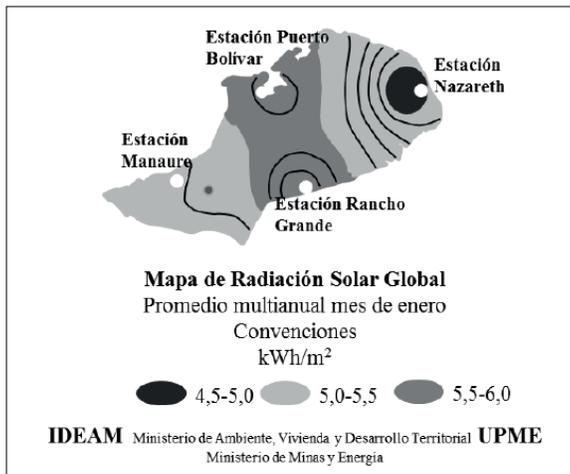


Figura 1

Fuente: artículo Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. <https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487>

La investigación de Vanegas concluye que “para la estación Nazareth (ubicada en la zona de color negro) 5,6-6,3 kWh/m², estaciones Rancho Grande y Puerto Bolívar (ubicadas en la zona de color gris oscuro) 7,2-8,2 y 7,1-8,1 kWh/m², respectivamente y en la estación Manaure (ubicada en la zona de color gris claro) 6,0-6,8 kWh/m². Se observa que los valores de irradiación global calculados a través del modelo de Bird y

Hulstrom y empleando los datos promedios multianuales desde 1983 hasta 2013 (30 años) suministrados por estas estaciones, son mayores que los intervalos considerados para esa zona en el atlas de radiación solar de Colombia”.

De la misma manera, es relevante para este proyecto la información suministrada en el Atlas de Radiación Solar de Colombia y su apéndice A, publicados por La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el año 2005; de los cuales se tomaron las siguientes las siguientes conclusiones:

1. Una aproximación a la disponibilidad promedio multianual de energía solar por regiones es:

REGIÓN	kWh/m²/año
GUAJIRA	2.190
COSTA ATLÁNTICA	1.825
ORINOQUIA	1.643
AMAZONIA	1.551
ANDINA	1.643
COSTA PACÍFICA	1.278

Tabla 4

Fuente: Atlas de Radiación Solar de Colombia. http://www.upme.gov.co/docs/atlas_radiacion_solar/1-atlas_radiacion_solar.pdf

2. La declinación solar en nuestro planeta tierra:

Se presenta el esquema del cambio de declinación con movimiento del Sol respecto al plano del Ecuador, figura 2 y la variación de la declinación del sol (δ) durante el año, grafica 2 (el ángulo formado entre el plano ecuatorial de la tierra y la línea Tierra-Sol se denomina declinación solar (δ)).

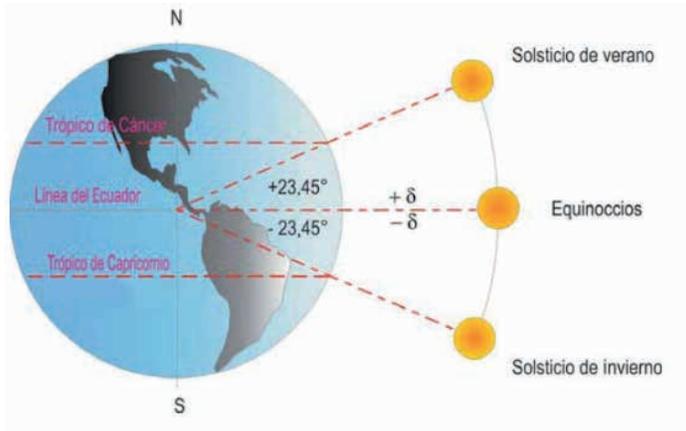
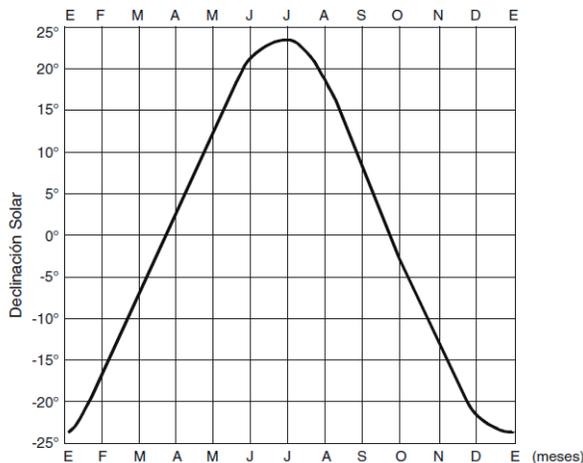


Figura 2

Fuente: apéndice A del Atlas de Radiación Solar de Colombia. http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/7-Apendice_A.pdf



Gráfica 2

Fuente: apéndice A del Atlas de Radiación Solar de Colombia. http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/7-Apendice_A.pdf

Observando la gráfica anterior se puede deducir que la declinación solar varía respecto a los meses de año, para evitar variar la programación que provoca los giros del panel en cuanto a los grados del ángulo formado entre el plano ecuatorial de la tierra y la línea Tierra-Sol, se optó por estimular el giro a través de fotorresistencias (light-dependent resistor, LDR), las fotocélulas están construidas por un cristal semiconductor fotosensible como el sulfuro de cadmio, cuando este material recibe luz se vuelve conductor, es decir que los electrones son excitados a la banda de conducción, disminuyendo el valor de la resistencia, cuando no hay luz sobre el fotoconductor, su resistencia aumenta.

Por otro lado, en el artículo informativo de la organización Human Rights Watch (ORG-HRW) del 13 de agosto de 2020, deja ver lo difícil que es acceder a las comunidades indígenas de La Guajira, este artículo muestra como en medio de la pandemia, en el aislamiento era difícil asistirlos con ayudas de alimentación, hidratación y salud, menciona que los efectos del cambio climático agudizaron los problemas de inseguridad alimentaria y desnutrición, porque los Wayuu que son la población indígena más grande de Colombia viven, en su mayoría en zonas rurales desérticas, conformando pequeños poblados. Por este motivo es que ellas no cuentan con acometidas de energía eléctrica y tampoco acuden a la instalación de los sistemas captadores de energías renovables por su dificultad de ensamble. Es aquí donde el resultado de esta investigación les permite a los Wayuu instalar a ellos mismos un panel solar giratorio de bajo costo y satisfacer sus consumos energéticos más básicos.

El trabajo de grado de K. A. Asqui y M. B. Jarrin titulado: “Producción y Comercialización de Plástico Biodegradable a partir de la Cáscara de Banano en la ciudad de Guayaquil” de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en marzo de 2015, reafirma que el plástico regular en su mayoría es un derivado del petróleo, que tienen carbono y/o metano, los cuales se liberan en la atmósfera cuando se desechan o se funden y según su tipo podrían tardar hasta 1000 en degradarse y desaparecer.

A su vez menciona que los plásticos biodegradables están hechos de materiales vegetales completamente naturales, que a diferencia del plástico tradicional no posee las cargas químicas perjudiciales que se liberan en medio de la fundición; los plásticos biodegradables pueden ser degradados por bacterias de origen natural, requieren menos energía para fabricarse, son más fáciles de reciclar, son renovables, son amigables con el medio ambiente y además no son tóxicos. Por estas y más ventajas, el material del prototipo que expone esta investigación podría ser un biomaterial o al menos contener gran parte de ello en su composición.

3 | METODOLOGÍA

3.1 Estudio estadístico

Se realizó una encuesta para determinar el consumo promedio mensual de energía eléctrica, a su vez se quiso conocer la cantidad de bombillas, electrodomésticos y aparatos eléctricos usados. Se recopiló y se estudiaron los datos; los resultados del análisis estadístico, se comparten más adelante en este artículo.

En la figura 3 se ilustra la ubicación de la muestra poblacional de estudio: La comunidad la Raya, que es una población indígena wayuu ubicada en el departamento de La Guajira en el municipio de Manaure. Este resguardo indígena es conocido como una riqueza cultural y étnica por sus majestuosidades, playas y el gran talento cultural de su

gente.



Figura 3

Fuente: Google Map

3.2 Desarrollo

De la misma manera se realizaron simulaciones de los circuitos electrónicos controladores y reguladores, se diseñaron y modelaron en un software 3D las piezas que sostiene el panel giratorio para posteriormente imprimir cada pieza en un material de prueba de muy bajo costo como el MDF. A continuación, se ilustra imágenes de estos procedimientos.

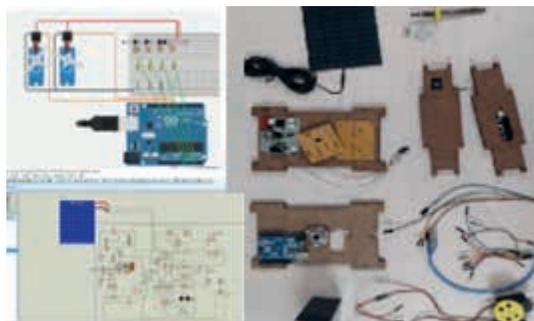


Figura 4

Fuente: Elaboración propia

3.3 Construcción e Implementación:

En esta fase se procedió al ensamble y la articulación de todas las partes electrónicas, el panel, los motores, la base y la batería. Posteriormente se hicieron pruebas de movimiento y se implementó el prototipo para el funcionamiento de 3 focos de 3w y una radio de 5w, tal como se ilustra en la figura 5:



Figura 5

Fuente: Elaboración propia

4 | RESULTADOS

Entre los resultados obtenidos de esta investigación se tiene dos puntos importantes, el primero de ellos es mencionar que el estudio estadístico en la comunidad indígena La Raya- Mayapo, demostró que la mayoría de los hogares contienen mínimo 2 luminarias, un celular y una radio, este estudio reveló que la comunidad en estudio no cuenta con contadores de energía, sino que tienen una cuota mensual que varía dependiendo de la cantidad de bombillos y electrodomésticos que tenga la vivienda, dicho valor lo actualiza una persona de la empresa comercializadora de energía eléctrica cada 3 meses, sin embargo en las facturas que les emiten cada mes les mencionan la cantidad de kilowatts que deben pagar. El análisis mostró que el promedio mensual de kilowattshora por vivienda son 65,77kWh, por un valor promedio de 12.555 pesos.

El costo en estos resultados demuestra el apoyo del gobierno departamental a las comunidades rurales indígenas.

En segundo lugar, el desarrollo de esta investigación es un prototipo con un panel solar de 9 voltios, que gira en los dos ejes buscando obtener la mayor radiación solar directa, el panel llena una batería que a su vez alimenta el circuito controlador y regulador del sistema, dicho circuito provee 4 salidas de 3 y 5watts. En las pruebas se logró encender 3 focos de 3watts y una radio de 5watts por 8.5 horas hasta que se agotó la carga de la batería, a su vez se determinó que el prototipo del panel solar de 9v carga la batería en un tiempo de 5 horas con una irradiación solar global igual a con nubosidad nula

5 | CONCLUSIONES

Como conclusión de esta investigación se reafirma al departamento de La Guajira, como el más óptimo en el territorio nacional colombiano para la producción de energía eléctrica a partir de la energía solar, de la misma manera se incentiva a la comunidad en general a la transición energética, también se destaca el bajo costo económico en el que se produjo el prototipo, la alta disponibilidad de los materiales, la gratuidad en algunos de los softwares utilizados y la gran eficiencia de energía eléctrica que este produce a partir de la radiación solar, pues como se documentó anteriormente el prototipo es bastante pequeño, usa un panel solar de 9 voltios que carga una batería de 6V a 4A con mil ciclos de utilidad y logra alimentar por alrededor de 8 horas 4 artefactos de corriente directa que consuman entre los 3 y 5 Wh. Por último y como el mayor de los beneficios del prototipo se señala la facilidad del montaje, el sistema está diseñado para ser armado e implementado por cualquier persona que pueda interpretar unas imágenes sencillas del calzado de partes y conexión de cables, por eso a este modelo se le llama tipo lego.

REFERENCIAS

Libro (antología o compilación)

Arias, F. El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Quinta edición. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A. 2006, pp 57-64.

Bavaresco, A. Las técnicas de la investigación. Maracaibo, Venezuela, Editorial Universidad del Zulia, 2008, pp 57-62.

Irwin D. Nelms M. Basic engineering circuit análisis, 11a edición, United States of America, Editorial JOHN WILEY & SONS, 2015, pp 24-49.

Raymond A. Serway C. Fundamentos de física, 10ma edición, Ciudad de México, México, editorial Cengage Learning Editores, 2018, pp 548-562.

Boylestad R. Introducción al análisis de circuitos, 12a edición, de México, Editorial Pearson Educación, 2011, pp 35-38.

Hernández R. Fernández C. Baptista P. Metodología de la investigación. 4ta edición. México. Editorial McGraw-Hill, 2006, pp 122-125.

Tamayo, M. El proceso de la Investigación Científica. 4ta edición. México. Editorial Limusa- Noriega Editores, 2003, pp 141-146.

Bibliografía electrónica

Asqui K. Jarrin M. Producción y Comercialización de Plástico Biodegradable a partir de la Cáscara De Banano en la ciudad de Guayaquil, trabajo de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, 2015, pp 29-36. Disponible: <http://201.159.223.180/bitstream/3317/3233/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-146.pdf>

Palacios J. Morales A. (2017) Productividad de paneles solares monocristalinos, memorias del XXIII congreso internacional anual de la Somim. Instituto Tecnológico de Chihuahua. Cuernavaca, Morelos, México, pp. 75. Disponible: http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A5_148.pdf

Pérez Correa E., Pérez Martínez M. (2002). El sector rural en Colombia su crisis actual. Cuadernos de desarrollo rural, revistas Javeriana. Vol. 1 no. 48. Disponible: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/desarrolloRural/article/view/1993>

Suárez W. (junio 2016). El reto de energizar zonas rurales aisladas. Revista Semana. Disponible: <https://www.semana.com/opinion/articulo/el-reto-de-energizar-zonas-rurales-aisladas/35443/>

Vanegas Chamorro, Villicaña Ortiz y Arrieta Viana (junio 2015), Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. Scielo Vol. 13 no. 2. Disponible: <https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.487>

Bibliografía web

Anexo: promedios mensuales de brillo solar para todas las estaciones del país, Colombia; publicación del IDEAM 2017. Disponible: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/6.Anexo_Promedios-mensuales-de-brillo-solar.pdf

Apéndice A del atlas de radiación solar de Colombia, (2005). Publicación de la unidad de planeación minero energética (UPME) y el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM). Disponible: http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/7-Apendice_A.pdf

Atlas de radiación solar de Colombia, (2005). Publicación de la unidad de planeación minero energética (UPME) y el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM). Disponible: http://www.upme.gov.co/docs/atlas_radiacion_solar/1-atlas_radiacion_solar.pdf

Compañía levantina de reductores: ¿Qué es un servomotor y cuándo se utiliza? Disponible: <https://clar.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/>

Guajira 360° Centro de pensamiento para el desarrollo, (2017). Índice de pobreza multidimensional. Disponible: <https://guajira360.org/wp-content/uploads/2017/06/%C3%8Dndice-de-Pobreza-Multidimensional.pdf>

Human Rights Watch ORG, (2020). Colombia: Niños indígenas en riesgo de desnutrición y muerte. Disponible: <https://www.hrw.org/es/news/2020/08/13/colombia-ninos-indigenas-en-riesgo-de-desnutricion-y-muerte>

Joaquín Recio Miñarro, Energía Solar, Disponible: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm

Oriol Planas, (enero 2020) blog ¿qué es y cómo se produce de la energía solar? Disponible: <https://solar-energia.net/>

Referentes bibliográficos (software)

Atlas de radiación solar de Colombia, IDEAM, 2017. Disponible: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Proteus 8 Profesional, Labcenter Electronics. Versión 8.12; 2021.

Questionpro, Software para encuestas. 2016. Disponible: <https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html>

Sistemas de datos aéreos integrados. Versión: 1.0, diciembre de 2021. Disponible: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

SolidWorks. Versión 2016:24; SolidWorks Corp, 2016.

Tinkercad modelado 3D para circuitos de Arduino en línea, 2011. Disponible: <https://www.tinkercad.com/>