

Diseño de Sistemas Fotovoltaicos por Simulador (KUANS). Caso de Estudio: Estación para Recarga de Bicicletas Eléctricas Incentivando la Movilidad Cero Emisiones

Autores: Carlos Alberto Rueda Rivas – Código 94443875

Julio Mario Agudelo Farfán – Código 1116259645

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.

Programa Académico Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial

Universidad Antonio Nariño

Sede Manizales - 2020

Correo electrónico autores:

crueda75@uan.edu.co

jagudelo45@uan.edu.co

Director: Ing. Alfonso German Garzón

Correo electrónico directores:

manizales.fimeb@uan.edu.co

RESUMEN: Proyecto de grado que consiste en el desarrollo e implementación de una herramienta denominada KUANS que permita el diseño y simulación de sistemas fotovoltaicos, utilizando como caso de estudio una estación autónoma y automática para recarga de bicicletas eléctricas, con base en los requerimientos eléctricos del sistema como son: conexión estándar e iluminación fotovoltaica autónoma, sistema controlador de carga en línea, sensor de luz nocturna que se active al detectar movimiento y batería de almacenamiento que ayude a retener la carga mientras no esté en uso; que posteriormente pueda ser implementada en instalaciones de la Universidad Antonio Nariño Sede Manizales.

Este proyecto se realizó en tres fases: la primera de diseño, la segunda de simulación y la tercera de presentación; sensibilización a la comunidad en el uso y aprovechamiento de las fuentes de energías limpias, inagotables y renovables; incentivando la movilidad sostenible con cero emisiones a través del uso de vehículos eléctricos; contribuyendo en el cuidado del medio ambiente y la reducción del uso de la energía eléctrica convencional al realizar la recarga con la energía producida por los paneles solares, disminuyendo la contaminación del aire al reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y dejando una huella ecológica que aporta a la movilidad de la ciudad, cuidando la salud y el bolsillo de los usuarios.

PALABRAS CLAVE: *Estación de Recarga, Paneles Solares, Bicicletas Eléctricas, Sostenibilidad y Movilidad (IEE, 2020).*

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Debido a la contaminación del aire o ambiental se está afectando cada vez más la vida en los hogares; principalmente para aquellos que residen en el sector urbano ya que es el aire quien recibe los residuos gaseosos que generan los seres humanos cada día, en el afán por obtener mayores beneficios económicos; por ello se requiere tomar medidas urgentes para reducir la contaminación del aire, lo cual se logra con mucho trabajo de todo tipo, al que cada uno puede contribuir desde sus actividades personales y con un estilo de vida sostenible (Simioni, 2003).

Algunos de los efectos más notables de este problemática son la desaparición de aproximadamente un 84% del área del glaciar que existía en el territorio Colombiano; ejemplo de ello en la ciudad Manizales es el Nevado del Ruiz, su área glaciar en el año 1850 era de 47.5 Km² y para el año 2019 se redujo en un 82.38% llegando a ser solo de 8.37 Km² en un lapso de 169 años (IDEAM, 2020). Lo cual indica que de continuar elevándose la temperatura, los nevados en algún momento dejarán de existir (IDEAM, 2020).

Estas cifras son contundentes en cuanto afectación al medio ambiente y contribuyen a aumentar el riesgo de extinción de las especies de plantas y animales que dependen de la biodiversidad de estos ecosistemas para vivir; no obstante, muchos se cuestionaron sobre el ¿por qué desaparecerían las especies si ellas tienen la capacidad de adaptarse?, ante lo cual el Instituto Humboldt en uno de sus documentos explica que desaparecerían debido a la rapidez con que se propaga el calentamiento en el mundo dado que las especies no tienen tiempo de adaptarse a dichos cambios y se ven obligadas constantemente a desplazarse a otros niveles altitudinales en busca de un ecosistema óptimo para subsistir (semana, s.f.).

De lo anterior se concluye que el calentamiento global tiene un efecto dominó en los ecosistemas que se ven afectados en todo su conjunto y con ellos los seres vivos que allí habitan; es una amenaza sobre el medio ambiente generando alteraciones en las lluvias, mareas, cultivos y demás áreas ocupadas por plantas, animales y humanos que conviven simultáneamente en estos ecosistemas.

Según los científicos el cambio climático que se ha generado por las grandes emisiones CO₂ es la causa de las olas de calor, las sequías, los incendios forestales, las inundaciones y la exacerbación de los modelos climáticos que se viven actualmente en muchos lugares del planeta; toda la población animal y humana produce gases constantemente y demanda un mayor gasto energético. Abastecernos implica combinar la reducción de lo producido con la generación de energías renovables y limpias pues si continuamos como lo hecho hasta ahora el futuro que nos espera no es muy agradable ya que los humos, el CO₂ y demás contaminantes no permiten preservar el medio ambiente (Duarte, 2009).

Por lo anterior se están implementando nuevas formas de generar energía como la eólica, la biomasa y la solar, de entre las cuales esta última es una forma inagotable y limpia de producir energía porque viene directamente del sol, el cual cada hora lanza a la Tierra más energía de la requerida para satisfacer las necesidades de la población mundial durante un año, pero su aprovechamiento es mínimo pues al día de hoy la energía más utilizada viene de fuentes no renovables; a pesar de los avances tecnológicos (Benito, 2012).

En la actualidad la tecnología más utilizada para convertir la energía solar en eléctrica son los sistemas fotovoltaicos que son una fuente de energía limpia y de origen renovable que utiliza la radiación solar para generar electricidad a partir de ella. Tiene su base física en el llamado efecto fotoeléctrico, que viene a decir que algunos materiales pueden absorber fotones (partículas lumínicas) y liberar electrones, generando una corriente eléctrica (SunFields Europe, s.f.).

Para este cometido se emplea un dispositivo semiconductor denominado celda o célula fotovoltaica, que puede ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo, o bien otros materiales semiconductores de capa fina. Las de silicio monocristalino se obtienen a partir de un único cristal de silicio puro y pueden llegar a máxima eficiencia de panel solar, entre un 18% y un 22%. Las de silicio policristalino se elaboran en bloque a partir de varios cristales, por lo que resultan más baratas y poseen una eficiencia media de entre el 16% y el 17,5%. Por último, las de silicio amorfo están compuestas por una red cristalina desordenada, lo que conlleva a un rendimiento de esas placas solares más bajo, con una eficiencia media de entre un 8% y un 9%, pero están en desuso actualmente (SunFields Europe, s.f.).

Este tipo de instalaciones pueden ser autónomas para funcionar aisladas del sistema eléctrico convencional e híbridas que están conectadas a los paneles y simultáneamente al sistema eléctrico convencional; requieren de una batería para el almacenamiento de la carga, un regulador de corriente, un inversor, cables conectores y elementos auxiliares (SunFields):

Modulo Fotovoltaico: generadores eléctricos que convierten la radiación solar en energía eléctrica, pueden ser monocristalinos o policristalinos, de 36 células con uniones en serie de 12-18 voltios o de 72 células con uniones en serie de 24-34 voltios. Determina las características de los demás componentes del sistema.

Regulador: elemento que controla o regula la energía producida por el modulo, la carga de la batería y la energía consumida por los aparatos o equipos.

Batería: elemento que acumula o almacena la energía producida por el modulo.

Inversor: para convertir la corriente continua procedente del regulador en corriente alterna para alimentar la carga.

Estructura: soporte del sistema para contener y resguardar todos los componentes, es indispensable para salvaguardar el sistema de efectos externos como el viento.

Elementos auxiliares: cables conductores, elementos de protección, interruptores, entre otros.

Todo el sistema depende de la Radiación Solar (la energía del sol), el sol produce una cantidad de energía constante que, en el momento de incidir sobre la superficie terrestre pierde parte de su potencia debido a distintos fenómenos ambientales.

La potencia radiante es de 1367 W/m² y se denominada constante solar; aunque la cantidad que llega al planeta Tierra no es la que finalmente alcanza la superficie terrestre debido a la influencia de los fenómenos atmosféricos, la actividad humana, la forma propia de la Tierra, el ciclo día/noche y la órbita elíptica de la Tierra (SunFields Europe, s.f.).

La atmósfera atenúa la radiación solar debido a los fenómenos de reflexión, absorción y difusión que los componentes atmosféricos (moléculas de aire, ozono, vapor de agua, CO₂, aerosoles, etc.) producen sobre ésta (SunFields Europe, s.f.).

La Difusión que se produce debida a la presencia de polvo y a la contaminación del aire depende, en gran medida, del lugar donde se mida, siendo mayor en los lugares industriales y en los lugares más poblados. Los efectos meteorológicos locales tales como nubosidad, lluvia o nieve afectan también a la irradiancia solar que llega a un determinado lugar (SunFields Europe, s.f.).

La radiación solar que llega a la tierra se puede dividir en 3 componentes (SunFields Europe, s.f.):

La radiación solar se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas, esta radiación electromagnética es proporcionada por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima, se puede clasificar así:

Radiación Directa: Afectada por el fenómeno de absorción, es la que recibimos directamente del sol. Varía en función de la nubosidad del momento y también de la estación del año en que se mida; se mide por medio de pirheliómetros. Merced al empleo de

obturadores, solamente se mide la radiación procedente del sol y de una región anular del cielo muy próxima al astro. En los instrumentos modernos, esta última abarca un semiángulo de 2.5° aproximadamente a partir del centro del Sol (Camaras de ensayos - CCI Control de Calidad).

Generalmente el sensor está dotado de un visor en el que un pequeño punto luminoso coincide con una marca situada en el centro del mismo, cuando la superficie receptora se halla en posición exactamente perpendicular al haz solar directo por lo que se precisa que todos los pirheliómetros vayan montados sobre un mecanismo que le permita un seguimiento muy preciso del Sol (Camaras de ensayos - CCI Control de Calidad).

Radiación global: se define como la radiación solar recibida de un ángulo sólido de 2π estereorradianes sobre una superficie horizontal. La radiación global incluye la recibida directamente del disco solar y también la radiación celeste difusa dispersada al atravesar la atmósfera. El instrumento necesario para medir la radiación global es el piranómetro, se utiliza a veces para medir la radiación incidente sobre superficies inclinadas y se dispone en posición invertida para medir la radiación global reflejada (Camaras de ensayos - CCI Control de Calidad).

Radiación Difusa: Afectada por el fenómeno de difusión, es la que recibimos debido al reflejo de la radiación solar sobre las nubes, partículas del aire en días nublados es la que más recibimos. Para medir solamente la componente difusa de la radiación solar, la componente directa se cubre por medio de un sistema de pantalla o sombreado (Camaras de ensayos - CCI Control de Calidad).

Radiación reflejada: es aquella que proviene “rebotada” de la superficie terrestre. La cantidad de este tipo de radiación depende del llamado coeficiente de reflexión de la superficie o “albedo”. Son únicamente las superficies verticales (perpendiculares a la superficie terrestre) las que reciben esta radiación.

Radiación de albedo: Es básicamente la radiación reflejada, por ejemplo en superficies blancas y similares. Se aprovecha mucho en módulos bifaciales.

Además de la radiación directa, global, difusa y de albedo, hay que tener en cuenta que cuando los rayos solares no inciden perpendicularmente sobre las

células fotovoltaicas, se producen pérdidas por reflexión y absorción en las capas anteriores a la célula, como el vidrio, encapsulante y capa autorreflexiva. También es necesario tener en cuenta las pérdidas por suciedad y los efectos espectrales, ya que las células solares responden selectivamente a los fotones de la luz incidente, es decir, que para cada longitud de onda de la radiación solar incidente, generan una corriente determinada.

Teniendo en cuenta todos estos parámetros, la irradiancia que incide en un plano horizontal sobre la superficie terrestre un día claro al mediodía alcanza un valor máximo de 1000 W/m² aproximadamente; valor dependiente del lugar y, sobre todo, de la nubosidad. En el caso de la ciudad de Manizales la nubosidad es mas alta que en ciudades a nivel del mar.

Si se suma toda la radiación global que incide sobre unos paneles solares fotovoltaicos en un lugar determinado en un periodo de tiempo definido (hora, día, mes, año) se obtiene la energía en kWh/m² (o en MJ/m²). Este valor es diferente según la región a la que hagamos referencia (SunFields). Para lo cual se define:

Irradiancia: es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie. Sus unidades en el SI (Sistema Internacional) son el W/m² (SunFields).

Irradiación: es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m² o, en caso de un día, en Wh/m²/día o unidades equivalentes (SunFields).

Constante Solar: se denota como B_0 y es la irradiancia que recibe una superficie perpendicular al sol en el exterior de la atmósfera. Su valor es de unos 1.367 W/m². La irradiancia terrestre que reciben las placas fotovoltaicas se verá mermada por las variaciones de día/noche, presencia de nubes, ángulo de inclinación, orientación y suciedad. Para calcular las distintas componentes de la radiación sobre una superficie terrestre, será necesario conocer la irradiación incidente sobre una superficie situada fuera de la atmósfera como referencia, denominada radiación extraterrestre (SunFields).

Angulo de incidencia: es el ángulo con el cual un rayo de sol llega a una superficie y se denomina como ángulo de incidencia solar. Cuanto mas cerca este de los 90 grados, mayor es la cantidad de energía recibida. Para optimizar la captación de la energía solar en la instalación fotovoltaica se recomienda que los módulos giren para mantener un ángulo de incidencia solar de 90 grados durante el día.

Eficiencia energética: es la relación entre la energía de entrada y la energía de salida del sistema fotovoltaico y se mide en porcentaje o índice, con este se determina las pérdidas de energía del sistema. (Style, 2012)

En general, todo este conjunto de elementos del sistema fotovoltaico requiere de materiales para la estructura soporte como es el acero que por su dureza brinda mayor durabilidad, haciendo incidir la radiación solar en el dispositivo semiconductor –célula fotovoltaica– convirtiendo la energía lumínica en electricidad capturando el calor que emana del sol (energía solar térmica o termosolar de concentración); pero este sistema ha tenido un avance demasiado lento pues aunque se usó la primera celda solar en 1954, para el año 2030 el Sol podría ser la fuente solamente del 13% de la demanda energética del mundo siendo insuficiente para satisfacer esta necesidad (Fernandez Barrera, 2010).

El agotamiento de fuentes productoras de energías clásicas, la creación de nuevas actividades económicas y el calentamiento global han contribuido a fomentar el interés por el aprovechamiento de este tipo de energía por lo que muchos científicos en todo el mundo están investigando sobre aquellas energías que pudieran impedir el acelerado proceso de contaminación del planeta no solo con la utilización de medios de transporte eléctricos que no produzcan CO₂ sino también aprovechando las fuentes de energías limpias y la capacidad de los árboles de retener el CO₂, protegeríamos la biodiversidad natural de los territorios y la capacidad regulatoria de los ciclos del agua (Benito, 2012).

Todo esto se refleja en las estadísticas; por ejemplo el Instituto Nacional de Salud realizo algunos análisis que demuestran que la calidad del aire ocasiona el 13,9 por ciento de las muertes por enfermedad isquémica del corazón y el 17,6 por ciento de las muertes por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (epoc); esto sin tener en cuenta que actualmente en Colombia unos 51 municipios necesitan tomar

medidas y vigilar la calidad del aire y no lo están haciendo (ElTiempo, 2020).

Adicionalmente los bajos costos económicos de las bicicletas eléctricas y las políticas de gobiernos locales como las acciones tomadas con el programa Manizales en Bici las han convertido en una necesidad para estudiantes y trabajadores que las utilizan a diario para sus actividades; tanto que actualmente varias universidades en Colombia cuentan con su propia estación de recarga que cubre esta necesidad de la comunidad educativa. (Zambrano Benavides, 2017).

Este servicio gratuito, brinda seguridad y confianza a los usuarios; permitiendo la recarga mientras están en clases no solo de bicicletas sino también de aparatos electrónicos como celulares y computadores, protegiéndolos de las inclemencias del clima, también reduciendo las posibilidades de robos de vehículos o artículos personales con ayuda del sistema de vigilancia interno de la universidad. De ahí que estas estaciones se construyen en zonas adecuadas para el acceso y salida de vehículos, así como con iluminación para los usuarios nocturnos; por lo cual, en la actualidad para la construcción de estas se está haciendo uso de materiales amigables con el medio ambiente y la energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol. (Construir, 2017)

Esto demuestra que puede aprovecharse los conocimientos electromecánicos para resolver algunos de los problemas más urgentes que afronta la humanidad como es el satisfacer sus necesidades de forma sostenible generando el menor impacto al medio ambiente, con sofisticación y sin afectar la economía gracias a los avances tecnológicos de la humanidad, la competitividad y el interés en generar mayores beneficios económicos reduciendo sus costes de forma considerable. (Viloria Roldan, 2010)

Lo anterior aprovechando que Colombia posee una de las matrices de generación energética más limpias del mundo y cada año genera nuevas estrategias para lograr la implementación de fuentes de energías renovables para cuidar el medio ambiente como la Ley 1715 del 13 de mayo del 2014 emitida por el Congreso de la Republica por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético en Colombia, generando incentivos tributarios para proyectos que utilicen estas energías, lo cual se logra con el apoyo de

las instituciones educativas, centros de formación y universidades como la Universidad Antonio Nariño que imparten carreras relacionadas con la implementación y uso de las mismas. (Planas Marti, 2019)

Estas estrategias están orientadas por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que son una meta a cumplir no solo por Colombia sino por todos los países a nivel mundial, pues son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad. (PNUD, 2020)

Respecto a este proyecto, se enfoca en la innovación y el consumo sostenible para cumplir con objetivos de la ODS como la utilización de energía asequible y no contaminante (ODS 7); industria, innovación e infraestructura (ODS 9); ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11); producción y consumo responsables (ODS 12); acción por el clima (ODS 13) y protección de la vida en ecosistemas terrestres (ODS 15). Objetivos que están interrelacionados, son alcanzables y permitirán el éxito de este proyecto. (PNUD, 2020)

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto surgió por la falta de estaciones de recarga para bicicletas u otras alternativas eléctricas de transporte en la ciudad de Manizales, respecto al calentamiento global que es una importante problemática para el mundo entero y se ha convertido en una amenaza para todos independiente de la clase social a la que se pertenezca.

Todas estas afectaciones generan graves consecuencias en las actividades; aumentan la vulnerabilidad de las coberturas vegetales y animales de los ecosistemas, producen baja disponibilidad de agua en los ríos que abastecen los acueductos de las cabeceras municipales y un aumento en áreas con un potencial alto de desertificación, afectando las zonas disponibles para el agro, piscicultura, cultivo, minería, energía, construcción, comercio y transporte además de un aumento en las zonas de riesgo de las viviendas que se ven expuestas a suelos inundables en tierras bajas y suelos inestables en tierras altas, así como un incremento en la aparición de enfermedades endémicas como la malaria y el dengue incluso en zonas por encima de los 1500 msnm por el aumento de la temperatura.

Teniendo en cuenta estas necesidades, para reducir la contaminación del aire se requiere urgentemente la ejecución de tareas enfocadas en recuperar y/o proteger el medio ambiente; por ello, desde la Universidad Antonio Nariño Sede Manizales se está preparando profesionales para aportar al mundo soluciones alternativas como la producción de energías limpias y renovables.

III. JUSTIFICACIÓN

La necesidad del uso de las energías limpias surge debido al calentamiento global con el aumento en la contaminación del aire ya que no se tiene control sobre la emisión de gases en la atmósfera de todo el mundo; actualmente en Colombia se está buscando alternativas sostenibles para reducirlos pues ciudades como Bogotá, Medellín, Cali y Bucaramanga ya están siendo muy afectadas al punto que han emitido alertas de emergencia ambiental en algunas ocasiones.

Este proyecto se realizó como requisito de grado para el programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial; al simular un sistema fotovoltaico autónomo estación de recarga para bicicletas eléctricas el cual es conveniente porque promueve el uso de energías limpias renovables aportando ideas para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Lo que será relevante para la sociedad pues con este se espera satisfacer una de las necesidades más sentidas de la comunidad educativa generando menor impacto ambiental y contribuyendo al desarrollo sostenible; incentivando el uso de los medios de transporte eléctricos con energías limpias y renovables amigables con el medio ambiente comprobando así, como la energía fotovoltaica puede reemplazar a la energía convencional e incluso a los combustibles fósiles permitiendo una optimización del tiempo y el dinero.

Se desarrolló e implementó la herramienta con el fin de conocer a mayor profundidad conceptos fundamentales de los sistemas eléctricos y fotovoltaicos, logrando comprender cómo funciona esta tecnología aplicada en una instalación real; determinando las ventajas, desventajas y características de su aplicación para un diseño exitoso que pueda implementarse en el futuro próximo.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Desarrollo e implementación de una herramienta para el diseño y simulación de un sistema fotovoltaico, autónomo y automático que sirva como estación de recarga de bicicletas eléctricas y fuente de alimentación.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los componentes existentes para el diseño de sistemas eléctricos y fotovoltaicos.
- Seleccionar los parámetros requeridos para el diseño de sistemas fotovoltaicos que se integran en la herramienta.
- Integrar los componentes seleccionados comprobando el funcionamiento de la herramienta.
- Diseñar el sistema fotovoltaico en la herramienta de acuerdo a las condiciones estimadas para la estación de recarga de bicicletas eléctricas y fuente de alimentación.
- Validar el funcionamiento de la herramienta y del sistema fotovoltaico (simulaciones) analizando el costo beneficio del sistema fotovoltaico.

V. ALCANCE

Con este proyecto se espera aplicar los conocimientos adquiridos en el programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial desarrollando e implementando la herramienta para diseñar y simular un sistema fotovoltaico autónomo y automático que sirva como estación de recarga para bicicletas eléctricas y fuente de alimentación en la Universidad Antonio Nariño Sede Manizales para incentivar la movilidad sostenible con cero emisiones.

Por lo anterior, se ejecutaron los objetivos propuestos para lograr desarrollar el proyecto, entregando este a la universidad finalizando la formación académica de manera exitosa.

VI. METODOLOGIA

Para ejecutar este proyecto teniendo en cuenta el promedio de horas diarias de radiación solar en Colombia (IDEAM, 2017); se siguieron los pasos detallados en el cronograma de actividades iniciando con la identificación de los componentes existentes para el diseño de sistemas eléctricos y fotovoltaicos, seleccionando los parámetros requeridos e integrando

cada uno de ellos para el desarrollo de la herramienta; se validó el funcionamiento de la herramienta y el diseño del sistema fotovoltaico de acuerdo a las condiciones estimadas para la estación de recarga de bicicletas eléctricas y fuente de alimentación (simulaciones), haciendo un análisis costo beneficio del sistema fotovoltaico caso de estudio para entregar el proyecto a la universidad (Style, 2012) (SunFields); así:

- Se dimensiono los componentes fundamentales para el diseño de sistemas eléctricos y fotovoltaicos (fig.1):

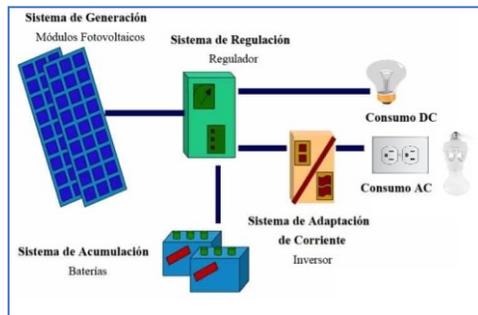


Figura 1. Esquema fundamental sistema fotovoltaico autónomo/automático (SunFields)

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la identificación de los componentes existentes para el diseño de sistemas eléctricos y fotovoltaicos, consultando simultáneamente en plataformas de fabricantes y comercializadores las fichas técnicas para conocer las características de funcionamiento y recomendaciones de uso de cada uno.

- Se seleccionaron los parámetros requeridos para el diseño de sistemas fotovoltaicos como paso previo para identificar los componentes a integrar a fin de desarrollar la herramienta y obtener los mejores resultados, para lo cual se realizaron los cálculos respectivos del sistema así:

1. Se estableció los parámetros para estimar el consumo del sistema, teniendo en cuenta el consumo requerido por cada aparato y el número de horas de uso diario; conforme a lo establecido en las leyes de potencia aplicando el Sistema Internacional de Unidades de medidas y se definieron las fórmulas:

$$\text{Potencia total en Wh} = \text{Cantidad de aparatos} \times \text{Potencia en W de cada aparato}$$

$$\text{Consumo Whd} = \text{Horas de uso diario de cada aparato} \times \text{Potencia total en Wh de cada aparato}$$

$$\text{Total consumo de la instalación en Whd} = \text{Sumatoria del consumo Whd de cada aparato}$$

$$\text{Potencia máxima requerida por hora} = \text{Sumatoria de la potencia total en Wh de cada aparato}$$

2. Para el cálculo del brillo solar de la ciudad donde se realiza la instalación que se determina por el número de horas de sol pico HPS dividido entre valor irradiación solar en Wh/m²/día, se tomó el promedio establecido por el IDEAM (IDEAM U. , 2017).

3. Con los factores que influyen en el rendimiento de la batería y del inversor se estimó la pérdida de energía en el sistema fotovoltaico en un 10 por ciento, entonces se definió esta fórmula para calcular el consumo:

$$\text{Total consumo con pérdida aprox del 10\% en Whd} = \text{Total consumo de la instalación en Whd} \times 1.1$$

4. Calculando la potencia requerida en watts de los paneles con la fórmula:

$$\text{Potencia requerida de los paneles} = \frac{\text{Total consumo con pérdida aprox del 10\% en Whd}}{\text{Brillo solar ciudad donde se realizara la instalación en HPS}}$$

Debido a que existe una gran variedad de paneles o módulos fotovoltaicos en el mercado diferenciados por sus características, eficiencia, garantía, costo y calidad; se seleccionó para la herramienta KUANS potencias que van desde los 5 hasta los 400 W, con base en paneles tipo policristalinos de 12 voltios por su durabilidad de unos 30 años, economía en precio, eficiencia media (4 por ciento menos que el mono cristalino), espacio de ubicación (ideales para superficies externas de gran tamaño) y producción a base de menor cantidad de silicio puro lo que genera menor contaminación.

5. Cálculo de la cantidad de paneles requeridos teniendo en cuenta la potencia de los paneles que tenemos a disposición se establece la fórmula:

$$\text{Cantidad de paneles requeridos} = \frac{\text{Potencia requerida de los paneles}}{\text{Potencia de los paneles seleccionados}}$$

6. Con base en los factores que influyen en el rendimiento de la batería según características eléctricas, capacidad y vida útil de las existentes en el mercado se eligió utilizar baterías de litio con vida

útil de 4-5 años, capacidad de almacenamiento 3 veces mayor a las de plomo, rapidez en carga-descarga, correcto funcionamiento con carga incompleta y voltaje nominal de 12.8 aproximadamente; se dimensiono las pérdidas en un aproximado del 15 por ciento con autonomía de 3 días (soporte en días nublados o con baja irradiación), definiendo esta fórmula para el cálculo de la capacidad requerida en A/H de acuerdo con la tensión de operación de los paneles (12 voltios):

$$\text{Capacidad requerida batería} = \text{Total consumo con pérdida en Whd} \times 1.15 \times 3 / 12 \text{ V}$$

7. Para calcular la capacidad requerida del regulador en Amperios se trabajó con la corriente máxima del panel (Imp) en amperios y un factor de seguridad del 25% para evitar daños al regulador; se tuvo en cuenta los aportes al sistema además la facilidad de adaptación y uso, por lo cual se prefirió para la herramienta los reguladores MPPT capaces de separar la tensión de paneles y baterías maximizando el rendimiento del sistema, protegiendo a la batería de la carga y/o sobrecarga, además cuentan con una pantalla LCD y luces LED que ayudan a monitorear fácilmente el sistema. La fórmula que se determino es:

$$\text{Capacidad requerida del regulador MPPT} = \text{Potencia del panel} \times \text{corriente máxima del panel (Imp)} \times 1.25$$

8. Para determinar la capacidad requerida del inversor en Watts se trabajó con un factor de seguridad igual a la del regulador (25%), se tuvo en cuenta características como la eficiencia, potencia, onda, reducción de pérdidas, consumo, funcionamiento según ficha técnica y manual; se eligió para la herramienta los inversores de onda pura porque generan la misma onda que la corriente eléctrica convencional por lo cual pueden usarse con cualquier tipo de aparato con un correcto funcionamiento. La fórmula que se determino es:

$$\text{Capacidad requerida del inversor} = \text{Potencia máxima requerida por hora} \times 1.25$$

9. Por último se calculó el calibre del cable a utilizar en la instalación para garantizar que el flujo de corriente sea conducido correctamente con base a la tensión del sistema, para ello se utilizó la fórmula:

$$\text{Calibre cable} = \text{Potencia máxima requerida por hora} / \text{Tensión en voltios}$$

- Con los cálculos realizados previamente se diseñó la herramienta KUANS en una hoja de cálculo de Excel utilizando una estructura amigable y de fácil comprensión para el usuario (ver manual de funcionamiento simulador KUANS en Anexo uno); el funcionamiento de la herramienta se comprobó dimensionando sistemas con diferentes datos y evaluando los resultados obtenidos manualmente, obteniendo resultados exitosos en menor tiempo.

- Se diseñó el sistema fotovoltaico caso de estudio en la herramienta de acuerdo a las condiciones estimadas para la estación de recarga de bicicletas eléctricas y fuente de alimentación, para definir la configuración óptima del sistema fotovoltaico:

1. Con base a la investigación realizada se dimensiono la localización geográfica del sistema fotovoltaico caso de estudio en el parqueadero de motos de la Universidad Antonio Nariño Sede Manizales (fig.2) que cuenta con un amplio espacio físico y fácil acceso, estudiando las posibles condiciones climáticas que impactarían el sistema como son la irradiación solar, lluvia, viento, ceniza, granizo, la corrosión y la seguridad que aporta la vigilancia ante posibles robos para evitar pérdidas de los elementos.

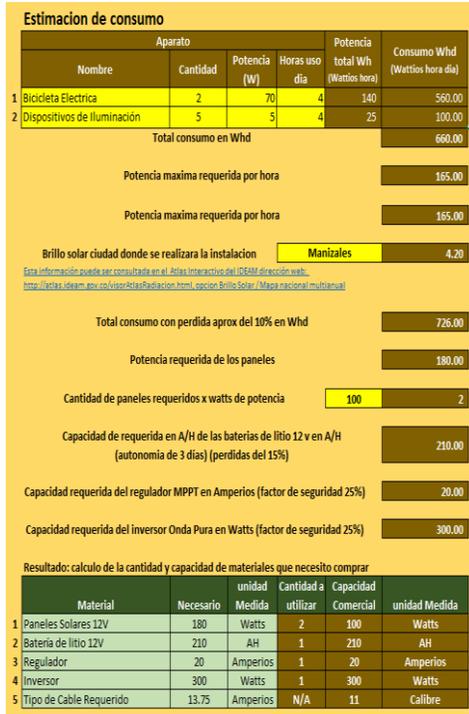


Figura 2. Sede Manizales Universidad Antonio Nariño Sede Manizales (maps, s.f.)

2. Se determino los elementos principales de consumo utilizando la tabla guía de potencias, tomando las bicicletas eléctricas y los dispositivos de iluminación ya que los celulares y computadores son utilizados en su mayoría en los salones de clases u oficinas, estimando un uso aproximado de 4 horas que es el tiempo promedio de una jornada estudiantil o laboral entre cada pausa durante las jornadas.

3. Se realizó el cálculo de los requerimientos para el sistema fotovoltaico en la herramienta KUANS a partir de los principales elementos de consumo con

una pérdida del 10% en los módulos, del 14% en la batería; además de un factor de seguridad del 25% en inversor y regulador, obteniendo en muy poco tiempo un estimado de cantidad de materiales y



características como punto de referencia (fig.3):

Figura 3. Resultados obtenidos simulador

4. Adicionalmente se hizo un dimensionamiento de la estructura soporte del sistema fotovoltaico para establecer los componentes auxiliares requeridos como elementos cubierta, interruptores y otros (ver anexo dos); los cuales se estimaron teniendo en cuenta las dimensiones del parqueadero así como las condiciones actuales del terreno que está a la interperie y tiene mucha vegetación en los alrededores.

5. Siguiendo los pasos para la instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario (EnDev/GIZ, 2013), se diseñan las conexiones entre todos los componentes incluyendo las protecciones eléctricas del sistema fotovoltaico seleccionando los fusibles e interruptores para proteger a las personas en caso de avería y simultáneamente proteger los elementos del sistema. Para el caso estudio se recomienda el uso de interruptor de los empleados en sistemas de corriente alterna.

Adicionalmente se indica realizar la puesta a tierra del sistema como una medida de seguridad adicional

en la instalación para protección en caso de rayos o cortocircuitos debido a la alta incidencia de tormentas eléctricas en la zona (ver anexo tres).

- Se validó el funcionamiento de la herramienta y del sistema fotovoltaico (simulación) utilizando los conocimientos previos que poseemos y con apoyo del tutor que acompañó el desarrollo del mismo siguiendo las normas de seguridad y salud en el trabajo, así como las propias de la Universidad Antonio Nariño. Por ejemplo, se realizó una simulación dimensionando una mayor carga al sistema fotovoltaico a partir de los elementos principales, adicionando algunos aparatos de uso convencional como patineta eléctrica, celulares y computador; se obtuvo resultados con base en la nueva carga ingresada diferentes a los obtenidos en la simulación inicial (fig. 4):

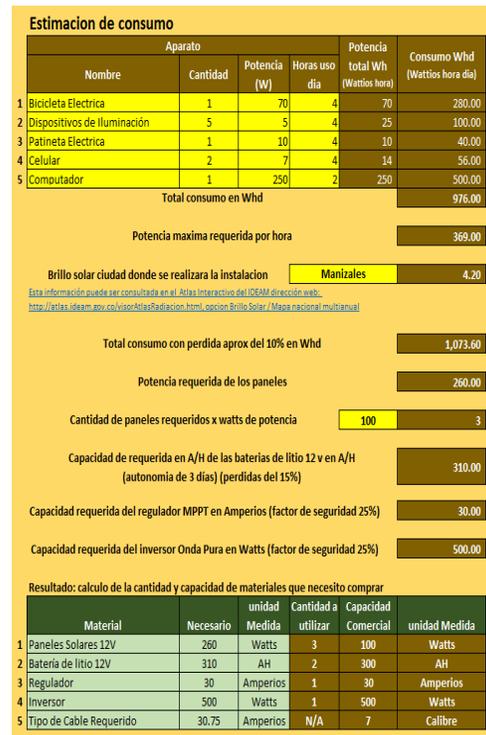


Figura 4. Resultados obtenidos simulador

- Se realizó un análisis del costo beneficio del sistema caso de estudio para determinar la viabilidad de este, para lo cual:

1. Seleccionamos los componentes necesarios teniendo en cuenta los existentes comercialmente (ver anexo cuatro).

2. Comparamos precios en el mercado para elaborar el presupuesto (ver anexo cinco).

3. Se realizó un análisis de costo-beneficio económico:

Consumo diario Wh instalación 770 Kwh

Consumo diario Kwh instalación 0,77 Kwh

Consumo mes instalación 23,10 Kwh

Consumo anual 277,20 Kwh

Consumo en 25 años 6.930,00 KWh

Costo aproximado Kwh 723.52 (obtenida de Chec Manizales)

Valor total aproximado mes consumo mes \$ 5.013.994

Valor inversión requerida \$ 2.860.000,00

$$\begin{aligned} B/C &= \frac{\text{Beneficios economicos}}{\text{Costos inversion total}} = \\ &= \frac{\$5.013.994}{\$2.860.000} = 1,75 \end{aligned}$$

Se obtuvo un resultado mayor de 0 que es considerado positivo, lo cual indica que la implementación del sistema es rentable en el aspecto económico; teniendo en cuenta que tiene una vida útil aproximada de 25 años; aunque se realice una considerable inversión inicial, se puede concluir que habrá beneficios incluso antes de finalizar el tiempo de vida útil de la instalación.

No obstante, esta instalación también tiene un valor agregado y/o beneficios adicionales que aunque no son cuantificables permiten evaluar la relación costo beneficio cualitativamente a través de la satisfacción de las necesidades en el aspecto social y ambiental, así:

Social: El usuario de la estación de recarga para bicicletas podría acceder a una zona adecuada especialmente para recargar su vehículo con el cuidado del medio ambiente, protegido de la lluvia, bajo vigilancia constante; a lo cual se puede adicionar como valor agregado un casillero con herramientas para ajustar la bicicleta.

Ambiental: El usuario estará contribuyendo a reducir las emisiones de CO₂ en la atmósfera y la universidad incentivando la movilidad cero emisiones en sus estudiantes y empleados.

VII. RESULTADOS ESPERADOS

Desarrollo e implementación de una herramienta para el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo y automático que sirva como estación de recarga de bicicletas eléctricas para incentivar la movilidad cero emisiones en la comunidad universitaria de la Universidad Antonio Nariño Sede Manizales, aplicando los conocimientos adquiridos durante el proceso formativo sobre el uso y aprovechamiento de las energías limpias y renovables.

A. UBICACIÓN DENTRO DE LAS LÍNEAS DE TRABAJO DEL PROGRAMA

Este proyecto se encuentra enmarcado dentro de la implementación y aprovechamiento de las energías renovables y desarrollo sostenible como parte del programa académico de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial.

B. USUARIOS DIRECTOS Y FORMAS DE UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

Los usuarios finales del proyecto serán los estudiantes, profesores, administrativos y visitantes de la Universidad Antonio Nariño Sede Manizales que recibirán un herramienta que contribuirá al uso y aprovechamiento de las energías limpias y renovables amigables con el medio ambiente, usando la energía fotovoltaica para reemplazar a la energía convencional y los combustibles fósiles como parte del desarrollo sostenible generando menor impacto ambiental.

Incentivando la movilidad cero emisiones a través del diseño de un sistema fotovoltaico de recarga de bicicletas eléctricas que puede posteriormente ser implementado en las instalaciones de la universidad; lo anterior, ya que ellos requieren una estación de recarga que les permita obtener electricidad para sus baterías sin tener que quitarlas de la bicicleta, salvaguardándolas del sol y de la lluvia para evitar el daño de estas, los cascos o demás artículos que estén en sus vehículos; pero que además cuente con un sistema de iluminación en el horario nocturno para sentirse más seguros y evitar accidentes durante su estancia en la universidad.

VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	S E M A N A S											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Identificación de los componentes existentes para el diseño de sistemas eléctricos y fotovoltaicos.	X	X										
Selección de los parámetros requeridos para el diseño de sistemas fotovoltaicos.		X	X									
Identificación de los componentes a integrar en la herramienta.				X	X			X				
Integración de los componentes requeridos para el desarrollo de la herramienta.						X	X					
Comprobación funcionamiento de la herramienta.								X				
Diseño del sistema fotovoltaico en la herramienta de acuerdo a las condiciones estimadas para la estación de recarga de bicicletas eléctricas y fuente de alimentación.									X			
Validación del funcionamiento de la herramienta y del sistema fotovoltaico (simulaciones).										X		
Análisis costo beneficio del sistema fotovoltaico.											X	
Entrega del proyecto a la universidad.												X

IX. PRESUPUESTO

Para determinar la factibilidad y los beneficios se definió el presupuesto necesario para la posterior implementación del proyecto caso de estudio ([ver anexo cinco](#)).

X. CONCLUSIONES

- Se identificaron los elementos fundamentales para los sistemas eléctricos y fotovoltaicos.
- Seleccionamos los parámetros requeridos para la herramienta de acuerdo a las características de cada elemento del sistema fotovoltaico.
- Integramos los componentes en la herramienta y se hicieron simulaciones comprobando que es de fácil aplicación en el campo educativo y práctico.
- Diseñamos el sistema fotovoltaico caso de estudio en la herramienta KUANS haciendo una estimación de las características y cantidades requeridas de cada elemento para la implementación del sistema fotovoltaico.
- Validamos el funcionamiento de la herramienta y del sistema fotovoltaico, mediante un análisis costo-beneficio obteniendo resultados positivos que demuestran su viabilidad

XI. RECOMENDACIONES

Para el diseño e implementación del Sistema Fotovoltaico se recomienda:

- Siga atentamente las instrucciones al utilizar la herramienta KUANS para diseñar un sistema fotovoltaico.
- Realice en la herramienta cuantas simulaciones considere necesarias a fin de obtener los mejores resultados; procure considerar todos los aparatos a utilizar a fin de no tener que recalcular la carga al momento de implementar la instalación.
- Diseñe la estructura y el sistema eléctrico de la instalación teniendo en cuenta las condiciones del terreno así como las condiciones atmosféricas que afectaran el sistema (lluvias, radiaciones, incendios, deslizamientos, caída de ceniza, entre otros). Los paneles deben ser ubicados con mucho cuidado para no dañar sus celdas que son muy delicadas, tal vez más que el vidrio, van orientados en un ángulo adecuado para que los rayos de sol o la sombra no afecten su eficiencia y durabilidad, se sugiere colocarlos siempre inclinados para aumentar su productividad.

- Realice la cotización de precios de los elementos principales y auxiliares requeridos para la instalación en lugares o distribuidores certificados y confiables, estos brindan seguridad, además ofrecen garantía a larga plazo; también entregan manuales, fichas técnicas y programas en línea con datos que ayudaran al proceso de instalación o cuidado.
- Analice el costo-beneficio del sistema (económico, social y ambiental). Esto le ayudara a determinar la viabilidad del sistema y a realizar los cambios necesarios para lograr hacer una instalación acorde con sus deseos pero también acorde a sus necesidades y capacidad sin pérdidas o daños materiales.
- Una vez implementado el sistema se debe diseñar un adecuado plan de mantenimiento preventivo y correctivo para cuando se requiera siguiendo las normas de seguridad y salud en el trabajo. Esto alargara la vida de su sistema teniendo en cuenta que trabaja a la intemperie con alta exposición a factores climáticos que afectaran partes principales y auxiliares del sistema.

Teniendo en cuenta lo anterior, se debe soportar en la guía del fabricante y adicionalmente puede tener en cuenta estos pasos básicos (Fotovoltaicos, 2018):

1. Plan de mantenimiento preventivo: en su mayoría puede hacerlo una persona que no está especializada siguiendo instrucciones claras entregadas por el técnico instalador; sin embargo, es importante aclarar que se requiere la ejecución de actividades fundamentales que si deben realizar los técnicos especializados para evitar daños en el sistema. Algunos puntos a tener en cuenta son:

- Mantenimiento del sistema de generación (paneles): limpiar al menos una vez en el mes las suciedades, polvo, humedad extra, ceniza, lodo u otro tipo de sustancia que genere interferencia, se sugiere hacerlo en horas de baja radiación solar, usar agua limpia a temperatura ambiente y un paño de tela sin restos solidos que puedan afectar la superficie del módulo. Inspeccionar visualmente los paneles de posibles degradaciones en los paneles solares (al menos cada dos meses).
- El controlador debe realizarlo el técnico especializado, al menos una vez al año, estar protegido contra la polaridad invertida, estar bajo techo, validar funcionamiento en desconexión y conexión, en lo posible estar contenido en un gabinete protegido de polvo y humedad.
- Revisar el funcionamiento de los inversores: al menos una vez al mes por una persona no especializada para comprobar rastros de humedad, impurezas, correcta ventilación o si genera códigos de fallos fáciles de comprobar con el manual; al menos una vez al año por una persona especializada para una revisión muy precisa, ya que son electrónicos y guardan en su memoria los datos de funcionamiento y fallas del sistema. Se sugiere mantenerlos bajo techo todo el tiempo.
- Batería: funcionamiento y durabilidad aumentan cuando se encuentra bajo techo, a temperatura no puede ser mayor o menor de 25 grados centígrado pues se afectan mucho por las altas o bajas temperaturas que dañan su estructura interna; se revisan por un técnico al menos dos veces al año para mantener su buena eficiencia.
- Conexiones eléctricas: solo pueden ser revisadas por un técnico especializado los cables, terminales, caja de terminales y la toma a tierra (a temperatura no mayor o menor de 25 grados centígrados y funcionamiento esperado); por su parte las luminarias y toma corrientes en su funcionamiento puede validarlos el usuario (que estén bien conectados, sin sulfataciones y en general en buen estado).
- Estructura soporte: revisar estado de sus partes, comprobar toda la estructura soporte de los paneles (al menos cada 6 meses), sus partes son sensibles a la humedad relativa del aire, así como a las altas o bajas temperaturas. Por su parte el técnico debe realizar este mantenimiento cada año para prevenir sobrecargas o descargas rápidas del sistema.

2. Plan de mantenimiento correctivo: se recomienda que lo realice siempre un técnico o personal especializado. Se hace:

- Mantenimiento del sistema de generación o paneles solares (una vez al año).
- Comprobación de caídas de tensión en los distintos circuitos (una vez al año).
- Mantenimiento del cuadro general de distribución (cada cinco años).
- Mantenimiento de la instalación interior (cada cinco años).
- Mantenimiento de la puesta a tierra de la instalación fotovoltaica (cada dos años).

XII. BIBLIOGRAFIA

- Anna María Ortega Cañizares, Juan Carlos González Gereda y Jennyfer Vanesa Morales Bohórquez Trabajo de Grado Dirigido Por: Juan Gabriel Robles Sandoval ;* (s.f.). Obtenido de Estudio De Pre-Factibilidad De Una Estación De Recarga Para Bicicletas Eléctricas Por Medio De Una Estructura Híbrida De Paneles Solares En La Ciudad De Bogotá:
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2828/1/OrtegaCa%C3%B1izaresAnnaMar%C3%ADa2016.pdf>
- Benito, T. P. (2012). *El Universo de las Energías Renovables, Nuevas Energías, Primera Edición, Editorial Marcombo S.A.* Obtenido de
<https://books.google.com.co/books?id=C5gMzmnrD1YC&printsec=frontcover&dq=se+est%C3%A1n+implementado+nuevas+formas+de+generar+energ%C3%ADa+como+la+e%C3%B3lica,+la+biomasa+y+la+solar,&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjxt6Ki8joAhUiUt8KHQHgDgQQ6AEITTAE#v=onepage&q&>
- Camaras de ensayos - CCI Control de Calidad, F. A. (s.f.). *La radiación solar: Descripción, análisis selectivo y control.* Obtenido de <http://www.cci-calidad.com/articulos4947.htm>
- Chec. (Mayo de 2020). <https://www.chec.com.co>. Obtenido de https://www.chec.com.co/Portals/7/tarifas/reporte_mayo2020.pdf
- Construir, R. (22 de Mayo de 2017). *Nuevas tecnologías de acero amigables con el ambiente.* Obtenido de <https://revistaconstruir.com/nuevas-tecnologias-acero-amigables-ambiente/>
- Duarte, C. M. (2009). *Cambio global: impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra, Editor Consejo Superior de Investigaciones Científicas.* Obtenido de http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/01/Cambio_global.pdf
- ElTiempo. (16 de Febrero de 2020). *Calidad del aire, un dolor de cabeza para las capitales de Colombia, Artículo Periodico por Nación y Bogotá.* Obtenido de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/calidad-del-aire-en-colombia-asi-esta-la-alerta-en-las-capitales-462820>
- EnDev/GIZ, P. (Marzo de 2013). *Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, Coordinación: Patricia Mestanza Acosta y Angel Verástegui Gubler.* Obtenido de https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SFD_-_2013.pdf
- Escobar, D. I. (2013). Estudio Técnico-Económico Para La Implementación Masiva De Sistemas Solares Fotovoltaicos Para Los Estratos Cinco Y Seis De La Ciudad De Cali. *Director: Dr. Yuri Ulianov Lopez.*
- Fabián Camilo Cala González, C. A. (2010). Diseño De Un Sistema De Suministro De Energía Eléctrica Con Tecnología Solar Fotovoltaica. *Director: PhD Gerardo Latorre Bayona.*
- Fernández Barrera, M. (2010). *Energía solar: Electricidad Fotovoltaica.* Obtenido de Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=EVHJb1i-eMC&pg=PA33&dq=energía+solar+en+estructuras&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiyt4i29Lnk>

AhXCtVkkHZ2ZAYQQ6AEILzAB#v=onepage&q=energia%20solar%20en%20estructuras&f=false

- Flórez, O. S. (2011). Plan De Negocio Para La Creacion De Una Empresa Dedicada Al Montaje Y Mantenimiento De Sistemas De Optimizacion Energeticos Fotovoltaicos En El Area Metropolitana De Bucaramanga. *Director: Magister Pascual Rueda Forero.*
- Fotovoltaicos, G. d. (Noviembre de 2018). *Ministerio de Energía de Chile, apoyado por: NAMA: Energías renovables para Autoconsumo en Chile.* Obtenido de <http://4echile.cl/4echile/wp-content/uploads/2018/11/Guia-OPERACION-MANTENIMIENTO-FOTOVOLTAICO.pdf>
- Fredy Orlando Agudelo Torres, F. A. (2010). Estudio De Factibilidad Tecnica Y Economica Para Implementar El Uso De Energia Fotovoltaica En El Suministro Electrico Del Alumbrado Público En El Municipio De La Uvita (Boyaca). *Director: Ing. Dr. Mont. Carlos Carreño Bodensiek.*
- GINNA MARCELA BENITO MOLINA, K. J. (s.f.). *Análisis Beneficio-Costo De La Implementación De Un Sistema De Energía Solar Fotovoltaica En El Campus Aguas Claras De La Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio, Meta.* Asesor: Mg. Leidy Johana Ariza Marín; Codirector: Mg. Jorge Arturo Boñalos Briceño. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13714/2018ginnabenito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- IDEAM. (2020). www.ideam.gov.co. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/volcan-nevado-ruiz>
- IDEAM, U. (2017). *Atlas de Radiacion Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, pagina 144, Autores Henry Benavides, Ovidio Simbaqueva Y Henry Zapata.* Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/RADIACION.compressed.pdf>
- IEE. (2020). www.ieee.org. Obtenido de www.ieee.org: Recuperado de <https://www.ieee.org/content/dam/ieee-org/ieee/web/org/pubs/ieee-taxonomy.pdf>
- Jairo Alonso Gutiérrez Bolaños, J. F. (2011). DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE 20 Kwp CONECTADO A RED. *Director: Dr. Yuri Uliyanov López.*
- Julio Alfonso Molina Ureche, A. F. (2014). Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para La Alimentacion De Cargas De Iluminacion En Un Proyecto Residencial. *Director: MIE. Manuel José Ortiz Rangel.*
- maps, G. (s.f.). Obtenido de https://www.google.com/maps/uv?hl=es-419&pb=!1s0x8e477ab496c22747%3A0x888dfa1e07056af4!3m1!7e115!4shhttps%3A%2F%2F5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipPHhDTj495-OcBsSnzl4hvr50_5T2XuV3kZl372%3Dw284-h160-k-no!5sparqueadero%20de%20motos%20universidad%20anton
- Melo, M. F. (2019). Sistema Fotovoltaico Autónomo De Control De Humedad Por Goteo. *Director: Alonso German Garzon y Carlos Manuel Llano.*

- Ministerio Del Medio Ambiente Y Medio Rural Y Marino, Del Gobierno De España. (s.f.). *La Radiación Solar*. Obtenido de http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf
- Orozco, A. F. (2015). *Análisis Costo/Beneficio De La Implementación De Tecnologías De Energía Con Paneles Solares En La Ese Hospital San Cristóbal*. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14931/SanabriaOrozcoAndresFelipe2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Planas Marti, M. (2019). *BID Mejorando vidas. La matriz energetica de Colombia se renueva*. Obtenido de Recuperado de <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-matriz-energetica-de-colombia-se-renueva/>
- PNUD. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: Recuperado de <http://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/sustainable-development-goals.html>
- semana, A. r. (s.f.). *Cinco efectos visibles del cambio climático en Colombia*. Obtenido de <https://www.semana.com/nacion/articulo/efectos-del-cambio-climatico-en-colombia/512637>
- Simioni, D. (2003). *Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana, Editor Naciones Unidas, CEPAL, (Santiago de Chile)*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2351/1/S02121026_es.pdf
- Style, O. (Mayo de 2012). *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=cNJB5tdbcJOC&pg=PA46&dq=como+hacer+un+sistema+fotovoltaico+colombia&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi5za7j6tjpAhXjc98KHUB-ClSQQ6AEIMjAB#v=onepage&q=como%20hacer%20un%20sistema%20fotovoltaico%20colombia&f=false>
- SunFields. (s.f.). *Elementos fundamentales de un sistema fotovoltaico aislado/autonomo*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/>
- SunFields Europe, a. e.-E. (s.f.). *Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia y HSP*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>
- Viloria Roldan, J. (2010). *Instalaciones Solares Fotocoltáicas*. Obtenido de Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=1c5eSuLbALOC&pg=PA241&dq=sensor+movimiento+y+fotovoltaico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiProqytrrkAhXws1kKHZ-xDjkQ6AEIKDAA#v=onepage&q=sensor%20movimiento%20y%20fotovoltaico&f=false>
- Zambrano Benavides, D. (21 de Septiembre de 2017). *Parqueaderos son la "mala nota" en las universidades*. Obtenido de El colombiano: Recuperado de <https://www.elcolombiano.com/antioquia/movilidad/parqueaderos-son-la-mala-nota-en-las-universidades-YY7346188>.

XIII. ANEXOS

ANEXO UNO (MANUAL DE USO SIMULADOR KUANS):

Para utilizar el simulador KUANS únicamente se requiere ingresar información en las casillas de color amarillo (las demás casillas están inhabilitadas), para lo cual es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Estimación de consumo: identificar los aparatos y/o equipos que desea conectar a su sistema fotovoltaico.

Ingresar los datos en cada columna así:

- **Nombre:** aquí se debe seleccionar los aparatos y/o equipos que identifico en el punto anterior, agregar uno a uno, en caso de no estar en el listado se puede seleccionar la opción “otros” o “_”.
- **Cantidad:** aquí se debe seleccionar la cantidad de aparatos y/o equipos de acuerdo con el listado seleccionado en la columna nombre, solo puedes incluir un máximo de 10 unidades por cada ítem.
- **Watts de trabajo:** aquí se debe indicar la cantidad de energía en watts (potencia) que consume cada aparato y/o equipo por cada hora de trabajo, en caso de no conocerlo puede apoyarse en la tabla de referencia de consumo de aparatos que se indica a continuación:
- **Horas uso día:** aquí se debe seleccionar la cantidad de horas de uso al día de cada aparato y/o equipo, solo puede incluir un máximo de 24 horas por cada ítem.

Estimación de consumo						
	Aparato				Potencia total Wh (Wattios hora)	Consumo Whd (Wattios hora día)
	Nombre	Cantidad	Potencia (W)	Horas uso día		
1	Bicicleta Electrica	2	70	4	140	560.00
2	Dispositivos de Iluminación	5	5	4	25	100.00
3					-	-
4					-	-
5					-	-
6					-	-
7					-	-
8					-	-
9					-	-
10					-	-
11					-	-
12					-	-
13					-	-
14					-	-
15					-	-

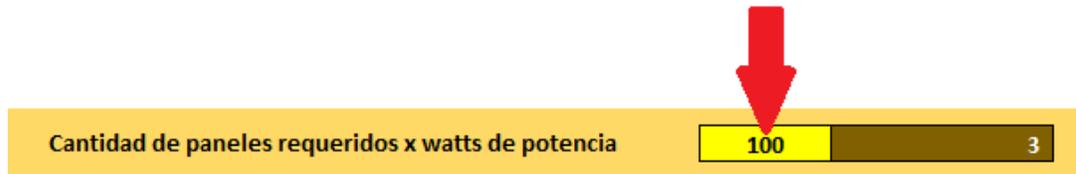
Tabla referencia consumo aparatos					
Equipo	Potencia [W]	Uso diario [horas/día]	Equipo	Potencia [W]	Uso diario [horas/día]
-	-	-	Lavadora A++	700W	1 hora
Aire acondicionado	1800W	3 horas	Licudadora	350W	0,15 horas
Aspiradora	1200W	1 hora	Maquina de coser	125W	4 horas
Bicicleta Electrica	70W	4 horas	Minicomponente	75W	4 horas
Bomba de agua	400W	3 horas	Patineta Electrica	70W	4 horas
Cafetera	750W	2 horas	Plancha	1000W	1 hora
Celular	7W	4 horas	Refrigerador	200W	4 horas
Cocina Vitrocerámica	1500W	1 hora	Reproductor DVD – BlueRay	30W	1 hora
Computador	250W	4 horas	Secadora de cabello	1600W	1 hora
Congelador	250W	4 horas	Tableta	30W	4 horas
Dispositivos de Iluminación	20-50W	3-4 horas	Televisión	300W	3-4 horas
Horno electrico	1000W	0,5 horas	Ventilador	125W	3-4 horas
Horno Microondas	1500W	1 hora	Videojuego	250W	3-4 horas

2. Seleccionar en la lista la ciudad donde realizará la instalación, la lista contiene las principales ciudades de Colombia (esta información puede ser consultada en https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#MR).

Por ejemplo, se puede seleccionar la ciudad de Manizales así:



3. Seleccionar en la lista la potencia en watts de los paneles solares que utilizara, la lista contiene paneles entre los 5 y 400 watts. Por ejemplo, se puede seleccionar el de 100W así



Cantidad de paneles requeridos x watts de potencia

4. Tome de la tabla **resultado** los datos que indica **cantidad a utilizar** y **capacidad comercial** de los materiales requeridos de acuerdo a la **unidad de medida** correspondiente.

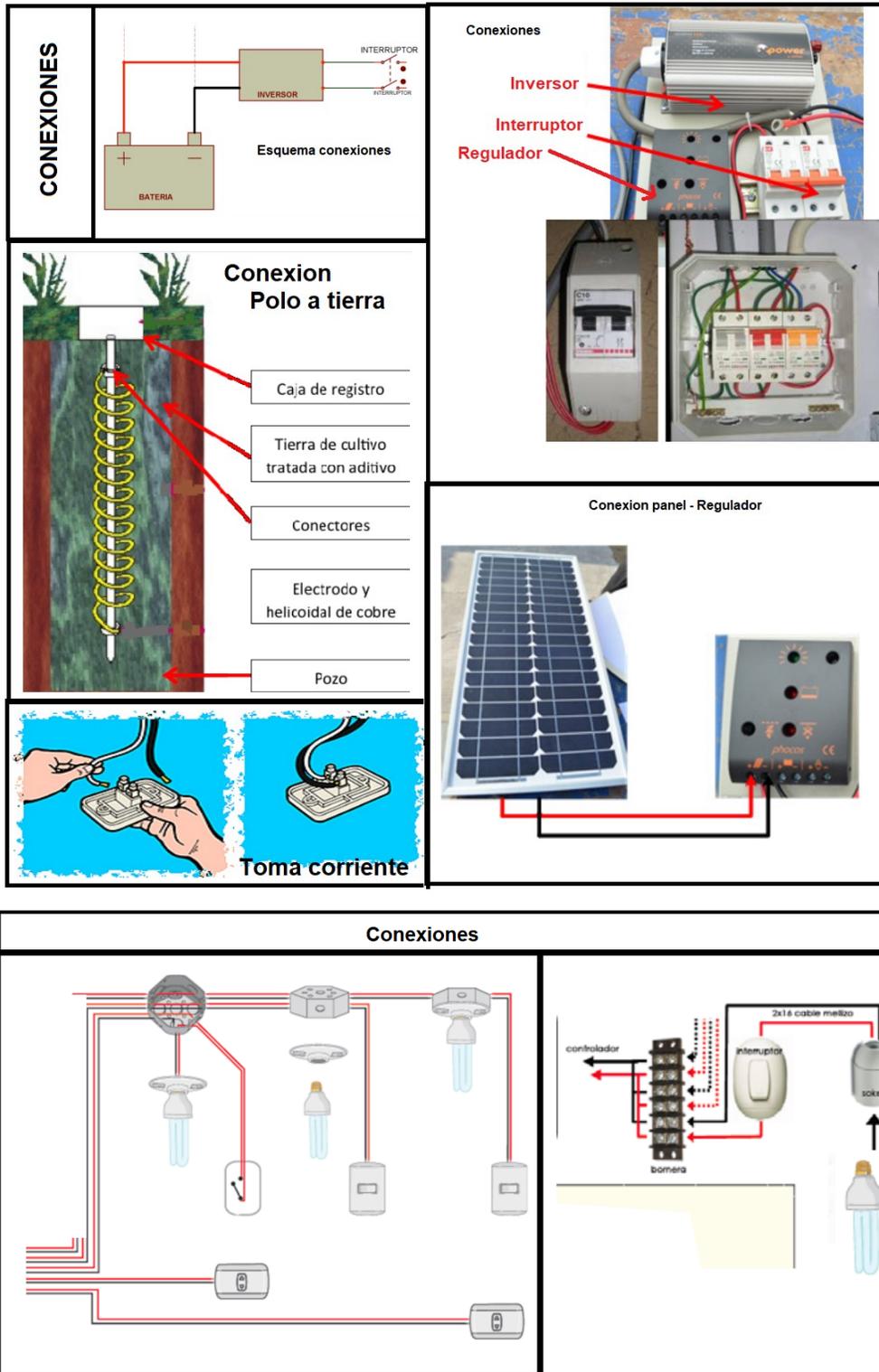
Resultado: calculo de la cantidad y capacidad de materiales que necesito comprar

	Material	Necesario	unidad Medida	Cantidad a utilizar	Capacidad Comercial	unidad Medida
1	Paneles Solares 12V	250	Watts	3	100	Watts
2	Batería de litio 12V	340	AH	2	300	AH
3	Regulador	30	Amperios	1	30	Amperios
4	Inversor	300	Watts	1	300	Watts
5	Tipo de Cable Requerido	19.58	Amperios	N/A	9	Calibre

ANEXO DOS (LISTADO ESTIMADO DE COMPONENTES AUXILIARES)

Componente
Ángulos
Arena
Cemento gris
Cinta aislante
Ganchos para tejas
Destornilladores
Láminas galvanizadas
Perlines de 6 metros
Esmalte anticorrosivo
Pintura negra para superficies metálicas
Porta bombilla E27 con sensor de movimiento y luz distancia 6 m
Teja galvanizada ondulada 1,8 m
Terminales eléctricos
Toma corriente y/o enchufe
Varilla acero 3/8 pulgadas
Varilla Polo Tierra Bañada En Cobre 1.50m Con Conector X1pc

ANEXO TRES (FIGURA 5. EJEMPLO CONEXIONES) (EnDev/GIZ, 2013)



ANEXO CUATRO (ESTIMADO COMPONENTES REQUERIDOS PARA IMPLEMENTACION CASO ESTUDIO)

Descripción del recurso físico	Cant.	Und
Angulo metálico de 1 1/2 pulgada	4	U
Arena liviana	50	KG
Balde de construcción	1	U
Batería de litio 12 V 260 AH	1	U
Brocha para pintar	1	U
Cable eléctrico de cobre de calibre 11	20	M
Cemento gris	50	KG
Cinta aislante negra x 20 metros	1	RO
Cortafrió aislado	1	U
Disco de corte de 7 pulgadas	3	U
Disco de pulir de 7 pulgadas	2	U
Disolvente de pintura	1	GL
Flexómetro 5 m x 16 pulgadas	1	U
Ganchos para tejas de 170 x 90 mm acero galvanizado	2	DZ
Inversor Onda Pura 300w 12v	1	U
Juego de destornilladores x 6 piezas	1	U
Lámina galvanizada 1,83 X 0,5 mm x 30cm	4	U
Luces Led 5 W 480 Lm E27 con sensor de movimiento	6	U
Pala acero mango de fibra punta curva	1	U
Palín de acero mango de fibra punta curva	1	U
Palustre acero mango madera de 9 pulgadas	1	U
Panel solar policristalino 100w 12V	2	U
Perlines en U de 6 metros	10	U
Esmalte anticorrosivo	1	GL
Pintura negra para superficies metálicas	1	GL
Regulador MPPT 20A 12 V con pantalla LED	1	U
Porta bombilla E27 con sensor de movimiento y luz distancia 6 m	2	U
Silicona para techo	2	TUB
Varilla de soldadura para acero	2	KG
Teja galvanizada ondulada 1,83 X 0,73 mm calibre 30	12	U
Terminales eléctricos	20	U
Toma corriente y/o enchufe	4	U
Tornillo auto roscante con arandela de sellaje de 4,2 mm x100und	3	DZ
Tornillo auto roscante con arandela de sellaje de 6 mm x100und	3	DZ
Varilla acero 3/8 pulgadas	2	U
Varilla Polo Tierra Bañada En Cobre 1.50m Con Conector X1pc	2	U

ANEXO CINCO (PRESUPUESTO ESTIMADO PARA IMPLEMENTACION CASO ESTUDIO)

Descripción del recurso físico	Costos			
	Cant.	Und	Valor Unitario	Valor Total
Angulo metálico de 1 1/2 pulgada	4	U	13,000	52,000
Arena liviana	50	KG	280	14,000
Balde de construcción	1	U	5,000	5,000
Batería de litio 12 V 260 AH	1	U	950,000	950,000
Brocha para pintar	1	U	12,000	12,000
Cable eléctrico de cobre de calibre 11	20	M	1,500	30,000
Cemento gris	50	KG	1,150	57,500
Cinta aislante negra x 20 metros	1	RO	5,000	5,000
Cortafrio aislado	1	U	9,000	9,000
Disco de corte de 7 pulgadas	3	U	7,000	21,000
Disco de pulir de 7 pulgadas	2	U	9,500	19,000
Disolvente de pintura	1	GL	30,000	30,000
Flexómetro 5 m x 16 pulgadas	1	U	16,000	16,000
Ganchos para tejas de 170 x 90 mm acero galvanizado	2	DZ	6,000	12,000
Inversor Onda Pura 300w 12v	1	U	260,000	260,000
Juego de destornilladores x 6 piezas	1	U	42,000	42,000
Lámina galvanizada 1,83 X 0,5 mm x 30cm	4	U	15,000	60,000
Luces Led 5 W 480 Lm E27 con sensor de movimiento	6	U	6,000	36,000
Pala acero mango de fibra punta curva	1	U	18,000	18,000
Palín de acero mango de fibra punta curva	1	U	12,000	12,000
Palustre acero mango madera de 9 pulgadas	1	U	9,000	9,000
Panel solar policristalino 100w 12V	2	U	213,000	426,000
Perlines en U de 6 metros	10	U	9,000	90,000
Esmalte anticorrosivo	1	GL	45,000	45,000
Pintura negra para superficies metálicas	1	GL	51,000	51,000
Regulador MPPT 20A 12 V con pantalla LED	1	U	120,000	120,000
Porta bombilla E27 con sensor de movimiento y luz distancia 6 m	2	U	25,000	50,000
Silicona para techo	2	TUB	30,000	60,000
Varilla de soldadura para acero	2	KG	8,000	16,000
Teja galvanizada ondulada 1,83 X 0,73 mm calibre 30	12	U	18,000	216,000
Terminales eléctricos	20	U	500	10,000
Toma corriente y/o enchufe	4	U	6,500	26,000
Tornillo auto roscante con arandela de sellaje de 4,2 mm x100und	3	DZ	3,500	10,500
Tornillo auto roscante con arandela de sellaje de 6 mm x100und	3	DZ	6,000	18,000
Varilla acero 3/8 pulgadas	2	U	10,000	20,000
Varilla Polo Tierra Bañada En Cobre 1.50m Con Conector X1pc	2	U	16,000	32,000
Totales				2,860,000