



**GENERACIÓN DE UN APLICATIVO EN PYTHON QUE PERMITA IDENTIFICAR LAS
PÉRDIDAS Y EFICIENCIAS EN CADA UNA DE LAS PARTES QUE CONFORMA UN
SISTEMA DE GENERACIÓN FV Y CUANTIFICAR SU APOORTE.**

Modalidad: Seminario

**JOSÉ ANTONIO PALLARES PALLARES
CC: 1096225668**

**GILBERTO LUNA POLO
CC: 1056781519**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
ELECTROMECAÁNICO
BARRANCABERMEJA
FECHA DE PRESENTACIÓN: 03-07-2021**



**GENERACIÓN DE UN APLICATIVO EN PYTHON QUE PERMITA IDENTIFICAR LAS
PÉRDIDAS Y EFICIENCIAS EN CADA UNA DE LAS PARTES QUE CONFORMA UN
SISTEMA DE GENERACIÓN FV Y CUANTIFICAR SU APOORTE.**

Modalidad: Seminario

**JOSÉ ANTONIO PALLARES PALLARES
CC: 1096225668**

**GILBERTO LUNA POLO
CC: 1056781519**

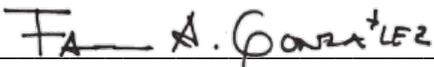
**Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en mantenimiento y operación electromecánico**

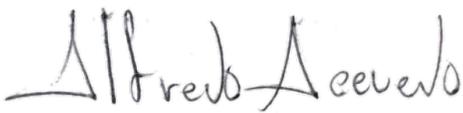
**DIRECTOR
ALFREDO RAFAEL ACEVEDO PICÓN
FABIO ALFONSO GONZÁLEZ**

Grupo de investigación en Energía GIE

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
BARRANCABERMEJA
FECHA DE PRESENTACIÓN: 03-07-2021**

Nota de Aceptación


Firma del Evaluador


Firma del Director

DEDICATORIA

Gilberto Luna Polo

La dedicatoria va para mí mamá Elsa Beatriz Polo y mis hermanos Héctor, Jhony y
Yeimi, mi tía Marta Luna.

José Pallares Pallares

Agradezco a mis padres Salomón Pallares y Ana Virginia Pallares
A mi amiga Bibiana Escobar por el apoyo brindado

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios quien nos dio la fuerza de voluntad para realizar nuestros estudios, a los profesores Alfredo Rafael Acevedo Picón y Fabio Alfonso González por el esfuerzo constante en pro de encontrar mejores formas de transmitir sus conocimientos.

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u>	10
<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	11
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	16
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	18
2.1. MARCO TEÓRICO	18
2.1.1. MEDIDOR DE ENERGÍA Y CONSUMO	18
2.1.2. INVERSOR	19
2.1.3. BATERÍA O ACUMULADORES	20
2.2. MARCO CONCEPTUAL	21
2.2.1. PANELES SOLARES.....	21
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS	22
2.2.3. EFECTO FOTOVOLTAICO.....	24
2.2.4. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	25
2.3. MARCO LEGAL.....	25
<u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....</u>	27
<u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	28
4.1. CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	28
4.2. METODOLOGÍA PARA CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE UN PANEL FOTOVOLTAICO	29
4.3. ALGORITMO DE DESARROLLO	32
<u>5. RESULTADOS</u>	40
5.1. CÁLCULO SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO	40

5.2.	CÁLCULO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED.....	41
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	42
7.	<u>RECOMENDACIONES</u>	43
8.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	44
9.	<u>ANEXOS.....</u>	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Medidor de energía y consumo.....	19
Figura 2. Batería.....	21
Figura 3: Paneles solares	22
Figura 4: Celda fotovoltaica monocristalinos.....	23
Figura 5. Celdas fotovoltaicas poli cristalinas.....	23
Figura 6. Celda fotovoltaica amorfa	24
Figura 7: Sistema Fotovoltaico Autónomo.....	28
Figura 8: Sistema fotovoltaico conectado a la Red	29
Figura 9: Entradas Aplicativo	34
Figura 10: Cálculos de eficiencias.....	34
Figura 11: Cálculo de pérdidas	35
Figura 12: Selección de sistema e impresión de cálculos	35
Figura 13: Interfaz de usuario	36
Figura 14: Ingreso de valores	38
Figura 15: Selección del sistema fotovoltaico	39
Figura 16: Cálculo de sistema fotovoltaico autónomo h	40
Figura 17: resultados sistema fotovoltaico conectado a la red	41
Figura17: Extensiones de Python en visual studio code.	46
Figura 18: proyecto de prueba	47
Figura 19: llamado de librería	48
Figura 20: Declaración de variables.....	48
Figura 21: Función calcular.....	49
Figura 22: Condicionales del código	49
Figura 23: Ejecución de código.....	50
Figura 24: Ventana de usuario.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Valores de Variables de entrada	37
--	----

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de grado tuvo como finalidad el desarrollo de un aplicativo en el lenguaje de programación Python, a través del cual se pudiera a través de variables de operación de sistemas fotovoltaicos, realizar cálculos de eficiencia y pérdidas en componentes del sistema.

Para el desarrollo de los objetivos planteados se realizó una caracterización previa del sistema en la cual se establecían para dos tipos de sistemas fotovoltaicos (autónomo y conectado a la red) los componentes que lo conformaban y sus características principales. Adicional a ello se elaboró un algoritmo que tiene como fin establecer la lógica de cálculo de pérdidas y eficiencia de los componentes y finalmente el desarrollo de la programación utilizando Python 3.92.

PALABRAS CLAVE. Sistemas fotovoltaicos, eficiencia, pérdidas, Python y algoritmo.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos son una alternativa ecológica al uso de energía solar para generar electricidad. El sistema fotovoltaico puede estar interconectado con la red para generar parte de la energía requerida por el usuario, o puede ser autónomo para generar la energía requerida para un fin específico. Las instalaciones fotovoltaicas (un grupo de paneles solares) deben generar la energía necesaria para el consumo durante el día y almacenar otra parte, que se consume por la noche y sirve de respaldo para el impacto de la radiación solar en los fenómenos ambientales, por lo que las dos fuentes de energía intervienen deben modelarse juntos.

Actualmente existen diversas herramientas que pueden modelar sistemas fotovoltaicos y generar datos de pérdida y eficiencia sobre los elementos que lo componen, pero en ocasiones las aplicaciones académicas no pueden permitírsele debido a los costos de licenciamiento. Por tanto, es necesario desarrollar un aplicativo que pueda integrar todas las teorías y conceptos del sistema fotovoltaico con el fin de obtener un valor de referencia en su diseño.

En el desarrollo del trabajo de grado se busca principalmente establecer los principios de los efectos fotovoltaicos y fotoeléctrico se consideran los conceptos principales para convertir la energía del espectro solar en energía eléctrica que se puede utilizar con fines residenciales y comerciales para identificar pérdidas y eficiencia.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según (Cepeda, 2018) las fuentes de energía alternativas siempre han existido en la vida cotidiana del ser humano, aunque muchas veces se desconoce su existencia debido a la necesidad de anteponer la economía a los beneficios ambientales (Cruz, 2013). Además de ser completamente gratis, también son energías ambientalmente limpias y protectoras; por ello, entidades como (CREG, 2020) incentivan y apoyan el uso de fuentes de energía alternativas, las cuales se ajustan según la ubicación geográfica del país.

(Largo, 2019) Establece que a falta de desarrollos de aplicaciones que permita analizar aspectos relacionados con la eficiencia de componentes integradores de sistemas fotovoltaicos, genera dificultades en la elaboración de diseños de sistemas fotovoltaicos más robustos. Adicionalmente (Ramírez, 2017) plantea que existe una tendencia generalizada en el desconocimiento de los niveles de eficiencias y pérdidas asociada a la implementación de sistemas fotovoltaicos.

Con base en el planteamiento anterior surge necesariamente una pregunta; ¿Bajo qué parámetros de operación se puede desarrollar un aplicativo en Python que permita calcular factores de pérdidas y eficiencias en sistemas fotovoltaicos?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Según (CREG, 2020) Colombia se caracteriza por un alto consumo de energía eléctrica, por tanto es imperativo brindar oportunidades para implementar su propio sistema fotovoltaico con el fin de ahorrar mejor electricidad y reducir las emisiones contaminantes, sin embargo (Laurencia, 2016) plantea que la eficiencia en los sistemas fotovoltaicos son un factor decisivo al momento de analizar la viabilidad de la implementación de tal fuente energética.

La energía fotovoltaica demostró ser una alternativa viable para satisfacer la creciente demanda energética en la actualidad, debido a que existen recursos inagotables disponibles y al producir energía en gran cantidad, no genera un gran impacto ambiental comparativamente con las fuentes tradicionales que se basan en el uso de recursos fósiles. (Cepeda, 2018)

Realizar mediciones permanentes de pérdidas en sistemas fotovoltaicos se considera una herramienta de importante en el control de operación y mantenimiento de los mismos (Martinez, 2016).

El desarrollo del actual trabajo de investigación busca plantear las bases conceptuales y teóricas requeridas para desarrollar software basado en el lenguaje de programación Python que permita calcular pérdidas en componentes y eficiencia del mismo (Largo, 2019).

Con el desarrollo del presente trabajo de investigación se busca también crear conciencia en los estudiantes de las Unidades Tecnológicas de Santander en temas relacionados con el uso racional de la energía eléctrica, y buscar alternativas de generación de energía eléctrica que conlleven a la disminución del impacto ambiental.

La razón por la cual se desea desarrollar el presente trabajo de investigación, obedece al compromiso que ha establecido las Unidades Tecnológicas de Santander con la sociedad Santandereana, en el ámbito de proveer una mejora de la calidad de vida de la sociedad, a partir del desarrollo de proyectos de investigación que disminuyan los impactos negativos de la generación de energía eléctrica, razón por la cual el proyecto en cuestión cobra vital importancia, ya que se pretende analizar parámetros de operación involucrados en el generación de pérdidas y eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar de un aplicativo software en Python que permita identificar las pérdidas y eficiencias en cada una de las partes que conforma un sistema de generación FV y cuantificar su aporte.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar un sistema fotovoltaico estándar con el fin de identificar variables de operación y factores de pérdida, mediante un estudio bibliográfico.
- Implementar en el lenguaje de programación Python un aplicativo para el cálculo de pérdidas y estimación de eficiencia en sistemas de generación fotovoltaica.

1.4. ESTADO DEL ARTE

Desarrollo de un proyecto de investigación en varias fases, en la primera se trató de comprender el funcionamiento del sistema fotovoltaico de la universidad, para realizar el ajuste del sistema de 20kW y obtener los requerimientos de datos a través de la red. En la segunda etapa, se desarrolló un manual de operación para los inversores integrados híbridos (INFINI SOLAR) y conectados a red (AURORA). La tercera fase del proyecto tuvo como objetivo realizar un análisis detallado del balance energético entre la demanda energética y la energía generada, de manera que se pueda estudiar el impacto en la rentabilidad, la viabilidad y el impacto ambiental (Largo, 2019).

Diseño de sistema híbrido residencial, en el cual se utilizó energía fotovoltaica como alternativa a la electricidad. Para el diseño del sistema fotovoltaico se analizaron varios factores, como la radiación promedio de las casas y lugares, la intensidad lumínica de los sectores, la potencia proporcionada por los módulos fotovoltaicos, la tensión de funcionamiento del sistema, la capacidad de la batería y la potencia del inversor (Ortiz, 2017).

Desarrollo un trabajo de investigación cuyo propósito del trabajo fue revisar factores que pueden incidir en la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y determinar los avances científicos propuestos para reducir dichos factores. En consecuencia, la eficiencia y la potencia que proporcionan los paneles fotovoltaicos son condiciones afectadas, principalmente afectadas por los factores ambientales y la tecnología utilizada en el proceso de fabricación (Cepeda, 2018).

Finalmente el proyecto desarrollado por (Rodríguez, 2019) consistió en analizar los beneficios que brindan los sistemas fotovoltaicos instalados en instituciones educativas e impulsados por ellos, es imposible concretar el aporte energético del sistema y su contribución económica inherente.

Artículo en el que se analiza el rendimiento energético del sistema fotovoltaico basado en silicio amorfo y se integra en el techo plano horizontal del edificio docente # 2 del Instituto Avanzado de Metalurgia y Minería de Moa. Utilizando el software del sistema fotovoltaico, se halló la generación de energía anual del sistema de 3 kWp conectado a la red, de igual manera se calculó la pérdida de irradiación y temperatura debido a cableado, electrónica de potencia, sombras, modificación de ángulos de inclinación y efectos (Largo, 2019).

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

Energía solar. Se considera como el tipo de energía que llega a la tierra y se transforma en radiación electromagnética (principalmente luz, calor y ultravioleta) del sol, y se produce mediante un proceso de fusión nuclear a una temperatura superficial de aproximadamente 6000 [K]. La energía solar que se disipa en el espacio es $3,87 \times 10^{26}$ vatios y la energía que llega al suelo es mucho menor que la del sol. Esta energía es de aproximadamente 173.000 TW, equivalente a 4500 veces la energía consumida por los seres humanos.

2.1.1. *Medidor de energía y consumo*

El sistema de control de energía es un sistema integral desarrollado para administrar la energía, planificar y controlar la energía en el entorno de la organización. Si es necesario, se puede entender cómo la entidad cumple con el plan de consumo minuto a minuto. (Grisales, 2014).

A continuación, se muestran las características de un medidor de energía y consumo:

- Está diseñado en forma de módulos independientes, que pueden implantarse secuencialmente y mantener interrelaciones útiles, mejorando así la efectividad.
- Es un sistema integral desarrollado para la gestión de la energía eléctrica, su planificación y control en el entorno organizacional.

- Está diseñado en forma de módulos independientes, que pueden implantarse secuencialmente y mantener interrelaciones útiles, mejorando así su efectividad.

Figura 1: Medidor de energía y consumo



Fuente: (Silva, 2016)

2.1.2. Inversor

El dispositivo está diseñado para convertir la corriente continua de la batería en corriente alterna para alimentar equipos eléctricos o electrónicos.

La eficiencia de un inversor depende de la potencia consumida por la carga. Por tanto, se requiere comprender este cambio, especialmente si es variable la carga alterna, de modo que el punto de operación del equipo se ajuste al valor promedio especificado tanto como sea posible. (Castejón, 2010)

Tipos de inversores

Con base en lo planteado por (Bermúdez, 2010), se establece que los tipos de inversores más comunes son:

- **Inversores de conmutación natural:** denominados inversores de conmutador de red porque determina el final del estado de conducción en los equipos electrónicos. Adecuado para sistemas fotovoltaicos que se encuentran conectados a red. Están siendo reemplazados actualmente por inversores de conmutación forzada de tipo PWM porque los transistores de tipo IGBT se desarrollaron para niveles más altos de voltaje y corriente.
- **Inversores de conmutación forzada o auto conmutados:** Se utilizan en sistemas fotovoltaicos fuera de la red. Permiten generar corriente alterna a través de un interruptor forzado. Este tipo de inversores pueden ser de salida escalonada o modulación de ancho de pulso (PWM), y la salida puede ser una onda sinusoidal, por lo que el contenido de armónicos es bajo.

2.1.3. Batería o acumuladores

Según la tesis de grado de (Bermúdez, 2010) estos son los componentes de un sistema solar fotovoltaico que desempeñan la función de almacenar la energía eléctrica para ser usada posteriormente, porque la cantidad y el tiempo de producción de energía de los módulos son diferentes a la demanda.

Las baterías que se utilizan en aplicaciones fotovoltaicas se denominan baterías de ciclo de descarga profunda. La diferencia con las baterías de automóvil es que están diseñadas para proporcionar una gran cantidad de corriente en un corto período de tiempo, mientras que las baterías de ciclo profundo están diseñadas para descargarse muy lentamente sin ser Cualquier daño, por esta razón, el panel de la batería es mucho más grueso que el panel de la batería utilizado para arrancar el automóvil, y el área es mucho más pequeña. (Bermúdez, 2010)

Una característica importante de las baterías es que, entre ellas, los portadores de carga son más fáciles de mover que las baterías de gel, lo que hace que las baterías AGM sean más adecuadas que las baterías AGM para proporcionar alta corriente en un corto período de tiempo.

Figura 2. Batería



Fuente: (Rodríguez, 2017)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se presentan los tipos de paneles más usados en la industria de la generación de energía, que tienen su origen en energías limpias como la fotovoltaica.

2.2.1. Paneles Solares

Las células fotovoltaicas son unidades formadas por materiales semiconductores, que pueden producir células que hacen posible los efectos fotovoltaicos a través de uniones N-P. El material tiene las características de comportarse como aislante o conductor según condiciones como la temperatura. (Ramos, 2007).

Figura 3: Paneles solares



Fuente: (Palacio, 2014)

Estos materiales tienen electrones libres, cuyo número varía según las condiciones mencionadas, y pueden cambiar la conductividad intrínseca. Entre los conductores más importantes tenemos arseniuro de galio, telururo de cadmio y silicio, este último es el más utilizado por tener 14 electrones, 4 de los cuales están en su capa de valencia, por lo que pueden formar enlaces covalentes con otros átomos clave.

2.2.2. Clasificación de las celdas fotovoltaicas

Hay muchos tipos de materiales semiconductores que pueden usarse para fabricar células solares, pero comúnmente se usa el Si (Silicio) fabricado de diversas formas. La clasificación de las celdas fotovoltaicas es como sigue: policristalinas, cristalinas y amorfas (García, 2016).

- **Celdas Fotovoltaicas Monocristalinas.** Estas se obtienen a partir de un silicio de alta pureza, que se le agrega Boro y se refunde en un crisol a temperaturas del orden de los 1500 °C. (Peña, 2003).

Figura 4: Celda fotovoltaica monocristalinos



Fuente: (Palacio, 2014)

- **Celdas Fotovoltaicas Poli cristalinas.** Se obtiene a una temperatura más baja que la anterior, lo que reduce la etapa de cristalización (Peña, 2003). Básicamente están hechos de silicio, mezclado con arsénico y galio. Son una colección de materiales, casi como una galleta: en lugar de partir de un monocristal, la pasta de silicona se solidifica lentamente en el molde y se usa para formar un Consiste en muchos pequeños cristales de silicio, que luego se pueden cortar en finas obleas policristalinas.

Figura 5. Celdas fotovoltaicas poli cristalinas



Fuente: (Palacio, 2014)

- **Celdas fotovoltaicas amorfas.** La aplicación de este material en el campo fotovoltaico es casi tan extensa como la del silicio monocristalino. Las tecnologías para su desarrollo se están implementando a escalas grandes, a pesar que el mercado se ha centrado en la aplicación hacia dispositivos del tipo electrónico. La ventaja más importante del silicio amorfo es que se puede depositar en forma de láminas delgadas sobre sustratos de muy bajo costo, como vidrio o plástico. Dado que los módulos grandes se pueden depositar en un solo proceso, se pueden reducir el costo y la posibilidad de la tecnología de producción en masa. (Peña, 2003).

Figura 6. Celda fotovoltaica amorfa



Fuente: (Palacio, 2014)

2.2.3. Efecto fotovoltaico

Las células solares están hechas de semiconductores. Los semiconductores son elementos sólidos cuya conductividad es menor que la de los conductores metálicos

pero mayor que la de los buenos aislantes. El semiconductor más utilizado es el silicio (Castejón, 2010). Cualquier entrada de energía, como un aumento de temperatura o luz semiconductor, hará que algunos electrones de valencia absorban suficiente energía para deshacerse del enlace covalente y pasar a través de la red, convirtiéndose en electrones libres.

2.2.4. Módulos fotovoltaicos

(Castejón, 2010) señaló que la mayoría de los módulos fotovoltaicos tienen de 36 a 96 células conectadas en serie. En algunos casos, pueden incluir conexiones en paralelo de paquetes de baterías conectados en serie. Además, es necesario proporcionar a los paquetes de baterías protección contra factores atmosféricos, aislamiento eléctrico adecuado y consistencia mecánica que permita su funcionamiento real. Un grupo de células solares agrupadas bajo las condiciones se denomina módulo fotovoltaico.

2.3. Marco legal

A continuación, se expondrá una serie de leyes o normativas, en la actualidad el gobierno nacional está impulsando el uso de paneles solares como generación alternativa de energía a través de estas leyes o normativas, con el fin de buscar fuentes alternativas para promover la generación de energía sostenible.

- Ley 1715 de 2014 Otorga a la CREG la facultad de definir el estándar de retribución por excedentes generados por pequeños autogeneradores que utilizan energía renovable no convencional -FNCER-, los cuales serán reconocidos como crédito energético mediante un plan bidireccional.
- Resolución CREG 030-2018 Esta resolución se aplica a pequeños autogeneradores y generadores distribuidos conectados al SIN,

comercializadores, operadores de red y transmisores nacionales que les brindan servicios. También es adecuado para la conexión de grandes equipos autogeneradores por encima de 1MW y por debajo de 5MW. La resolución no se aplica a sistemas de energía nueva, existente o de emergencia.

- NTC 5513, Dispositivos fotovoltaicos Parte 1: Medición de características de intensidad de voltaje de módulos fotovoltaicos. Esta norma describe los procedimientos para medir las características de corriente-voltaje (I-V) de las células solares de silicio cristalino utilizando luz natural o luz simulada (Álvarez, 2012). El estándar especifica los requisitos generales para realizar mediciones, como la calibración del dispositivo de referencia (el dispositivo que realiza las mediciones de irradiación), su respuesta espectral, la precisión de $\pm 1^\circ \text{C}$ entre el dispositivo de referencia y la muestra y la conexión de prueba.
- NTC 5512, ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos. Álvarez (2012) señaló que la norma describe el procedimiento para realizar ensayos que permitan determinar la resistencia de los módulos fotovoltaicos a la niebla salina, lo cual es de gran utilidad a la hora de evaluar la compatibilidad de los materiales utilizados en los módulos, así como la calidad de Recubrimientos protectores como Y uniformidad.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El trabajo investigativo es del tipo correlacional ya que se requiere analizar variables asociadas a la eficiencia y pérdidas en sistemas fotovoltaicos a través del aplicativo desarrollado en Python, del mismo modo se considera el estudio de tipo cuantitativo dado que se requiere establecer la cantidad pérdidas de los componentes del sistema fotovoltaico. Ampliar estos conceptos y colocar las actividades, como definición de requisitos de la herramienta, desarrollo, pruebas, explicando con detalle cada una.

A continuación se muestran las fases y actividades para el desarrollo del proyecto:

Fase 1. Caracterización del sistema un sistema fotovoltaico

Actividad 1. Estudio de características del sistema de fotovoltaico

Actividad 2. Selección de las variables requeridas para medición de eficiencia y perdidas en componentes.

Fase 2. Desarrollo de aplicativo en lenguaje de programación Python para cálculo de pérdidas y eficiencia del sistema.

Actividad 3. Elaboración de un algoritmo con el cual logro organizar el proceso de programación del aplicativo.

Actividad 4. Programación del algoritmo en lenguaje de programación Python.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Sistema fotovoltaico autónomo

El sistema fotovoltaico está conformado por un conjunto de equipos electrónicos y eléctricos que transforman la radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico. Los sistemas fotovoltaicos pueden ser de dos tipos, uno sistemas autónomos y otros sistemas interconectados con la red. El sistema autónomo genera electricidad a partir de paneles solares y luego la almacena en la batería para usarla en cualquier momento, como se indica en la figura 7.

Figura 7: Sistema Fotovoltaico Autónomo

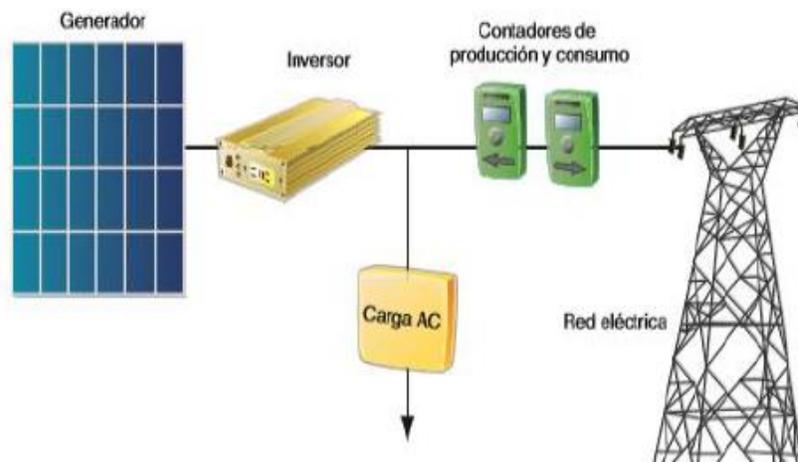


Fuente:(sierra 2019)

Sistema fotovoltaico conectado a la Red

En este tipo de sistemas la energía se proporciona a los usuarios a través de una red de distribución, por lo que se requieren equipos adicionales, como es indicado en la figura 8.

Figura 8: Sistema fotovoltaico conectado a la Red



Fuente:(Sierra 2019)

4.2. METODOLOGÍA PARA CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE UN PANEL FOTOVOLTAICO

Para determinar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos existen dos factores que son primordiales como la conversión de energía y el factor de forma. En ambos casos se debe conocer el punto de máxima potencia P y P_{mp} se refiere al tiempo durante el cual el panel puede proporcionar la potencia máxima. Esto se obtiene cuando la tensión V_{mp} y la corriente I_{mp} alcanzan el valor máximo al mismo tiempo. Este valor se determina de acuerdo a la ecuación

$$P_{mp} = V_{mp} \times I_{mp}$$

Donde:

Pmp: punto de máxima potencia

Vmp: Voltaje en la máxima potencia

Imp: Corriente en la Máxima potencia

Eficiencia de Factor de forma

Se define como la eficiencia del panel solar y se relaciona con el punto en la máxima potencia, dividido por el producto obtenido del voltaje del circuito abierto con la corriente de corto circuito, tal como indica la siguiente ecuación.

$$\eta = \frac{Pmp}{Voc \times Isc}$$

Donde:

Voc: Voltaje a circuito abierto

Isc: Corriente Corto Circuito

Cálculo de pérdidas

Para el cálculo de pérdidas se opta por el método desarrollado por (Okada, 2012) el cual establece cuatro factores de pérdidas y consiste en comparar la potencia generada observada con la potencia estimada.

Pérdida de potencia causada por irradiación.

La eficiencia de generación de energía depende exactamente de la irradiación penetrada en un vidrio de módulo fotovoltaico Irr.

$$L_{Irr} = \frac{\{13.2 - \eta'_{(Irr)}\}}{100 * Irr * A}$$

Donde:

A= área

Irr=Irradiación

Pérdida de potencia causada por el ángulo incidente relacionado con la irradiación directa y difusa.

La irradiación que llega a la superficie de vidrio de un módulo fotovoltaico está influenciada por un ángulo de incidencia θ y se reduce la transmitancia de la irradiación solar.

$$g(\theta) = 1 - \tan^5\left(\frac{2}{\theta}\right)$$

$$L_{(direc)} = (1 - g(\theta)) * Irr * 64$$

Pérdida causada por Temperatura

El voltaje óptimo de una celda solar de silicio disminuye con el aumento de temperatura. Por lo tanto, la potencia en proporción a la tensión disminuye con el aumento de temperatura.

$$L_{(T)} = \beta P(T - 25) / \{1 - \beta(T - 25)\}$$

Donde:

P: potencia

T: temperatura

β : 0.005

Pérdida de potencia causada por resistencias en serie

Cuando la salida de energía se genera por irradiación solar en un módulo fotovoltaico, la pérdida de calor Joule ocurre por una corriente eléctrica que fluye a través de un circuito.

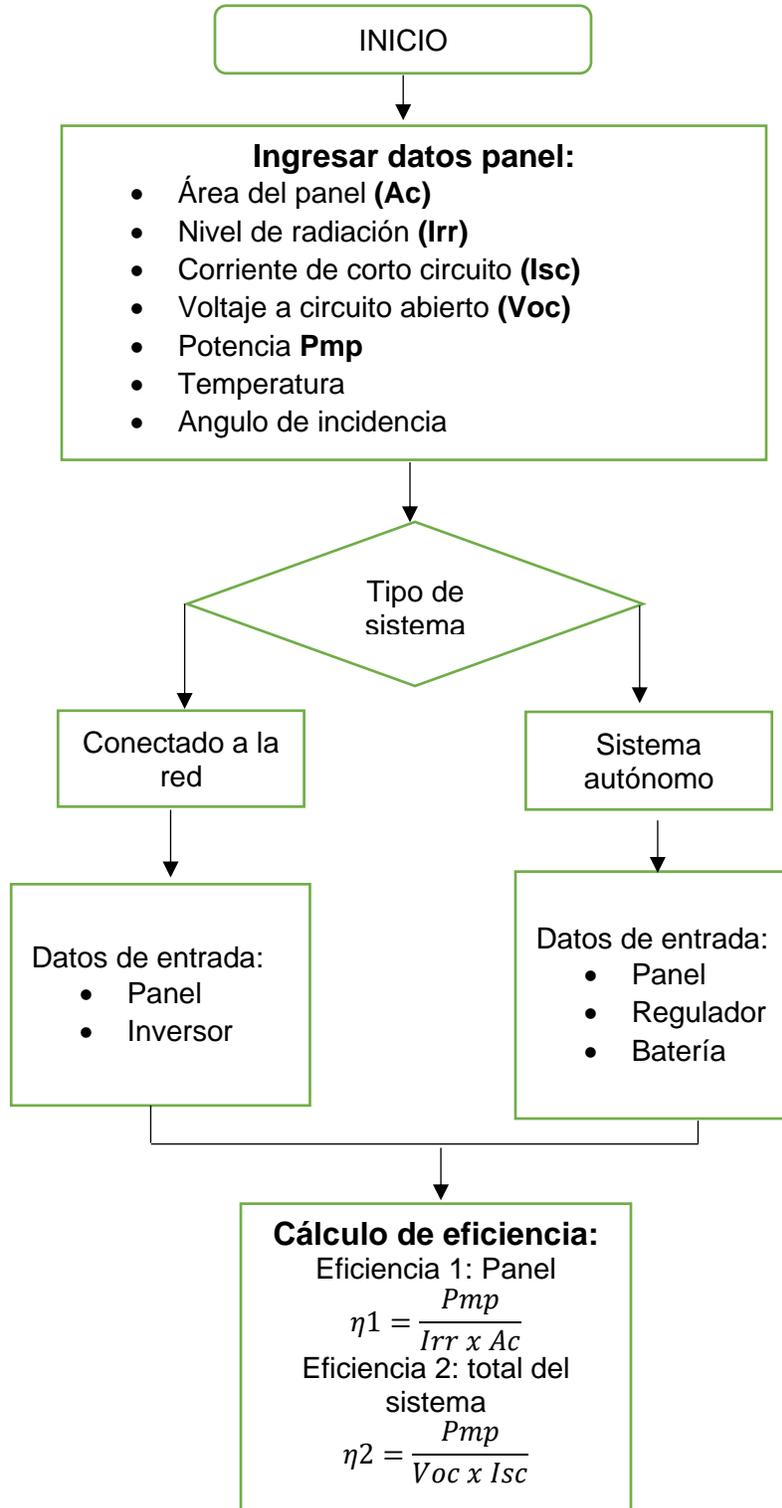
$$L_{(R_s)} = I_{op}^2 * R_s$$

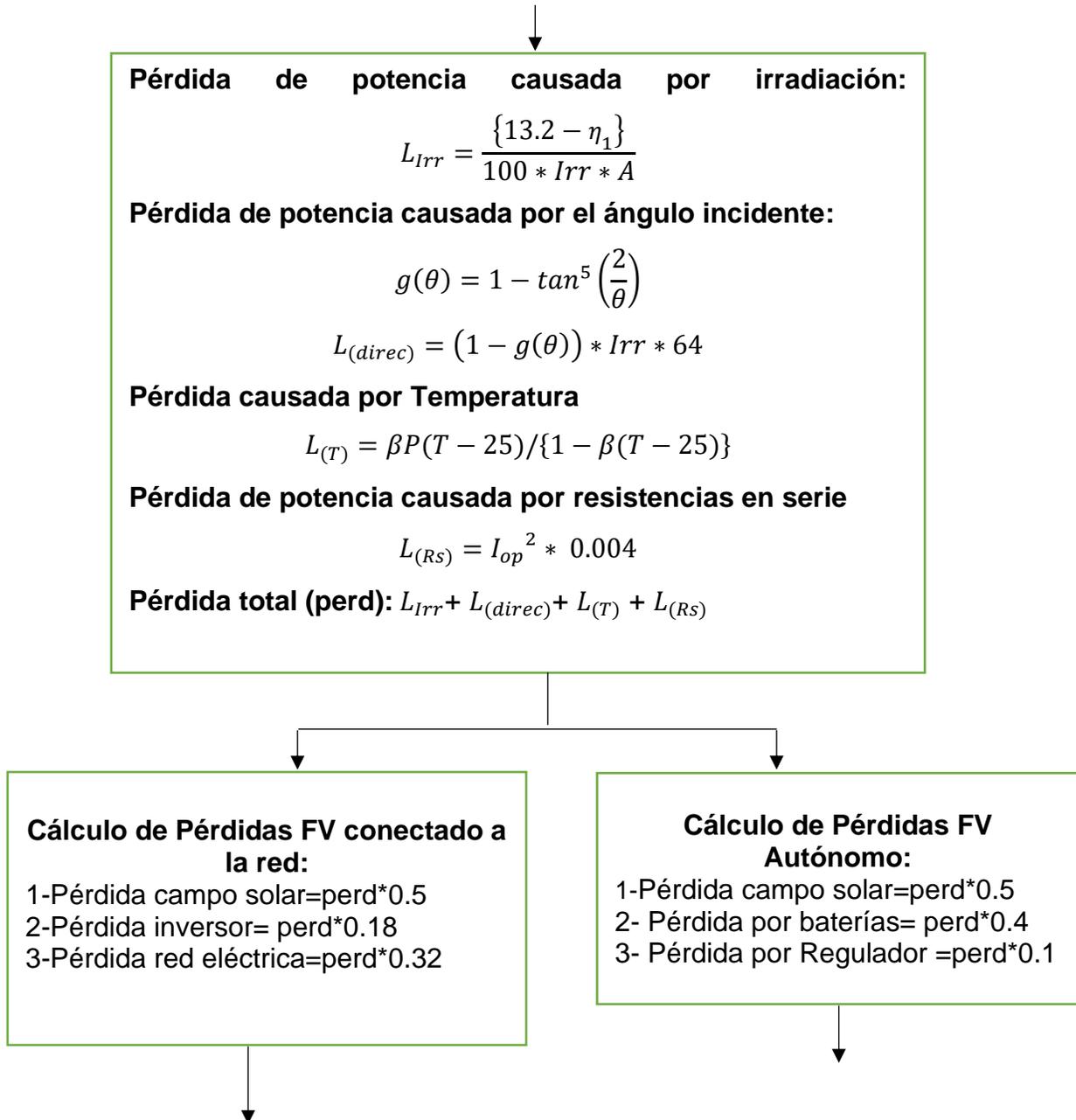
Donde:

I_{op} = es la corriente optima

R_s = es el valor de la resistencia en serie 0.4Ω

4.3. ALGORITMO DE DESARROLLO





Imprimir valores de:

Eficiencia 1
Eficiencia 2
Pérdida 1
Pérdida 2
Pérdida 3

Imprimir valores de:

Eficiencia 1
Eficiencia 2
Pérdida 1
Pérdida 2
Pérdida 3

Entradas del aplicativo

En la figura 9 se logra observar las entradas como quedaron registradas en el lenguaje de programación Python.

Figura 9: Entradas Aplicativo

```
#=====
#Aplicativo para el calculo de perdidas y eficiencias en
#sistemas fotovoltaicos
#=====
import math
#=====Ingresar valores=====
A=float(input("Area del Panel:"))
N=float(input("Nivel de radiacion:"))
C=float(input("Corriente de corto circuito:"))
V=float(input("Voltaje de Circuito abierto:"))
P=float(input("Potencia:"))
T=float(input("Temperatura:"))
Ang=float(input("Angulo de Incidencia:"))
sistema=input(str("Ingresar tipo de sistema (Autonomo o conectado a red):"))
```

Fuente: Autor

Cálculo de eficiencias

Figura 10: Cálculos de eficiencias

```
#=====calculo de Eficiencia=====
EF_1=P/C*A
EF_2=P/V*C
#=====
```

Fuente: Autor

Cálculo de pérdidas

Figura 11: Cálculo de pérdidas

```
#Perdida por Irradiacion:L_1
L_1=(13.2-EF_1)/(100*C*A)
#Perdida por angulo de incidencia:L_2
x=math.tan(Ang/2)
y=x**5
g=1-y
L_2=(1-g)*N*64
#Perdida por temperatura:L_3
L_3=0.005*P*(T-25)/(1-0.005*(T-25))
#perdida por resistecia en serie
z=C**2
L_4=z*0.4
#Perdida Total
L_T=L_1+L_2+L_3+L_4
```

Fuente: Autor

Selección del tipo de sistema e impresión de resultados

Figura 12: Selección de sistema e impresión de cálculos

```
#Selección del tipo de Sistema FV
if sistema == "Autonomo":
    LC=L_T*0.5 #Perdidas campo solar
    LB=L_T*0.4 #Perdidas Baterias
    LR1=L_T*0.1 #Perdidas Regulador
    print ("Perdidas campo solar:", LC)
    print ("Perdidas Baterias:", LB)
    print ("Perdidas Regulador:", LR1)
    print ("Eficiencia del sistema:", EF_1)
else:
    LC1=L_T*0.5 #Perdidas campo solar
    LI=L_T*0.18 #Perdidas Inversor
    LRE=L_T*0.32 #Perdidas red electrica
    print ("Perdidas campo solar:", LC1)
    print ("Perdidas Inversor:", LI)
    print ("Perdidas Red Electrica:", LRE)
    print ("Eficiencia del sistema:", EF_1)
```

Fuente: Autor

Interfaz de usuario.

Figura 13: Interfaz de usuario

tk

Area (m2)
0.0

Nivel de Radiacion (KW/m2)
0.0

Corriente de corto circuito (A)
0.0

Voltaje de Circuito abierto (V)
0.0

Potencia (Watt)
0.0

Temperatura (°C)
0.0

Angulo de Incidencia(°)
0.0

¿Cual sistema FV?
 Autonomo
 Conectado a la Red

Eficiencia Panel
0.0

Eficiencia Sistema
0.0

Calcular

Fuente: Autores

La interfaz de usuario mostrada en la figura 13 se desarrolló con una librería de Python llamada tkinter, en ella se logra apreciar todos los valores de entrada establecidos en el algoritmo con sus respectivas unidades, también se observa un cuadro de selección de los dos tipos de sistemas fotovoltaicos y el cuadro de calcular para ejecutar los cálculos y mostrar resultados.

Manual de usuario:

Para explicar el funcionamiento del aplicativo software se desarrollara un ejemplo para el cálculo de los dos tipos de sistemas fotovoltaicos a través de la ventana de usuario.

Inicialmente se seleccionan las variables de operación de dos sistemas fotovoltaicos como se muestra en la tabla.

Tabla 1: Valores de Variables de entrada
Variables de entrada de los sistemas

Nombre	Valor
Área	0.015m ²
Nivel de Radiación	4000w/m ²
Corriente de corto circuito	2.9 A
Voltaje de circuito abierto	18.9 V
Potencia	40 w
Temperatura	40 °C
Angulo de Incidencia	60°

Fuente: Autores

Ingreso de los datos

Los datos se ingresan en el mismo orden de la tabla 1, para tal fin se borra el 0.0 indicado por defecto en cada uno de las casillas de los valores de ingreso.

Figura 14: Ingreso de valores

tk [Window Controls]

Area (m2)
 0.015

Nivel de Radiacion (w/m2)
 4000

Corriente de corto circuito (A)
 2.9

Voltaje de Circuito abierto (V)
 18.9

Potencia (Watt)
 40

Temperatura (°C)
 40

Angulo de Incidencia(°)
 60

¿Cual sistema FV?
 Autonomo
 Conectado a la Red

Eficiencia Sistema
 0.0

Calcular

Fuente: Autor

Selección del tipo de sistema fotovoltaico

Al seleccionar el tipo de sistema fotovoltaico se despliega las pérdidas que se van a calcular, como se muestra en la figura 15 para el ejemplo se selecciona el sistema Autónomo.

Figura 15: Selección del sistema fotovoltaico

The screenshot shows a software window titled 'tk' with standard window controls. The interface contains the following elements:

- Area (m2)**: Input field with value 0.015
- Nivel de Radiacion (w/m2)**: Input field with value 4000
- Corriente de corto circuito (A)**: Input field with value 2.9
- Voltaje de Circuito abierto (V)**: Input field with value 18.9
- Potencia (Watt)**: Input field with value 40
- Temperatura (°C)**: Input field with value 40
- Angulo de Incidencia(°)**: Input field with value 60
- Eficiencia Sistema**: Input field with value 0.0
- ¿Cual sistema FV?**:
 - Autonomo
 - Conoectado a la Red
- Perdida Campo Solar**: Input field with value 0.0
- Perdida Bateria**: Input field with value 0.0
- Perdida Regulador**: Input field with value 0.0
- Calcular**: A button to perform the calculation.

Fuente: Autor

5. RESULTADOS

5.1. CÁLCULO SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

Finalmente se selecciona el botón de cálculo con el cual se desarrollan las operaciones programadas para tal fin, y se muestran los resultados para un sistema fotovoltaico autónomo como es mostrado en la figura 16.

Figura 16: Cálculo de sistema fotovoltaico autónomo h

tk

Area (m2)

Nivel de Radiacion (w/m2)

Corriente de corto circuito (A)

Voltaje de Circuito abierto (V)

Potencia (Watt)

Temperatura (°C)

Angulo de Incidencia(°)

Eficiencia Sistema

0.6666666666666666

¿Cual sistema FV?

Autonomo

Conoectado a la Red

Autonomo

Calcular

Perdida Campo Solar

-13.80123405125217

Perdida Bateria

-11.040987241001737

Perdida Regulador

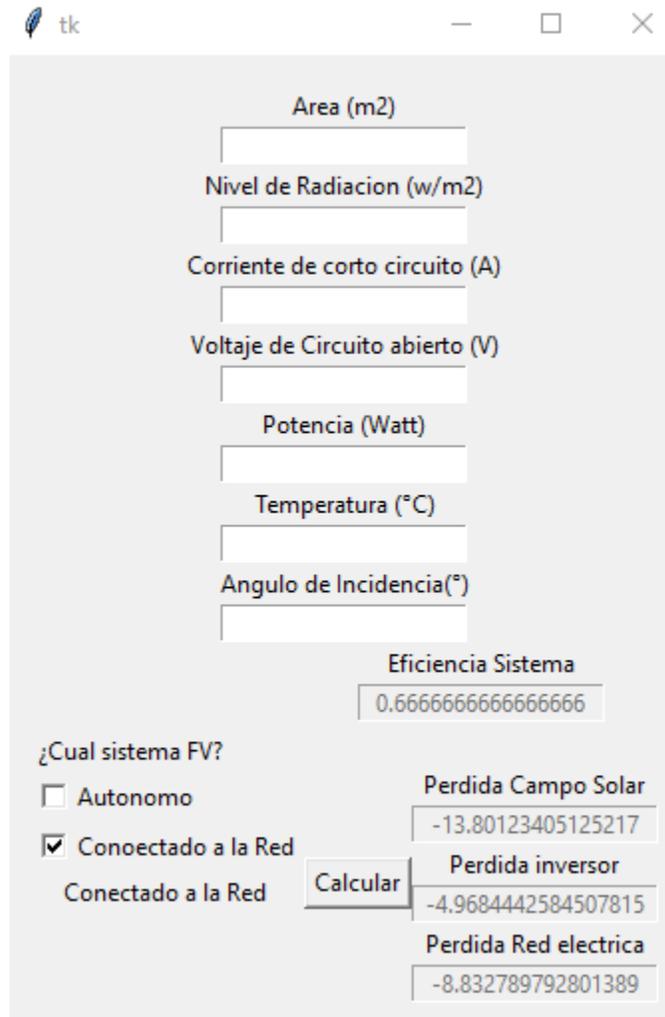
-2.7602468102504343

Fuente: Autor

5.2. CÁLCULO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED.

Seleccionando el botón que indica un sistema fotovoltaico conectado a la red como se indica en la figura 17.

Figura 17: Resultados sistema fotovoltaico conectado a la red



tk

Area (m2)

Nivel de Radiacion (w/m2)

Corriente de corto circuito (A)

Voltaje de Circuito abierto (V)

Potencia (Watt)

Temperatura (°C)

Angulo de Incidencia(°)

Eficiencia Sistema

0.6666666666666666

¿Cual sistema FV?

Autonomo

Conectado a la Red

Conectado a la Red

Calcular

Perdida Campo Solar

-13.80123405125217

Perdida inversor

-4.9684442584507815

Perdida Red electrica

-8.832789792801389

Fuente: Autores.

6. CONCLUSIONES

- Con la realización del presente trabajo de grado se logra concluir que el uso de herramientas de programación para el análisis de pérdidas y eficiencias es una alternativa viable en futuros proyectos de diseño de sistemas fotovoltaicos, dado que se puede integrar al análisis de pérdidas proyectadas y así escoger la mejor configuración a partir de las condiciones previamente establecidas.
- Otra conclusión obtenida del desarrollo del trabajo de investigación es que a partir de modelos estadísticos de varios sistemas fotovoltaicos se logra obtener datos de comparación más confiables en la medida que se logre verificar el porcentaje de error presentado por los métodos analíticos para la obtención de pérdidas.

7. RECOMENDACIONES

Con el desarrollo del presente trabajo de grado trabajo se pretende plantear una metodología de desarrollo para el cálculo de pérdidas y eficiencias en sistemas fotovoltaicos mediante el lenguaje de programación Python, sin embargo se podría motivar para trabajos futuros el estudio para desarrollar esta misma metodología en otros lenguajes de programación web, con el fin de que el aplicativo tenga mayor portabilidad.

Un trabajo complementario al desarrollado, podría basarse en la medición de un sistema fotovoltaico real y realizar un análisis comparativo con el aplicativo y de esa manera comprobar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, J., Ortiz, R., Gama, E., Ramos, O., & Duque, J. (2012). *Diseño e implementación de un prototipo de vehículo solar con almacenamiento de energía*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Bermudez, B. (2010). *Especificación de un sistema de generación de energía eléctrica usando paneles fotovoltaicos y convertidores DC/AC*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Cardenas, A. K. (2019). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa orientada al diseño, implementación y mantenimiento de sistemas eléctricos basados en energías renovables a pequeña escala en la región del Magdalena Medio*. Barrancabermeja : Unidades Tecnológicas de Santander.
- Castejon, A. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaica*. Madrid: Editex.
- Cepeda. (2018). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- CREG. (2020). *Comisión de Regulación de Energía, Gas y Combustibles*. Bogotá: Ministerio de Minas.
- Cruz, J. C. (2013). Aplicación electrónica para el ahorro de energía eléctrica utilizando una energía alternativa. *Entramado*, 15.
- García. (2016). *Fundamentos Físicos de Ingeniería*. País Vasco: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial.
- Grisales , J. (2014). *Energía Renovable*. España: Reverté.
- Greus Solé, A. (2014). *Energías renovables*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Largo, S. C. (2019). *Monitorización y análisis energético de un sistema fotovoltaico de 20 kW*. Pereira: Universidad tecnológica de Pereira.
- Laurencia, L. O. (2016). *Análisis energético de un sistema fotovoltaico integrado a una cubierta plana horizontal*. La Habana: Scielo.
- Martínez, P. G. (2016). *Evaluación de pérdidas de energía en la operación de plantas Fotovoltaicas*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Okada, N. (2012). *Diagnostic Method of performance of a pv module with estimated power output in considering four loss factors*. Tokio: Universidad de Meijo.
- Ortiz, A. f. (2017). *Diseño de un sistema híbrido mediante energías alternativas para una vivienda ubicada en una parcela de la mesa de los santos/Santander*. Bucaramanga : UIS.
- Ramírez, W. M. (2017). *Desarrollo y optimización para el suministro de energía eléctrica de un sistema fotovoltaico*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Ramos, C. (2007). *Uso eficiente y sostenible de los recursos naturales*. España: PRINTED.
- Rodríguez, C. D. (2019). *Análisis de la eficiencia e impacto económico del sistema de generación fotovoltaico integrado a la red de distribución de una institución educativa*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Palacio , J. (2014). *Sistemas de medición avanzada en Colombia: Beneficios Retos y Oportunidades . Ingeniería Y Desarrollo , 20.*

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRESARIADO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Peña, I. (2003). *Celdas fotovoltaicas para energizar un sistema de bombeo de agua*.
Mexico: UAMI.

Sierra, M. (2019). *Customer Empowerment*. Bombay: Sushel Kalia

9. ANEXOS

Para lograr correr el programa se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Instalación y configuración de editor de código.

Inicialmente se ingresa a la página <https://code.visualstudio.com/download> y se descarga e instala **visual Studio code**.

Una vez instalado se procede a la instalación de extensiones de Python como se muestra en la figura 17 el cual es el lenguaje seleccionado para el desarrollo del proyecto.

Figura18: Extensiones de Python en visual studio code.



Fuente: Autores.

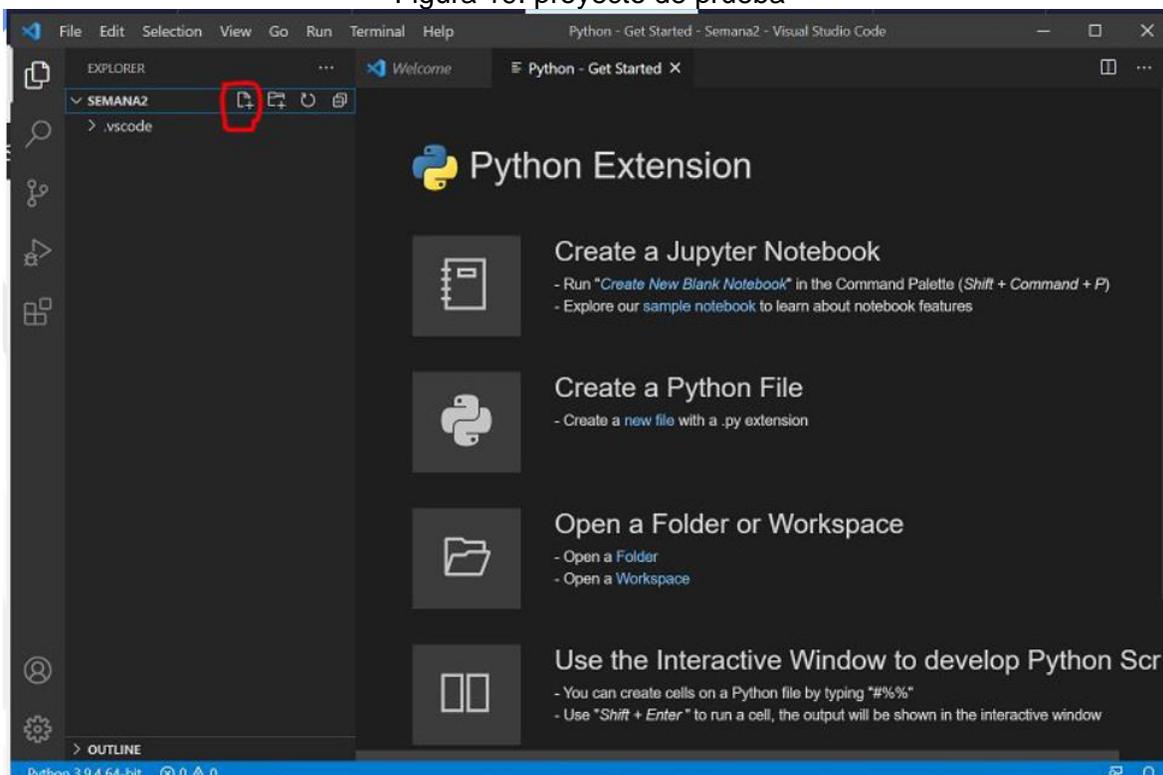
Posteriormente se ingresa a la página <https://www.python.org/downloads/> y se descarga el software Python.

Se verifica la instalación, abriendo la consola de comandos o terminal e ingresa el siguiente comando. Al ejecutarlo, debe retornar la versión de Python instalada:

py -3 --version (en windows)

Se puede crear un archivo de prueba para comprobar que el software puede bien instalado como se muestra en la figura 18.

Figura 19: proyecto de prueba



Fuente: Autores

Paso 2: desarrollo de entorno de usuario

Para el desarrollo del entorno grafico se selecciona una librería llamada **tkinter** la cual se llama como se muestra en la figura 19.

Figura 20: llamado de librería

```
import tkinter as tk
from tkinter import *
import math
# Configuración de la raíz
root = Tk()
root.config(bd=15)
```

Fuente: Autores

Declaración de variables a través de tkinter

Figura 21: Declaración de variables

```
n1 = DoubleVar() #valor de area
n2 = DoubleVar() #valor de Nivel de radiacion
n3 = DoubleVar() #Valor de corriente de corto circuito
n4 = DoubleVar() #Valor de voltaje circuito abierto
n5 = DoubleVar() #valor de Potencia
n6 = DoubleVar() #valor de Temperatura
n7 = DoubleVar() #Angulo de Incidencia

r1 = DoubleVar() #Eficiencia 1
r2 = DoubleVar() #Eficiencia 2
r3 = DoubleVar() #perdida prueba auronomo 1
r4 = DoubleVar() #perdida prueba auronomo 2
r5 = DoubleVar() #perdida prueba auronomo 3
r6 = DoubleVar() #perdida prueba conectado a la red 1
r7 = DoubleVar() #perdida prueba conectado a la red 2
```

Fuente: Autores

Creación de función con la cual se realizan los cálculos requeridos según algoritmo planteado previamente.

Figura 22: Función calcular

```
def calcular():
    r1.set(float(n5.get()/(float(n1.get()) * float(n2.get()))))
    r2.set(float(n5.get()/(float(n3.get()) * float(n4.get()))))
    r3.set( (((13.2-(float(n5.get()/(float(n1.get()) * float(n2.get())))))/(100*float(n3.get() *float(n1.get()))))
    r4.set( (((13.2-(float(n5.get()/(float(n1.get()) * float(n2.get())))))/(100*float(n3.get() *float(n1.get()))))
    r5.set( (((13.2-(float(n5.get()/(float(n1.get()) * float(n2.get())))))/(100*float(n3.get() *float(n1.get()))))
    r6.set( (((13.2-(float(n5.get()/(float(n1.get()) * float(n2.get())))))/(100*float(n3.get() *float(n1.get()))))
    r7.set( (((13.2-(float(n5.get()/(float(n1.get()) * float(n2.get())))))/(100*float(n3.get() *float(n1.get()))))
    borrar()

def borrar():
    n1.set("")
    n2.set("")
    n3.set("")
    n4.set("")
    n5.set("")
    n6.set("")
    n7.set("")
```

Fuente: Autores

Condicionales según tipo de sistema fotovoltaico.

Figura 23: Condicionales del código

```
def seleccionar():
    cadena = ""
    if (Autonomo.get()):
        cadena += "Autonomo"
        Label(root, text="Perdida Campo Solar").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r3, state="disabled").pack()

        Label(root, text="Perdida Bateria").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r4, state="disabled").pack()

        Label(root, text="Perdida Regulador").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r5, state="disabled").pack()

    elif (Conectado_a_red.get()):
        cadena += "Conectado a la Red "
        Label(root, text="Perdida Campo Solar").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r3, state="disabled").pack()

        Label(root, text="Perdida Inversor").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r6, state="disabled").pack()

        Label(root, text="Perdida Red electrica").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r7, state="disabled").pack()

    else:
        cadena += " No es un sistema"

    monitor.config(text=cadena)
```

Fuente: Autores

Paso 3: Ejecución de código

Para la ejecución del código se selecciona el icono resaltado por el cuadro rojo.

Figura 24: Ejecución de código



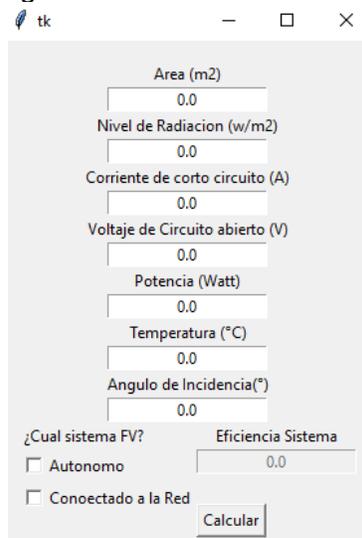
```

Prueba1.py
Prueba1.py > ...
1
2 import tkinter as tk
3 from tkinter import *
4 import math
5 # Configuración de la raíz
6 root = Tk()
7 root.config(bd=15)
8
9
10 n1 = DoubleVar() #valor de area
11 n2 = DoubleVar() #valor de Nivel de radiacion
12 n3 = DoubleVar() #Valor de corriente de corto circuito
13 n4 = DoubleVar() #Valor de voltaje circuito abierto
14 n5 = DoubleVar() #valor de Potencia
15 n6 = DoubleVar() #valor de Temperatura
16 n7 = DoubleVar() #Angulo de Incidencia
17
18 r1 = DoubleVar() #Eficiencia 1
19 r2 = DoubleVar() #Eficiencia 2
20 r3 = DoubleVar() #perdida prueba autonomo 1
    
```

Fuente: Autores

El ejecutar el código aparece el cuadro de usuario en el cual se ingresan los datos del sistema fotovoltaico a analizar.

Figura 25: Ventana de usuario



Fuente: Autor

Código completo con tkinter

```
import tkinter as tk
from tkinter import *
import math
# Configuración de la raíz
root = Tk()
root.config(bd=15)

n1 = DoubleVar() #valor de area
n2 = DoubleVar() #valor de Nivel de radiacion
n3 = DoubleVar() #Valor de corriente de corto circuito
n4 = DoubleVar() #Valor de voltaje circuito abierto
n5 = DoubleVar() #valor de Potencia
n6 = DoubleVar() #valor de Temperatura
n7 = DoubleVar() #Angulo de Incidencia

r1 = DoubleVar() #Eficiencia 1
r2 = DoubleVar() #Eficiencia 2
r3 = DoubleVar() #perdida prueba auronomo 1
r4 = DoubleVar() #perdida prueba auronomo 2
r5 = DoubleVar() #perdida prueba auronomo 3
r6 = DoubleVar() #perdida prueba conectado a la red 1
r7 = DoubleVar() #perdida prueba conectado a la red 2
```

def calcular():

```

r1.set(float(n5.get())/float(n1.get()) * float(n2.get()))
r2.set(float(n5.get())/float(n3.get()) * float(n4.get()))
r3.set( (((13.2-(float(n5.get())/float(n1.get()) *
float(n2.get())))/(100*float(n3.get() *float(n1.get())))) + (((1-(1-
float(math.tan(float(n7.get())/2)**5)))*float(n2.get())*64) +
((((0.005*float(n5.get()))*(float(n6.get())-25)))/(((1-0.005*(float(n6.get())-25)))))) +
(((float(n3.get())**2)*0.004)*0.5)/100000000)
r4.set( (((13.2-(float(n5.get())/float(n1.get()) *
float(n2.get())))/(100*float(n3.get() *float(n1.get())))) + (((1-(1-
float(math.tan(float(n7.get())/2)**5)))*float(n2.get())*64) +
((((0.005*float(n5.get()))*(float(n6.get())-25)))/(((1-0.005*(float(n6.get())-25)))))) +
(((float(n3.get())**2)*0.004)*0.4)/100000000)
r5.set( (((13.2-(float(n5.get())/float(n1.get()) *
float(n2.get())))/(100*float(n3.get() *float(n1.get())))) + (((1-(1-
float(math.tan(float(n7.get())/2)**5)))*float(n2.get())*64) +
((((0.005*float(n5.get()))*(float(n6.get())-25)))/(((1-0.005*(float(n6.get())-25)))))) +
(((float(n3.get())**2)*0.004)*0.1)/100000000 )
r6.set( (((13.2-(float(n5.get())/float(n1.get()) *
float(n2.get())))/(100*float(n3.get() *float(n1.get())))) + (((1-(1-
float(math.tan(float(n7.get())/2)**5)))*float(n2.get())*64) +
((((0.005*float(n5.get()))*(float(n6.get())-25)))/(((1-0.005*(float(n6.get())-25)))))) +
(((float(n3.get())**2)*0.004)*0.18)/100000000 )
r7.set( (((13.2-(float(n5.get())/float(n1.get()) *
float(n2.get())))/(100*float(n3.get() *float(n1.get())))) + (((1-(1-
float(math.tan(float(n7.get())/2)**5)))*float(n2.get())*64) +
((((0.005*float(n5.get()))*(float(n6.get())-25)))/(((1-0.005*(float(n6.get())-25)))))) +
(((float(n3.get())**2)*0.004)*0.32)/100000000 )

```

borrar()

```
def borrar():
```

```
    n1.set("")
```

```
    n2.set("")
```

```
    n3.set("")
```

```
    n4.set("")
```

```
    n5.set("")
```

```
    n6.set("")
```

```
    n7.set("")
```

```
Label(root, text="Area (m2)").pack()
```

```
Entry(root, justify="center", textvariable=n1).pack()
```

```
Label(root, text="Nivel de Radiacion (w/m2)").pack()
```

```
Entry(root, justify="center", textvariable=n2).pack()
```

```
Label(root, text="Corriente de corto circuito (A)").pack()
```

```
Entry(root, justify="center", textvariable=n3).pack()
```

```
Label(root, text="Voltaje de Circuito abierto (V)").pack()
```

```
Entry(root, justify="center", textvariable=n4).pack()
```

```
Label(root, text="Potencia (Watt)").pack()
```

```
Entry(root, justify="center", textvariable=n5).pack()
```

```
Label(root, text="Temperatura (°C)").pack()
```

```
Entry(root, justify="center", textvariable=n6).pack()
```

```

Label(root, text="Angulo de Incidencia(°)").pack()
Entry(root, justify="center", textvariable=n7).pack()
#=====
=====
#seleccionar tipo de sistema fotovoltaico
def seleccionar():
    cadena = ""
    if (Autonomo.get()):
        cadena += "Autonomo"
        Label(root, text="Perdida Campo Solar").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r3, state="disabled").pack()

        Label(root, text="Perdida Bateria").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r4, state="disabled").pack()

        Label(root, text="Perdida Regulador").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r5, state="disabled").pack()

    elif (Conectado_a_red.get()):
        cadena += "Conectado a la Red "
        Label(root, text="Perdida Campo Solar").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r3, state="disabled").pack()

        Label(root, text="Perdida inversor").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r6, state="disabled").pack()

        Label(root, text="Perdida Red electrica").pack()
        Entry(root, justify="center", textvariable=r7, state="disabled").pack()
  
```

else:

cadena += " No es un sistema"

monitor.config(text=cadena)

Autonomo = IntVar() # 1 si, 0 no

Conectado_a_red = IntVar() # 1 si, 0 no

frame = Frame(root)

frame.pack(side="left")

Label(frame, text="¿Cual sistema FV?").pack(anchor="w")

Checkbutton(frame, text="Autonomo", variable=Autonomo, onvalue=1,
offvalue=0, command=seleccionar).pack(anchor="w")

Checkbutton(frame, text="Conoectado a la Red", variable=Conectado_a_red,
onvalue=1,
offvalue=0, command=seleccionar).pack(anchor="w")

monitor = Label(frame)

monitor.pack()

Label(root, text="Eficiencia Sistema").pack()

Entry(root, justify="center", textvariable=r1, state="disabled").pack()

Label(root, text="").pack() # Separador

Button(root, text="Calcular", command=calcular).pack(side="left")

```
#=====
```

```
=====
```

```
# Finalmente bucle de la aplicación
```

```
root.mainloop()
```