



**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD PROYECTO TÉCNICO**

TÍTULO:

**“IMPLEMENTACION DE EMULADOR 8960-20: SIMULACION DE
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL LABORATORIO DE
ELECTRICIDAD-FACULTAD DE INGENIERIA”**

AUTORES:

**MIELES BARCIA RONALD STEEVEN
VELÁSQUEZ HUERTAS ERICK MOISÉS**

ASESOR ACADÉMICO:

ING.FERNANDO VLADIMIR JARAMILLO GARCÍA, PhD.

MANTA -MANABÍ- ECUADOR

2024

Certificación del tutor

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

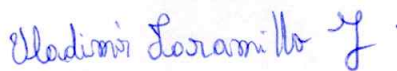
Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación bajo la modalidad de proyecto técnico, bajo la autoría de los estudiantes Velásquez Huertas Erick Moisés y Mieles Barcia Ronald Steven legalmente matriculados en la carrera de Ingeniería Eléctrica, cuyo tema de proyecto es “Implementación de emulador 8960-20: simulación de sistemas fotovoltaicos en el laboratorio de electricidad-facultad de ingeniería”.

El presente proyecto ha sido desarrollado de acuerdo con los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 21 de Agosto de 2024.

Lo certifico,



PhD. Fernando Vladimir Jaramillo García.

Docente Tutor

Declaración de autoría

La responsabilidad de este proyecto de titulación: “Implementación de emulador 8960-20: simulación de sistemas fotovoltaicos en el laboratorio de electricidad-facultad de ingeniería” corresponde exclusivamente a Mieles Barcia Ronald Steven con C.I.: 1351740723 y Velásquez Huertas Erick Moisés con C.I.: 2350453409. Eximo a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, y a sus representantes legales, de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, opiniones, resultados y conclusiones vertidas en este proyecto de tesis son exclusividad del autor.

Adicionalmente, cedo los derechos de este trabajo a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación, ya que ha sido realizado con apoyo académico e institucional de la universidad.

Manta, 21 de Agosto de 2024



Mieles Barcia Ronald Steven

AUTOR



Velásquez Huertas Erick Moisés

AUTOR



PhD. Fernando Vladimir Jaramillo García.

ASESOR ACADÉMICO

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a mis padres Néstor Joselito Velásquez Medranda y Cecilia Patricia Huertas Narváez por ser mi apoyo incondicional en todo momento y por creer en mí para poder cumplir un sueño más, a mi hermana Jeniffer Dayana Velásquez Huertas por su cariño y motivación a lo largo de este camino, a mi abuelito Juan Clímaco Huertas Castillo por ser mi mayor inspiración, y finalmente quiero agradecer a mis amigos por extender su mano en momentos difíciles.

Velásquez Huertas Erick Moisés

Dedicatoria

Dedico este gran logro principalmente a mis padres Teodoro John Delgado Quijije y Magaly Elizabeth Barcia Archundia, no solo por darme la vida, si no por darme motivos y esforzarme por ellos. Porque siempre he recibido un apoyo incondicional por parte de ellos, me han educado para ser el hombre que soy actualmente, he demostrado y seguiré demostrándole que puedo ir a por más, para que vean que todo su esfuerzo no ha sido en vano. Agradecer también a mi hermana y amigos cercanos que me han brindado su apoyo y su granita de arena para conseguir este logro.

Mieles Barcia Ronald Steeven

Agradecimiento

Agradecer a cada uno de los profesores que nos han educado a lo largo de este camino, que nos han llenado con sabiduría y sobre todo experiencia. Agradecer especialmente al PhD, Vladimir Jaramillo García por ser nuestro tutor y brindarnos la guía adecuada para que hayamos cumplido este objetivo. Estando siempre presente dándonos el apoyo y dirección, la cual fue esencial para alcanzar nuestra meta. Agradecer por escuchar cada una de nuestras ideas, por todas las sugerencias que nos brindó y sobre todo por siempre estar ahí cuando surgió problemas, dándonos las manos para encontrar alguna solución efectiva.

Además, extendemos nuestro agradecimiento a nuestras familias: padres, hermanos, y demás seres queridos por estar apoyándonos e impulsándonos en cada momento de nuestra vida. Sus palabras alentadoras, apoyo incondicional y sacrificios no tienen precio.

Velásquez Huertas Erick Moisés y Mielles Barcia Ronald Steeven

Resumen

La energía eléctrica se usa en los procesos diarios y productivos, sin embargo, algunas formas de generación son contaminantes por lo que se ha optado por nuevas formas de generación renovables como la solar fotovoltaica, en el presente documento se efectuó la implementación del emulador 8960-9 para la simulación de sistemas fotovoltaicos en el laboratorio de electricidad como objeto de estudio. Se usó el dinamómetro de cuatro cuadrantes el cual mediante su función de emulador nos permitió realizar la simulación de sistemas fotovoltaicos con diferentes tipos de configuraciones, teniendo el control sobre los parámetros necesarios de acuerdo con los diferentes escenarios que se planteen y poder visualizar el proceso completo de generación de energía ya que emuló las células de un panel solar. Para la implementación se tomó como referencia una metodología de investigación cuantitativa basada principalmente en los indicadores de desempeño proporcionados por el fabricante. La simulación de los sistemas fotovoltaicos en laboratorio fue de gran ayuda como objeto de estudio para entender el comportamiento de los paneles, simulando las condiciones solares que se pueden presentar en ciertas ubicaciones geográficas al momento de realizar un estudio para la implementación de proyectos fotovoltaicos en dicho lugar. Como resultado de la implementación se pudo analizar que los parámetros varían de acuerdo con los escenarios propuestos para las simulaciones. Se pudo demostrar que la cantidad de paneles solares fotovoltaicos en conjunto con el nivel de radiación solar influyen a la hora de generar la energía y almacenarla.

Palabras clave

Energías renovables, sistema fotovoltaico, emulador 8960-20.

Abstract.

Electrical energy is used in daily and productive processes; however, some forms of generation are polluting, which is why new forms of renewable generation such as solar photovoltaics have been chosen. In this document, the implementation of the 8960-9 emulator was conducted for the simulation of photovoltaic systems in the electricity laboratory as an object of study. The four-quadrant dynamometer was used which, through its emulator function, allowed us to simulate photovoltaic systems with different types of configurations, having control over the necessary parameters according to the different scenarios that arise and being able to visualize the complete process of energy generation since it emulated the cells of a solar panel. For the implementation, a quantitative methodology was taken as a reference, which was based on the performance indicators provided by the manufacturer. The simulation of photovoltaic systems in the laboratory was of significant help as an object of study to understand the behavior of the panels, simulating the solar conditions that may occur in certain geographical locations when conducting a study for the implementation of photovoltaic projects in said place. As a result of the implementation, it was possible to analyze that the parameters vary according to the scenarios proposed for the simulations. It can be demonstrated that the number of photovoltaic solar panels together with the level of solar radiation influences when generating and storing energy.

Keyword

Renewable energies, photovoltaic system, emulator 8960-20.

Índice.

Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
Introducción.....	1
Capítulo I: El Problema	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Justificación	6
1.3 Propuesta.....	6
1.4 Problema de Investigación.....	6
1.5 Árbol de Problemas.....	7
1.6 Árbol de Objetivos.....	8
1.7 Objeto de la Investigación	9
1.8 Campo de Acción.....	9
1.9 Hipótesis	9
1.10 Objetivos.....	9
1.10.1 Objetivo General.....	9
1.10.2 Objetivos Específicos.....	9
1.11 Variables	10
Capítulo II: Marco Teórico	11
1.12 Energía Solar.....	11
1.12.1 Energía solar térmica.	11

1.12.2	Energía solar fotovoltaica.	12
1.12.3	Tipos de módulos fotovoltaicos.	14
1.12.4	Sistemas de agrupamiento de paneles.	16
1.13	Parámetros de funcionamiento de una célula solar.	18
1.13.1	Corriente de Cortocircuito (<i>I_{sc}</i>).....	19
1.13.2	Tensión de circuito abierto (<i>V_{oc}</i>).....	19
1.13.3	Potencia máxima (<i>P_{max}</i>).....	19
1.13.4	Factor de forma (<i>FF</i>).....	19
1.13.5	Eficiencia (η).....	20
1.13.6	Curva IV.....	20
1.14	Circuito equivalente y modelo matemático de un panel fotovoltaico.....	21
1.15	Dinamómetro/fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.....	24
1.15.1	Emulador de panel solar, modelo 8968-6.	25
1.15.2	Irradiancia solar.....	27
1.16	Softwares utilizados.....	27
1.16.1	PVWatts.....	27
1.16.2	SolariusPV.....	28
1.16.3	Sunny Desing.....	29
1.17	Selección de Instrumentos y Equipos.....	30
1.17.1	Módulo Carga Resistiva (LabVolt).....	30
1.17.2	Modulo Generador/motor CC (LabVolt).....	31

1.17.3	Multímetro	32
1.17.4	Conectores.....	33
Capítulo III: Diseño del Proyecto		34
1.18	Metodología	34
1.19	Procedimiento de la práctica.....	34
1.19.1	Práctica 1: Simulación de valores de irradiación en la ciudad de Arenillas para los meses de marzo y julio en el dinamómetro de cuatro cuadrantes.	34
1.19.2	Análisis de la practica 1.	37
1.19.3	Conclusión de la practica 1.	39
1.19.4	Práctica 2: Emulador del Panel Solar con Resistencia para obtener la eficiencia con diferentes cargas.	39
1.19.5	Análisis de resultados de la práctica 2.	43
1.19.6	Conclusión de la práctica 2.	43
1.19.7	Práctica 3: Simulación de una minicentral fotovoltaica conectada a un motor DC y análisis de comportamiento en un día con valores de irradiación reales obtenidos del software PVWatts.	44
1.19.8	Análisis de resultados de la práctica 3.	46
1.19.9	Conclusión de la práctica 3.	47
1.19.10	Práctica 4: Simulación de una micro central solar en la facultad de ingeniería de la ULEAM basados en datos recopilados del software de Sunny Design. 47	
1.19.11	Análisis de resultados de la práctica 4.	62

1.19.12	Conclusión de la práctica 4.....	70
1.19.13	Práctica 5: Simulación de una micro central solar en el Aromo de la ciudad de Manta, con datos de irradiación recopilados del SolariusPV.....	70
1.19.14	Análisis de resultados de la práctica 5.....	74
1.19.15	Conclusión de la práctica 5.....	76
1.19.16	Práctica 6: Simulación de valores de irradiación en la ciudad de Manta para los meses de marzo y julio configurando los valores de altitud y azimut....	76
1.19.17	Análisis de resultados de la práctica 6.....	81
1.19.18	Conclusión de la práctica 6.....	83
1.19.19	Practica 7: Simulación de un sistema Fotovoltaico con sombra en el Cantón Montecristi.....	83
1.19.20	Análisis de resultados de la práctica 7.....	88
1.19.21	Conclusión de la práctica 7.....	90
Capítulo IV: Discusión de los Resultados		91
1.20	Conclusiones Generales	91
Recursos disponibles y Presupuesto.....		92
1.21	Recursos Humanos.....	92
1.22	Recursos Materiales y presupuesto.....	92
1.23	Cronograma de actividades.....	93
Bibliografía.....		95
Anexos		104

Índice de figuras.

Figura 1. <i>Sistema de generación termo solar</i>	11
Figura 2. <i>Sistema de generación fotovoltaica</i>	13
Figura 3. <i>Paneles solares monocristalino y policristalino</i>	15
Figura 4. <i>Conexión serie de los paneles solares</i>	17
Figura 5. <i>Conexión en paralelo de los paneles fotovoltaicos</i>	18
Figura 6. <i>Curva del comportamiento VI de un panel fotovoltaico</i>	18
Figura 7. <i>Curva VI y PV de un panel fotovoltaico</i>	20
Figura 8. <i>Circuito equivalente de un panel fotovoltaico</i>	21
Figura 9. <i>Interfaz gráfica del Solar Panel Emulator</i>	26
Figura 10. <i>Software PVWatts</i>	28
Figura 11. <i>Software SolariusPV</i>	29
Figura 12. <i>Software Sunny Design</i>	30
Figura 13. <i>Módulo de resistencia modelo 8311</i>	31
Figura 14. <i>Motor de Corriente Continua</i>	32
Figura 15. <i>Multímetro</i>	33
Figura 16. <i>Cables de conexión</i>	33
Figura 17. <i>Práctica 1; Grafica de tensión del mes de marzo</i>	38
Figura 18. <i>Práctica 1: Gráfica de tensión del mes de julio.</i>	38
Figura 19. <i>Práctica 1: Conexión del dinamómetro y módulo de resistencias</i>	40
Figura 20. <i>Práctica 2: Eficiencia del sistema respecto a distintos valores de carga</i>	43
Figura 21. <i>Práctica 3: Conexión del dinamómetro y el motor de CC</i>	45
Figura 22. <i>Práctica 3: Comportamiento del motor de CC durante un día</i>	47
Figura 23. <i>Práctica 4: Conexión del dinamómetro y el módulo de resistencias</i>	48

Figura 24. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de enero</i>	63
Figura 25. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de febrero</i>	63
Figura 26. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de marzo</i>	64
Figura 27. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de abril</i>	65
Figura 28. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de mayo</i>	65
Figura 29. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de junio</i>	66
Figura 30. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de julio</i>	67
Figura 31. <i>Práctica 4; Comportamiento del mes de agosto</i>	67
Figura 32. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de septiembre</i>	68
Figura 33. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de octubre</i>	68
Figura 34. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de noviembre</i>	69
Figura 35. <i>Práctica 4: Comportamiento del mes de diciembre</i>	69
Figura 36. <i>Práctica 5: Conexión del dinamómetro y el módulo de resistencias</i>	71
Figura 37. <i>Práctica 5: Potencia del mes de marzo</i>	75
Figura 38. <i>Práctica 5: Potencia del mes de julio</i>	75
Figura 39. <i>Práctica 5: Potencia del mes de septiembre</i>	76
Figura 40. <i>Práctica 6: Conexión del dinamómetro y el módulo de resistencias</i>	78
Figura 41. <i>Práctica 6: Potencia del mes de marzo</i>	82
Figura 42. <i>Práctica 6: Potencia del mes de julio</i>	82
Figura 43. <i>Práctica 6: Potencia del mes de septiembre</i>	83
Figura 44. <i>Práctica 7: Conexión del dinamómetro y el módulo de resistencia</i>	84

Índice de tablas.

Tabla 1. <i>Datos del panel solar del emulador modelo 8806</i>	26
Tabla 2. <i>Irradiación promedio del mes de marzo en Arenillas</i>	36
Tabla 3. <i>Irradiación promedio del mes de julio en Arenillas</i>	36
Tabla 4. <i>Resultados de la tensión del mes de marzo</i>	37
Tabla 5. <i>Resultados de la tensión del mes de julio</i>	37
Tabla 6. <i>Valores de resistencia obtenidos del módulo 8311</i>	41
Tabla 7. <i>Resultados obtenidos por cada valor de resistencia</i>	42
Tabla 8. <i>Eficiencia por cada valor de resistencia</i>	42
Tabla 9. <i>Valores de irradiación (W/m²) del 15 de marzo obtenido de PVWatts</i>	45
Tabla 10. <i>Resultados obtenidos por cada valor de irradiación (W/m²) por hora</i>	46
Tabla 10. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de enero</i>	49
Tabla 12. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de febrero</i>	50
Tabla 13. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de marzo</i>	50
Tabla 14. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de abril</i>	50
Tabla 15. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de mayo</i>	51
Tabla 16. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de junio</i>	51
Tabla 17. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes julio</i>	52
Tabla 18. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de agosto</i>	52
Tabla 19. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de septiembre</i>	52
Tabla 20. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de octubre</i>	53
Tabla 12. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de noviembre</i>	53
Tabla 22. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de diciembre</i>	54
Tabla 23. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de enero</i>	54

Tabla 24. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de febrero</i>	55
Tabla 25. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de marzo</i>	56
Tabla 26. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de abril</i>	56
Tabla 27. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de mayo</i>	57
Tabla 28. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de junio</i>	58
Tabla 29. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de julio</i>	58
Tabla 30. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de agosto</i>	59
Tabla 31. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de septiembre</i>	60
Tabla 32. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de octubre</i>	60
Tabla 33. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de noviembre</i>	61
Tabla 34. <i>Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de diciembre</i>	62
Tabla 35. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de marzo</i>	72
Tabla 36. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de julio</i>	72
Tabla 37. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de septiembre</i>	72
Tabla 38. <i>Resultados obtenidos de Tensión (V) y Potencia (W) del mes de marzo</i>	72
Tabla 39. <i>Resultados obtenidos de Tensión (V) y Potencia (W) del mes de julio</i>	73
Tabla 40. <i>Resultados obtenidos de Tensión (V) y Potencia (W) del mes de septiembre</i>	74
Tabla 41. <i>Datos del control de orientación de los paneles</i>	77
Tabla 42. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de marzo</i>	78
Tabla 43. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de julio</i>	79
Tabla 44. <i>Datos de irradiación (W/m²) del mes de diciembre</i>	79
Tabla 45. <i>Resultados de Tensión (V) y potencia (W) obtenidos del mes de marzo</i>	79
Tabla 46. <i>Resultados de Tensión (V) y potencia (W) obtenidos del mes de julio</i>	80
Tabla 47. <i>Resultados de Tensión (V) y potencia (W) obtenidos del mes de diciembre</i>	81

Tabla 48. <i>Datos de irradiación de marzo</i>	85
Tabla 49. <i>Datos de irradiación de julio</i>	85
Tabla 50. <i>Resultados de Tensión (V) y Potencia (W) sin diodos de derivación en el mes de marzo</i>	86
Tabla 51. <i>Resultados de Tensión (V) y Potencia (W) con diodos de derivación en el mes de marzo</i>	86
Tabla 52. <i>Resultados de Tensión (V) y Potencia (W) sin diodos de derivación en el mes de julio</i>	87
Tabla 53. <i>Resultados de Tensión (V) y Potencia (W) con diodos de derivación en el mes de julio</i>	88
Tabla 54. <i>Comparación de la potencia sin diodos y con diodos de derivación del mes de marzo</i>	89
Tabla 55. <i>Comparación de la potencia sin diodos y con diodos de derivación del mes de julio</i>	89
Tabla 56. <i>Descripción de los recursos humanos y la función que desempeñan los mismos</i>	92
Tabla 57. <i>Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto</i>	92
Tabla 58. <i>Cronograma de la Fase 1</i>	93
Tabla 59. <i>Cronograma de la Fase 2</i>	94

Introducción

En la actualidad es de naturalidad el uso de la energía eléctrica en la mayoría de las actividades que realizamos diariamente, desde la más pequeña y sencilla hasta las más grande y compleja; esto nos ayuda y permite mejorar nuestras condiciones de vida y facilitar las actividades diarias (Luna A. d., 2019). En los inicios, la energía se producía en la misma área donde se iba utilizar, esta generación centralizada tuvo que cambiar debido a la evolución de la urbanización y el requerimiento de la demanda; siendo hoy en día la transmisión y distribución en grandes y extensos territorios (LEONARDO GÜIZA-SUAREZ, 2019).

Para la realización de algún trabajo útil los requerimientos energéticos van a depender del tipo de máquina que use, el tipo de combustible, la cantidad de generadores que se vayan a usar y la tecnología para utilizar de manera eficiente ese combustible transformándolo en trabajo útil (Sonia Montesinos Geisse, 2018). “El ámbito energético se enfrenta a tres grandes retos: la competitividad directamente relacionada con la disminución de la intensidad energética (lo que se denomina el desacoplamiento del aumento del consumo energético con el desarrollo económico), el cambio climático y la seguridad de suministro” (Cubillo Sagüés, Gordaliza Lozoya, & García Sánchez, 2020).

¿Por qué es importante tomar en cuenta el cambio climático para el sector energético? Porque es fundamental alejar rápidamente al mundo del consumo de combustibles fósiles que causan el cambio climático y adoptar formas de energía renovables más limpias (IRENA, 2019). El cambio climático incide en la atmósfera afectando negativamente a la naturaleza y la vida, el uso de las energías renovables ayuda a minimizarlo y contrarrestarlo generando un mejor lugar para vivir, contribuyendo para que las futuras generaciones tengan mayor calidad de vida (Juan Carlos Mendoza, 2022).

Una de esas energías es posible conseguirla mediante el sol, transformando la radiación del sol en electricidad, mediante el uso de los paneles fotovoltaicos, este fenómeno ocurre dentro de dispositivos llamados fotoceldas (Vargas, Haas, & Reyes , 2020). Se sugiere que la energía que proviene de la radiación del sol no sea vista como una alternativa, más bien como una energía accesible que cualquier persona que utilice la tecnología pertinente pueda usar en su casa (Juan Carlos Mendoza, 2022).

En el Ecuador la producción de energía renovable representa el 75.37% hasta julio del 2023, donde la hidráulica supone el 73.8%, eólica 0.97%, biogás 0.37%, fotovoltaica 0.13% y biomasa 0.12% (ARCERNNR, 2023). La producción de la energía por medio de paneles solares no representa ni el 1% del total, por otro lado, las hidráulicas representan un mayor porcentaje, aunque su producción se ve afectada en épocas de estiaje, por lo que en condiciones de emergencia se hace necesario usar otras fuentes de energía que son contaminantes.

La composición de los sistemas fotovoltaicos está dada por un conjunto de componentes los cuales se encargan de generar energía eléctrica y su función es de satisfacer la demanda energética que requiera una carga. Normalmente los componentes que contienen estos sistemas son una batería, en el caso de que sea un sistema aislado a red, paneles solares, inversor y una unidad de control (Real, 2022). En el caso de los paneles solares sus células fotovoltaicas pueden ser de tres tipos, monocristalino, policristalino y amorfo. Siendo los más eficientes los de célula monocristalina, sin embargo, su precio es elevado por tal motivo los más usados son los policristalinos por su eficiencia y precio (Pardillos, 2020).

Para entender el funcionamiento de esta tecnología, debe hacerse mediante el proceso académico y el conocimiento sobre la energía solar fotovoltaica, entendiendo los parámetros que influyen en la generación, la eficiencia y las pérdidas de ésta, de aquí surge el problema principal que no se cuenta con un módulo en el laboratorio de la carrera de

Electricidad de la ULEAM para realizar simulaciones y poder comprender el funcionamiento de la generación fotovoltaica.

Se propone, por tanto, el simulador que puede realizar esto, mediante parámetros basados en una localización para ver la efectividad de este. Ya que la guía (FESTO, 2023) indica que módulo simulador de panel solar utiliza la fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para emular un panel solar que consta de una serie de módulos fotovoltaicos. La característica corriente-voltaje de cada módulo fotovoltaico emulado es el mismo que el módulo utilizado en el Panel Solar de Silicio Monocristalino y que permite complementar diferentes prácticas adicionales. La función permite al usuario determinar el tamaño del conjunto de módulos fotovoltaicos emulado, seleccionando el número de Módulos fotovoltaicos conectados en serie y en paralelo (Sting).

Un control deslizante en la interfaz del emulador de panel solar proporciona al usuario un control total de la irradiancia solar. Para la implementación del módulo se designará adecuadamente la configuración del dinamómetro de cuatro cuadrantes para que refleje con precisión las condiciones de generación de un sistema fotovoltaico real, se especificará un conjunto de experimentos que permitan evaluar el rendimiento del simulador en términos de eficiencia y capacidad para adaptarse a diferentes cambios climáticos, así como también se indicará las posibles aplicaciones de la simulación de la generación fotovoltaica en la formación y capacitación de estudiantes y profesionales en el campo de la energía solar fotovoltaica (Arredondo Mamani & Sal y Rosas Celi, 2020).

Un panel fotovoltaico está compuesto por celdas, las cuales pueden ser conectadas en serie o paralelo, comúnmente los fabricantes conectan las celdas en serie con la finalidad de obtener tensiones manejables desde el ámbito operativo (Mamani, 2020). La simulación para diferentes irradiancias nos permite observar grandes variaciones de corriente debido a que la

corriente es directamente proporcional a la irradiancia solar eso permitirá en el software asociado al dinamómetro realizar la gráfica de la curva I-V, lo cual ayudará visualizar las variaciones de una forma muy didáctica para objeto de estudio (Tobajas, 2018).

Entonces aquí surge la pregunta: ¿Será factible la implementación de emulador 8960-20: simulación de sistemas fotovoltaicos en el laboratorio de electricidad? Por ello se plantean el siguiente objetivo general a cumplir: “Efectuar la implementación de emulador 8960-20: simulación de sistemas fotovoltaicos en el laboratorio de electricidad”. El módulo que se usará es el dinamómetro cuatro cuadrantes que contiene el Emulador Solar Panel 89600-20, con el cual se realizará varias pruebas basadas en una metodología cuantitativa de valores aleatorios de radiación y valores reales proporcionado por el Atlas solar.

Para ello debemos de cumplir los siguientes objetivos específicos: “Designar adecuadamente la configuración del dinamómetro de cuatro cuadrantes para que refleje con precisión las condiciones de generación de un sistema fotovoltaico real”. “Especificar un conjunto de experimentos que permitan evaluar el rendimiento del simulador (número) en términos de eficiencia y capacidad para adaptarse a diferentes cambios climáticos”.

“Indicar las posibles aplicaciones de la simulación de la generación fotovoltaica en la formación y capacitación de estudiantes y profesionales en el campo de la energía solar fotovoltaica”.

Capítulo I: El Problema

1.1 Antecedentes

El Ecuador al ser un país productor de petróleo su principal fuente energética y económica proviene de los combustibles fósiles, desde sus inicios las principales centrales eléctricas que se crearon fueron en gran parte gracias a las regalías de los recursos petroleros existentes en la Amazonía (Jara, 2019). En la actualidad las energías renovables han ganado más protagonismo en la matriz energética en el Ecuador sobre todo en el tipo hidroeléctrica, sin embargo es necesario ampliar la utilización de las energías renovables no convencionales (solar fotovoltaica, solar de alta concentración y eólica,) ya que son una opción para la diversificación de la matriz eléctrica de forma sostenible ya que en caso de que exista sequía se tendrían grandes problemas energéticos (Como los acontecidos en la actualidad). (Jara, 2019).

Los autores (Manuel Raúl Peláez Samaniego, 2020) indican que las centrales de energías no convencionales eólicas como solares son fuentes de energía que poseen una controlabilidad de potencia baja, debido a que la fuente de energía ofrece un recurso energético que es aleatorio. Es importante tener en cuenta los niveles de radiación que pueden existir para ver si un proyecto puede ser eficiente o no. En la ciudad de Manta actualmente no es una ciudad que se caracterice por el uso de sistemas fotovoltaicos, la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí a través de la carrera de electricidad le han dado mayor relevancia al estudio de las energías renovables ya que en el rediseño de la malla se han creado materias exclusivamente para el estudio de las mismas, actualmente las clases se dan 100% teórica ya que no se posee un módulo que permita a los estudiantes de la carrera de electricidad realizar prácticas de laboratorio donde se pueda llevar a la práctica y de una forma más didáctica el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos cuando se varían los parámetros de los mismos, así como las gráficas que describen dichas variaciones.

1.2 Justificación

El uso de energías renovables no convencionales como fuente primaria para la generación eléctrica viene creciendo poco a poco en el mundo. Los paneles solares es una tecnología que ha venido creciendo, por eso es importante estudiar y comprender el funcionamiento y los parámetros que influyen en la generación fotovoltaica. Por tal motivo se propone la implementación de un módulo de cuatro cuadrantes en la facultad de Electricidad de la ULEAM, y mediante el emulador 8960-20 para experimentar diferentes escenarios encaminados a poder observar cómo los parámetros eléctricos varían de acuerdo con los escenarios que se propongan a partir de valores reales.

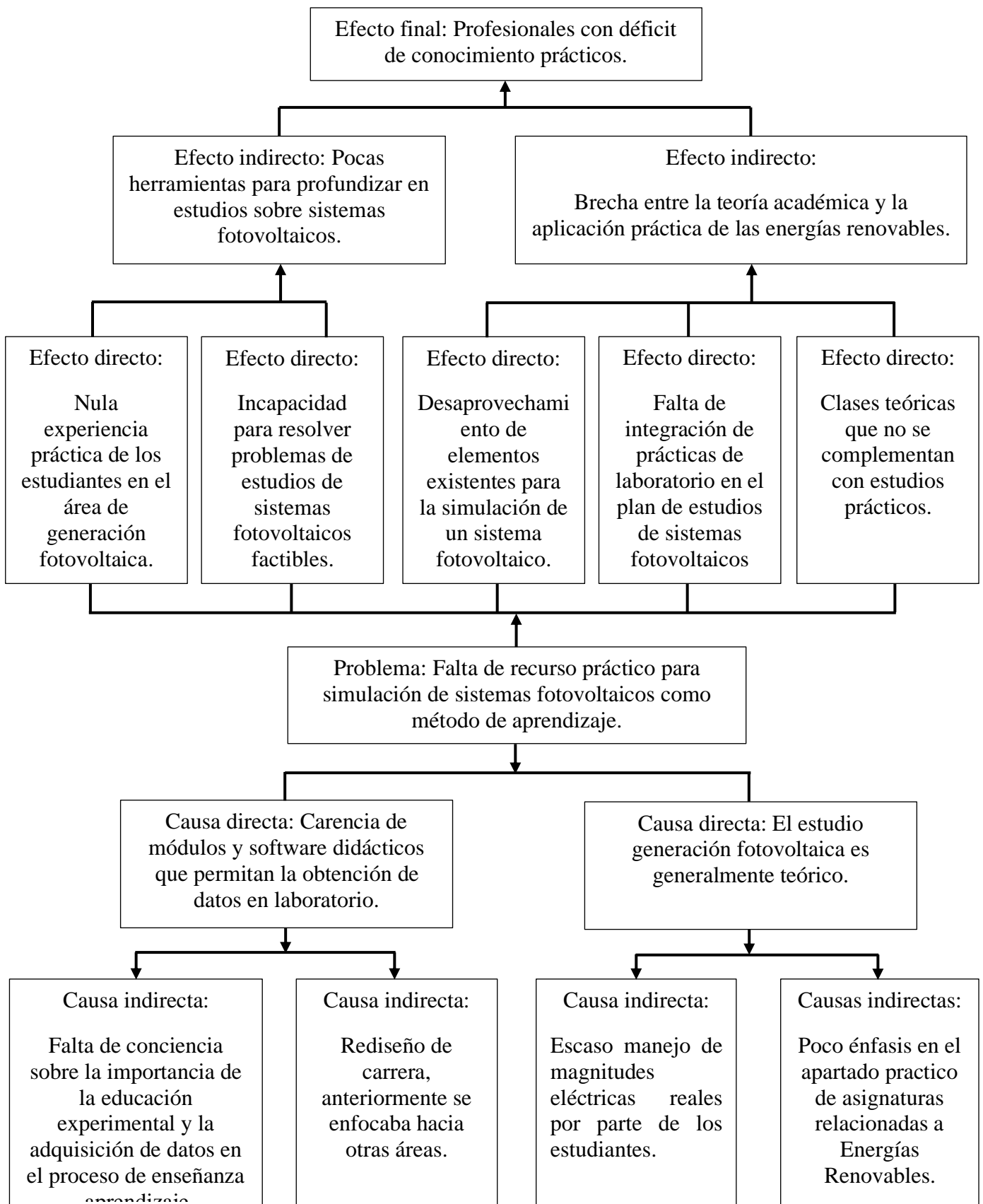
1.3 Propuesta

Se propone el simulador 8960-20 que puede realizar esto, mediante parámetros basados en una localización para ver la efectividad de éste, mediante el módulo de cuatro cuadrantes.

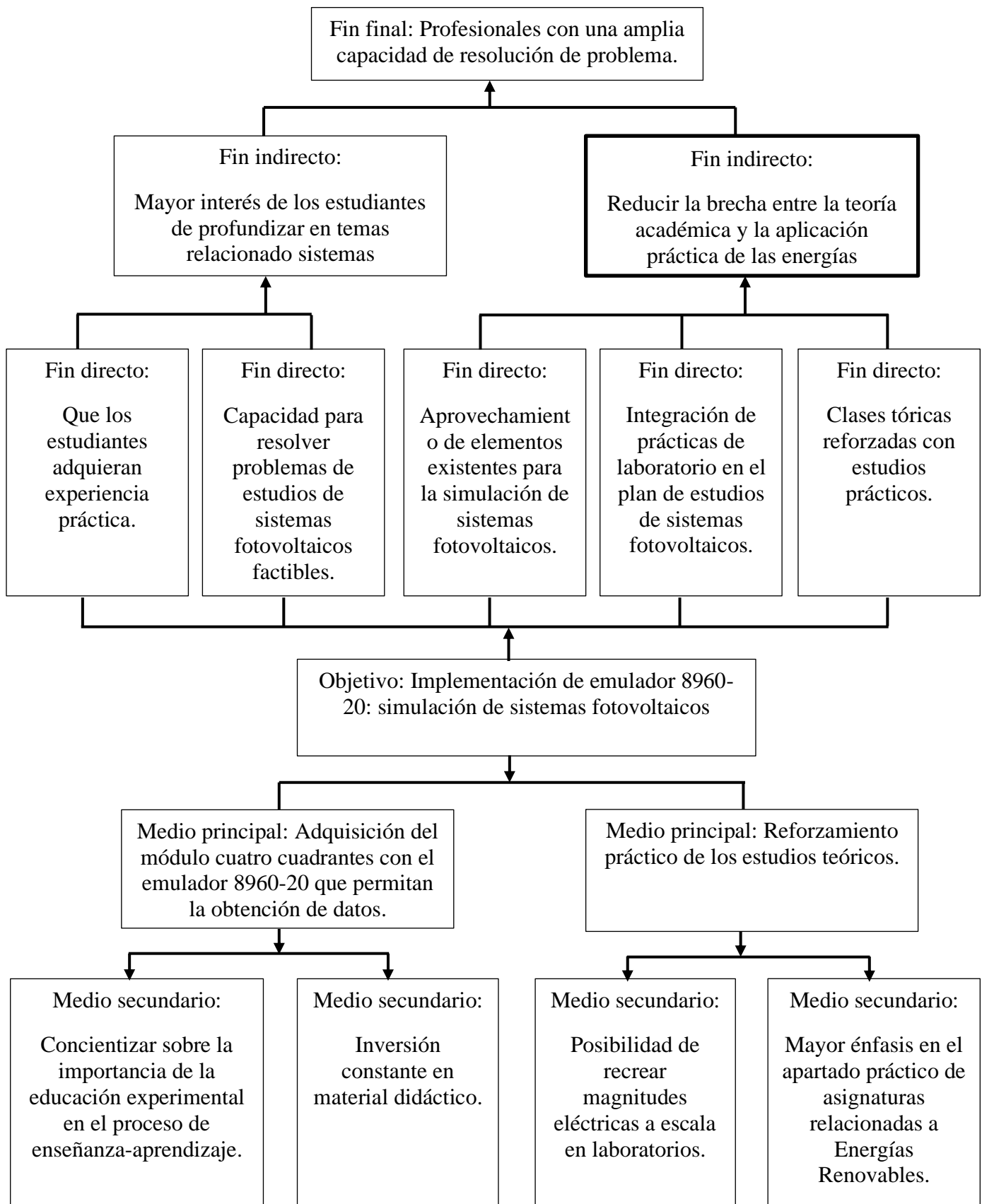
1.4 Problema de Investigación

El laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la ULEAM cuenta con una fuente de alimentación y varios módulos con diferentes funciones, sin embargo, aún no se ha adquirido un equipo con el cual poner en práctica la teoría aprendida en el área de la generación fotovoltaica a través de simuladores de paneles solares fotovoltaicos, campo fundamental en la formación del Ingeniero Eléctrico, de modo que el presente proyecto se planteó con la finalidad de facilitar la comprensión de temas referentes a este tipo tecnologías.

1.5 Árbol de Problemas



1.6 Árbol de Objetivos



1.7 Objeto de la Investigación

Realización de prácticas mediante el módulo de cuatro cuadrantes y software de simulación, con el fin de comprender mediante el análisis de resultados cómo funciona un sistema de generación fotovoltaica.

1.8 Campo de Acción

Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

1.9 Hipótesis

En un entorno de sistemas de potencia, toda variación a la longitud de las líneas de transmisión causa cambios significativos en los valores de los parámetros eléctricos, por tanto al incorporar módulos dedicados al tema en laboratorios se realizan prácticas que permiten experimentar y comprender los efectos producto de las variaciones de longitud, conocer cómo afecta a la impedancia de la línea, proporcionando una base sólida para el diseño de una línea de transmisión, por lo cual se hace el aprendizaje comprensible.

1.10 Objetivos

1.10.1 Objetivo General

Efectuar la implementación de emulador 8960-20: simulación de sistemas fotovoltaicos en el laboratorio de electricidad.

1.10.2 Objetivos Específicos

- Designar adecuadamente la configuración del dinamómetro de cuatro cuadrantes para que refleje con precisión las condiciones de generación de un sistema fotovoltaico real.

- Especificar un conjunto de experimentos que permitan evaluar el rendimiento del emulador 8960-20 en términos de eficiencia y capacidad para adaptarse a diferentes cambios climáticos.
- Indicar las posibles aplicaciones de la simulación de la generación fotovoltaica en la formación y capacitación de estudiantes y profesionales en el campo de la energía solar fotovoltaica.

1.11 Variables

- Independientes: Implementación del Emulador 8960-20.
- Dependiente: Simulación de sistemas fotovoltaicos.

Capítulo II: Marco Teórico

1.12 Energía Solar.

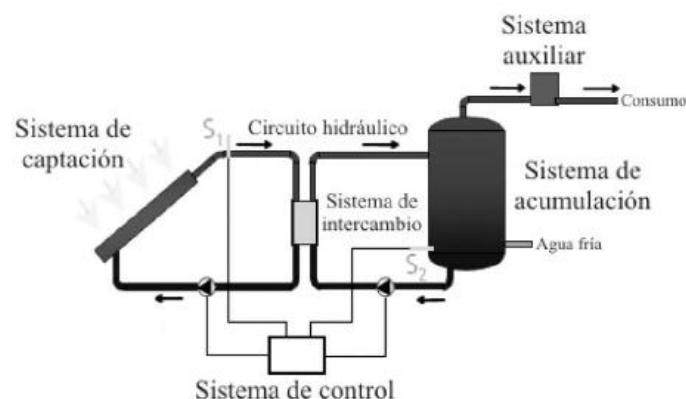
Dentro de las energías renovables como fuente prima, se encuentra la captación de radiaciones electromagnéticas que provienen de los rayos del sol, dando origen a reacciones químicas (energía solar térmica) o generación de electricidad (energía solar fotovoltaica (OSINERGMIN, 2019). En la actualidad la forma más conocida para aprovechar la energía que proviene del sol, es usando las celdas solares, estas transforman la radiación de los rayos UV en electricidad, a través del efecto fotovoltaico (Martínez A. F., 2021).

1.12.1 Energía solar térmica.

La generación de energía solar térmica se basa en el aprovechamiento de la radiación solar emitida por el sol, exponiéndola a una superficie metálica que calienta un líquido térmico, o bien concentrando la radiación térmica mediante espejos parabólicos sobre tubos de fluido orgánico (Solé, 2014). Los sistemas solares térmicos constan básicamente de baterías de colectores solares, tanques de almacenamiento de agua caliente, caja de suministro de agua fría, sistemas de control y tuberías de interconexión. Todo sistema de calefacción solar debe proporcionar una forma de energía complementaria y convencional para actuar durante periodos de lluvias o incrementos puntuales de consumo (Fraidenraich, 2024).

Figura 1.

Sistema de generación termo solar



Tomador de Energía Solar Térmica: Técnicas para su aprovechamiento (Martínez P. R., 2009)

1.12.2 Energía solar fotovoltaica.

La generación de energía fotovoltaica se basa en el efecto físico de la luz, utilizando conjuntos de células solares para absorber la energía solar y la conversión directa de la energía luminosa en energía eléctrica (Shusen Kuang, y otros, 2020). Este conjunto de celdas forma los sistemas fotovoltaicos que contienen paneles fotovoltaicos, los cuales están conformado aparte de las células fotovoltaicas por el inversor, las conexiones eléctricas y el soporte mecánico de los paneles fotovoltaicos (Petru Valentin Rosu, Adrian-Traian Plesca, Georgel Gabor, & Gabriel Chiriac, 2021).

Su principio de funcionamiento consiste en obligar a mover los electrones, debido a los fotones proveniente de los rayos del sol y así se crea una diferencia de potencial, que hará que circule una corriente eléctrica directa que se puede almacenar en baterías y/o convertir a corriente eléctrica alterna para su utilización (Guevara, 2018). El material del cual están contruidos estos paneles fotovoltaicos son el germanio (Ge), selenio (Se) y el más utilizado de silicio (Si); además pueden clasificarse de acuerdo con su estructura física debido a las características que proveen estos semiconductores (Barrera, 2020).

Un sistema fotovoltaico está compuesto por diversos equipos que ayudan especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales (Saenz, 2002).

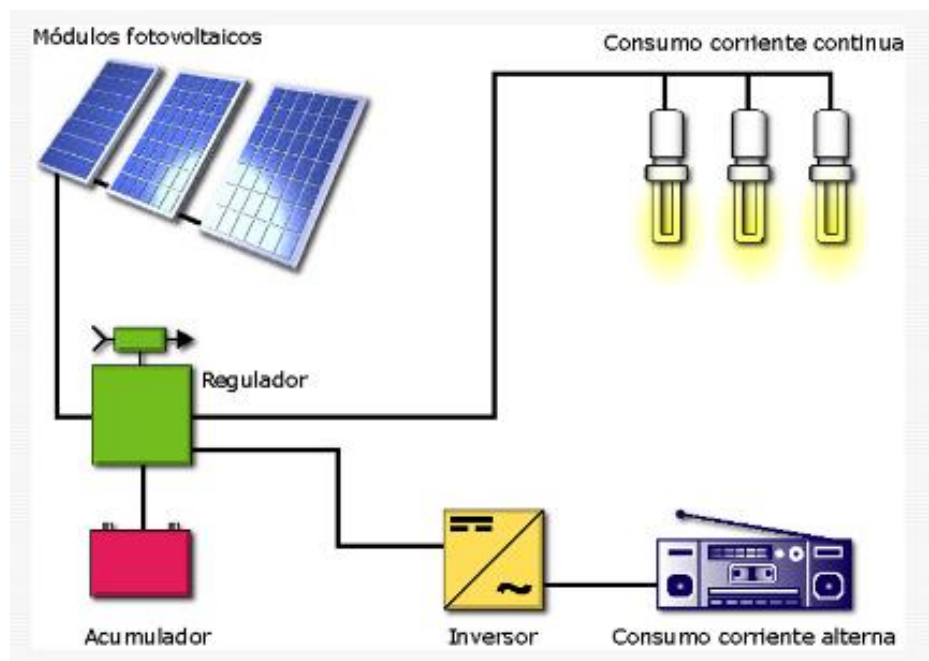
- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica.
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada.
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada.
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada.

La energía generada tiene actualmente diferentes aplicaciones, por ejemplo, la de proporcionar energía eléctrica en zonas aisladas donde el abastecimiento eléctrico convencional no llega, debido a dificultades por la propia zona, o por cuestiones donde saldría más rentable implementar este sistema, que llevar la red hasta ese punto (Inoñan, 2018). Otra aplicación es un sistema híbrido, donde los paneles solares inyectan en conjunto con la red eléctrica por medio de un medidor bidireccional, la cual puede suministrar al usuario, o inyectar a la red (Rios, 2022).

Se puede señalar de manera general los componentes empleados en esta tecnología:

- Sistema de captación.
- Sistema de almacenamiento.
- Sistema de regulación.
- Sistema convertidor.

Figura 2.
Sistema de generación fotovoltaica



Tomado de Energías Renovables hacia la sostenibilidad (Luna N. S., 2019)

El sistema de captación tiene como función de convertir la radiación solar mediante los paneles fotovoltaicos en electricidad, estas células forman un conjunto de celular fotovoltaicas que se pueden conectar en serie y paralelo, para obtener unos niveles de tensión y corriente adecuados para el sistema (Quilumba Toapanta & Quimbita Terán, 2021).

El sistema de almacenamiento está constituido por baterías, la cual almacena la energía generada cuando no está siendo utilizada por el consumidor, o en caso de que sea aislado, para usarla cuando no se disponga de la radiación solar (Arely, 2019). Estas baterías que se emplean se pueden conectar en serio o paralelo, y suele ser de tipo plomo acido debido a su adaptación a este tipo de generación (Cepeda López & García Burgos, 2021).

El sistema de regulación es el que permite a las baterías no recibir más energía de las que están diseñadas para almacenar, y evitar la sobrecarga que agotarían su vida útil (Alfonso, 2019). El sistema convertidor es el que se encarga de transformar la energía generada de los paneles fotovoltaicos o de las baterías (corriente continua) en corriente alterna, el elemento encargado de esta función es el inversor (Gruezo Valencia & Solis Mora, 2022).

1.12.3 Tipos de módulos fotovoltaicos.

La mayoría de los módulos fotovoltaicos son de silicio. Esencialmente, existen tres tipos de tecnologías de celdas de silicio: los de silicio monocristalino poseen una estructura cristalina uniforme, donde todos los átomos están perfectamente alineados, formando un solo cristal; las de silicio policristalino presentan una estructura cristalina ordenada por regiones, en la que sus átomos presentan distintas direcciones; y las de silicio amorfo se deposita como película fina en distintos soportes, lo que permite producir módulos rígidos o flexibles (Secretaría de Gobierno de Energía, 2019).

1.12.3.1 Silicio monocristalino.

En el mercado actual, se ocupan en su mayoría las células monocristalinas, la cual su fabricación consiste en la purificación del silicio, fundiéndolas y cristalizadas en lingotes. Estos lingotes son cortados en obleas final para hacer las células, están tienen un color uniforme, con un color azul o negro (Carta González, Calero Pérez , Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009).

1.12.3.2 Silicio policristalino.

La fabricación de estas células es similar a las monocristalina, con la diferencia es que el silicio que se usa es de un coste mucho más bajo, lo que conlleva a una reducción de la eficiencia, y tiene un color con patrones aleatorios de cristalización. Aun así, los fabricantes defienden que el precio por kW es menor (Berlanga, 2019).

Figura 3.

Paneles solares monocristalino y policristalino



Tomado de Estudio de la inclinación óptima de paneles solares bifaciales monocristalino de silicio (Benito, 2022)

1.12.3.3 Amorfos.

Los paneles amorfos ofrece un band gap variable, debido a la composición de aleación de silicio, ofreciendo un coeficiente de absorción mayor. Una ventaja que pueden fabricarse a una temperatura de desposición relativamente baja, permitiendo que se use diferentes sustratos de menores costes (García F. R., 2022).

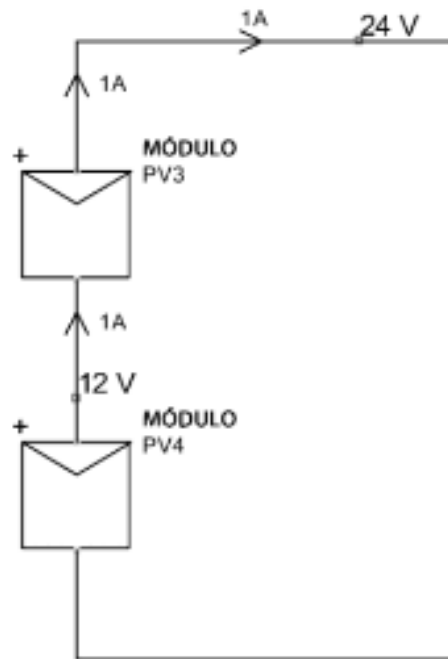
1.12.4 Sistemas de agrupamiento de paneles.

Al ser una generación de corriente continua, se dispone de dos bornes en la caja de conexiones, un polo positivo y el otro negativo, donde se utilizan para el conexionado y cableado a otros paneles o al resto de la instalación (García J. J., 2019). Dependiendo de la necesidad de consumo, hay que agrupar ciertos paneles de tipo conexión en serie, paralelo y mixto, para obtener los valores de tensión e intensidad requeridos.

1.12.4.1 Conexión en Serie

Cuando los módulos se conectan en serie, se agrega voltaje. El cableado en serie mantiene la corriente constante. Tenga en cuenta que las conexiones del cableado en serie se realizan desde el extremo positivo de un módulo hasta el extremo negativo de otro módulo (rafiki power, 2018). La tensión generada es igual a la suma de todas las tensiones por cada módulo o, lo que es lo mismo, al producto de la tensión de un módulo por el número de módulos (ya que se supone que tienen las mismas características) (Martin, 2022).

Figura 4.
Conexión serie de los paneles solares



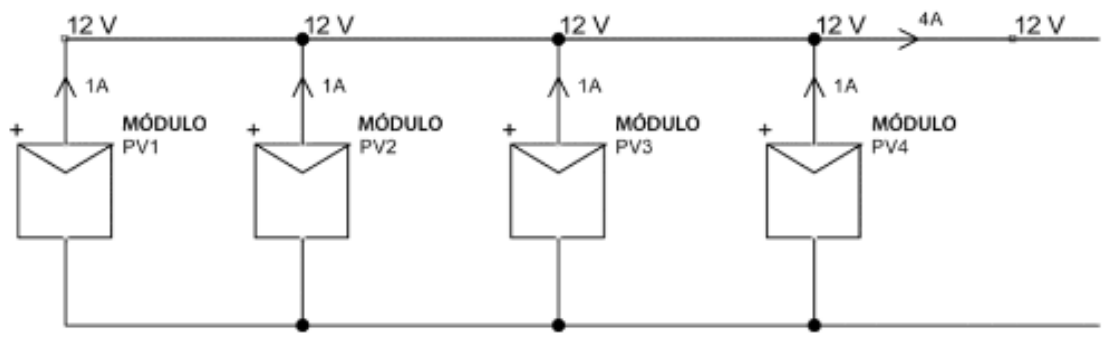
Tomado de Energía solar fotovoltaica para todos (Martin, 2022)

1.12.4.2 Conexión en Paralelo

Cuando los módulos se conectan en paralelo, se agrega corriente. El cableado en serie mantiene el voltaje constante. Las conexiones del cableado en paralelo se realizan conectando todos los extremos positivos de los paneles solares por un lado y todos los extremos negativos por otro lado. El objetivo de este tipo de conexión es que aumente la corriente que se genera y mantener el nivel de tensión igual.

Según (Martin, 2022), la corriente generada es igual a la suma de todas las corrientes generadas por cada módulo o, lo que es lo mismo, al producto de la corriente generada por un módulo por el número de módulos (se supone que tienen las mismas características).

Figura 5.
Conexión en paralelo de los paneles fotovoltaicos

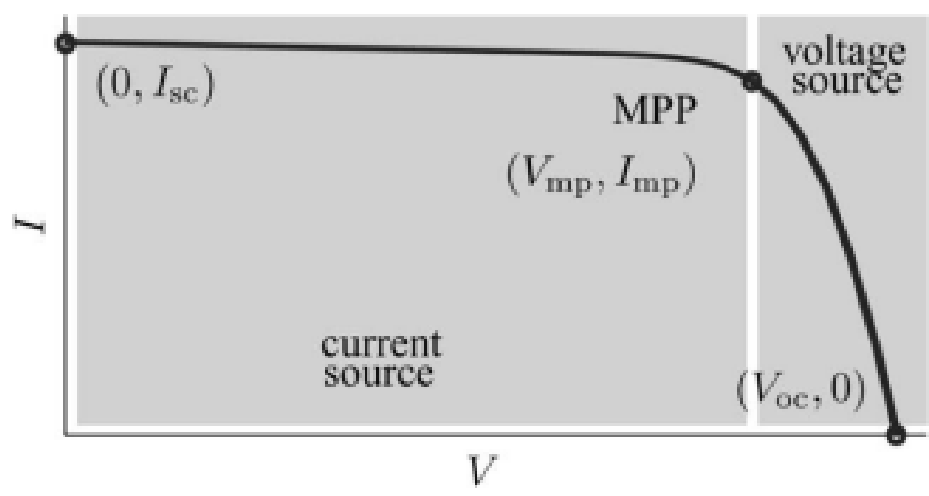


Tomado de Energía solar fotovoltaica para todos (Martin, 2022)

1.13 Parámetros de funcionamiento de una célula solar.

La siguiente figura muestra la corriente en función de la tensión generada en la célula, en la cual se puede visualizar el comportamiento: donde habrá un punto donde se tendrá la tensión de máxima potencia y una corriente de máxima potencia, la cual indica el punto de máxima potencia que puede dar ese panel fotovoltaico (Guerrero, 2024).

Figura 6.
Curva del comportamiento VI de un panel fotovoltaico



Tomado de Análisis de las Curvas Características de una Planta Fotovoltaica bajo el Efecto del Sombreado y Modelo de un Inversor (Banbe, 2021)

Los parámetros son los siguientes:

1.13.1 Corriente de Cortocircuito (I_{sc})

La corriente de cortocircuito se mide en un amperímetro al poner en corto circuito los contactos eléctricos de la célula fotovoltaica. Esta es la máxima corriente que puede dar este panel, célula o string; se debe medir cuando el panel este siendo iluminado con un espectro de irradiación calibrado a una temperatura ambiente (Santos, 2020).

1.13.2 Tensión de circuito abierto (V_{oc})

La tensión de circuito abierto es la que se mide cuando una celda solar fotovoltaica no fluye corriente eléctrica y está iluminada con luz solar, de tal manera que sería la tensión máxima generada que podrá dar ese panel, célula o string (Morales, 2019).

1.13.3 Potencia máxima (P_{max})

La potencia máxima es el producto de la corriente máxima y la tensión máxima, se puede visualizar viendo la gráfica característica de E-I del panel, para así poder armar el string dependiendo de la potencia que se necesite, además de elegir bien el inversor y baterías en base a esa potencia resultante (Corina, 2021).

1.13.4 Factor de forma (F_F)

El factor de forma se relaciona con la potencia máxima, la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito dado por la ecuación 1, El valor máximo que puede tomar es $F_F = 1$; por lo que entre más cerca sea este número a 1, la célula será mejor (Cayo Ramirez, Tuquerres Imbaquingo, & Maya Izurieta, 2021).

$$P_{max} = I_{sc} * V_{oc} * F_F \quad (1)$$

1.13.5 Eficiencia (η)

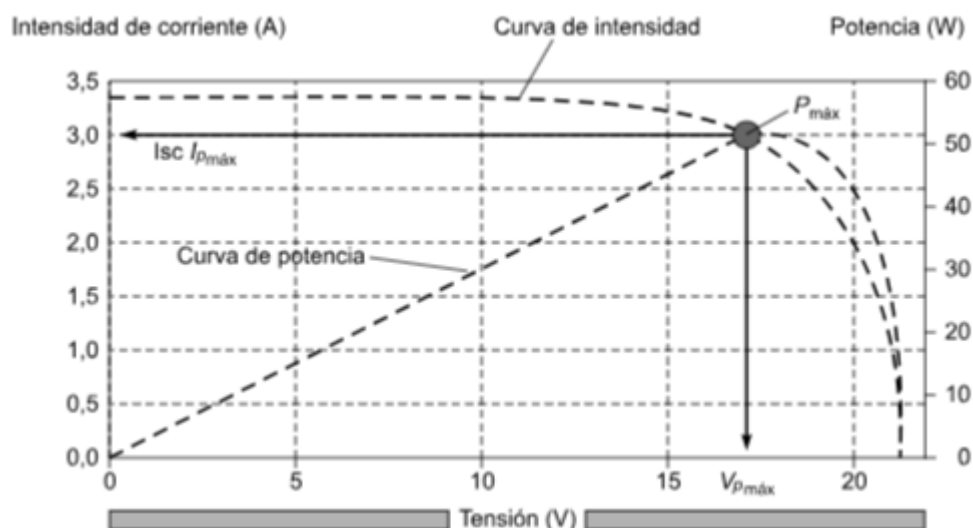
La eficiencia es un parámetro expresado en porcentaje (%), que representa la relación entre la potencia que se obtiene de la célula respecto a la potencia de la radiación solar que actúa sobre ella. La ecuación 2 muestra que la P_{sol} es la potencia luminosa por unidad de área que recibe la radiación del sol, en condiciones estándar es 1000w/m^2 (Cano, 2020).

$$\eta = \frac{I_{SC} * V_{OC} * F_F}{A * P_{sol}} * 100\% \quad (2)$$

1.13.6 Curva IV

Estos parámetros típicos de una celda solar suele representarse por medio de gráficas tensión vs corriente y tensión vs potencia como se observa en la siguiente figura. Se puede observar que cuando se tiene la corriente de cortocircuito, la tensión es cero, y cuando la tensión llega a la de circuito abierto, la corriente es cero. Además, existe un punto máximo en donde se puede observar el punto de máxima potencia (Miranda, 2018).

Figura 7.
Curva VI y PV de un panel fotovoltaico

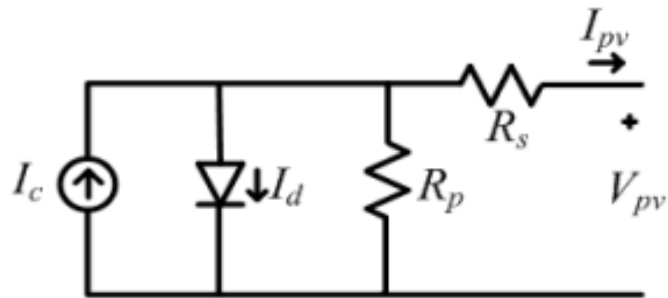


Tomado de Centrales de energía renovable: generación eléctrica con energía renovable (Carta González, Calero Pérez, Colmenar Santos, & Castro Gil, 2009)

1.14 Circuito equivalente y modelo matemático de un panel fotovoltaico.

Figura 8.

Circuito equivalente de un panel fotovoltaico



Tomado de Diseño de un cargador de baterías en aplicaciones de energía solar (Aguilar, 2014)

El modelo matemático se obtiene a partir de una representación eléctrica, y se encuentra en función principalmente de la radiación solar y de la temperatura. Describe la curva voltaje vs corriente por medio de la siguiente ecuación:

$$I_c = I_L - I_d \left[e^{\frac{qV_d}{mkT}} - 1 \right] - \frac{V_d}{R_p} \quad (3)$$

Donde:

I_c : Corriente del panel fotovoltaico.

I_L : Corriente fotogenerada.

I_d : Corriente del diodo.

m : Factor de idealidad del diodo (varía entre 1 y 2).

q : Carga del electrón (1.6×10^{-19} C).

k : Constante de Boltzmann (1.38×10^{-23} J/k).

T : Temperatura absoluta.

R_P : Resistencia en paralelo.

V_d : Voltaje de la resistencia en paralelo.

$$V_C = V_d - I_C R_S \quad (4)$$

Donde:

V_d : Voltaje de la resistencia en paralelo.

V_C : Voltaje de salida del panel solar.

I_C : Corriente del panel fotovoltaico.

R_S : Resistencia en serie.

La corriente foto generada varía en función de la radiación solar y de la temperatura de trabajo en la celda, y se describe por la ecuación 5:

$$I_L = \frac{S}{S_{REF}} [I_{LREF} + \mu_{ISC}(T - T_{REF})] \quad (5)$$

Donde:

I_L : Corriente fotogenerada.

S : Irradiación solar (w/m^2).

S_{REF} : Irradiación solar ($1000 w/m^2$).

I_{LREF} : Corriente de referencia que es la corriente de cortocircuito.

μ_{ISC} : Coeficiente de cortocircuito, dato del fabricante.

T : Temperatura ambiente ($^{\circ}k$).

T_{REF} : Temperatura de referencia ($^{\circ}k$).

La corriente de saturación inversa viene dada por la siguiente ecuación:

$$I_d = I_{0,REF} \left(\frac{T}{T_{REF}} \right)^3 e^{\frac{qE_G(\frac{1}{T_{REF}} - \phi)}{kA}} \quad (6)$$

I_d : Corriente del diodo o saturación inversa.

$I_{0,REF}$: Corriente de saturación inversa en condiciones de referencia.

E_G : Energía del semiconductor.

q : Carga del electrón 1.6×10^{-19} .

k : Constante de Boltzmann (1.38×10^{-23} J/k).

A : Factor de idealidad del diodo.

T : Temperatura ambiente ($^{\circ}k$).

T_{REF} : Temperatura de referencia ($^{\circ}k$).

Finalmente, los valores de las resistencias en serie R_S y en paralelo R_P se obtienen de la relación serie – paralelo que es:

$$RSP = (1 - Y_i)e^r \quad (7)$$

En donde:

$$r = \frac{Y_i(1 - Y_v)}{Y_v(1 - Y_i)} \quad (8)$$

$$Y_i = \frac{I_{mp}}{I_{SC}} \quad (9)$$

$$Y_v = \frac{V_{mp}}{V_{oc}} \quad (10)$$

Se presentan dos posibles casos: que la RSP sea mayor a 1 o que sea menor a 1.

Primer caso:

$$R_S \sim \frac{V_{oc}}{I_{sc}} \frac{\frac{Y_v}{Y_i} (1 - Y_i) \ln(1 + Y_i) + (1 + Y_v)}{(1 - Y_i) \ln(1 + Y_i) + Y_i} \quad (11)$$

Segundo caso:

$$R_P \sim \frac{V_{oc}}{I_{sc}} \frac{\lambda_2 W(-RSP \lambda_1 e^{-\lambda_1}) + \lambda_1}{W(-RSP \lambda_1 e^{-\lambda_1}) + \lambda_1} \quad (12)$$

$$\lambda_1 = \frac{1 - Y_v}{1 + Y_i} \frac{2Y_i - 1}{Y_i + Y_v + 1} \quad (13)$$

$$\lambda_2 = \frac{Y_v}{1 - Y_i} \quad (14)$$

1.15 Dinamómetro/fuente de alimentación de cuatro cuadrantes

Este módulo es un periférico USB altamente versátil, el cual fue diseñado para usarse en los sistemas de capacitación en tecnología de energía eléctrica. Este módulo tiene dos modos de funcionamiento uno es un dinamómetro y el otro como fuente de alimentación, en cualquiera de estos dos modos presentan una amplia variedad de funciones disponibles para el usuario. En el modo Dinamómetro, puede actuar como una carga mecánica o como un motor primario. En

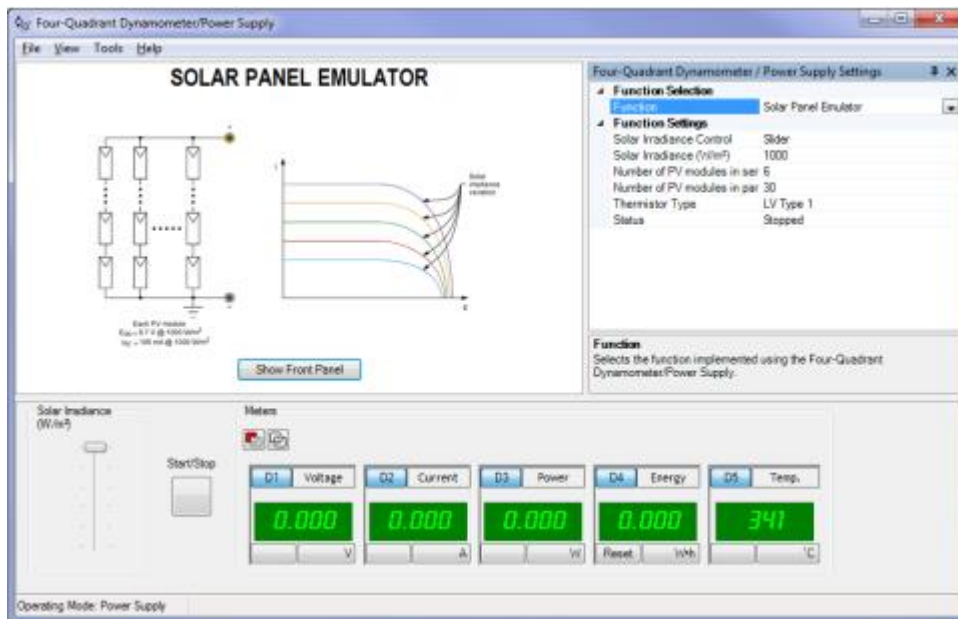
el modo fuente de alimentación, puede actuar como fuente de tensión CC, corriente CC, alimentación CA, etc. (Festo Lab Volt Series).

1.15.1 Emulador de panel solar, modelo 8968-6.

Esta función utiliza la fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para emular una pequeña central solar que consta de una serie de módulos fotovoltaicos (PV). La característica corriente-voltaje de cada módulo fotovoltaico emulado es la misma que la del módulo fotovoltaico utilizado en el Panel Solar de Silicio Monocristalino, Modelo 8806. La función permite al usuario determinar el tamaño del conjunto de módulos fotovoltaicos emulados, seleccionando el número de módulos fotovoltaicos conectados en serie y en paralelo.

Un control deslizante en la interfaz del emulador de panel solar proporciona al usuario un control total de la irradiancia solar. La función indica el voltaje, corriente, potencia y energía proporcionada por el Emulador de Panel Solar. La función también puede indicar la temperatura cuando se conecta un sensor de temperatura a la entrada del termistor del dinamómetro/fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. La función Solar Panel Emulator hace que el estudio de la producción eléctrica mediante paneles solares sea independiente de las condiciones climáticas.

Figura 9.
Interfaz gráfica del Solar Panel Emulator



Tomado de Four-Quadrant Dynamometer/Power Supply (FESTO, 2023)

Este firmware permite poder escoger la configuración del string en base a la necesidad que tengamos, hasta el punto de simular una micro central de paneles fotovoltaicos, el límite para la configuración del string es de 14 paneles en paralelo y 45 ramas en serie. A continuación, se detalla los valores de placa del panel que este simulador nos presenta:

Tabla 1.

Datos del panel solar del emulador modelo 8806

Potencia Máxima	0.741 w
Tensión de máxima potencia	7.8 V
Corriente de máxima potencia	95 mA
Tensión de circuito abierto	9.7 V
Corriente de cortocircuito	106 mA

1.15.2 Irradiancia solar

La irradiancia solar es la que emite el sol, llega a la atmosfera de la Tierra con un aproximado de 1360 vatios por metro cuadrado (w/m^2), debido a la gran distancia entre el Sol y la Tierra. Después, debido a la capa atmosférica se debilita aún más, llegando a un máximo de 1000 (w/m^2) (Aparicio, 2020). Por eso el emulador permite variar la irradiación en (w/m^2) del 1 a 1000, se puede hacer de manera manual poniendo el valor por medio del teclado, o por la barra deslizadora, inclusive se puede hacer mientras este en marcha o en paro, los datos se actualizan al instante.

1.16 Softwares utilizados

Actualmente, la simulación, análisis y modelado es una técnica muy eficiente para realizar estudios de procesos, ya que nos permiten realizar pruebas y obtener resultados de una manera más fácil. Para realizar las prácticas de laboratorio con el emulador 8960-20, en algunos casos, se necesitó apoyo de software externos para obtener valores reales de irradiación y poder simular cada escenario propuesto sin necesidad de elegir valores al azar.

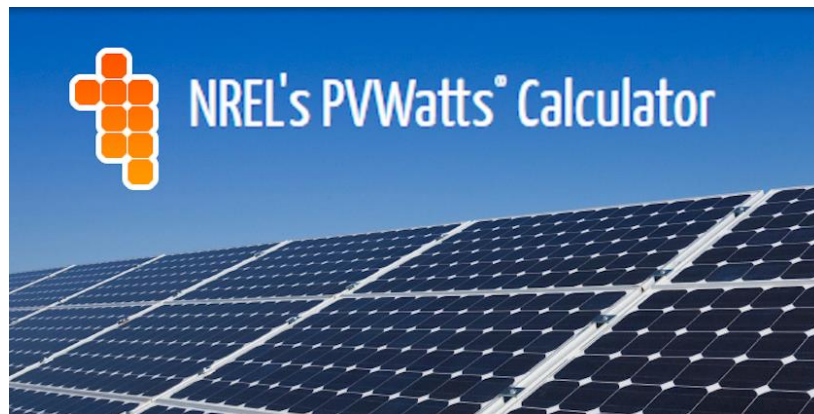
1.16.1 PVWatts

La calculadora NREL PVWatts es una aplicación web desarrollada por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) que estima la producción de electricidad de un sistema fotovoltaico conectado a la red basándose en unas pocas entradas simples. PVWatts combina varios submodelos para predecir el rendimiento general del sistema y hace varias suposiciones ocultas sobre los parámetros de rendimiento. Esta referencia técnica detalla los submodelos individuales, documenta suposiciones y parámetros ocultos, y explica la secuencia de cálculos que producen la estimación final del rendimiento del sistema.

El modelo PVWatts es un programa de simulación horaria que requiere datos horarios durante un año para dos componentes de la irradiancia solar (directa y difusa), así como la

temperatura ambiente de bulbo seco y la velocidad del viento a 10 m. Los algoritmos PVWatts son indiferentes a la fuente de dichos datos. PVWatts también requiere que cada hora tenga una marca de tiempo con el año, mes, día, y hora correspondiente a la línea de datos para que la posición del sol pueda calcularse con precisión (National Renewable Energy Laboratory, 2019) (National Renewable Energy Laboratory, 2019).

Figura 10.
Software PVWatts



Tomado de la página oficial (PVWatt, 2023)

1.16.2 SolariusPV

SolariusPV es un software que sirve para evaluar producción fotovoltaica en base a datos reales de irradiación obtenidos desde bases de datos climáticos como: Meteonorm™, PVGIS™. Una función muy interesante es que PVGIS™ puede importar datos de manera automática y permite obtener las coordenadas GPS de un lugar específico. Se pueden crear archivos de acuerdo con lo que se requiera y del lugar que se desee ya que se pueden obtener datos de irradiación solar desde el atlas solar (Acca SoftWare, 2020).

Como detalle importante es que SolariusPV en los datos de irradiación que muestra ya considera el sombreado de obstáculos que pueden existir, y el sombreado que pueden provocar

objetos cercanos cuando se varía el arco solar en diferentes periodos de tiempo (anual, mensual, diario).

Figura 11.
Software SolariusPV



Tomado de la página oficial (Acca SoftWare, 2020)

1.16.3 Sunny Design

Sunny Design es un software para planificar y dimensionar plantas fotovoltaicas con y sin autoconsumo, sistemas aislados, sistemas fotovoltaicos híbridos y sistemas energéticos. Mediante Sunny Design recibirá una recomendación de diseño para su planta planificada o su sistema energético planificado. Para ello, Sunny Design propone una combinación de uno o varios generadores fotovoltaicos e inversores que se aproxime a lo que se desea en cuanto a clase de potencia, rendimiento energético y rentabilidad. Además, permite determinar y optimizar su autoconsumo potencial y dimensionar cables, conocer la rentabilidad, así como configurar sistemas fotovoltaicos híbridos y sistemas aislados (SUNNY DESING, 2023).

Figura 12.
Software Sunny Design



Tomado de la página oficial (SunnyDesign, 2024)

1.17 Selección de Instrumentos y Equipos

1.17.1 Módulo Carga Resistiva (LabVolt)

Se usó el módulo de carga resistiva de Festo, modelo 8311 la cual consta con tres resistencias en paralelo para una conexión trifásica con valores de 300, 600 y 1200 ohm respectivamente. Este equipo está diseñado para trabajar a 120 V en corriente continua, y en alterna a una frecuencia de 60 Hz. Cada resistencia tiene su interruptor para seleccionar la carga que uno desea, y la corriente que puede soportar por cada resistencia es de 0.4 A, 0.2 A y 0.1 A respectivamente, y soporta 252 w de potencia (FESTO, 2024).

Este módulo nos ayudó para estudiar cuando los valores de irradiación se modifican, así mismo ver la eficiencia variando estas mismas resistencias, y haciendo combinaciones entre ellas. El módulo se encuentra en el laboratorio de potencia de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí para fines académicos.

Figura 13.
Módulo de resistencia modelo 8311



Tomado de Carga resistiva (FESTO, 2024)

1.17.2 Modulo Generador/motor CC (LabVolt)

Se usó el módulo generador/motor de corriente continua de Festo, puede funcionar de forma independiente como motor de CC o generador de CC. Los devanados de la armadura, el campo de derivación y el campo en serie se terminan por separado en la placa frontal para permitir una derivación larga y corta, así como conexiones de motor y generador compuestas acumulativa y diferencialmente. Esta máquina está equipada con cepillos móviles expuestos para permitir a los estudiantes estudiar el efecto de la reacción y la conmutación de la armadura mientras la máquina está funcionando bajo carga (FESTO, 2024).

Se usó el módulo en modo de motor, para ver el funcionamiento de éste, siendo alimentado por el dinamómetro de cuatro cuadrantes en modo fuente, usando la simulación de sistema fotovoltaico para estudiar el funcionamiento y comportamiento conforme vaya variando los datos de irradiación de simulación. Este módulo puede soportar hasta 175 W de potencia en modo motor y trabaja hasta con una tensión de 120 V, las revoluciones de este motor son de 1800 RPM, y trabaja hasta una corriente de carga de 2.8 A.

Figura 14.
Motor de Corriente Continua



Tomado de Motor/Generador CC (FESTO, 2024)

1.17.3 Multímetro

También se usó un multímetro para comprobar a los equipos, como medida de protección si se tiene una sobretensión o baja tensión que podría afectar el rendimiento de los equipos. Además, se usó como comprobación de los datos obtenidos en el software de emulación.

Todas las mediciones se realizaron mediante la supervisión de nuestro tutor para usar los equipos y así obtener los datos reales del dinamómetro cuatro cuadrantes con mayor seguridad y exactitud.

Figura 15.
Multímetro

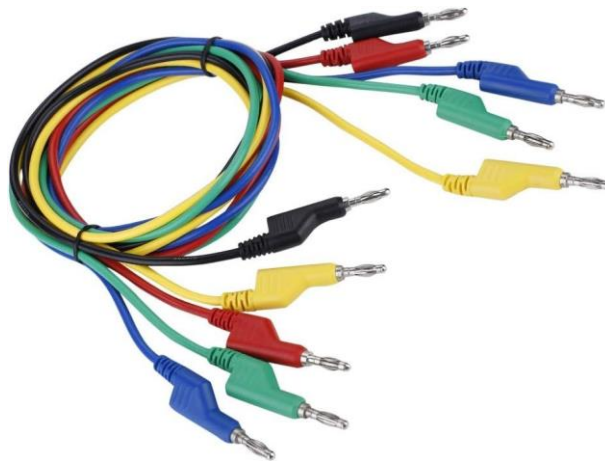


Tomado de Multímetro digital profesional (Truper, 2024)

1.17.4 Conectores

Se utilizaron conectores macho de 4mm para las conexiones y poder realizar las prácticas.

Figura 16.
Cables de conexión



Tomado de la página de (grupoelectrostore, 2024)

Capítulo III: Diseño del Proyecto

1.18 Metodología

Para la implementación se empezó realizando un análisis de equipos que hacen falta en el laboratorio, una vez que se llegó a una conclusión se optó por obtener más información basándose en la investigación cuantitativa, esto permitió tener un enfoque más claro y conciso sobre el correcto uso que se puede dar al módulo, para luego realizar las pruebas pertinentes que permitan verificar el correcto funcionamiento de éste.

La recolección de datos se la obtendrá de las simulaciones que se realicen en el módulo planteando diferentes escenarios, pueden ser valores aleatorios como también valores reales tomados del Atlas Solar, para poder observar la viabilidad en cada caso, y también la variación de la curva característica.

La implementación del emulador 8960-20 se prevé que sea de gran ayuda para los estudiantes de la carrera de electricidad y también para docentes u otros interesados, ya sea para temas académicos, investigativos que aporten para la comunidad universitaria y la ciudad. Además, este módulo puede complementarse con otros equipos existentes, por lo que permite realizar más prácticas y simulaciones si son convenientes para los docentes.

1.19 Procedimiento de la práctica.

Para la realización de las prácticas se cumplió con todas las medidas de seguridad, además no se modificó ninguna conexión mientras la alimentación se encontraba encendida. Se revisaron todas las conexiones por última vez antes de energizar el módulo.

1.19.1 Práctica 1: Simulación de valores de irradiación en la ciudad de Arenillas para los meses de marzo y julio en el dinamómetro de cuatro cuadrantes.

La práctica 1 se realizó basándose en valores de irradiación de un estudio de tesis doctoral en un determinado sitio, valores que se los ingresó en el software con la finalidad de

poder obtener la gráfica voltaje-tiempo ya que los valores en los que se basó el estudio estaban dados desde las 7 de la mañana hasta las 5 de la tarde.

Es importante resaltar que el software Festo del dinamómetro de cuatro cuadrantes nos permite realizar la variación de estos valores de irradiación obtener los voltajes en una interfaz gráfica, adicionalmente pueden ser medidos en sus terminales de manera real.

A continuación, el desarrollo de la práctica 1:

- 1) Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.
- 2) Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.
- 3) Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.
- 4) Se configuró el string de los paneles solares de tal manera que fueron 10 paneles en serie y 30 paneles en paralelo, para este caso no se dispuso a conectar ningún tipo de carga, únicamente se registró los datos de tensión de circuito abierto.
- 5) Se comenzó a poner los valores de irradiación promedio del mes marzo (mes con mayor irradiación del año) por un día, de tal manera que vaya variando conforme avance el día, en la siguiente tabla se muestra los datos recopilados de este mes.

Tabla 2.*Irradiación promedio del mes de marzo en Arenillas*

Marzo											
Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Irradiación	59	174	263	347	382	379	343	278	230	169	63

- 6) Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó tanto los datos de tabla como la gráfica resultante en PDF.
- 7) Se repitió el mismo proceso para el mes julio (mes con menor irradiación del año), para variar la irradiación promedio de un día de este mes, registrar y guardar los datos de tabla obtenidos y la gráfica correspondiente. En la siguiente tabla se detalla la irradiación este mes.

Tabla 3.*Irradiación promedio del mes de julio en Arenillas*

Julio											
Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Irradiación	42	114	204	231	248	248	214	186	140	80	24
Tensión	44.52	45.03	45.18	45.26	45.33	45.33	45.2	45.22	45.11	44.8	44.35

Análisis de resultados del mes de marzo: Como se muestra en la tabla 4, en base a las condiciones para esta práctica y considerando que es el mes con promedio mayor, se puede observar que la tensión ronda entre los 44.77 V siendo la menor en la mañana a 45.65 V siendo el mayor al medio día.

Tabla 4.*Resultados de la tensión del mes de marzo*

Marzo											
Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Irradiación	59	174	263	347	382	379	343	278	230	169	63
Tensión	44.77	45.18	45.33	45.56	45.63	45.65	45.56	45.33	45.26	45.2	44.8

Análisis de resultados del mes de julio: Como se muestra en la tabla 5, en base a las condiciones para esta práctica y considerando que es el mes con el peor promedio, se puede observar que la tensión ronda entre los 44.35 V siendo la menor en la mañana a 45.33 V siendo el mayor al medio día.

Tabla 5.*Resultados de la tensión del mes de julio*

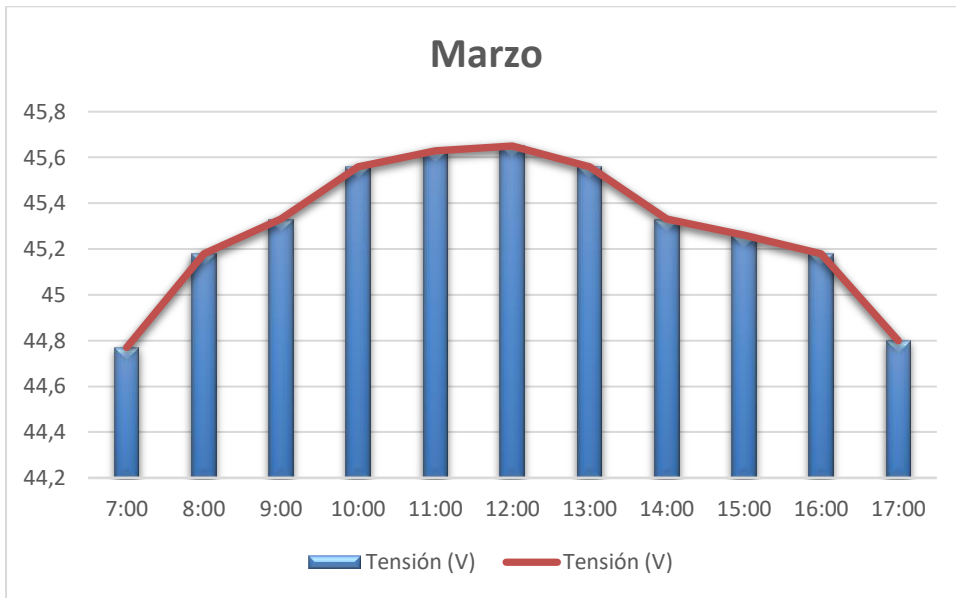
Julio											
Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Irradiación	42	114	204	231	248	248	214	186	140	80	24
Tensión	44.52	45.03	45.18	45.26	45.33	45.33	45.2	45.22	45.11	44.8	44.35

1.19.2 Análisis de la practica 1.

Para el mes de marzo (mayor promedio de irradiación del año) se tiene en la figura 17 el comportamiento natural de la irradiación producida por el sol en un día, además que, en gran parte del día, se mantiene “constante” la tensión resultante, habiendo solo caídas a las 7 de la mañana y 5 de la tarde.

Figura 17.

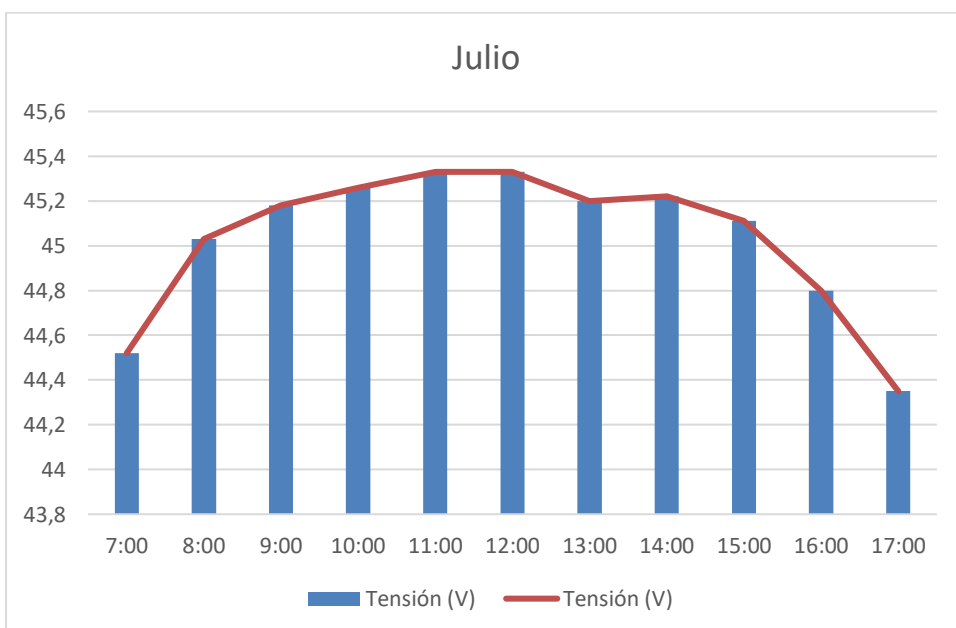
Práctica 1; Grafica de tensión del mes de marzo



En cuanto al mes de julio y a pesar de ser el mes con menor promedio de irradiación del año, se puede observar en la figura 18 que tiene un comportamiento similar al mes de marzo, donde los cambios de tensión son apenas mínimos.

Figura 18.

Práctica 1; Gráfica de tensión del mes de julio.



1.19.3 Conclusión de la practica 1.

- Como conclusión de la práctica uno se pudo observar que los voltajes varían poco en relación con los niveles de irradiación, por lo que se puede decir que se tiene niveles de tensión bastante cercanos entre si dependiendo de cada hora del día, ya que estos varían entre 44 V a 46 V, lo que podemos decir que es estable.

1.19.4 Práctica 2: Emulador del Panel Solar con Resistencia para obtener la eficiencia con diferentes cargas.

Esta práctica se realizó midiendo la potencia con diferentes mediciones de carga (resistencia), para eso usó el módulo de resistencia de LabVolt 8311, se irá conectando las resistencias en paralelo para ir viendo cual es la potencia consumida por cada valor de la carga.

Para esta práctica vamos a usar el string máximo que se puede escoger, 14 paneles en serie y 45 ramas en serie, además de poner la irradiación máxima (1000 W/m^2), donde según los datos de los paneles solares vamos a tener una potencia máxima de:

$$P_{max} = V_{max} * I_{max} * N_{paneles} \quad (1)$$

$$P_{max} = 7.8 \text{ V} * (0.095) \text{ A} * (14 * 45) = 580.545 \text{ W}$$

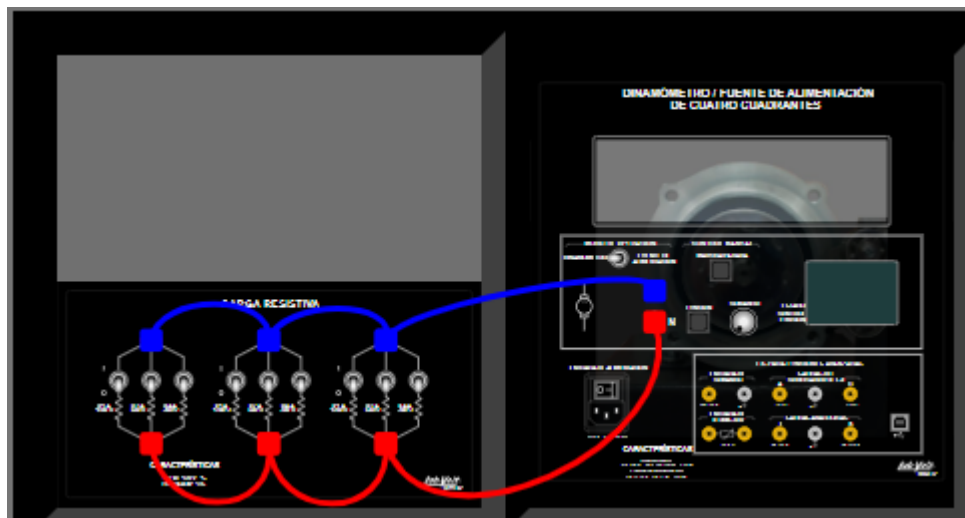
A continuación, el desarrollo de la práctica 2:

- 1) Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.

- 2) Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.
- 3) Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el módulo de resistencia, como se muestra en la siguiente figura, se midió mediante un multímetro, los valores de resistencias verificando que éstos se encuentren en buen estado y con su parametrización adecuada, para esta práctica se usó todas las resistencias de este módulo.

Figura 19.

Práctica 1: Conexión del dinamómetro y módulo de resistencias



- 4) Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.
- 5) Se puso el string máximo y la irradiación máxima, con lo cual lo único que varió serán los valores de resistencias, empezando con una resistencia de $R_1 = 1200 \text{ ohm}$, debido a que están conectados en paralelo, conforme se van usando, esta va reduciendo, a continuación, los cálculos de la obtención de estos valores.

$$R_{eq} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} \quad (16)$$

$$R_2 = \frac{1200 * 600}{1200 + 600} = 400 \text{ ohm}$$

$$R_3 = \frac{400 * 300}{400 + 300} = 171.43 \text{ ohm}$$

$$R_4 = \frac{171.43 * 1200}{171.43 + 1200} = 150 \text{ ohm}$$

$$R_5 = \frac{150 * 600}{150 + 600} = 120 \text{ ohm}$$

$$R_6 = \frac{120 * 1200}{120 + 1200} = 110 \text{ ohm}$$

$$R_7 = \frac{110 * 600}{110 + 600} = 92 \text{ ohm}$$

$$R_8 = \frac{92 * 300}{92 + 300} = 70 \text{ ohm}$$

$$R_9 = \frac{70 * 300}{70 + 300} = 56.75 \text{ ohm}$$

Tabla 6.

Valores de resistencia obtenidos del módulo 8311

Resistencia (ohm)								
1200	400	171.43	150	120	110	92	70	56.75

- 6) Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.
- 7) Se obtuvo los valores de tensión, corriente y potencia, estos dos primeros para verificar que los valores de potencia obtenidos sean los correctos, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.

Tabla 7.*Resultados obtenidos por cada valor de resistencia*

Resistencia (ohm)	1200	400	171.43	150	120	110	92	70	56.75
Tensión (V)	135.1	134.5	132.7	132.4	131.6	131.1	130.5	128.6	127.1
Corriente (A)	0.11	0.332	0.757	0.862	1.076	1.173	1.383	1.782	2.168
Potencia (W)	14.83	44.7	100.4	114.1	141.6	153.7	180.5	229.1	275.5

- 8) Calculamos la eficiencia por cada valor de potencia obtenido como la salida, y la potencia de entrada 8438.72 W que arroja esta configuración de string, a continuación, se desarrolla los cálculos:

$$\eta = \frac{14.83}{8438.72} \times 100\% = 0.1757 \%$$

$$\eta = \frac{44.7}{8438.72} \times 100\% = 0.529 \%$$

$$\eta = \frac{100.4}{8438.72} \times 100\% = 1.189 \%$$

$$\eta = \frac{114.1}{8438.72} \times 100\% = 1.352 \%$$

$$\eta = \frac{141.6}{8438.72} \times 100\% = 1.677 \%$$

$$\eta = \frac{153.7}{8438.72} \times 100\% = 1.821 \%$$

$$\eta = \frac{180.5}{8438.72} \times 100\% = 2.138\%$$

$$\eta = \frac{229.1}{8438.72} \times 100\% = 2.714 \%$$

$$\eta = \frac{275.5}{8438.72} \times 100\% = 3.264\%$$

Tabla 8.*Eficiencia por cada valor de resistencia*

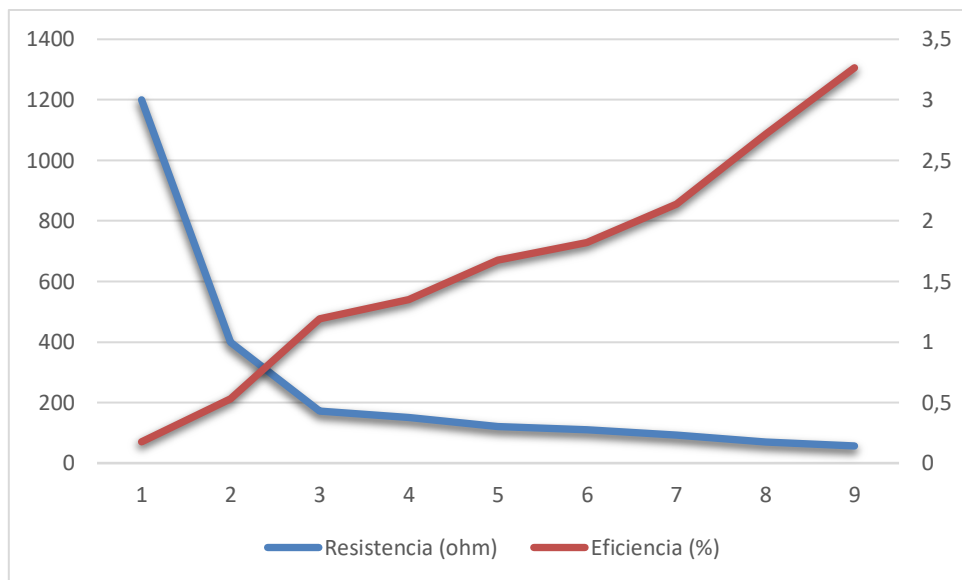
Resistencia (ohm)	1200	400	171.43	150	120	110	92	70	56.75
Eficiencia (%)	0.1757	0.529	1.189	1.352	1.677	1.821	2.138	2.714	3.264

1.19.5 Análisis de resultados de la práctica 2.

Como se puede ver en la tabla 8, si bien la resistencia va decreciendo, por ley de ohm sabemos que la corriente aumentaría; lo cual, al estar ligado este parámetro en el cálculo de potencia, éste también va en aumento, lo que provoca que la eficiencia vaya en aumento también, se puede visualizar también en la figura 20 la tendencia que sigue.

Figura 20.

Práctica 2: Eficiencia del sistema respecto a distintos valores de carga



1.19.6 Conclusión de la práctica 2.

- Podemos concluir que conforme el valor de resistencia decae, la eficiencia aumenta. Esto se da debido a que al aumentar la corriente y estar directamente ligado al cálculo de la potencia, se va en aumento también, esto porque al estar conectando más resistencia más en paralelo, las corrientes de cada rama también se van sumando, llegando a un valor de eficiencia 3.264 % como máxima en cuanto a mínima de 0.17 %. Tomando en cuenta que la eficiencia de estos paneles suele ser de 13 %.

1.19.7 Práctica 3: Simulación de una minicentral fotovoltaica conectada a un motor DC y análisis de comportamiento en un día con valores de irradiación reales obtenidos del software PVWatts.

La práctica 3 se realizó en base a los datos obtenidos del software de PVWatts, la cual es una herramienta desarrollada por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL). Esta calculadora es una aplicación web que calcula en base a sus datos recopilados la producción de energía eléctrica de un sistema fotovoltaico (PVWatt, 2023).

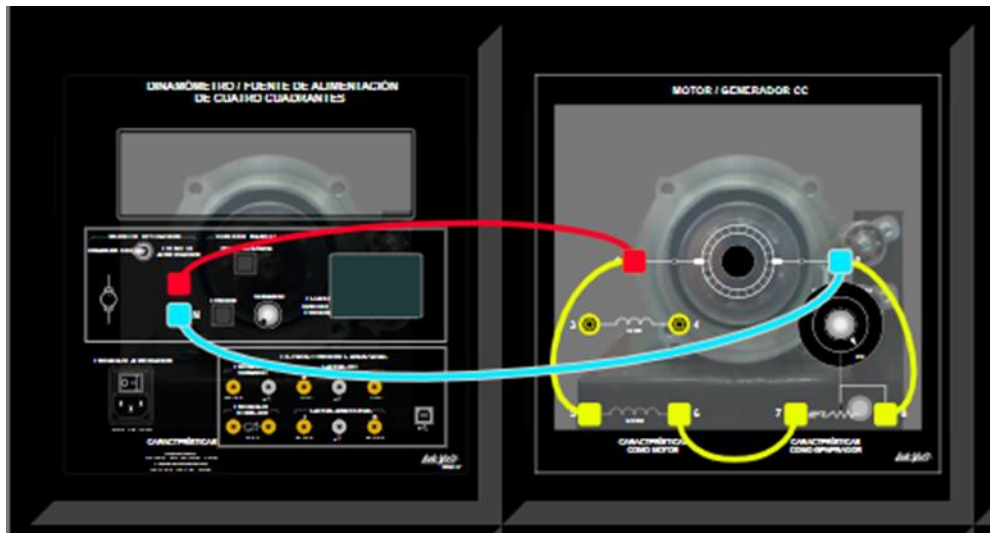
Para la simulación de este sistema se tomó como referencia los datos de un día cualquier a partir desde el momento que hubo irradiación hasta que terminó 06:00-17:00, en la facultad de ingeniería de la ULEAM de la ciudad de Manta, en el mes de marzo.

A continuación, el desarrollo de la práctica 2:

- 1) Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.
- 2) Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.
- 3) Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el motor de corriente continua 8211 como se muestra en la siguiente figura, todo esto se realizó en presencia y con supervisión para evitar fallas por alguna mala conexión.

Figura 21.

Práctica 3: Conexión del dinamómetro y el motor de CC



- 4) Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.
- 5) Para esta práctica, el string se configuró con 12 paneles en serie y 30 paralelo, con la finalidad que estos valores resultantes, no afecten o sobrecarguen al motor provocando algún tipo de falla hacia éste. Debido a que, las especificaciones del motor solo soportan 120 V en corriente continua, por lo que no debemos superar este valor.
- 6) Se comenzó a poner los valores de la irradiación obtenidos del software de PVWatts, el día escogido fue el 15 de marzo, y para esta ocasión se escogió la irradiación difusa, estos valores se pueden observar en la tabla 9, donde vemos que desde las 6 de la mañana ya se tiene irradiación hasta las 6 de la tarde.

Tabla 9.

Valores de irradiación (W/m²) del 15 de marzo obtenido de PVWatts

Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Irradiación	5	92	212	315	406	305	388	428	366	231	201	100	7

- 7) Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.
- 8) Los parámetros que se registraron fueron la potencia, la tensión y la corriente, éstos dos últimos con la finalidad de comprobar la potencia resultante, a continuación, se presenta la tabla 10, con los resultados obtenidos de esta práctica.

Tabla 10.

Resultados obtenidos por cada valor de irradiación (W/m²) por hora

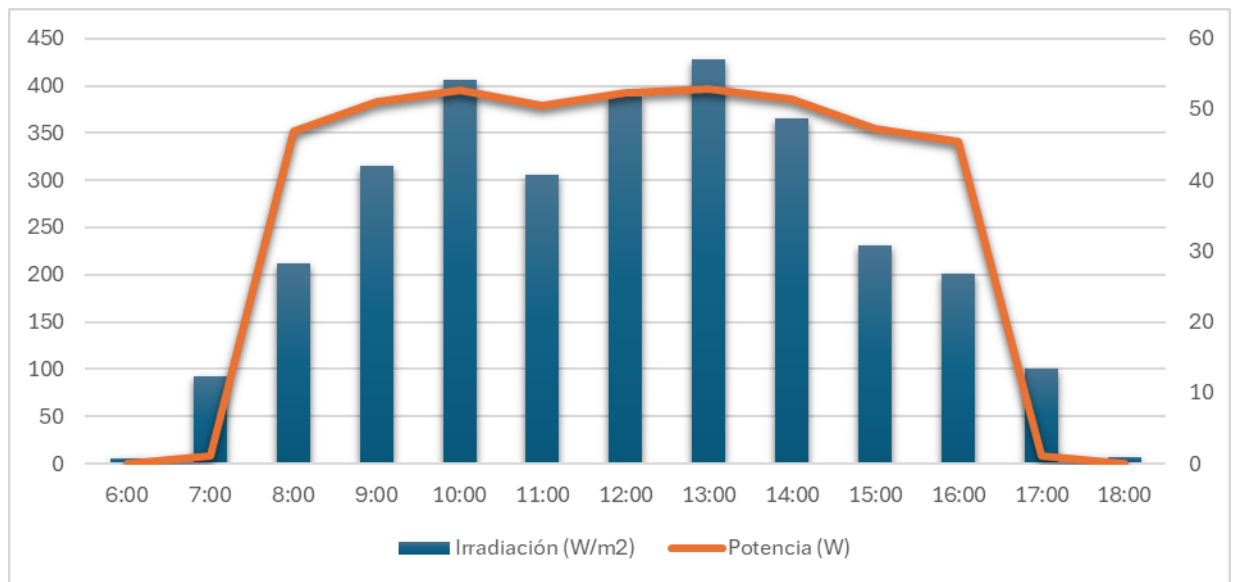
Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Irradiación	5	92	212	315	406	305	388	428	366	231	201	100	7
Tensión (V)	0.387	3.73	98.6	104	106	103	105.5	106.3	105.1	100.3	98.06	3.56	0.161
Corriente (A)	0.013	0.29	0.476	0.49	0.5	0.49	0.496	0.497	0.49	0.471	0.463	0.04	0.017
Potencia (W)	0.005	1.07	46.97	51	52.8	50.5	52.35	52.88	51.49	47.25	45.37	1.1	0.003

1.19.8 Análisis de resultados de la práctica 3.

A pesar de que solo hayamos considerado la irradiación difusa para esta práctica podemos darnos cuenta de que según la tabla 10, desde las 8 de la mañana ya se tiene una tensión de 98.6 V con una potencia de 46.97, y se mantienen en un rango aceptable hasta las 5 de la tarde, donde la tensión y potencia ya no son suficiente. En la figura 22 se puede ver el comportamiento que, aunque a las 11 de la mañana hubo un pequeño bajón de irradiación, se puede decir que se mantiene casi constante la potencia.

Figura 22.

Práctica 3: Comportamiento del motor de CC durante un día



1.19.9 Conclusión de la práctica 3.

- Como conclusión de la práctica en base a los valores de irradiación para el día en específico (15 de marzo) se observó que a partir de las 09:00 de la mañana que se registró una irradiación de 212 que se refleja en un valor de tensión de 98.6V el motor entró en funcionamiento por el resto del día, hasta las 17:00 que la irradiación fue de 201 y voltaje de 98.06. Por lo que se puede afirmar que a partir de los 40 W el motor funciona, caso contrario no será suficiente para arrancar la máquina.

1.19.10 Práctica 4: Simulación de una micro central solar en la facultad de ingeniería de la ULEAM basados en datos recopilados del software de Sunny Design.

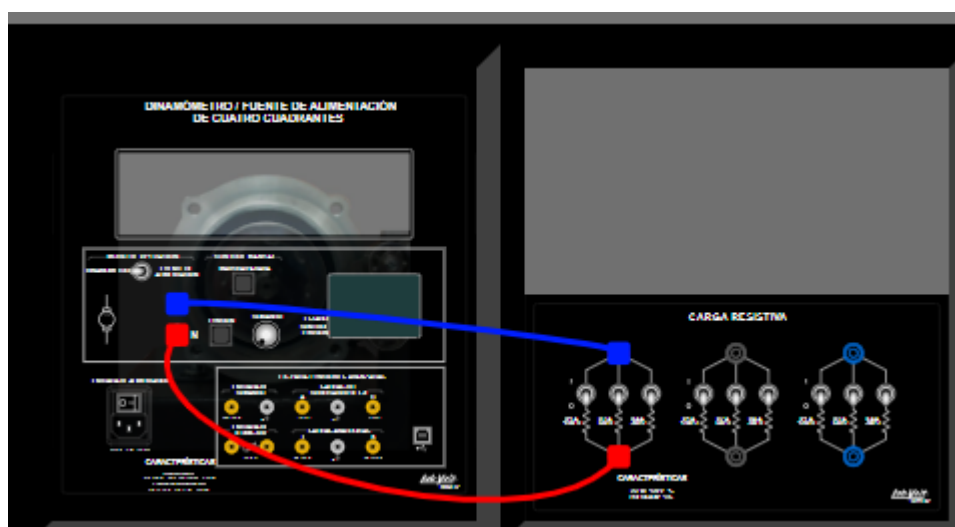
La práctica por realizar está basada en los datos obtenidos del diseño de un sistema fotovoltaico en la ULEAM, carrera de electricidad realizado con el software Sunny Design, la cual puede planificar plantas fotovoltaicas a medida para sus clientes. Los datos van a ser el máximo, mínimo y promedio por cada mes durante un año.

A continuación, el desarrollo de la práctica 4:

- 1) Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.
- 2) Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.
- 3) Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el módulo de resistencia, como se muestra en la siguiente figura, se midió mediante un multímetro, los valores de resistencias verificando que éstos se encuentren en buen estado y con su parametrización adecuada, para esta práctica solo se ocupó como carga la resistencia de 300 ohm.

Figura 23.

Práctica 4: Conexión del dinamómetro y el módulo de resistencias



- 4) Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos

comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.

- 5) La configuración de string para esta práctica se la hizo en base al software de Sunny Design, la cual nos arroja 4 string con la siguiente configuración: 3x20, 3x20, 1x20 y 1x14, donde se obtiene un total de 154 paneles, debido a la limitación del firmware de solo tener un solo string, para este caso usamos 7 paneles en serie y 22 ramas en paralelo, cumpliendo así el objetivo de los 154 paneles.
- 6) Se comenzó a poner los valores de irradiación de un día por mes, se escogió tres días, el peor donde tenemos la irradiación mínima, el mejor donde tenemos la irradiación máxima, y un promedio de todos los días. A continuación, se detalla estos valores por meses.

Tabla 11.

Datos de irradiación (W/m²) del mes de enero

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	0	9	0.70967742
7:00	6	108	61.1612903
8:00	30	209	151.774194
9:00	93	324	239.419355
10:00	154	418	303.645161
11:00	113	486	347.419355
12:00	160	508	367.258065
13:00	151	491	354.677419
14:00	126	434	259.935484
15:00	136	341	222.774194
16:00	98	224	150.677419
17:00	61	109	87.1290323
18:00	0	11	3.96774194

Tabla 12.*Datos de irradiación (W/m2) del mes de febrero*

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	0	0	0
7:00	5	90	51.2857143
8:00	16	212	132.857143
9:00	39	330	211.428571
10:00	78	433	298.392857
11:00	68	504	351.535714
12:00	159	526	330.321429
13:00	140	511	352.75
14:00	136	450	305.428571
15:00	132	353	252.285714
16:00	117	234	177.75
17:00	8	119	97.3214286
18:00	0	14	9.07142857

Tabla 13.*Datos de irradiación (W/m2) del mes de marzo*

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	1	12	5.22580645
7:00	13	114	74.3225806
8:00	50	214	159.096774
9:00	117	333	248.354839
10:00	159	429	338.096774
11:00	196	496	397.935484
12:00	228	516	395.290323
13:00	170	496	373.709677
14:00	152	437	327.129032
15:00	119	343	232.354839
16:00	106	220	157.193548
17:00	9	107	78.483871
18:00	1	18	9.64516129

Tabla 14.*Datos de irradiación (W/m2) del mes de abril*

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	0	14	5.5
7:00	12	111	87.1
8:00	85	231	177.033333

9:00	115	341	253.233333
10:00	124	440	308.233333
11:00	129	503	370.266667
12:00	123	523	362.533333
13:00	118	482	301.7
14:00	109	421	268.6
15:00	98	324	186.733333
16:00	65	207	132.2
17:00	4	104	70.6666667
18:00	0	0	0

Tabla 15.

Datos de irradiación (W/m²) del mes de mayo

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	0	18	8
7:00	14	107	72.6129032
8:00	63	220	141.225806
9:00	99	330	225.483871
10:00	103	422	262.83871
11:00	106	472	316.419355
12:00	108	484	286.677419
13:00	112	436	249.032258
14:00	107	387	223.580645
15:00	97	290	200.419355
16:00	81	179	127.677419
17:00	5	78	61.483871
18:00	0	0	0

Tabla 16.

Datos de irradiación (W/m²) del mes de junio

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	0	12	3.7
7:00	9	101	65.2
8:00	56	201	141.5
9:00	107	304	223.5
10:00	95	380	291.166667
11:00	99	445	288.933333
12:00	115	449	282.333333
13:00	115	431	263.7
14:00	108	370	242.133333
15:00	104	282	192.033333
16:00	23	179	114.9

17:00	53	80	63.9333333
18:00	0	0	0

Tabla 17.

Datos de irradiación (W/m2) del mes julio

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	0	0	0
7:00	29	107	69.483871
8:00	56	191	127.83871
9:00	76	296	208.935484
10:00	123	388	263.967742
11:00	131	435	298.806452
12:00	127	455	262.935484
13:00	116	444	270.645161
14:00	110	390	212.580645
15:00	101	262	164.225806
16:00	87	184	130.806452
17:00	37	95	74.9032258
18:00	0	0	0

Tabla 18.

Datos de irradiación (W/m2) del mes de agosto

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	0	11	0.93548387
7:00	7	104	61.0967742
8:00	41	209	131.225806
9:00	115	337	224.806452
10:00	128	426	276.483871
11:00	127	491	294.064516
12:00	129	493	293.451613
13:00	127	479	270.451613
14:00	125	399	235.032258
15:00	123	307	190.16129
16:00	95	197	131.806452
17:00	68	93	77
18:00	0	0	0

Tabla 19.

Datos de irradiación (W/m2) del mes de septiembre

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	4	28	14.3
7:00	51	145	94.5333333
8:00	40	256	180.3

9:00	59	368	255.833333
10:00	134	455	305.7
11:00	141	511	348.6
12:00	143	522	329.866667
13:00	139	488	340.233333
14:00	135	414	271
15:00	123	307	188.9
16:00	48	192	131.6
17:00	64	81	73.4
18:00	0	0	0

Tabla 20.

Datos de irradiación (W/m²) del mes de octubre

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	1	41	28.8387097
7:00	10	136	82.6774194
8:00	66	263	175.935484
9:00	134	376	270.096774
10:00	154	462	296.419355
11:00	137	516	336.16129
12:00	131	520	311.16129
13:00	133	487	301.516129
14:00	116	404	218.709677
15:00	118	303	195.548387
16:00	80	181	127.225806
17:00	25	74	60.2258065
18:00	0	0	0

Tabla 21.

Datos de irradiación (W/m²) del mes de noviembre

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	1	42	22.6
7:00	9	184	96.1666667
8:00	94	320	202.366667
9:00	127	407	261.533333
10:00	168	452	312.066667
11:00	178	500	348.166667
12:00	176	506	328.566667
13:00	177	464	302.466667
14:00	165	393	262.7
15:00	141	285	210.6
16:00	92	200	147.4
17:00	20	77	63.4333333

18:00	0	0	0
--------------	---	---	---

Tabla 22.

Datos de irradiación (W/m²) del mes de diciembre

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
6:00	0	29	12.6451613
7:00	9	159	87.0645161
8:00	42	254	168.677419
9:00	97	336	241.193548
10:00	86	431	310.741935
11:00	150	485	306.645161
12:00	211	490	338.709677
13:00	167	466	339.451613
14:00	158	394	292.677419
15:00	137	306	226.322581
16:00	39	200	163.548387
17:00	57	95	79.5483871
18:00	0	0	0

- 7) Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.
- 8) Los parámetros registrados para esta práctica son la potencia, tensión y corriente, estos dos últimos para verificar que los resultados sean los correctos. A continuación, en las siguientes tablas se detallan los resultados obtenidos por cada mes.

Tabla 23.

Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de enero

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0.095	0
7	0.009	10.29	0.5

8	0.611	11.57	11.27
9	9.5	12.37	11.74
10	11.29	12.79	12.31
11	10.51	12.88	12.38
12	11.32	12.9	12.42
13	11.28	12.9	12.6
14	10.28	12.79	12.28
15	10.94	12.52	12.19
16	9.94	11.99	11.47
17	5.76	10.47	9.35
18	0	0.149	0.023
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 24.

Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de febrero

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0.027	9.399	4.08
8	0.0365	11.82	10.85
9	0.246	12.35	11.77
10	8.463	12.78	12.31
11	7.133	12.88	12.39
12	10.39	12.92	12.37
13	11.19	12.93	12.38
14	11.07	12.85	12.31
15	10.92	12.6	12.24
16	10.75	12.29	12.03
17	0.445	11.83	9.916
18	0	0.292	0.095
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 25.*Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de marzo*

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0.211	0.029
7	0.203	2.923	0.12
8	3.809	10.78	4.397
9	10.79	12.35	12.3
10	11.39	12.79	12.4
11	11.61	12.86	12.62
12	11.87	12.77	12.48
13	11.67	12.94	12.43
14	11.34	12.82	12.37
15	10.79	12.69	11.97
16	10.35	12.54	11.39
17	0.122	10.36	9.931
18	0	0.477	0.155
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 26.*Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de abril*

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0.286	0.03
7	0.211	10.39	9.168
8	9.014	11.89	11.45
9	10.46	12.11	11.95
10	10.55	12.55	12.06

11	10.61	12.6	12.16
12	10.69	12.94	12.17
13	10.52	12.76	12.1
14	10.41	12.52	12.16
15	9.959	12.24	11.5
16	9.908	11.65	10.93
17	0.01	10.3	7.438
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 27.

Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de mayo

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0.467	0.061
7	0.302	10.08	7.812
8	6.151	11.55	10.97
9	9.948	11.93	11.61
10	10	12.43	11.96
11	10.09	12.85	12.1
12	10.11	12.68	12.01
13	10.35	12.6	11.95
14	10.41	12.59	11.88
15	9.803	12.54	11.87
16	8.764	11.73	11.1
17	0.03	9.419	5.842
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 28.*Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de junio*

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0.222	0.011
7	0.105	9.969	6.543
8	4.235	11.52	10.97
9	10.13	12.05	10.74
10	9.893	12.43	12.03
11	9.993	12.56	12.03
12	10.43	12.58	12.01
13	10.43	12.66	12.01
14	10.11	12.5	11.93
15	10.04	12.46	11.62
16	2.62	11.79	10.5
17	4.463	8.618	6.264
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 29.*Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de julio*

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	1.306	10.09	6.274
8	4.788	11.43	10.61
9	8.097	11.6	11.06
10	10.55	12.47	11.96

11	10.75	12.52	12.05
12	10.83	12.57	11.96
13	10.64	12.57	11.99
14	10.46	12.5	11.85
15	10.35	12.48	11.42
16	9.443	11.86	10.93
17	2.309	9.907	8.168
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 30.

Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de agosto

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0.158	0
7	0.061	10.04	5.899
8	2.503	11.57	10.64
9	10.44	12.12	11.15
10	10.84	12.52	11.32
11	10.82	12.88	12.04
12	10.84	12.75	12.05
13	10.82	12.75	11.97
14	10.8	12.62	11.89
15	10.62	12.43	11.63
16	9.7	11.96	11.55
17	7.009	11.39	8.246
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 31.*Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de septiembre*

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0.01	1.434	0.229
7	1.249	10.99	9.614
8	2.545	12.03	11.46
9	3.688	12.17	11.74
10	10.65	12.58	12.05
11	10.97	12.67	12.13
12	10.97	12.67	12.11
13	10.94	12.76	12.12
14	10.9	12.59	12.33
15	10.62	12.19	11.63
16	3.598	11.62	10.93
17	6.225	9.075	7.798
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 32.*Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de octubre*

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	2.582	1.312
7	0.15	10.66	8.982
8	6.635	11.7	11.43
9	10.66	12.17	11.96
10	11.06	12.42	12.05

11	10.97	12.67	12.27
12	10.7	12.67	12.37
13	10.7	12.65	12.13
14	10.52	12.63	11.93
15	10.55	12.18	11.64
16	10.55	12.1	11.22
17	1.355	8.185	5.483
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 33.

Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de noviembre

Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	2.794	0.846
7	0.1	11.47	9.633
8	9.594	12.11	11.52
9	10.58	12.13	11.53
10	11.39	12.58	12.06
11	11.44	12.61	12.38
12	11.43	12.62	12.24
13	11.43	12.58	12.19
14	11.39	12.48	12.03
15	11.03	12.48	11.9
16	11.02	12.07	11.12
17	0.6	9.448	6.189
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 34.*Resultados de potencia (W) obtenidos del mes de diciembre*

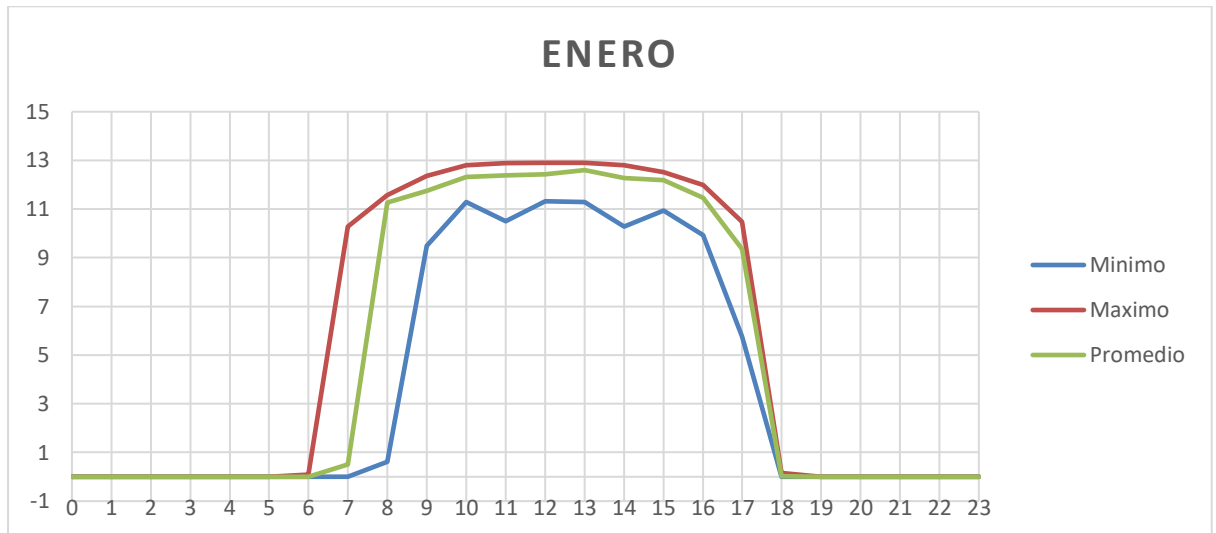
Hora	Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	1.301	0.222
7	0.103	9.477	9.145
8	2.705	11.53	9.145
9	9.588	12.23	11.39
10	9.141	12.46	12.02
11	10.94	12.52	12.06
12	11.56	12.75	12.12
13	11.4	12.72	12.12
14	11.38	12.65	12.47
15	10.99	12.47	11.94
16	9.615	12.15	11.42
17	4.893	9.594	8.646
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

1.19.11 Análisis de resultados de la práctica 4.

Para el mes de enero como se muestra en la figura 24 podemos ver que la curva de los valores mínimos de irradiación, presentan pequeñas irregularidades al largo del día, pero aun así el promedio es muy bueno, ya que está más cercano a los valores máximos que a los valores mínimos.

Figura 24.

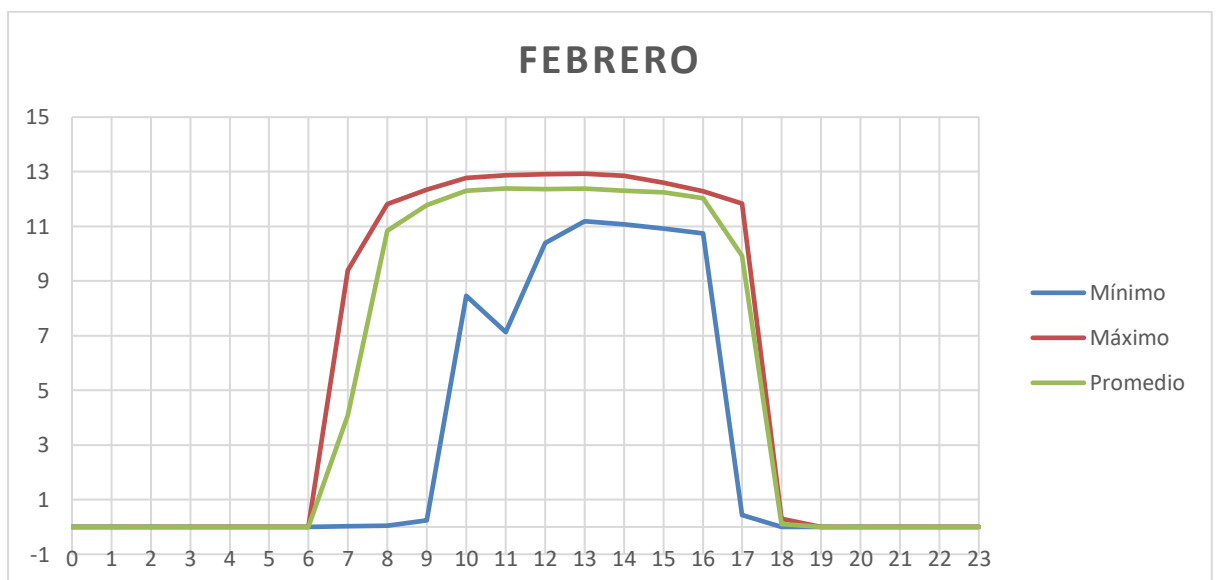
Práctica 4: Comportamiento del mes de enero



El mes de febrero presenta una irregularidad en la curva de irradiación mínima, como indica la figura 25, a las 11 am de la mañana hubo un bajón de irradiación lo que provoca esa irregularidad, esto pudo ser por alguna nube que se presentó a esa hora. Pero aun así vemos que la curva de irradiación promedio del día, está muy cercana a la curva de irradiación máxima, por lo que también es un muy buen mes.

Figura 25.

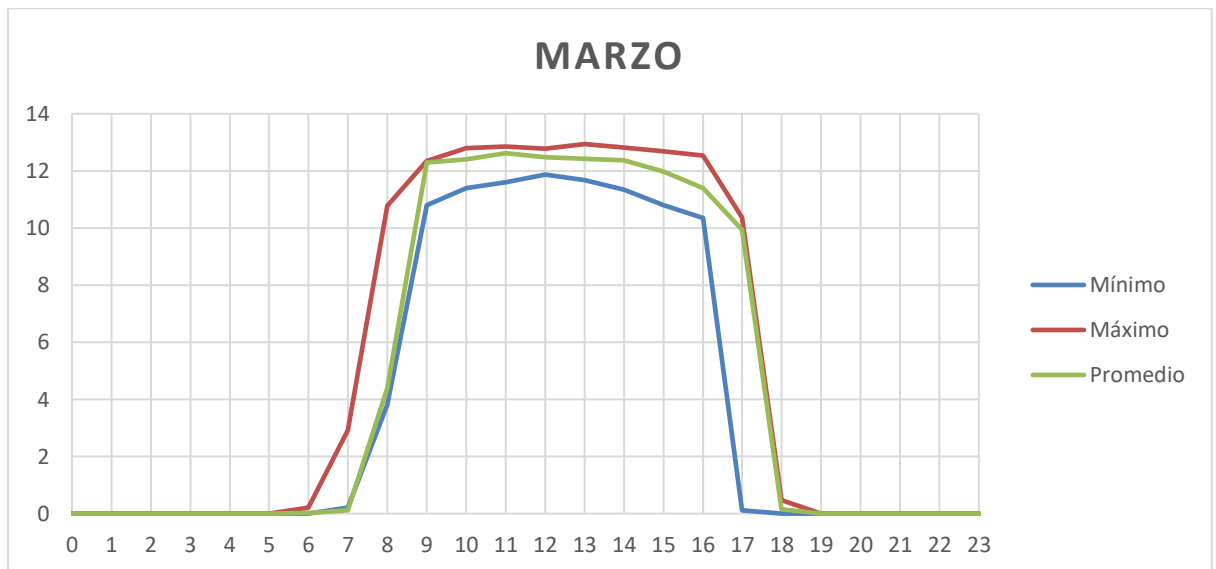
Práctica 4: Comportamiento del mes de febrero



El mes de marzo es el mejor mes como se observa en la figura 26, ya que presenta una muy buena curva de los valores promedio de irradiación acercándose muchísimo más a los valores máximos que a los valores mínimo. Además, en los valores mínimo no existen tantas irregularidades como en los dos meses anteriores.

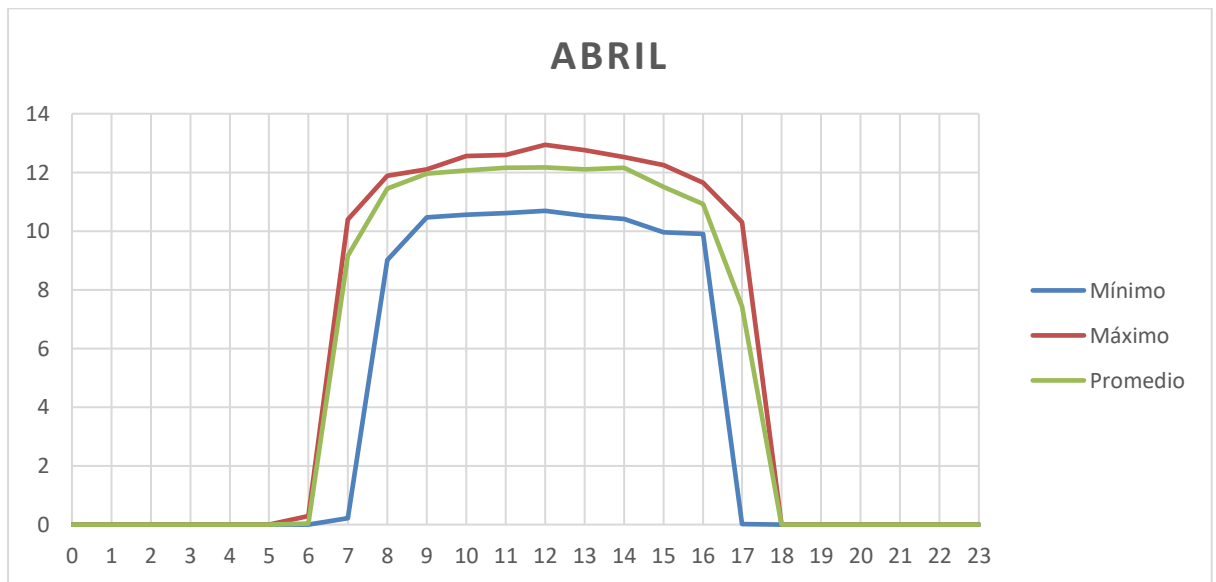
Figura 26.

Práctica 4: Comportamiento del mes de marzo



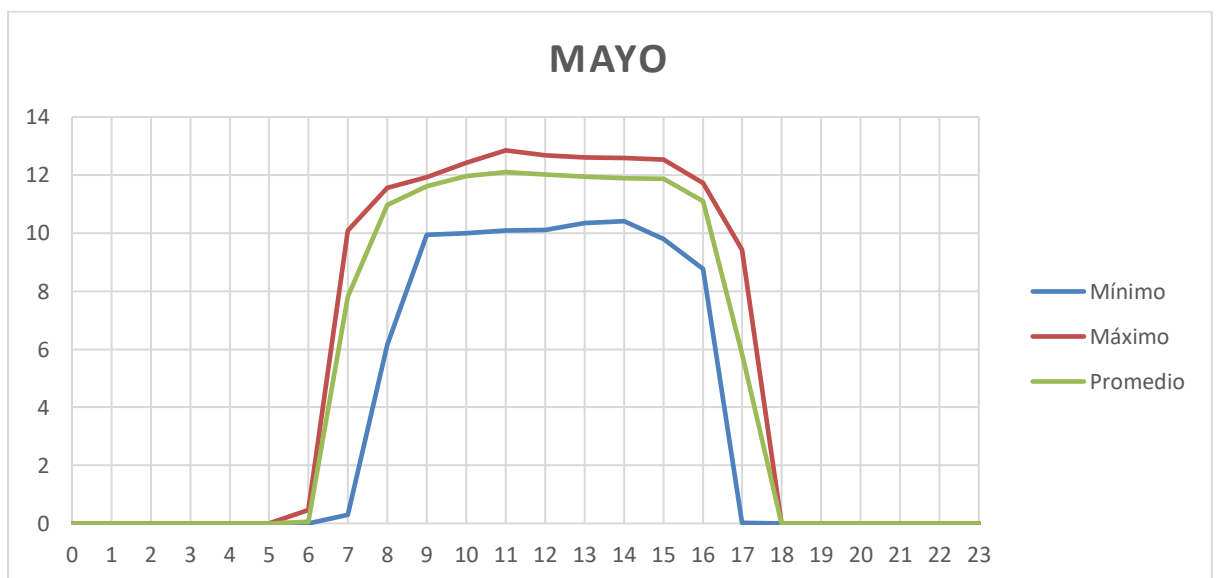
El mes de abril, presenta condiciones similares al mes de marzo, con la diferencia que la curva de los valores de irradiación mínima está más alejada como se muestra en la figura 27, pero aun así los valores de irradiación promedio sigue siendo buena debido a que se acerca más a los valores máximo de irradiación.

Figura 27.
Práctica 4: Comportamiento del mes de abril



El mes de mayo, al igual que abril, presenta una curva buena en la irradiación promedio del mes. En la figura 28, podemos ver hasta en los valores de irradiación mínima se mantienen con una regularidad del comportamiento natural de la irradiación de un día.

Figura 28.
Práctica 4: Comportamiento del mes de mayo

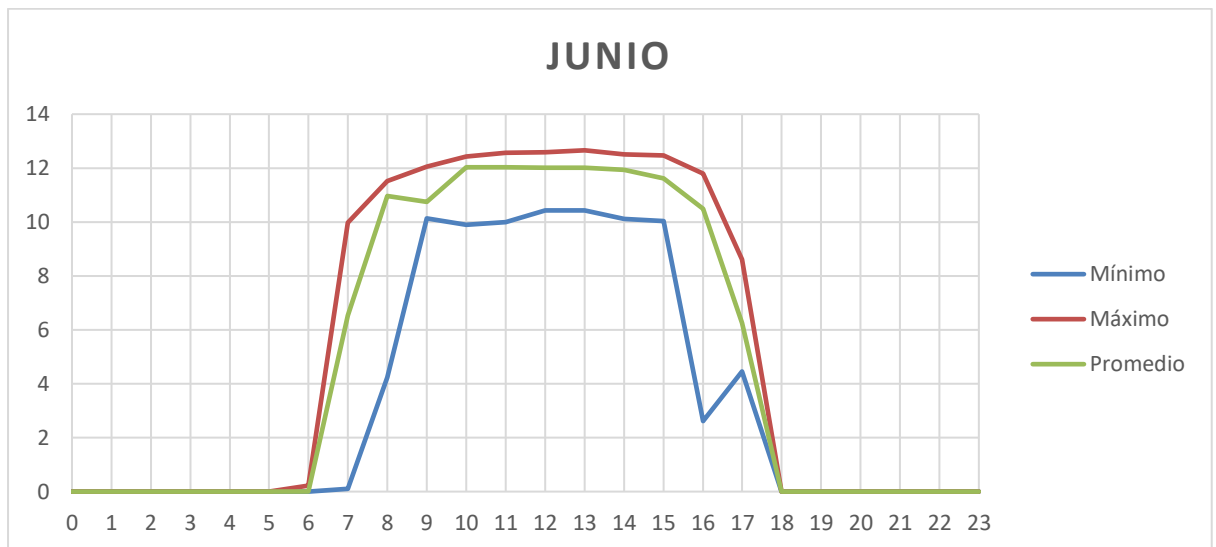


El mes de junio vuelve a presentar irregularidades, aquí vemos en la figura 29 que el promedio a las 9 de la mañana es una mala hora, ya que en este punto se acerca más a la curva

mínima de irradiación que la máxima. Luego a las 4 de la tarde presenta otra irregularidad en los valores mínimos de irradiación, pero debido a que la curva promedio no se ve tan afectada, se entiende que solo fue un día.

Figura 29.

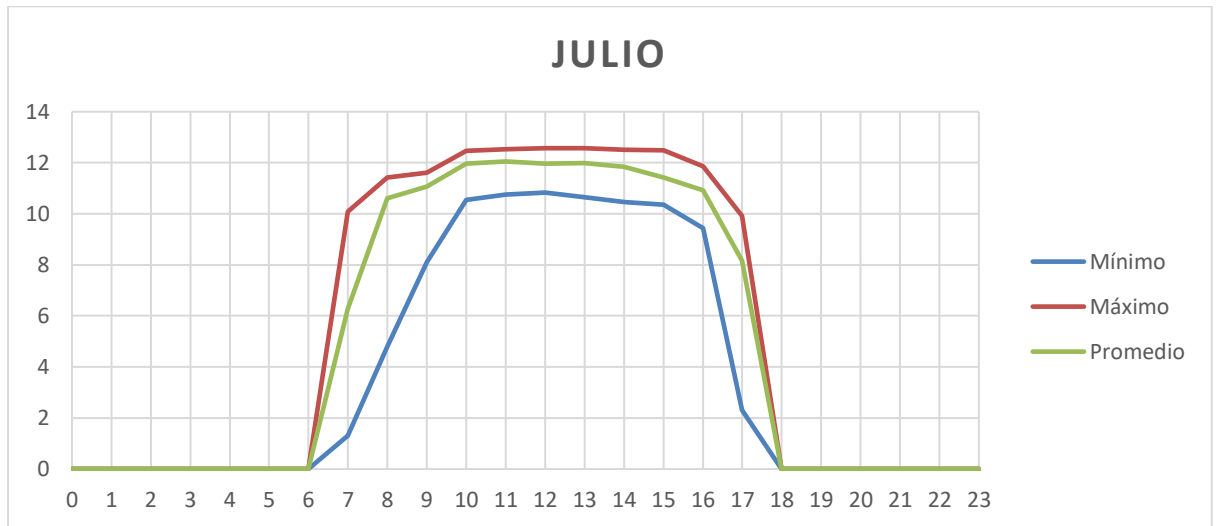
Práctica 4: Comportamiento del mes de junio



El mes de julio suele ser el mes con peor irradiación, y como se observa en la figura 30, la curva de irradiación mínima está muy alejada por la mañana, ya por la tarde presenta alguna regularidad normal como en anteriores meses. Aunque sea el peor mes, la curva promedio de irradiación del mes es muy buena, acercándose más a los valores de irradiación máximo.

Figura 30.

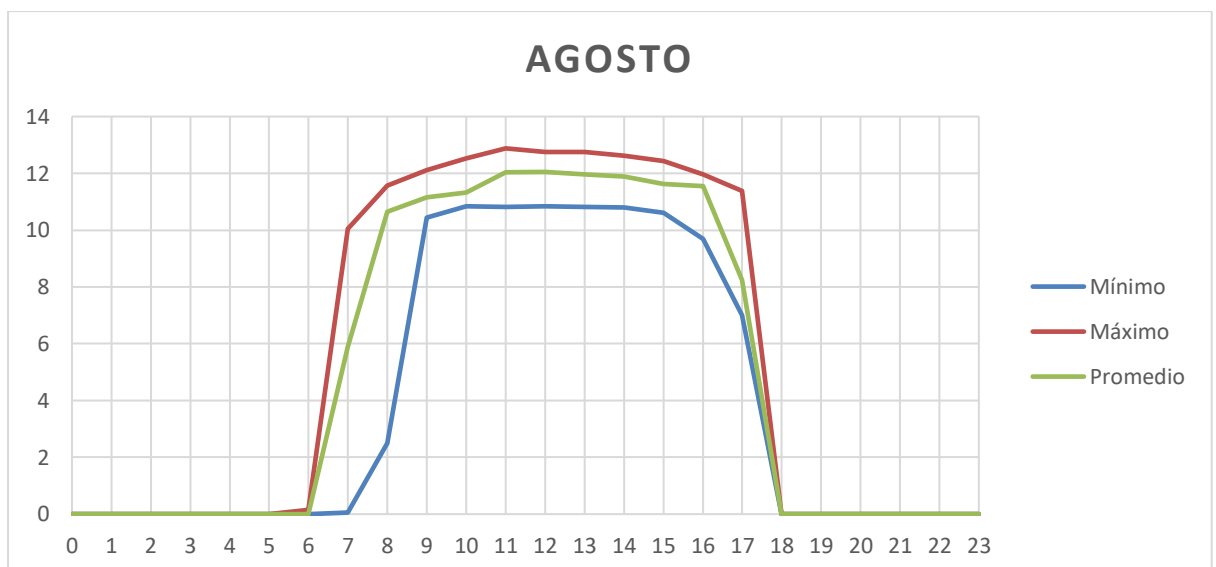
Práctica 4: Comportamiento del mes de julio



En la figura 31 vemos el comportamiento de agosto, donde la curva de promedio de irradiación se acerca más a la curva de valores máximos de irradiación, a excepción de ciertas horas del día, como a las 9 de la mañana, donde está más cerca de los valores mínimos de irradiación.

Figura 31.

Práctica 4; Comportamiento del mes de agosto

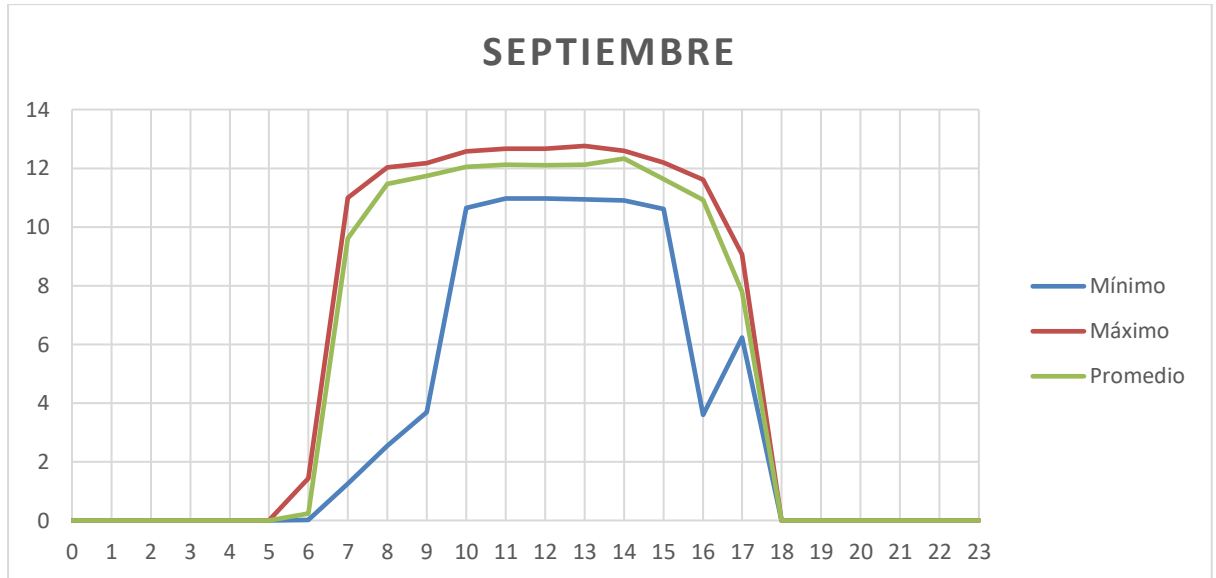


El mes septiembre presenta el peor comportamiento de los valores mínimos de irradiación, como se observa en la figura 32, en la mañana y un pico de bajada en la tarde,

afecta de muy mala manera. Pero, aun así, los valores promedios se mantienen cercanos a los valores máximos de irradiación, indicando que sigue siendo un buen mes.

Figura 32.

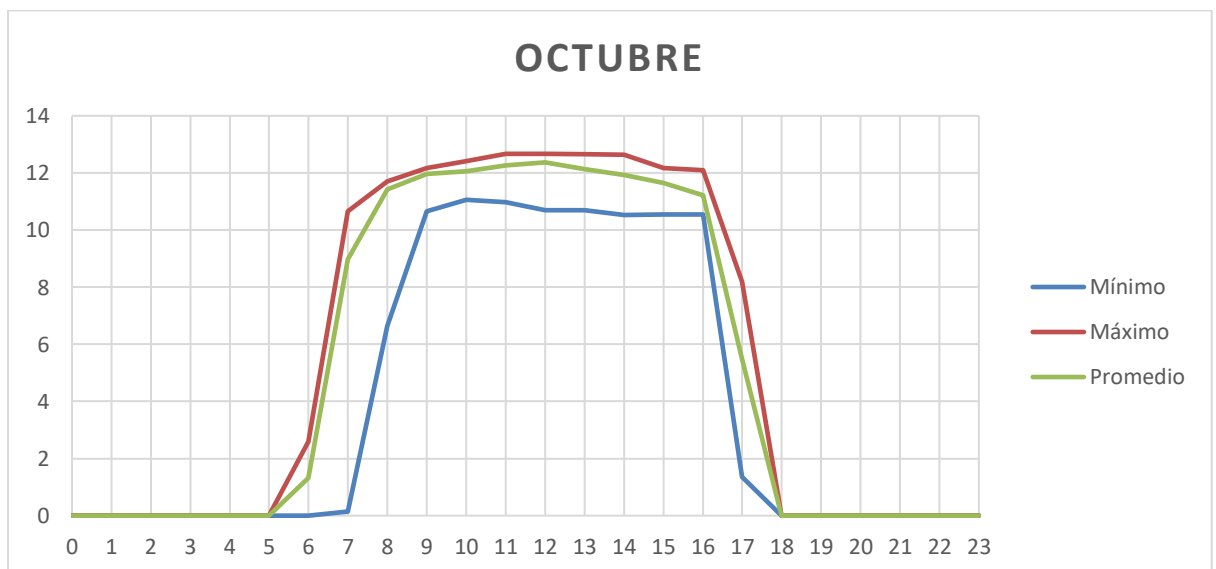
Práctica 4: Comportamiento del mes de septiembre



En octubre se puede observar en la figura 33 que las tres curvas tienen un comportamiento muy bueno donde no existen irregularidades, y al igual que marzo, las 3 curvas están muy cercanas entre, indicando otro indicio de lo buen mes que es octubre.

Figura 33.

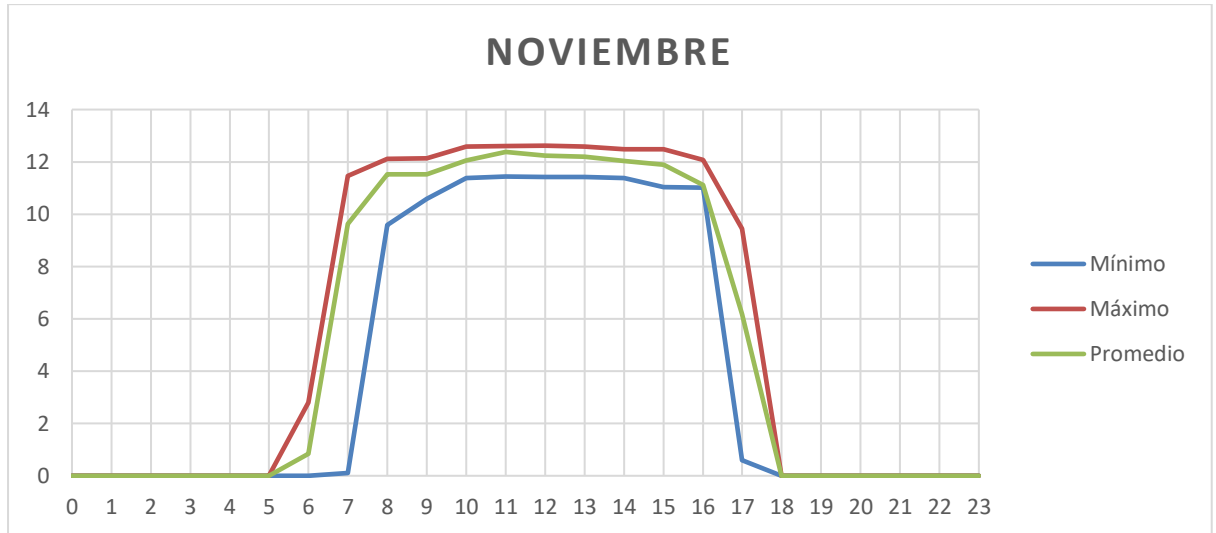
Práctica 4: Comportamiento del mes de octubre



El mes de noviembre es un mes al igual que octubre bueno, podemos ver un comportamiento similar en la figura 34.

Figura 34.

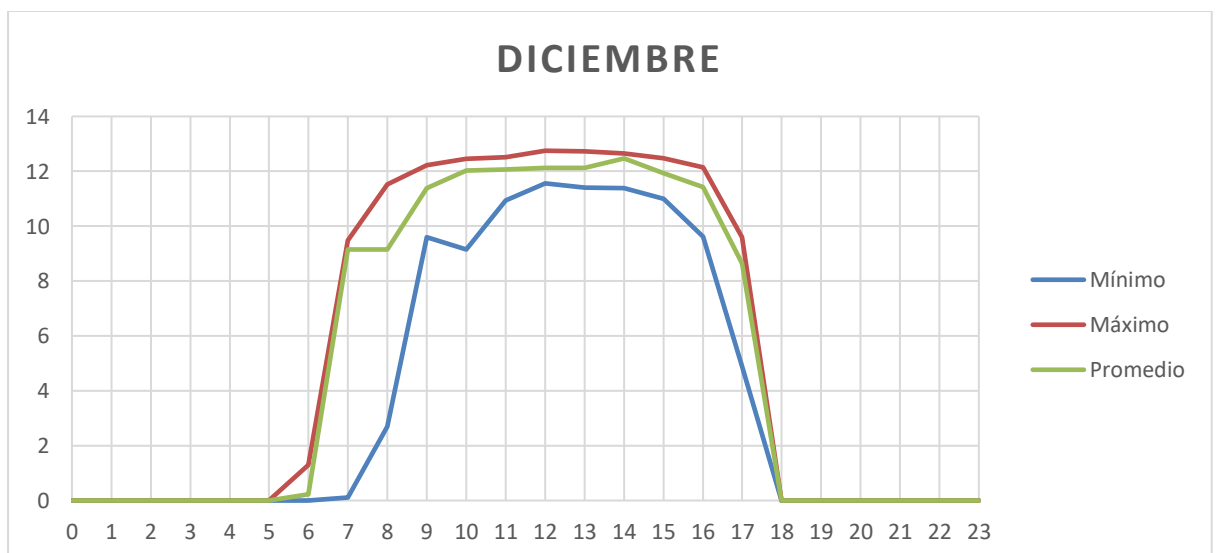
Práctica 4: Comportamiento del mes de noviembre



El mes de diciembre, presenta irregularidades por la mañana tanto en la curva de los valores mínimos de irradiación como en los valores promedio de irradiación, los valores máximos si mantienen un comportamiento bueno, y vemos que en su mayoría se acercan a los valores promedios.

Figura 35.

Práctica 4: Comportamiento del mes de diciembre



1.19.12 Conclusión de la práctica 4.

- El promedio en cada mes es muy bueno para poder alimentar hasta cierta carga, donde el mejor mes es marzo debido a que desde las 6 am ya se empieza a medir radiación hasta las 6 pm, en comparación a los otros meses. El resto de los meses se mantienen con valores estables quitando algún que otro pico de bajada, esto puede haber ocurrido por alguna nube que cubrió el sol a esa hora.

1.19.13 Práctica 5: Simulación de una micro central solar en el Aromo de la ciudad de Manta, con datos de irradiación recopilados del SolariusPV.

La práctica 5 se la realizó usando el software de SolariusPV, la cual nos permitió obtener datos de irradiación de una zona determinada, la cual para esta práctica escogimos el Aromo de la ciudad de Manta, debido a que se tiene la idea de construir una central generadora de paneles solares en ese sitio.

Para la realización de esta simulación, se escogerá en base a valores promedio del mes marzo, junio y septiembre. Se escogió marzo debido a que es el mes con mayor irradiación, julio al ser el mes con menos irradiación, y septiembre al ser un mes con una irradiación media.

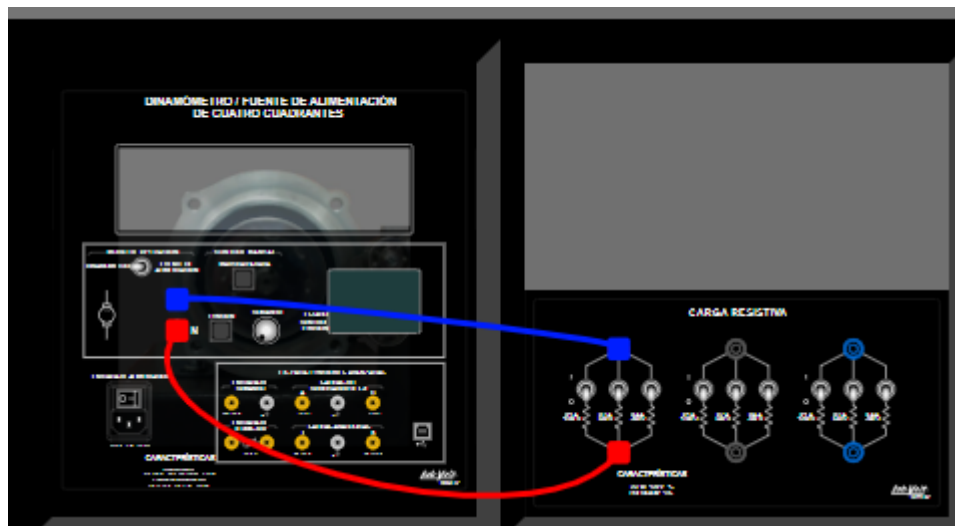
A continuación, el desarrollo de la práctica 5:

- 1) Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.
- 2) Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.

- 3) Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el módulo de resistencia, como se muestra en la siguiente figura, se midió mediante un multímetro, los valores de resistencias verificando que éstos se encuentren en buen estado y con su parametrización adecuada, para esta práctica solo se ocupó como carga la resistencia de 300 ohm.

Figura 36.

Práctica 5: Conexión del dinamómetro y el módulo de resistencias



- 4) Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.
- 5) Se utilizó el string máximo que permite el emulador de paneles solares, la cual consiste en 14 paneles en serie y 45 ramas en paralelo, simulando en este caso la micro central en el Aromo.
- 6) Se comenzó a poner los valores de irradiación de los meses de marzo, julio y septiembre, donde el mes de marzo es el mes con mayor irradiación, el mes de julio el mes con menor irradiación y el mes de septiembre se mantiene en la media de irradiación del resto de los meses. A continuación, se detalla estos valores por meses.

Tabla 35.*Datos de irradiación (W/m²) del mes de marzo*

Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Irradiación	3	160	387	567	723	781	807	757	698	561	383	177	6

Tabla 36.*Datos de irradiación (W/m²) del mes de julio*

Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Irradiación	3	112	252	382	489	532	554	504	440	335	227	99	2

Tabla 37.*Datos de irradiación (W/m²) del mes de septiembre*

Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Irradiación	9	172	328	471	600	632	628	571	530	417	257	107	1

- 7) Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.
- 8) Los parámetros registrados para esta práctica son la potencia, tensión y corriente, estos dos últimos para verificar que los resultados sean los correctos. A continuación, en las siguientes tablas se detallan los resultados obtenidos de estos tres meses.

Tabla 38.*Resultados obtenidos de Tensión (V) y Potencia (W) del mes de marzo*

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0

5	0	0	0
6	3	11.26	0.101
7	160	125.2	12.7
8	387	128.2	13.54
9	567	130	13.72
10	723	132.1	14.5
11	781	132.7	14.56
12	807	132.7	14.56
13	757	132.1	14.5
14	698	131.6	14.45
15	561	130	14
16	383	128.1	13.65
17	177	125.7	13.4
18	6	31.58	0.846
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 39.

Resultados obtenidos de Tensión (V) y Potencia (W) del mes de julio

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	26.6	0.573
7	112	124.4	12.1
8	252	127.1	13.41
9	382	128.4	13.56
10	489	130	13.72
11	532	130	13.72
12	554	130.2	13.75
13	504	130	13.73
14	440	129.5	13.67
15	335	128.4	13.56
16	227	126.6	13.36
17	99	123.8	12.68
18	2	6.667	0.039
19	0	0	0
20	0	0	0

21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 40.

Resultados obtenidos de Tensión (V) y Potencia (W) del mes de septiembre

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	9	46.58	1.786
7	172	125.5	12.72
8	328	127.6	13.46
9	471	129	13.61
10	600	130.5	13.78
11	632	131.1	14.39
12	628	131.1	14.39
13	571	130.2	13.89
14	530	130	13.86
15	417	128.4	13.69
16	257	126.6	13.49
17	107	124.1	12.83
18	1	1.397	0.002
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

1.19.14 Análisis de resultados de la práctica 5.

Como se muestra en la figura 37 el mes de marzo presenta un comportamiento bueno, pero el mes de julio como vemos en la figura 38 es aún mucho mejor, aunque los valores de irradiación sean menores. Septiembre un mes promedio de irradiación se observa en la figura 39 un comportamiento parecido al de marzo.

Figura 37.

Práctica 5: Potencia del mes de marzo

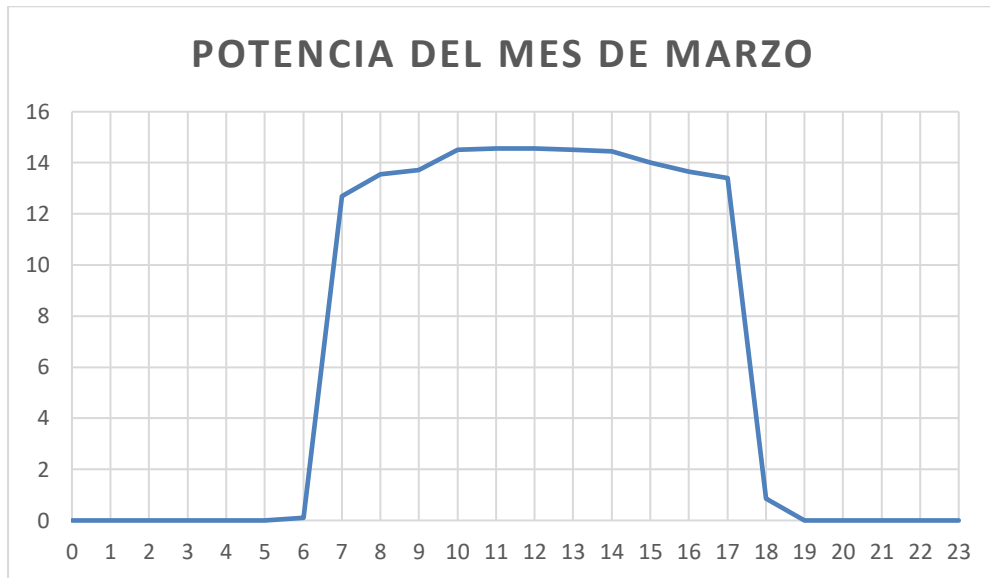


Figura 38.

Práctica 5: Potencia del mes de julio

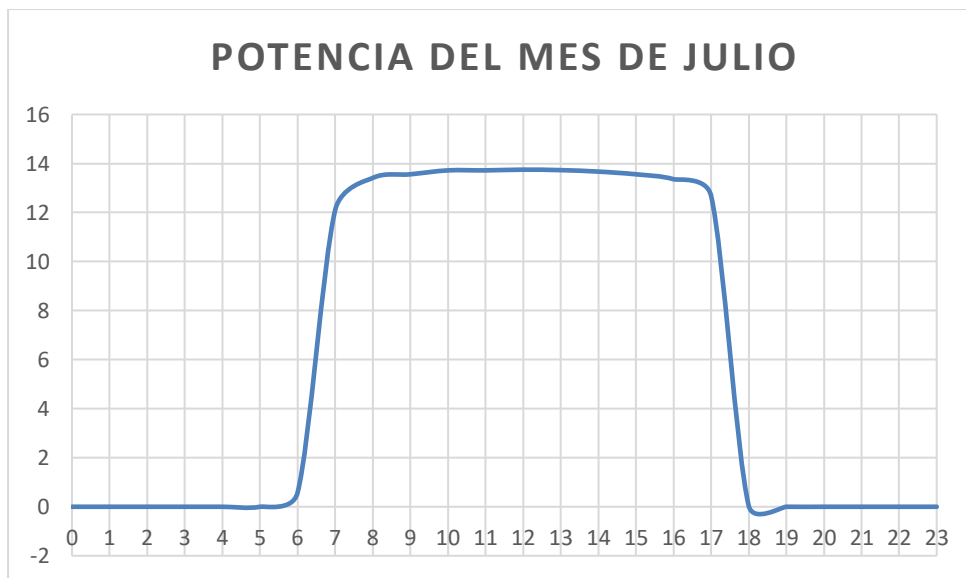
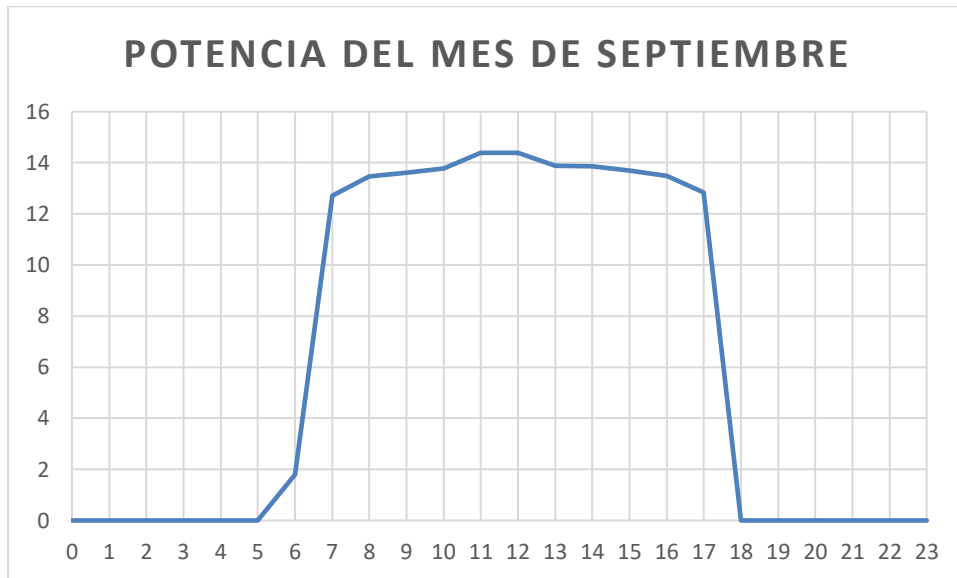


Figura 39.

Práctica 5: Potencia del mes de septiembre



1.19.15 Conclusión de la práctica 5.

- Se puede concluir que el emulador 8960-20 es una gran herramienta como objeto de estudio ya que nos permite obtener mediciones reales en laboratorio que pueden ser complementadas con software online, que nos ayudan a realizar cálculos, pero son de forma simulada a diferencia del emulador que solo modificando parámetros de entrada obtenemos mediciones reales ya sea en los elementos de medición o a su vez medir de forma directa en los terminales con un medidor analógico. El SolariusPV nos ayudó a demostrar que es factible por la irradiación, aun cuando julio siendo el mes con menos irradiación se tiene una buena curva.

1.19.16 Práctica 6: Simulación de valores de irradiación en la ciudad de Manta para los meses de marzo y julio configurando los valores de altitud y azimut.

Se realizó la práctica 6 con datos obtenidos del SolariusPV, cerca del actual espigón de la ciudad de Manta, donde aquí consideramos cambiar el control de orientación del panel,

donde en esta ocasión podemos configurar la inclinación y el acimut de los paneles, y la altitud y acimut respecto al sol.

Para esta práctica se tomó los valores reflejados en la tabla 41, donde estos valores van a depender del lugar donde se vayan a instalar el sistema de paneles solares, en el Ecuador la inclinación va a estar dada entre el 10° al 20°, y el acimut de 0°.

Tabla 41.

Datos del control de orientación de los paneles.

Inclinación	15°
Acimut	0°
Altitud de sol	62°
Acimut del sol	322°

A continuación, el desarrollo de la práctica 6:

- 1) Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.
- 2) Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.
- 3) Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el módulo de resistencia, como se muestra en la siguiente figura, se midió mediante un multímetro, los valores de resistencias verificando que éstos se encuentren en buen estado y con su parametrización adecuada, para esta práctica solo se ocupó como carga la resistencia de 1200 ohm.

Figura 40.

Práctica 6: Conexión del dinamómetro y el módulo de resistencias



- 4) Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.
- 5) Se configuró con un string de 13 paneles en serie porque así obtenemos un total de generación de 120V en corriente continua, simulando que es la tensión que ocupamos en corriente alterna, y 30 ramas en paralelo.
- 6) Se comenzó a poner los valores de irradiación de los meses de marzo, julio y diciembre, donde el mes de marzo es el mes con mayor irradiación, el mes de julio el mes con menor irradiación y el mes de diciembre se mantiene en la media de irradiación del resto de los meses, además de que este mes suele ser donde más se consumen energía eléctrica. A continuación, se detalla estos valores por meses.

Tabla 42.

Datos de irradiación (W/m²) del mes de marzo

Hora	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Irradiación	3	154	378	582	767	838	844	788	691	580	406	179	6

Tabla 43.*Datos de irradiación (W/m2) del mes de julio*

Hora	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Irradiación	3	116	261	420	545	605	604	574	520	399	270	115	2

Tabla 44.*Datos de irradiación (W/m2) del mes de diciembre*

Hora	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Irradiación	3	116	261	420	545	605	604	574	520	399	270	115	2

- 7) Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.
- 8) Los parámetros registrados para esta práctica son la potencia, tensión y corriente, estos dos últimos para verificar que los resultados sean los correctos. A continuación, en las siguientes tablas se detallan los resultados obtenidos de estos tres meses.

Tabla 45.*Resultados de Tensión (V) y potencia (W) obtenidos del mes de marzo*

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	11.06	0.11
7	154	115.9	11.26
8	378	118.8	11.55
9	582	120.6	12.23
10	767	122.7	12.43
11	838	123.1	12.48
12	844	123.1	12.48
13	788	122.7	12.44

14	691	121.7	12.33
15	580	120.7	12.23
16	406	118.8	11.8
17	179	116.4	11.43
18	6	26.30	0.594
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 46.

Resultados de Tensión (V) y potencia (W) obtenidos del mes de julio

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	11.44	0.102
7	116	115.1	10.7
8	261	117.6	11.42
9	420	119.3	11.59
10	545	120.2	11.68
11	605	120.9	12.25
12	604	120.8	12.25
13	574	120.7	12.23
14	520	120.2	11.93
15	399	118.8	11.67
16	270	117.6	11.55
17	115	115.2	11.32
18	2	6.69	0.032
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 47.

Resultados de Tensión (V) y potencia (W) obtenidos del mes de diciembre

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	51.5	2.19
7	116	116.7	11.34
8	261	118.4	11.52
9	420	120.2	11.68
10	545	120.4	11.69
11	605	121.8	12.34
12	604	122.1	12.37
13	574	121.7	12.34
14	520	120.9	12.25
15	399	119.6	11.87
16	270	118	11.59
17	115	116.6	11.45
18	2	1.69	0.000
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

1.19.17 Análisis de resultados de la práctica 6.

Con los datos obtenidos de la simulación en el espigón de la ciudad de manta con la irradiación tomando como referencia el máximo y el mínimo. Son bastante aceptables para la aplicación de sistemas fotovoltaicos ya que a lo largo del día se mantienen valores aceptables lo cual permite que haya generación de electricidad casi en todo el día.

Figura 41.
Práctica 6: Potencia del mes de marzo

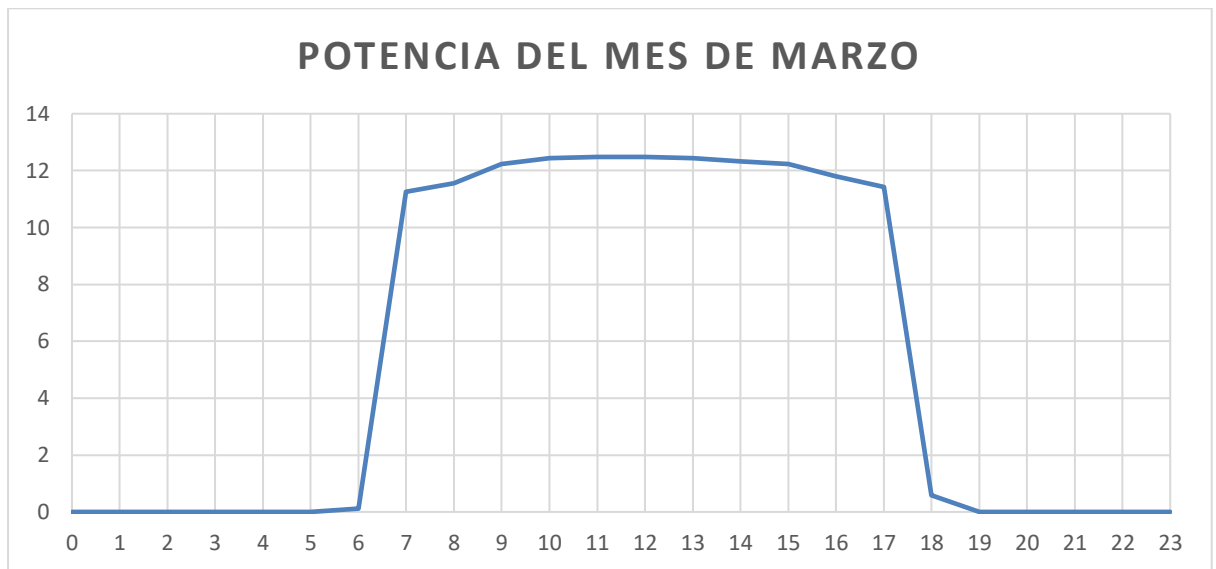


Figura 42.
Práctica 6: Potencia del mes de julio

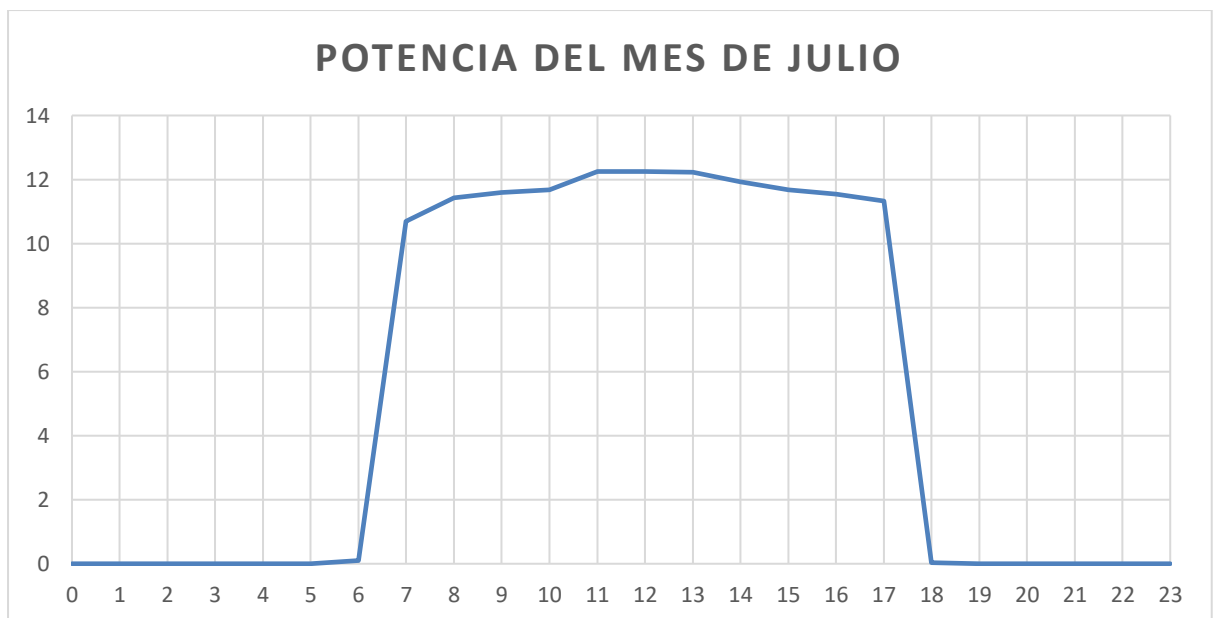
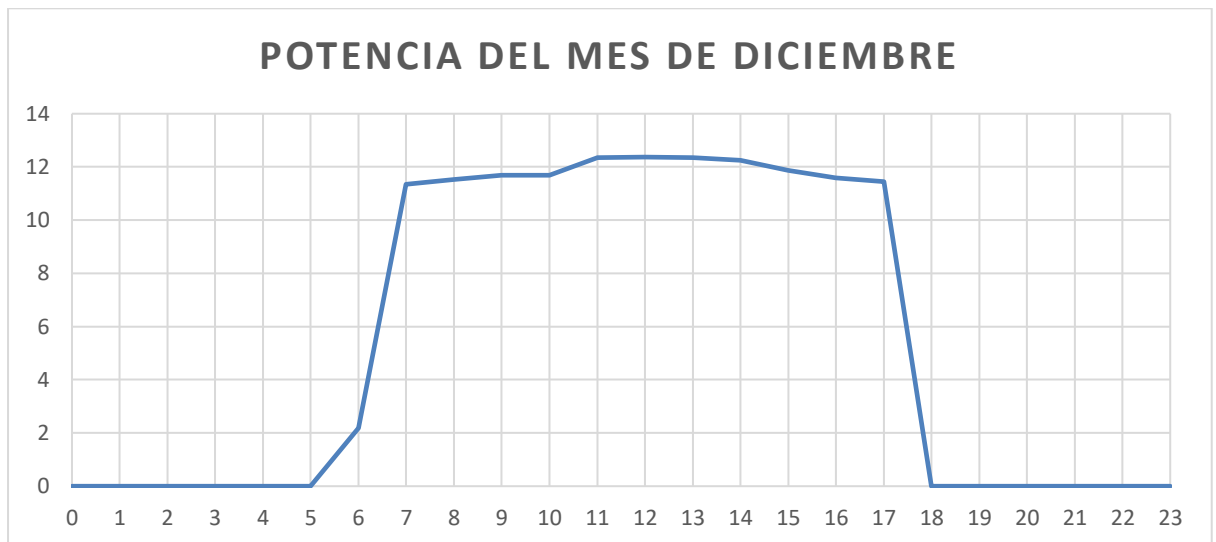


Figura 43.

Práctica 6: Potencia del mes de septiembre



1.19.18 Conclusión de la práctica 6.

Como conclusión de la práctica 6 se puede decir que el emulador de sistemas fotovoltaicos 8960-20 es muy completo ya que no solo se pueden modificar los valores de irradiación para realizar cálculos de minicentrales en cualquier lugar del mundo, también nos permite modificar los parámetros de orientación de los paneles solares de acuerdo a las necesidades o escenarios que se propongan, ya que estos son valores se los puede obtener de herramientas online y de esa forma ingresarlos como dato y realizar los cálculos.

1.19.19 Practica 7: Simulación de un sistema Fotovoltaico con sombra en el Cantón Montecristi.

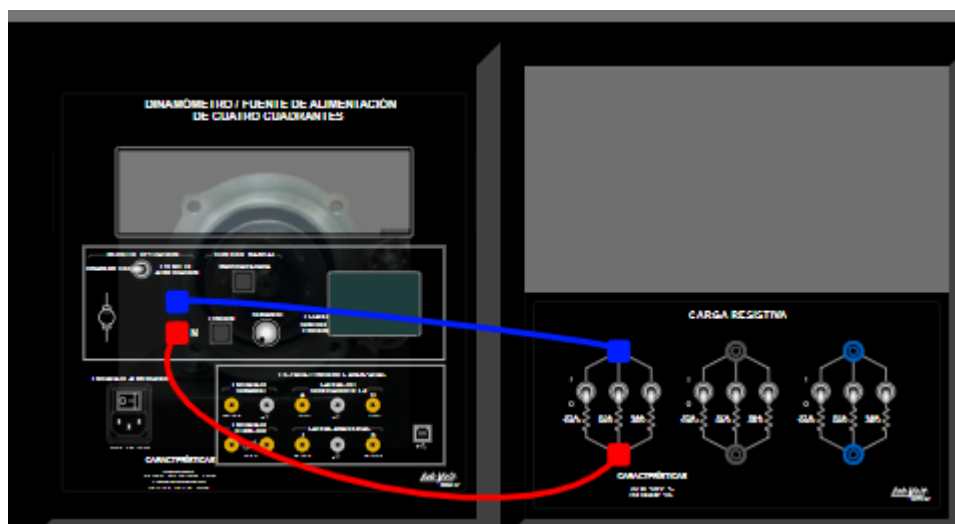
La práctica 7 se basó en el efecto sombra que pueda existir en caso de que esta se presente, por eso escogemos el cerro de Montecristi, debido a que por la altura suele haber días nublados, y al ser un lugar con árboles va a ver momento en el día donde exista sombras. Para esta ocasión vamos a ver el comportamiento cuando introducimos diodos de derivación, y cuando no.

A continuación, el desarrollo de la práctica 7:

- 1) Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.
- 2) Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.
- 3) Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el módulo de resistencia, como se muestra en la siguiente figura, se midió mediante un multímetro, los valores de resistencias verificando que éstos se encuentren en buen estado y con su parametrización adecuada, para esta práctica solo se ocupó como carga la resistencia de 1200 ohm.

Figura 44.

Práctica 7: Conexión del dinamómetro y el módulo de resistencia.



- 4) Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos

comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.

- 5) Se configuró con un string de 13 paneles en serie porque así obtenemos un total de generación de 120V en corriente continua, simulando que es la tensión que ocupamos en corriente alterna, y 15 ramas en paralelo.
- 6) Se puso los datos de irradiación promedio del mes de marzo y julio, siendo marzo el mejor promedio del día de irradiación, y julio es el peor promedio del día de irradiación, configurando y aplicando la aplicación o no de los diodos de derivación. A continuación, detallamos la irradiación de estos meses.

Tabla 48.

Datos de irradiación de marzo

Hora	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Irradiación	3	104	241	370	473	532	540	509	481	371	253	109	3

Tabla 49.

Datos de irradiación de julio

Hora	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Irradiación	3	160	368	556	713	828	798	777	706	551	369	168	5

- 7) Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.
- 8) Los parámetros registrados para esta práctica son la potencia, tensión y corriente, estos dos últimos para verificar que los resultados sean los correctos. A continuación, en las siguientes tablas se detallan los resultados obtenidos de estos 2 meses con y sin los diodos de derivación.

Tabla 50.*Resultados de Tensión (V) y Potencia (W) sin diodos de derivación en el mes de marzo*

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	1.766	0.003
7	104	113.8	10.58
8	241	117.9	11.45
9	370	120.4	11.7
10	473	121.3	12.04
11	532	122.8	12.45
12	540	122.8	12.45
13	509	122.3	12.4
14	481	122	12.37
15	371	120.4	12.08
16	253	117.9	11.58
17	109	116.7	11.46
18	3	6.505	0.038
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 51.*Resultados de Tensión (V) y Potencia (W) con diodos de derivación en el mes de marzo*

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	114.5	10.65
7	104	125.2	12.69
8	241	125.4	12.97

9	370	125.5	12.98
10	473	126.6	13.25
11	532	125.7	13.27
12	540	125.7	13.27
13	509	125.7	13.27
14	481	125.6	13.26
15	371	125.5	13.25
16	253	125.4	13.24
17	109	125	12.94
18	3	114.5	10.76
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 52.

Resultados de Tensión (V) y Potencia (W) sin diodos de derivación en el mes de julio

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	1.464	0.002
7	160	109.6	9.73
8	368	116	11.27
9	556	117.7	11.44
10	713	119.4	11.6
11	828	120.2	11.93
12	798	120.4	12.21
13	777	119.9	12.03
14	706	119.4	11.85
15	551	117.9	11.58
16	369	116.1	11.4
17	168	110.2	10.36
18	5	1.445	0.002
19	0	0	0

20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Tabla 53.

Resultados de Tensión (V) y Potencia (W) con diodos de derivación en el mes de julio

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	114.5	10.65
7	160	124.6	12.63
8	368	125.2	12.7
9	556	1125.4	13.24
10	713	125.4	12.71
11	828	125.5	12.98
12	798	125.5	13.25
13	777	125.5	13.25
14	706	125.4	13.24
15	551	125.4	13.11
16	369	125.3	13.09
17	168	125.8	12.91
18	5	125.5	10.88
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

1.19.20 Análisis de resultados de la práctica 7.

En base a los resultados obtenidos en la simulación de sistemas con sobra en los paneles, con los dos escenarios propuestos: con diodo, y sin diodo. Se puede observar que usando diodos baipás los valores de potencia son elevados, tomando como referencia el mes de marzo: el promedio: 11,86909091 sin diodo y 13,12636364 con diodo. Se puede observar

que, si hay una diferencia muy marcada de potencia, lo que nos indica que es mucho más eficiente si se usa diodos.

Tabla 54.

Comparación de la potencia sin diodos y con diodos de derivación del mes de marzo

Sin	Con
0.003	10.65
10.58	12.69
11.45	12.97
11.7	12.98
12.04	13.25
12.45	13.27
12.45	13.27
12.4	13.27
12.37	13.26
12.08	13.25
11.58	13.24
11.46	12.94
0.038	10.76

Tabla 55.

Comparación de la potencia sin diodos y con diodos de derivación del mes de julio

Sin	Con
0.002	10.65
9.73	12.63
11.27	12.7
11.44	13.24
11.6	12.71
11.93	12.98
12.21	13.25
12.03	13.25
11.85	13.24
11.58	13.11
11.4	13.09
10.36	12.91
0.002	10.88

1.19.21 Conclusión de la práctica 7.

- Una vez finalizada la simulación de los meses de máxima y mínima irradiación se pudo llegar a la conclusión de que el diodo al ser un elemento de protección también ayuda a que tengamos valores de tensión más elevados que sin diodo a que las pérdidas son menores, haciendo una comparación se puede observar que los valores de tensión se aumentan en aproximadamente 2-3 voltios en el escenario de cuando se usa el diodo.

Capítulo IV: Discusión de los Resultados

1.20 Conclusiones Generales

1. Se configuró correctamente el dinamómetro de cuatro cuadrantes en su función de emulador, realizando pruebas y mediciones con un multímetro analógico y comparando con los valores que nos daban los elementos de medición del equipo introduciendo diferentes valores de irradiación y se determinó que los valores eran similares, concluyendo que la configuración realizada era la adecuada.
2. Después de realizado el estudio y análisis de diferentes escenarios de simulación, se realizaron varias prácticas de laboratorio y se pudo concluir que el emulador es muy eficiente ya que trabaja de forma adecuada y no presenta problemas al cambio de escenarios sin importar la cantidad y rapidez de estos, como en la práctica 2 donde se midió la eficiencia con diferentes cargas y se obtuvo una eficiencia del 3.26%.
3. Se puede concluir que el emulador de sistemas fotovoltaicos 8960-20 es una gran herramienta para objeto de estudio en la simulación de sistemas fotovoltaicos, con ayuda de algunos softwares que nos proporcionan datos precisos, para así obtener valores reales en los bornes que pueden ser medidos por los estudiantes como prácticas de laboratorio, como en la práctica 1, 5, 6 y 7 que usamos datos de irradiación proporcionados por SolariusPV que nos dio buenos resultados de simulación.

Recursos disponibles y Presupuesto.

A continuación, se detallarán los recursos utilizados en la elaboración de la propuesta realizada.

1.21 Recursos Humanos

Tabla 56.

Descripción de los recursos humanos y la función que desempeñan los mismos

Nombre	Función o cargo	Aporte al proyecto
DR. Fernando Vladimir Jaramillo García	Docente	Tutor del proyecto
Mieles Barcia Ronald Steven	Estudiante	Autor
Velásquez Huertas Erick Moisés	Estudiante	Autor

1.22 Recursos Materiales y presupuesto

Tabla 57.

Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto

N.º	Descripción	Cantidad	Valor unitario \$	Valor total \$
1	Módulo de Dinamómetro de 4 cuadrantes/Fuente de alimentación Firmware pequeña central fotovoltaica	1	\$ 9.782,71	\$ 9.782,71
2	Correa de acoplamiento	1	\$ 30	\$ 30
3	Manual de practicas	1	\$ 20	\$ 20
4	Conectores de entradas o salidas	15	\$ 1.5	\$ 22,5
		Total		\$9.855,21

1.23 Cronograma de actividades.

Tabla 58.

Cronograma de la Fase 1

Actividades	Mes	Año 2023																							
		Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre											
Entrega del anteproyecto y petición de tutor para trabajo de titulación		■																							
Aprobación del tema y designación de tutor.			■	■																					
Elaboración del tema de Anteproyecto.				■	■																				
Planteamiento de Objetivos y revisión del tutor.					■																				
Desarrollo de la propuesta.					■	■																			
Elaboración de Antecedentes y revisión del tutor.						■	■																		
Desarrollo de Justificación y revisión del tutor.							■	■																	
Elaboración de Marco teórico y revisión de Fuentes bibliográficas.								■	■																
Planteamiento y desarrollo de Recursos.									■																
Revisión y corrección del Anteproyecto por parte del tutor									■	■															
Entrega del anteproyecto a la comisión académica											■														
Entrega del proyecto final, petición de tribunal y fecha de sustentación														■											

Tabla 59.

Cronograma de la Fase 2

<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Mes</div> <div style="margin-left: 20px;"> Año 2024 </div> </div>	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Actividades																			
Desarrollo del Capítulo I: El problema																				
Adquisición del Dinamómetro de cuatro cuadrantes																				
Desarrollo del Capítulo II: Marco Teórico																				
Desarrollo del Capítulo III: Diseño del Proyecto																				
Seguimiento del Tutor en el formato de Tesis																				
Desarrollo de Prácticas																				
Desarrollo del Capítulo IV: Discusión de los Resultados																				
Revisión y corrección del Proyecto																				
Conclusiones y Anexos																				
Entrega del proyecto al tutor y Correcciones																				
Entrega del proyecto final con la documentación																				
Designación de fecha de sustentación																				

Bibliografía

Acca SoftWare. (2020). Solarius PV. 10.

Aguilar, H. R. (Diciembre de 2014). *Diseño de un cargador de baterías en aplicaciones de energía solar*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/326232219_Disenio_de_un_cargador_de_baterias_en_aplicaciones_de_energia_solar

Alfonso, C. c. (2019). *Diseño y construcción de un sistema solar fotovoltaico aislado para alimentar el sistema de iluminación LED y equipo audiovisual en Edificio A de la Universidad Técnica Latinoamericana*. Obtenido de redicces org sv: <http://redicces.org.sv/jspui/handle/10972/5016>

Aparicio, M. P. (2020). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*. Barcelona: Marcombo.

ARCERNNR. (Junio de 2023). *Panorama eléctrico 2023 Edición 18*. Obtenido de ARCERNNR: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/09/PanoramaElectricoXVIII-Septiembre-Baja.pdf>

Arely, G. R. (Febrero de 2019). *Generación de energía fotovoltaica aislada de la red para iluminación*. Obtenido de repositorio uaaan: <https://repositorio.uaaan.mx/bitstream/handle/123456789/45634/SANDRA%20ARELY%20G%c3%81MEZ%20RODR%c3%8dGUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arredondo Mamani, J., & Sal y Rosas Celi, D. (2020). *Control de un sistema fotovoltaico-convertidor de puente activo doble resonante serie en condiciones de sombreado parcial usando el método de optimización por enjambre de partículas*. D - Universidad Nacional de Ingeniería.

- Banbe, I. E. (2021). *Análisis de las Curvas Características de una Planta Fotovoltaica bajo el Efecto del Sombreado y Modelo de un Inversor*. Obtenido de upcommons: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/366711>
- Barrera, J. C. (2020). *Rendimiento de una instalación fotovoltaica conectada a la red a más de 2500 msnm*. Obtenido de Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj40KGN-dWBAXUrmGoFHVbgAqk4ChAWegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Frepositorio.escuelaing.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F001%2F1138%2FQuevedo%2520Barrera%252C%2520Julio%2520C%25>
- Benito, M. M. (2022). *Estudio de la inclinación óptima de paneles solares bifaciales monocristalinos de silicio*. Obtenido de uvadoc: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/54254>
- Berlanga, A. J. (2019). *Diseño de una central eléctrica eólica – fotovoltaica de 50kva en el Centro Poblado de Chaucalla Distrito de Toro y Chichas Departamento de Arequipa*. Obtenido de repositorio ucsm: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/b3d50675-de6e-441c-b0e0-69e8981646f7>
- Cano, A. M. (Septiembre de 2020). *Estabilización de los parámetros eléctricos que caracterizan la eficiencia de los paneles fotovoltaicos de silicio amorfo bajo condiciones reales de funcionamiento*. Obtenido de riunet upv: <https://riunet.upv.es/handle/10251/151909>
- Carta González, J., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. (Madrid de 2009). *Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables*.

Obtenido de AcademiaEdu:

https://www.academia.edu/28888909/Centrales_de_energ%C3%ADas_renovables_Generaci%C3%B3n_el%C3%A9ctrica_con_energ%C3%ADas_renovables

Cayo Ramirez, M., Tuquerres Imbaquingo, O., & Maya Izurieta, N. (23 de Diciembre de 2021).

Comparación de la relación de métodos para determinar la eficiencia de un panel fotovoltaico. Obtenido de investigacionistct:

https://investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/136

Cepeda López, M., & García Burgos, C. (Junio de 2021). *Diseño de adaptación de un motor*

eléctrico fuera de borda alimentado por energía solar fotovoltaica para una embarcación de 16 ft de eslora. Obtenido de repositorio uan:

<https://repositorio.uan.edu.co/items/27ce9911-f285-4eab-bc2a-52e651f00ccd>

Corina, O. Q. (2021). *Diseño de una vivienda ecológica bioclimática productiva,*

energéticamente autónoma con sistema fotovoltaico, térmico y biomasa. Obtenido de repositorio umsa: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/35637>

Cubillo Sagüés, M., Gordaliza Lozoya, D., & García Sánchez, J. (2020). *Gestión de la*

eficiencia energética en el sector industrial. AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación.

FESTO. (2023). Dinamómetro/fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. ALEMANIA :

FESTO.

FESTO. (2024). *Carga resistiva.* Obtenido de FESTO:

https://labvolt.festo.com/solutions/6_electricity_and_new_energy/50-8311-00_resistive_load

FESTO. (2024). *Motor/generador cc*. Obtenido de FESTO:
https://labvolt.festo.com/solutions/6_electricity_and_new_energy/50-8211-00_dc_motor_generator

Festo Lab Volt Series. (s.f.). *Four-Quadrant Dynamometer/Power Supply*. Obtenido de Festo Lab Volt Series:
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjgovfilNaBAxWblGoFHVoWC_4QFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Flabvolt.festo.com%2Fsolutions%2F6_power_energy%2F98-8960-00_four_quadrant_dynamometer_power_supply&usg=AOvVaw2u

Fraidenraich, N. (2024). *Ciência e Tecnologia Solar no Brasil*. Brasília: Editora AGE.

García, F. R. (2022). *Análisis del rendimiento de un módulo fotovoltaico de lámina delgada en condiciones de baja concentración*. Obtenido de idus:
<https://idus.us.es/handle/11441/131521>

García, J. J. (2019). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: SÍNTESIS, S. A. Obtenido de
<https://www.sintesis.com/data/indices/9788491713517.pdf>

Gruezo Valencia, D., & Solis Mora, V. (Abril de 2022). *Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica*. Obtenido de dialnet unirioja:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8483048>

grupoelectrostore. (2024). *CABLE 22AWG CON PLUGS BANANA 4MM VARIOS COLORES 1M*. Obtenido de grupoelectrostore: <https://grupoelectrostore.com/shop/cables-plugs-y-conectores/cable-22awg-con-plugs-banana-4mm-varios-colores-1m/>

- Guerrero, A. F. (Marzo de 2024). *Estudio, modelado y análisis del comportamiento de cada etapa de un sistema fotovoltaico para su conexión a la red*. Obtenido de pirhua udep: <https://pirhua.udep.edu.pe/items/b9271f42-2cfb-47ce-be7a-282f6c56f1f6>
- Guevara, J. A. (2018). *Diseño y calculo de una instalacion fotovoltaica aislada*. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid: https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf
- Inoñan, Y. A. (Diciembre de 2018). *Dimensionamiento de un Sistema Eólicofotovoltaico para Electrificar el Caserío La Unión en el Distrito de Jayanca- Lambayeque*. Obtenido de repositorio unprg: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3317>
- IRENA. (2019). *Future of solar photovoltaic*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Jara, M. A. (2019). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA Y LAS SMART GRID COMO MODELO PARA DIVERSIFICAR LA MATRIZ ENERGÉTICA DE ECUADOR*. Manta: UNED Escuela de Doctorado.
- Juan Carlos Mendoza, E. A. (2022). *Energías Renovables: Implementación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque La Reserva de Cota*. Bogotá: Corporeción Universitaria Minuto de Dios .
- LEONARDO GÜIZA-SUAREZ, J. C.-G. (2019). *Energías renovables no convencionales y cambio climático: Un análisis para Colombia* . Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Luna, A. d. (2019). *Energías Renovables hacia la Sustentabilidad*. MEXICI D.F: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

- Luna, N. S. (2019). *ENERGÍA SOLAR Origen*. Obtenido de docplayer:
<https://docplayer.es/66229489-Energia-solar-origen-1.html>
- Mamani, J. R. (2020). Control de un sistema fotovoltaico convertidor de puente activo doble resonante serie en condiciones de sombreado parcial usando el método de optimización por enjambre de partículas. LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
- Manuel Raúl Peláez Samaniego, P. J. (2020). *ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR, b SITUACIÓN ACTUAL, TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS*. Universidad de Cuenca: Cuenca.
- Martin, P. F. (2022). *Energía solar fotovoltaica para todos* . MARACOMBO, S.L.
- Martínez, A. F. (2021). *Caracterización eléctrica y morfológica de celdas solares orgánicas basadas en PTB7-Th: PC71BM*. Obtenido de Repositorio institucional:
<https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/1232/1/18130.pdf>
- Martínez, P. R. (2009). *Energía Solar Térmica: Técnicas para su Aprovechamiento*. Barcelona: Marcombo.
- Miranda, E. (Febrero de 2018). *Modelo matemático para un panel solar* . Obtenido de ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/323345737_Modelo_matematico_de_un_Panel_FV
- Morales, G. T. (2019). *Efectos de generación fotovoltaica en los sistemas de distribución*. Obtenido de repositorio uta: <https://repositorio.uta.cl/xmlui/handle/20.500.14396/719>
- National Renewable Energy Laboratory. (2019). *PVWatts Version 5 Manual*. NREL/TP-6A20-62641.

- OSINERGMIN. (Noviembre de 2019). *Energías Renovables*. Obtenido de osinergmin: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf
- Pardillos, S. C. (2020). *Instalación fotovoltaica en autoconsumo Caso práctico: centro deportivo*. Valencia : Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia .
- Petru Valentin Rosu, Adrian-Traian Plesca, Georgel Gabor, & Gabriel Chiriac. (Febrero de 2021). *Optimización del funcionamiento de los sistemas de paneles fotovoltaicos*. Obtenido de IEEE: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9305534>
- PVWatt. (2023). Obtenido de <https://www.sma.de/es/productos/aplicaciones-y-software/sunny-design#:~:text=Con%20el%20software%20Sunny%20Design,sin%20conectar%20a%20la%20red.>
- Quilumba Toapanta, R., & Quimbita Terán, B. (Agosto de 2021). *Desarrollo de un sistema scada para supervisión y adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos*. Obtenido de repositorio utc: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8105/1/PI-001807.pdf>
- rafiki power. (2018). *Trainer guide book for installer and operators of solar photovoltaic systems training*.
- Real, C. A.-J.-D. (2022). *Control Neuronal y Difuso para sistemas Fotovoltaicos*. Santa Marta: (Gasquet, 2004). Regularmente, ROBLES ALGARÍN, C. A. VILORIA PORTO, J. P. ; RESTREPO LEAL, D. A. Control neuronal y Editorial Unimagdalena.
- Rios, H. I. (Julio de 2022). *Análisis de factibilidad técnico – económica para la implementación de sistemas fotovoltaicos domiciliarios conectados a la red de*

distribución de energía eléctrica, basados en la demanda del porcentaje mayor de usuarios de la categoría domiciliar de la. Obtenido de repositorio umsa:
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/33048>

Saenz, A. (2002). *Manual de Energía Fotovoltaica*. San José: Biomass Users Network: BUN-CA. Obtenido de Academia:
https://www.academia.edu/42622201/Manual_Energia_Solar_Fotovoltaica

Santos, M. B. (Junio de 2020). *Estudio y caracterización de células fotovoltaicas mediante arduino*. Obtenido de repositorio unican:
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/18859/425489.pdf?sequence=1>

Secretaría de Gobierno de Energía. (2019). *Manuela de generación distribuida solar fotovoltaica*. Buenos Aires.

Shusen Kuang, Kuo-Chi Chang, Kai-Chun Chu, Yuh-Chung Lin, Hsiao-Chuan Wang, Tsui-Lien Hsu, & Fu-Hsiang Chang. (Noviembre de 2020). *Estudio de chip dsp (tms320f2812) para sistema de control de seguimiento del punto de máxima potencia de generación fotovoltaica avanzada*. Obtenido de IEEE:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9268608>

Solé, A. C. (2014). *Energía termosolar*. Cano Pina.

Sonia Montesinos Geisse, D. C. (2018). *Energías Renovables: Escenario Actual y Perspectivas Futuras*. Santiago De Chile : ebooks Patagonia: Editorial Universidad de La Serena.

SunnyDesign. (2024). *SunnyDesign*. Obtenido de SunnyDesign:
<https://www.sunnydesignweb.com/sdweb#/>

Tobajas, C. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica*. Murcia: Cano Pina.

Truper. (2024). *Multímetro digital profesional*. Obtenido de kywi:
<https://www.kywi.com.ec/multimetro-digital-profesional-truper/p>

Vargas, L., Haas, J., & Reyes, L. (2020). *Generación de energía eléctrica con fuentes renovables*. Editorial Universitaria de Chile.

Anexos

GUÍA TALLER/LABORATORIO

GUÍA DE PRÁCTICAS DE ASIGNATURA

INFORME

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Simulación de valores de irradiación en la ciudad de Arenillas para los meses de marzo y julio en el dinamómetro de cuatro cuadrantes. (meses con mayor nivel de irradiación)	No. PRÁCTICA: 1
------------------------------	---	------------------------

1. DATOS INFORMATIVOS

CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
CICLO/NIVEL:	Noveno Semestre
FECHA:	17/05/2024
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	Mieles Barcia Ronald Steeven Velázquez Huertas Erick Moisés
DOCENTE RESPONSABLE	Dr. Fernando Vladimir Jaramillo García

2. FUNDAMENTACIÓN

La práctica 1 se realizó basándose en valores de irradiación de un estudio de tesis doctoral en un determinado sitio, valores que se los ingresó en el software con la finalidad de poder obtener la gráfica voltaje-tiempo ya que los valores en los que se basó el estudio estaban dados desde las 7 de la mañana hasta las 5 de la tarde.

Es importante resaltar que el software Festo del dinamómetro de cuatro cuadrantes nos permite realizar la variación de estos valores de irradiación obtener los voltajes en una interfaz gráfica, adicionalmente pueden ser medidos en sus terminales de manera real.

Irradiación:

La radiación solar es un parámetro fundamental para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. Esta radiación varía geográficamente debido a condiciones climatológicas. Por este motivo, se vuelve relevante contar con un sistema que permita monitorizar la radiación solar de un sitio para poder diseñar óptimamente un sistema fotovoltaico.

En este artículo se presenta una introducción a la radiación solar, un breve análisis del espectro solar y de la respuesta espectral de un piranómetro para medir la radiación del Sol. Se presenta además un sistema propuesto basado en un piranómetro, microcontroladores, módulos de radiofrecuencia y un computador para medir la radiación solar de la ciudad de Cúcuta. Los datos obtenidos se podrán utilizar para la validación y escogencia de modelos de radiación solar. Se describe al final el estado actual de esta investigación (Sepúlveda, 2021).

3. OBJETIVOS

Comprender el comportamiento de la tensión vs el tiempo, con dos días de diferentes meses tomando la medición de la irradiación solar de Arenillas.

4. MATERIALES E INSUMOS

- Dinamómetro cuatro cuadrantes LabVolt Serie 8960-20.
- Computador con el software de LabVolt Emulator Solar Panel

5. PROCEDIMIENTO

N°	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.	Primero se conecta la carga más pequeña.
2	Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.	
3	Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.	
4	Se configuró el string de los paneles solares de tal manera que fueron 10 paneles en serie y 30 paneles en paralelo, para este caso no se dispuso a conectar ningún tipo de carga, únicamente se registró los datos de tensión de circuito abierto.	
5	Se comenzó a poner los valores de irradiación promedio del mes marzo (mes con mayor irradiación del año) por un día, de tal manera que vaya variando conforme avance el día.	Por cada hora desde las 7 AM hasta las 17 PM
6	Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó tanto los datos de tabla como la gráfica resultante en PDF.	

7	Se repitió el mismo proceso para el mes julio (mes con menor irradiación del año), para variar la irradiación promedio de un día de este mes, registrar y guardar los datos de tabla obtenidos y la gráfica correspondiente.	
----------	--	--

6. CUADRO DE RESULTADOS

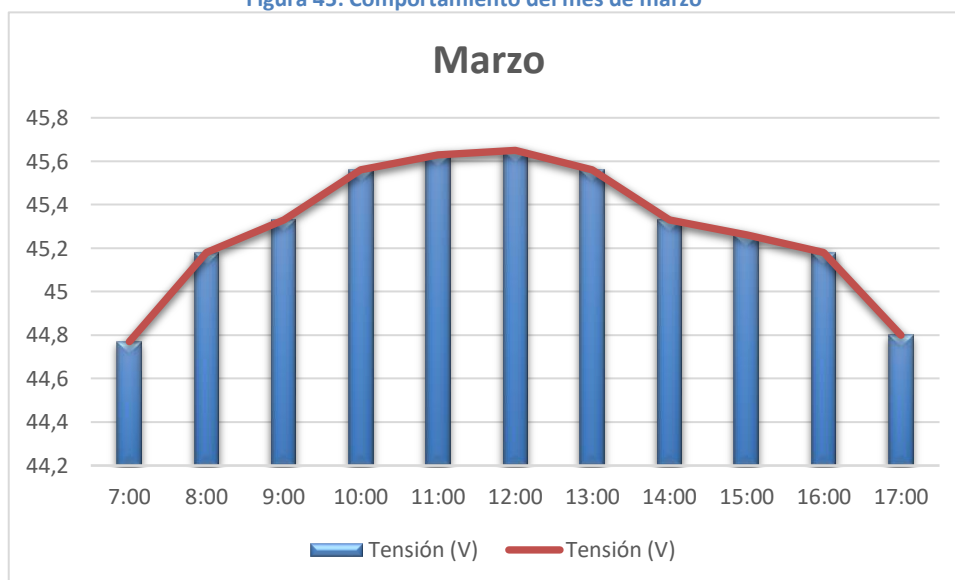
Para el mes marzo se obtuvieron los siguientes valores de tensión.

Tabla 60: Resultados del mes de marzo

Hora del día	Tensión (V)
7:00	44.77
8:00	45.18
9:00	45.33
10:00	45.56
11:00	45.63
12:00	45.65
13:00	45.56
14:00	45.33
15:00	45.26
16:00	45.18
17:00	44.8

Y la gráfica que describe el comportamiento se muestra a continuación:

Figura 45: Comportamiento del mes de marzo



Para el mes julio se obtuvieron los siguientes valores de tensión.

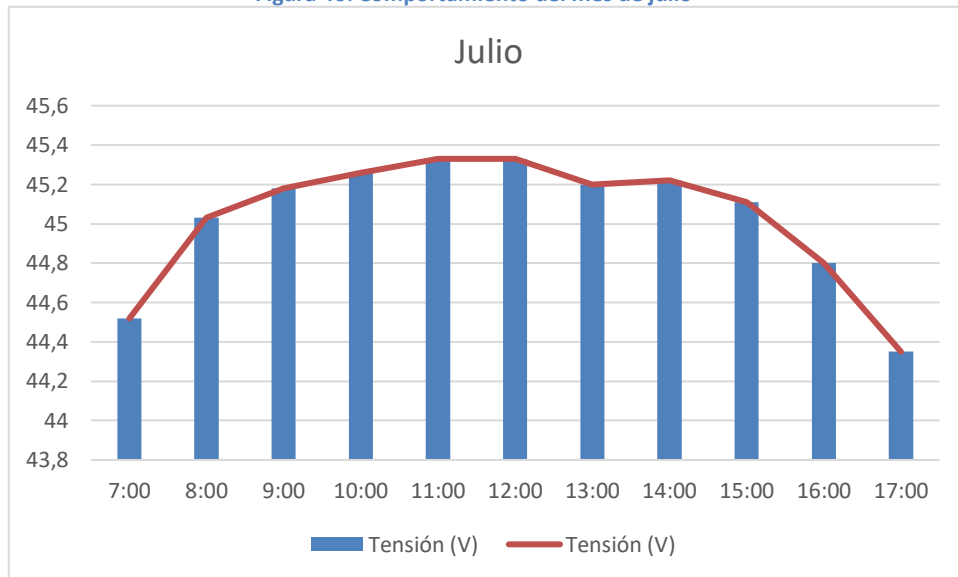
Tabla 61: Resultados del mes de Julio

Hora del día	Tensión (V)
7:00	44.52
8:00	45.03
9:00	45.18
10:00	45.26
11:00	45.33
12:00	45.33
13:00	45.2

14:00	45.22
15:00	45.11
16:00	44.8
17:00	44.35

Y la gráfica que describe el comportamiento se muestra a continuación:

Figura 46: Comportamiento del mes de julio



7. CONCLUSIONES

Como conclusión de la práctica uno se pudo observar que los voltajes varían poco en relación con los niveles de irradiación, por lo que se puede decir que se tiene niveles de tensión bastante cercanos entre si dependiendo de cada hora del día, ya que estos varían entre 44 V a 46 V, lo que podemos decir que es estable.

8. RECOMENDACIONES

Como recomendación para la siguiente práctica se puede investigar un poco más a cerca del módulo, adicional a lo que nos indica el manual. Por ejemplo, los valores de carga que se pueden conectar para poder obtener la gráfica voltaje-corriente-potencia.

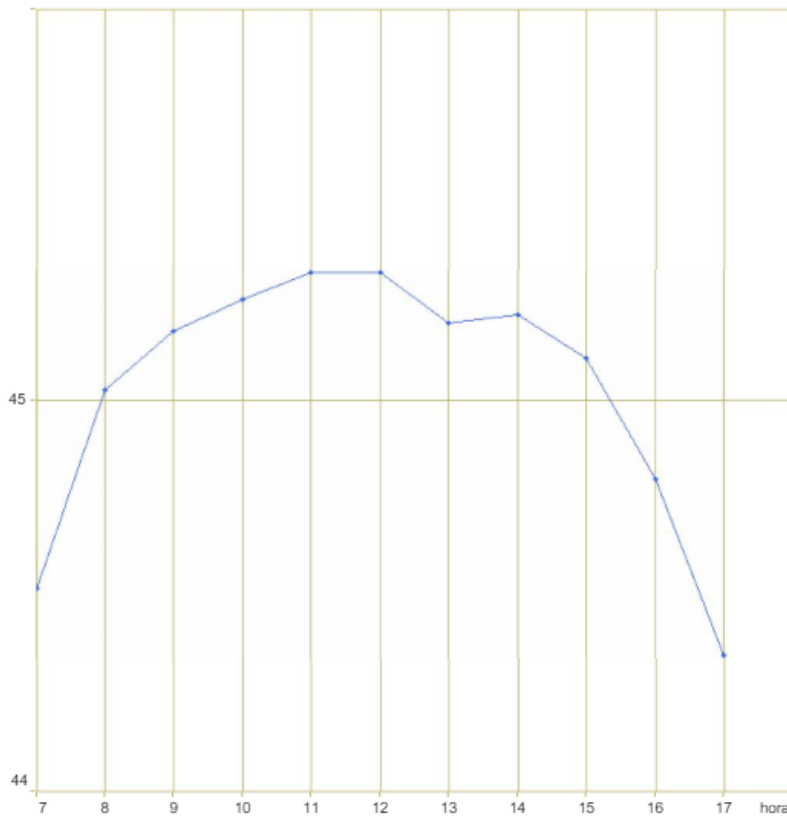
9. BIBLIOGRAFÍA

Scribd. (s.f.). <http://es.scribd.com/doc/56527474/Graficas-y-Tablas-Writer>
 Sepúlveda, S. (diciembre de 2021). *SOLAR RADIATION: KEY FACTOR FOR DESIGN OF*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5109240.pdf>

10. ANEXOS

GRAFICAS DEL MES DE JULIO

Figura 47: Gráfica Voltaje-Tiempo mes de julio



GRAFICAS DEL MES DE MARZO

Figura 48: Tabla de los resultados obtenidos del firmware

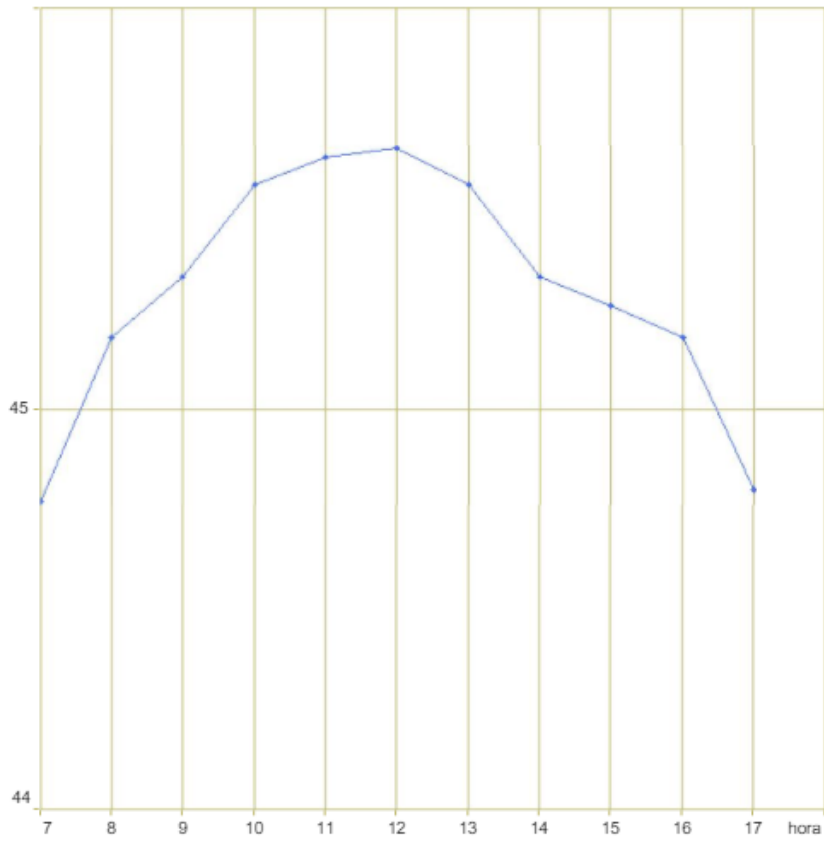
FESTO

Marzo

Índice de la fila	Tiempo (hora)	Tensión (V)
1	7	44.77
2	8	45.18
3	9	45.33
4	10	45.56
5	11	45.63
6	12	45.65
7	13	45.56
8	14	45.33
9	15	45.26
10	16	45.18
11	17	44.8
12		

Figura 49: Ilustración 2 Gráfica Voltaje-Tiempo mes de marzo

FESTO



Fecha de Elaboración: 18/05/2024

Elaborado por: Miele Barcia Ronald Steven

Velásquez Huertas Erick Moisés

REVISADO POR:

Ing. Fernando Vladimir Jaramillo García. PHD

FECHA:

GUÍA TALLER/LABORATORIO

GUÍA DE PRÁCTICAS DE ASIGNATURA

INFORME

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Emulador del Panel Solar con Resistencia para obtener la eficiencia con diferentes cargas	No. PRÁCTICA: 2
------------------------------	---	------------------------

1. DATOS INFORMATIVOS

CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
CICLO/NIVEL:	Noveno Semestre
FECHA:	24/05/2024
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	Mieles Barcia Ronald Steeven Velázquez Huertas Erick Moisés
DOCENTE RESPONSABLE	Dr. Fernando Vladimir Jaramillo García

2. FUNDAMENTACIÓN

Esta práctica se realizó midiendo la potencia con diferentes mediciones de carga, para esto usamos el módulo de resistencia de LabVolt, que iremos conectando las resistencias en paralelo para ir viendo cual es la potencia consumida por un valor de resistencia.

Los valores de resistencia que iremos obteniendo se muestran en la tabla 1. Tomando en cuenta que la potencia máxima que puede entregar este sistema, del cual consta de 14 paneles en serie, y 45 ramas en paralelo, es de 647.766 w, que será la potencia de entrada, para obtener la eficiencia.

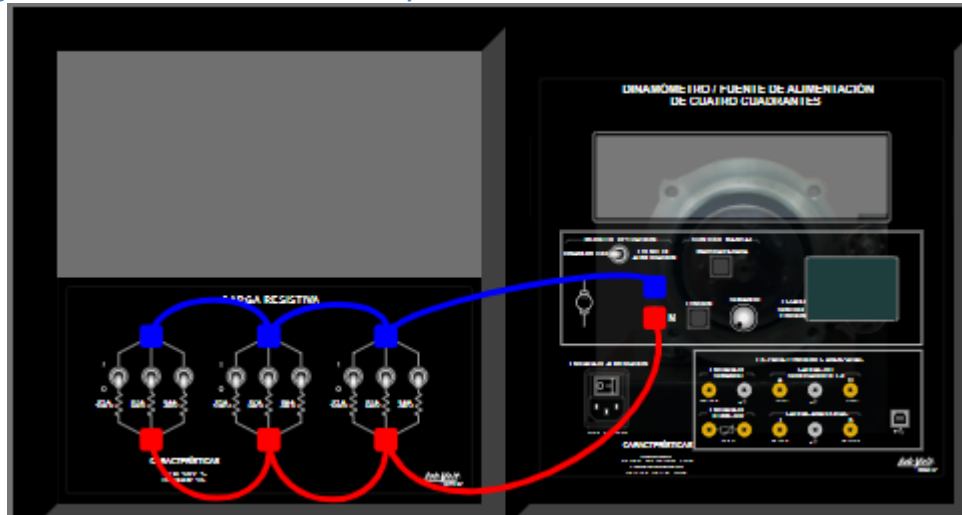
Tabla 62: Valores de resistencias.

Resistencia
1200
400
171.43
150
120
110
80
70
60

El cálculo para obtener la eficiencia es $n = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \times 100\%$.

La conexión para esta práctica es la presentada en la figura 1, la cual usaremos todas las resistencias que esta contiene.

Figura 50: Conexión entre el dinamómetro y módulo de resistencia



3. OBJETIVOS

Simular un sistema de paneles fotovoltaicos con diferentes cargas para obtener la eficiencia en diferentes escenarios de carga.

4. MATERIALES E INSUMOS

- Dinamómetro cuatro cuadrantes
- Computador con el software de LabVolt Emulator Solar Panel
- Módulo de resistencia 8311
- Cable jumpers
- Multímetro o Amperímetro
- Calculadora

5. PROCEDIMIENTO

Nº	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.	Primero se conecta la carga más pequeña.
2	Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.	
3	Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el módulo de resistencia, como se muestra en la figura 1, se midió mediante un multímetro, los valores	

	de resistencias verificando que éstos se encuentren en buen estado y con su parametrización adecuada, para esta práctica se usó todas las resistencias de este módulo.	
4	Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.	
5	Se puso el string máximo y la irradiación máxima, con lo cual lo único que varió serán los valores de resistencias, empezando con una resistencia de $R_1 = 1200$ ohm, debido a que están conectados en paralelo, conforme se van usando, esta va reduciendo, a continuación, los cálculos de la obtención de estos valores.	Se la realizó con la siguiente fórmula: $R_{eq} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$
6	Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.	
7	Se obtuvo los valores de tensión, corriente y potencia, estos dos primeros para verificar que los valores de potencia obtenidos sean los correctos.	
8	Calculamos la eficiencia por cada valor de potencia obtenido como la salida, y la potencia de entrada es la potencia máxima que arroja esta configuración de string, a continuación, se desarrolla los cálculos:	Se la realizó con la siguiente fórmula: $\eta = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} \times 100 \%$

6. CONCLUSIONES

Podemos concluir que conforme el valor de resistencia decae, la eficiencia aumenta. Esto se da debido a que al aumentar la corriente y estar directamente ligado al cálculo de la potencia, se va en aumento también, esto porque al estar conectando más resistencia más en paralelo, las corrientes de cada rama también se van sumando, llegando a un valor de eficiencia 47.46 % como máxima en cuanto a mínima de 2.55 %,

7. RECOMENDACIONES

Se puede realizar esta práctica poniendo más valores de resistencia, realizando la conexión en serie.

8. BIBLIOGRAFÍA

<http://es.scribd.com/doc/56527474/Graficas-y-Tablas-Writer>
 eda, S. (diciembre de 2021). *SOLAR RADIATION: KEY FACTOR FOR DESIGN OF*. Obtenido de
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5109240.pdf>

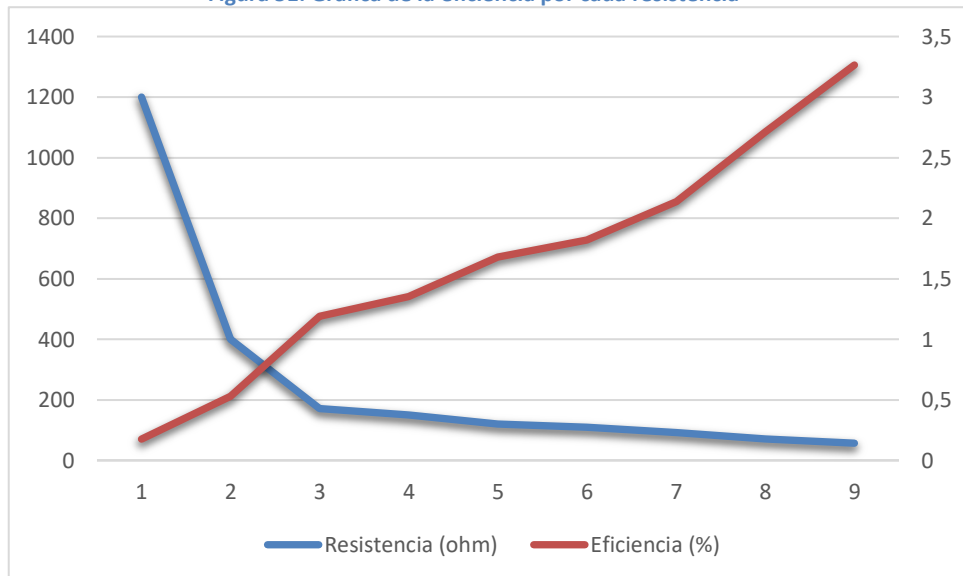
1. CUADRO DE RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados de eficiencia obtenidos por cada una de las diferentes cargas.

Tabla 63: Resultados obtenidos de la eficiencia por cada carga

Tensión (v)	Corriente (A)	Potencia (w)	Eficiencia (%)
135.1	0.11	14.9	0.2
134.5	0.332	44.7	0.5
132.7	0.757	100.5	1.2
132.4	0.862	114.1	1.4
131.6	1.072	141.1	1.7
131.2	1.168	153.2	1.8
129.5	1.582	204.9	2.4
128.6	1.782	229.2	2.7
127.1	2.173	276.2	3.3
Potencia de Entrada (w):			8438.723734

Figura 51: Gráfica de la eficiencia por cada resistencia



2. ANEXOS

Tabla 64: Resultados del emulador de Emulador Panel Solar

Documento1

Índice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Energía (W•h)	E
1	135.1	0.001	0.071	3.918	vacio
2	135.1	0.11	14.83	3.936	1200
3	134.5	0.332	44.7	3.997	600
4	132.7	0.757	100.4	4.402	300
5	132.4	0.862	114.1	4.688	1200
6	131.6	1.072	141.1	4.8	600
7	131.2	1.168	153.2	5.041	300
8	129.5	1.582	204.9	7.114	1200
9	128.6	1.782	229.1	7.626	3000
10	127.1	2.173	276.1	8.625	300

Fecha de Elaboración: 24/05/2024

Elaborado por: Mielles Barcia Ronald Steven

Velásquez Huertas Erick Moisés

REVISADO POR:

Ing. Fernando Vladimir Jaramillo García. PHD

FECHA:

GUÍA DE PRÁCTICAS DE ASIGNATURA

INFORME

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Simulación de una minicentral fotovoltaica conectada a un motor DC y análisis de comportamiento en un día con valores de irradiación reales obtenidos del software PVWatts.	No. PRÁCTICA: 3
------------------------------	---	------------------------

1. DATOS INFORMATIVOS

CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
CICLO/NIVEL:	Noveno Semestre
FECHA:	31/05/2024
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	Mieles Barcia Ronald Steeven Velázquez Huertas Erick Moisés
DOCENTE RESPONSABLE	Dr. Fernando Vladimir Jaramillo García

2. FUNDAMENTACIÓN

La práctica por realizar se fundamentará en base a los datos obtenidos del software PVWatts. La calculadora PVWatts de NREL es una aplicación web desarrollada por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) que estima la producción de electricidad de un sistema fotovoltaico montado en el suelo o en el techo conectado a la red en función de unas pocas entradas simples. (PVWatt, 2023).

Para la simulación de este sistema se tomó como referencia los datos de un día a partir de que existió radiación hasta que terminó 06:00-17:00, en la ciudad de Manta-ULEAM en el mes de marzo.

En las centrales fotovoltaicas el efecto fotovoltaico se utiliza para producir electricidad gracias a la capacidad de algunos materiales semiconductores (con un tratamiento adecuado) para generar electricidad cuando se exponen a la radiación de la luz. Las centrales fotovoltaicas están formadas por un gran número de módulos fotovoltaicos, conectados eléctricamente entre sí para formar las llamadas cadenas, que a su vez están conectadas en paralelo y, al acoplarlas al inversor, proporcionan la potencia necesaria. Ecosistemas , 2022).

El motor/generador de CC es una máquina de CC montada en un módulo EMS de tamaño completo. Puede funcionar independientemente como motor de corriente continua o un generador de corriente continua. Los devanados de inducido, campo en derivación y campo en serie terminan por separado en la placa frontal para permitir derivaciones largas y cortas, así como motores y motores compuestos de forma acumulativa y diferencial (FESTO, 2024).

Especificaciones técnicas:

Parámetro	Valor
Clasificación	
Potencia de salida del motor	175 vatios
Potencia de salida del generador	120 vatios
Voltaje de armadura	120 V CC
Voltaje de carga en descarga	120 V CC
Velocidad de carga constante	1800 rpm
Corriente del motor a plena carga	2,8 A
Corriente del generador a plena carga	5 A
Características físicas	
Dimensiones (Al x An x Pj)	306 x 287 x 445 mm (12,1 x 11,3 x 17,5 pulgadas)
Peso neto	14,1 kg (31 libras)

Figura 1 Datos del fabricante máquina de CC

Es importante tener en cuenta que para la práctica se revisaron los datos de placa de la máquina CC para poder realizar una prueba con el máximo de irradiación en el dinamómetro y no sobrepasar los 120V que puedan afectar a la máquina, llegando a la conclusión de que el arreglo adecuado para la minicentral fue de 12 paneles en serie y 30 en paralelo. Donde insertando un máximo de irradiación 1000 no sobrepasamos los 115V. Dado que los niveles reales de irradiación no llegan a los 1000 es una referencia para trabajar con voltajes manejables y aceptables por la máquina.

En la Tabla 1 se detallan los valores de irradiación usados para la simulación de la práctica, se pueden observar las horas del día desde las 00:00 horas hasta las 23:00 y los valores de irradiación respectivamente. Se observan valores de 0 para la irradiación, motivo por el cual se optó por escoger para la práctica las horas donde si existe irradiación que son desde las 06:00 hasta las 17:00.

Tabla 65 Datos de irradiación Manta-ULEAM

Mes	Día	Hora	Irradiación en haz (W/m ²)	Irradiación en (W/m ²)
3	15	0	0	0
3	15	1	0	0
3	15	2	0	0
3	15	3	0	0
3	15	4	0	0
3	15	5	0	0
3	15	6	0	5
3	15	7	38	92
3	15	8	204	212
3	15	9	294	315
3	15	10	194	406
3	15	11	49	305
3	15	12	119	388
3	15	13	68	428
3	15	14	388	366
3	15	15	536	231
3	15	16	253	201

3	15	17	125	100
3	15	18	0	7
3	15	19	0	0
3	15	20	0	0
3	15	21	0	0
3	15	22	0	0
3	15	23	0	0

El software para los cálculos de irradiación utiliza los siguientes datos:

Tabla 66 Datos PVWatts

PVWatts Por hora Datos de rendimiento FV	
Ubicación solicitada	manta
Ubicación	Lat., Long: -0.99, -80.7
Latitud (DD)	-0,99
Longitud (DD)	-80,7
Altitud (m):	86,1
Tamaño del sistema en CC (kW)	81
Tipo de módulo	Estándar
Tipo de campo	Fijo (montaje en techo)
Inclinación del campo (grados)	15
Acimut del campo (grados)	0
Pérdidas del sistema (%)	14,08
Relación de tamaño de CC a CA	1,2
Eficiencia del inversor (%)	96
Tasa de cobertura del terreno	NA
Albedo	Del archivo meteorológico
Bifacial	No (0)
Pérdida de irradiación mensual (%)	

También es importante tomar en cuenta la conexión que se va a realizar en esta práctica, que la describimos en la figura 2.

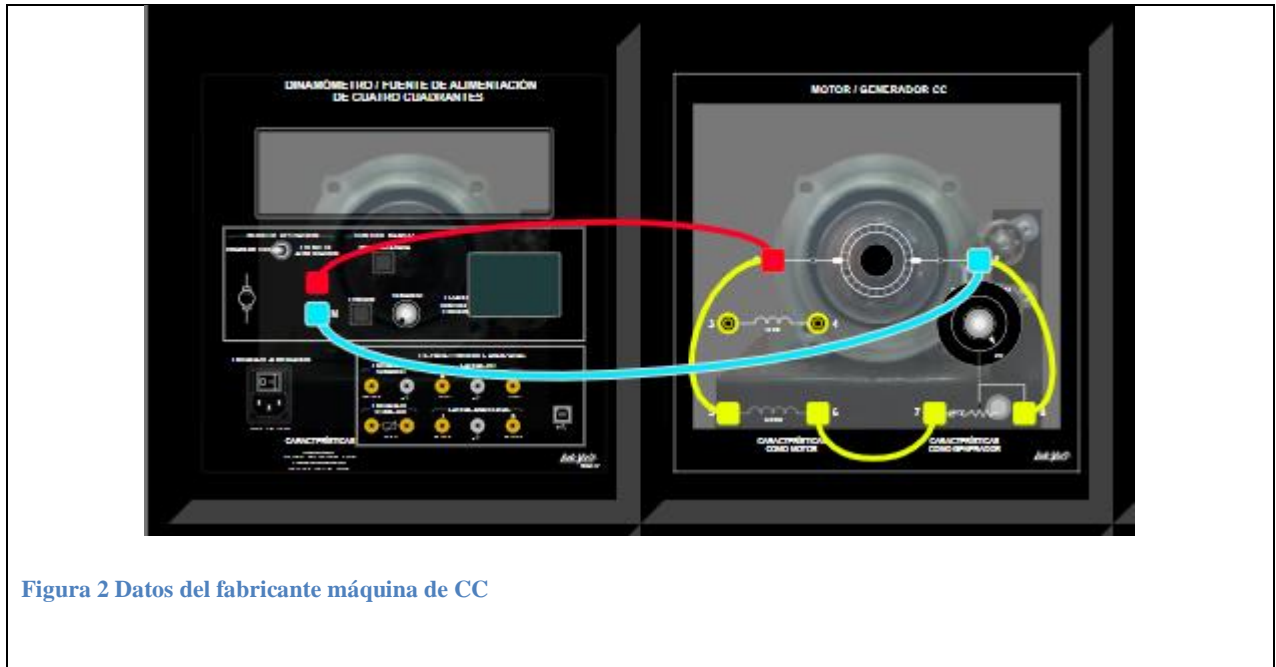


Figura 2 Datos del fabricante máquina de CC

3. OBJETIVOS

Simular una micro central para obtener valores de potencia y corriente al ser conectados a un motor DC en el transcurso de un día.

- 4. MATERIALES E INSUMOS**
- Dinamómetro cuatro cuadrantes LabVolt Series 8960-32
 - Computador con el software de LabVolt Emulator Solar Panel
 - Máquina de corriente continua 8211
 - Cable jumpers
 - Multímetro o Amperímetro
 - Calculadora

5. PROCEDIMIENTO

Nº	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.	Primero se conecta la carga más pequeña.
2	Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.	
3	Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el motor de corriente continua 8211 como se	Como el de la figura 2

	muestra en la siguiente figura, todo esto se realizó en presencia y con supervisión para evitar fallas por alguna mala conexión.	
4	Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.	
5	Para esta práctica, el string se configuró con 12 paneles en serie y 30 paralelo, con la finalidad que estos valores resultantes, no afecten o sobrecarguen al motor provocando algún tipo de falla hacia éste. Debido a que, las especificaciones del motor solo soportan 120 V en corriente continua, por lo que no debemos superar este valor.	
6	Se comenzó a poner los valores de la irradiación obtenidos del software de PVWatts, el día escogido fue el 15 de marzo, y para esta ocasión se escogió la irradiación difusa, estos valores se pueden observar en la tabla 1, donde vemos que desde las 6 de la mañana ya se tiene irradiación hasta las 6 de la tarde.	
7	Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.	
8	Los parámetros que se registraron fueron la potencia, la tensión y la corriente, éstos dos últimos con la finalidad de comprobar la potencia resultante.	

1. CUADRO DE RESULTADOS

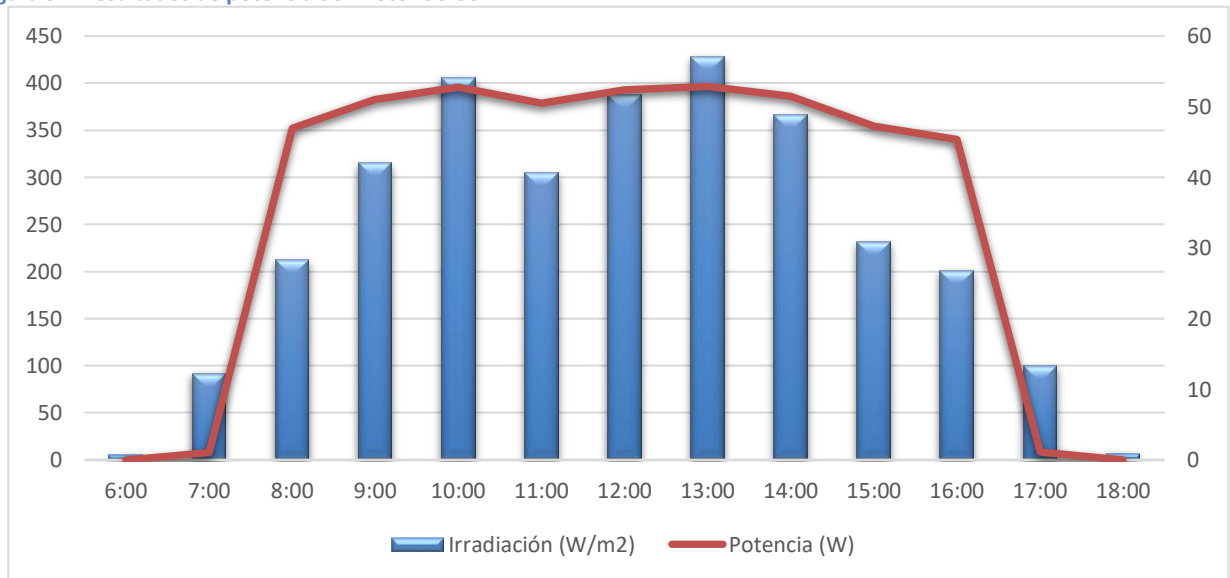
Aquí podemos ver los resultados obtenidos del motor de CC, la tensión, corriente y potencia.

Tabla 67 Datos Obtenidos de la simulación

Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
		0		0	00	00	00	0	0	0	00	00	0
Irradiación (W/m ²)	5	92	212	315	406	305	388	428	366	231	201	100	7
Tensión (V)	0.387	3.73	98.6	104	106	103	105.5	106.3	105.1	100.3	98.06	3.56	0.11
Corriente (A)	0.013	0.29	0.476	0.49	0.509	0.409	0.496	0.497	0.491	0.471	0.463	0.004	0.007
Potencia (W)	0.005	1.07	46.97	51	52.8	50.5	52.35	52.88	51.49	47.25	45.37	1.1	0.03

También el comportamiento de este en la siguiente figura.

Figura 52: Resultados de potencia del motor de CC



2. CONCLUSIONES

Como conclusión de la práctica en base a los valores de irradiación para el día en específico (15 de marzo) se observó que a partir de las 09:00 de la mañana que se registró una irradiación de 212 que se refleja en un valor de tensión de 98.6V el motor entró en funcionamiento por el resto del día, hasta las 17:00 que la irradiación fue de 201 y voltaje de 98.06. Por lo que se puede afirmar que a partir de los 40 W el motor funciona, caso contrario no será suficiente para arrancar la máquina.

3. RECOMENDACIONES

4. BIBLIOGRAFÍA

PVWatt. (2023). Obtenido de <https://www.sma.de/es/productos/aplicaciones-y-software/sunny-design#:~:text=Con%20el%20software%20Sunny%20Design,sin%20conectar%20a%20la%20red.>

5. ANEXOS

Figura 53: Conexión en el laboratorio del motor CC

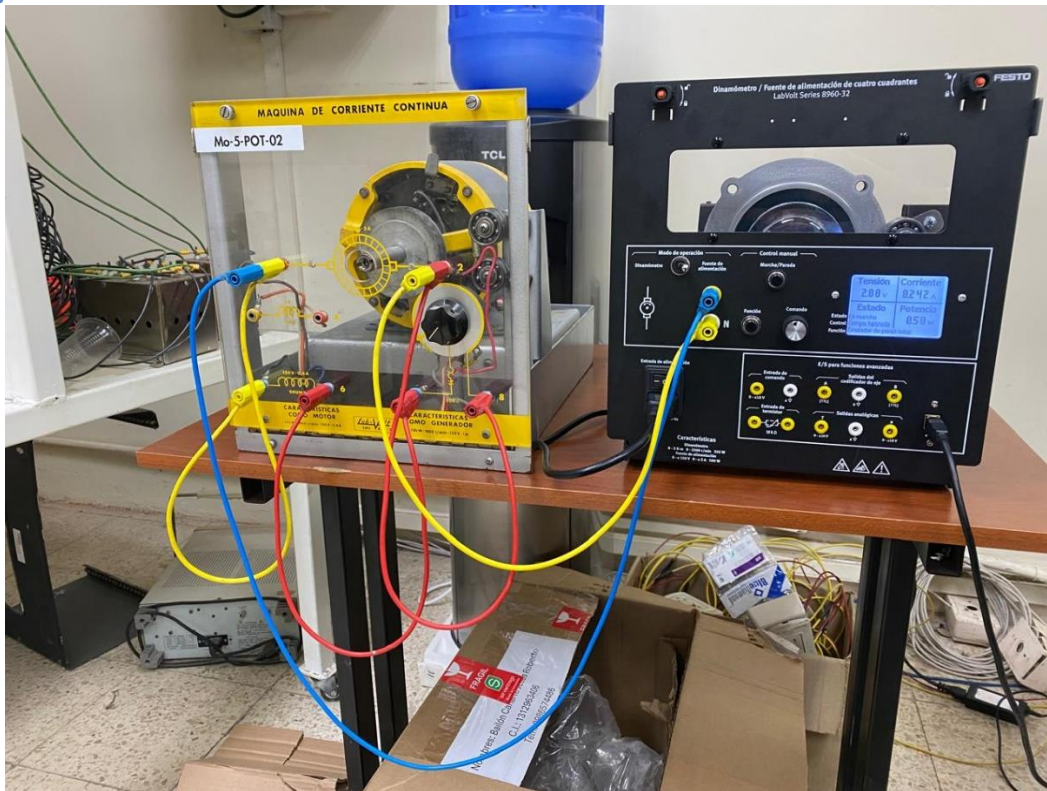


Figura 54: Software Emulador Panel Solar

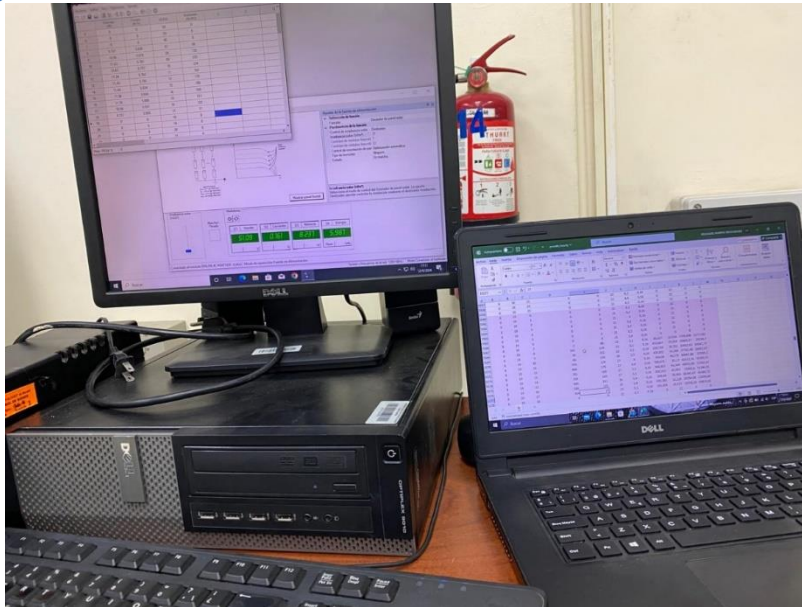
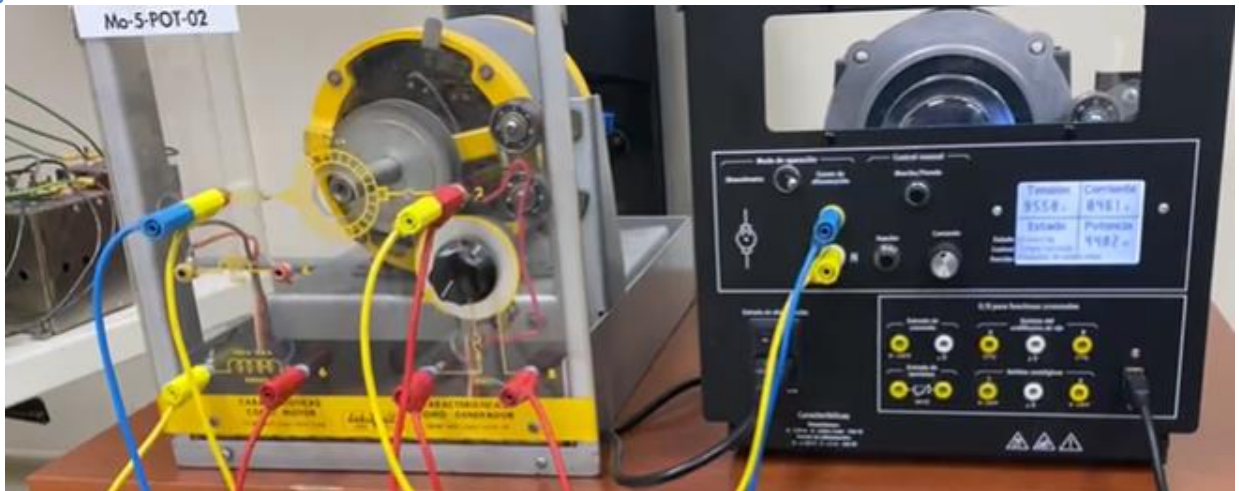


Figura 55: Funcionamiento del motor CC con el dinamómetro



Fecha de Elaboración: 31/05/2024

Elaborado por: Mielles Barcia Ronald Steven

Velásquez Huertas Erick Moisés

REVISADO POR:

Ing. Fernando Vladimir Jaramillo García. PHD

FECHA:

GUÍA DE PRÁCTICAS DE ASIGNATURA

INFORME

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Simulación de una micro central solar en la facultad de ingeniería de la ULEAM basados en datos recopilados del software de Sunny Design.	No. PRÁCTICA: 4
------------------------------	---	------------------------

1. DATOS INFORMATIVOS

CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
CICLO/NIVEL:	Noveno Semestre
FECHA:	07/06/2024
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	Mieles Barcia Ronald Steeven Velázquez Huertas Erick Moisés
DOCENTE RESPONSABLE	Dr. Fernando Vladimir Jaramillo García

2. FUNDAMENTACIÓN

La práctica por realizar se fundamentará en base a los datos obtenidos del diseño de un sistema fotovoltaico en la ULEAM, carrera de electricidad realizado con el software Sunny Design. Este puede planificar plantas fotovoltaicas a medida para sus clientes. No importa si se trata de plantas fotovoltaicas conectadas a la red o aislado con sistemas de batería, con gestión inteligente de la energía o movilidad eléctrica, o sistemas híbridos. Sunny Design tiene en cuenta todos los requisitos técnicos de cada uno de los componentes y le proporciona datos relevantes para una evaluación económica de la instalación (SUNNY DESING, 2023).

Para la simulación de este sistema se realizará conexiones en serie y paralelo. Donde, la conexión paralela consiste en que los terminales positivos de todos los paneles solares del sistema se conectan a un mismo nodo o barraje. Asimismo, los terminales negativos de todos los paneles solares en cuestión se conectan entre si a un mismo punto eléctrico. Y, la conexión serie es un tipo de conexión que en el contexto de energía solar es conocida como "string", se conecta el terminal positivo de un panel solar con el terminal negativo de un siguiente panel solar y así sucesivamente hasta alcanzar la salida deseada (Ecosistemas , 2022).

Nos fundamentaremos en base al software de Sunny Design la cual es gratuito, usando la configuración que nos indica, para este caso es de 22 en serie, con 7 ramas en paralelo, lo que hace un total de 154 paneles fotovoltaicos. Los datos para realizar la simulación se usaron de otra herramienta, llamada PVWatts, el cual nos arrojó la irradiación emitida cada hora, durante un año.

Para la realización de esta simulación, se escogerá en base a valores mínimo, máximo y un promedio por cada mes, durante un año. A continuación, se describe en las siguientes tablas.

Tabla 68: Enero

Mínimo	Máximo	Promedio
0	9	0.70967742
6	108	61.1612903
30	209	151.774194

93	324	239.419355
154	418	303.645161
113	486	347.419355
160	508	367.258065
151	491	354.677419
126	434	259.935484
136	341	222.774194
98	224	150.677419
61	109	87.1290323
0	11	3.96774194

Tabla 69: Febrero

Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0
5	90	51.2857143
16	212	132.857143
39	330	211.428571
78	433	298.392857
68	504	351.535714
159	526	330.321429
140	511	352.75
136	450	305.428571
132	353	252.285714
117	234	177.75
8	119	97.3214286
0	14	9.07142857

Tabla 70: Marzo

Mínimo	Máximo	Promedio
1	12	5.22580645
13	114	74.3225806
50	214	159.096774
117	333	248.354839
159	429	338.096774
196	496	397.935484
228	516	395.290323
170	496	373.709677
152	437	327.129032
119	343	232.354839
106	220	157.193548
9	107	78.483871
1	18	9.64516129

Tabla 71: Abril

Mínimo	Máximo	Promedio
0	14	5.5
12	111	87.1
85	231	177.033333

115	341	253.233333
124	440	308.233333
129	503	370.266667
123	523	362.533333
118	482	301.7
109	421	268.6
98	324	186.733333
65	207	132.2
4	104	70.6666667
0	0	0

Tabla 72: Mayo

Mínimo	Máximo	Promedio
0	18	8
14	107	72.6129032
63	220	141.225806
99	330	225.483871
103	422	262.83871
106	472	316.419355
108	484	286.677419
112	436	249.032258
107	387	223.580645
97	290	200.419355
81	179	127.677419
5	78	61.483871
0	0	0

Tabla 73: Junio

Mínimo	Máximo	Promedio
0	12	3.7
9	101	65.2
56	201	141.5
107	304	223.5
95	380	291.166667
99	445	288.933333
115	449	282.333333
115	431	263.7
108	370	242.133333
104	282	192.033333
23	179	114.9
53	80	63.9333333
0	0	0

Tabla 74: Julio

Mínimo	Máximo	Promedio
0	0	0
29	107	69.483871
56	191	127.83871

76	296	208.935484
123	388	263.967742
131	435	298.806452
127	455	262.935484
116	444	270.645161
110	390	212.580645
101	262	164.225806
87	184	130.806452
37	95	74.9032258
0	0	0

Tabla 75: Agosto

Mínimo	Máximo	Promedio
0	11	0.93548387
7	104	61.0967742
41	209	131.225806
115	337	224.806452
128	426	276.483871
127	491	294.064516
129	493	293.451613
127	479	270.451613
125	399	235.032258
123	307	190.16129
95	197	131.806452
68	93	77
0	0	0

Tabla 76: Septiembre

Mínimo	Máximo	Promedio
4	28	14.3
51	145	94.5333333
40	256	180.3
59	368	255.833333
134	455	305.7
141	511	348.6
143	522	329.866667
139	488	340.233333
135	414	271
123	307	188.9
48	192	131.6
64	81	73.4
0	0	0

Tabla 77: Octubre

Mínimo	Máximo	Promedio
1	41	28.8387097
10	136	82.6774194
66	263	175.935484

134	376	270.096774
154	462	296.419355
137	516	336.16129
131	520	311.16129
133	487	301.516129
116	404	218.709677
118	303	195.548387
80	181	127.225806
25	74	60.2258065
0	0	0
Tabla 78: Noviembre		
Mínimo	Máximo	Promedio
1	42	22.6
9	184	96.1666667
94	320	202.366667
127	407	261.533333
168	452	312.066667
178	500	348.166667
176	506	328.566667
177	464	302.466667
165	393	262.7
141	285	210.6
92	200	147.4
20	77	63.4333333
0	0	0
Tabla 79: Diciembre		
Mínimo	Máximo	Promedio
0	29	12.6451613
9	159	87.0645161
42	254	168.677419
97	336	241.193548
86	431	310.741935
150	485	306.645161
211	490	338.709677
167	466	339.451613
158	394	292.677419
137	306	226.322581
39	200	163.548387
57	95	79.5483871
0	0	0

3. OBJETIVOS

Simular una micro central en la facultad de ingeniería de la ULEAM basados en los datos del software Sunny Design.

4. MATERIALES E INSUMOS

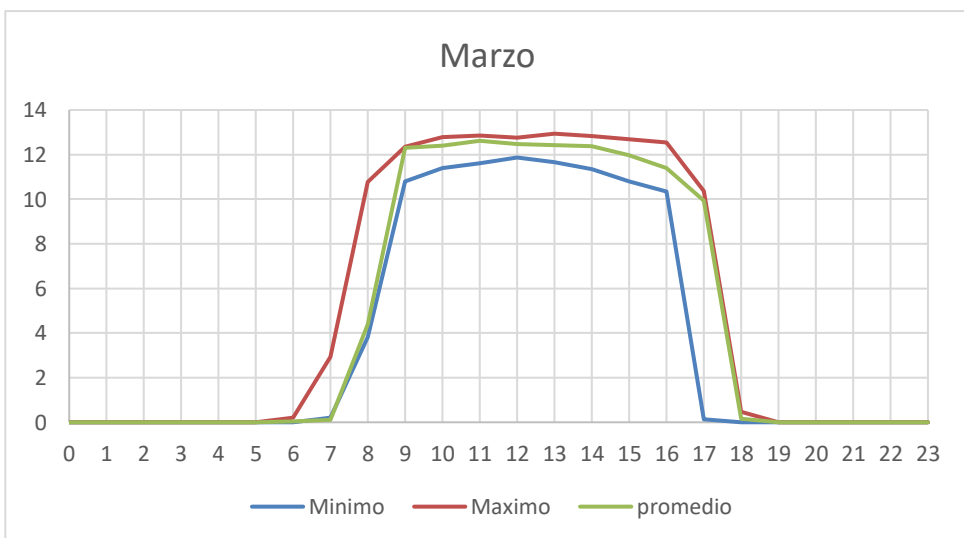
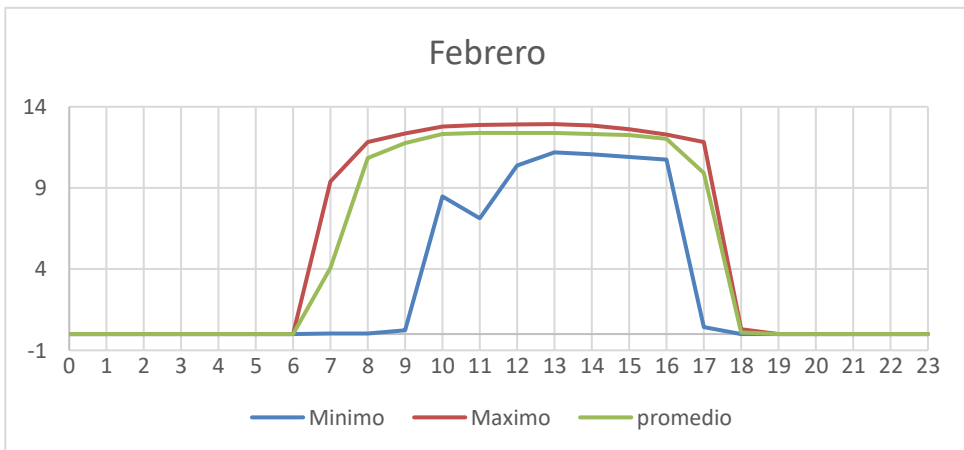
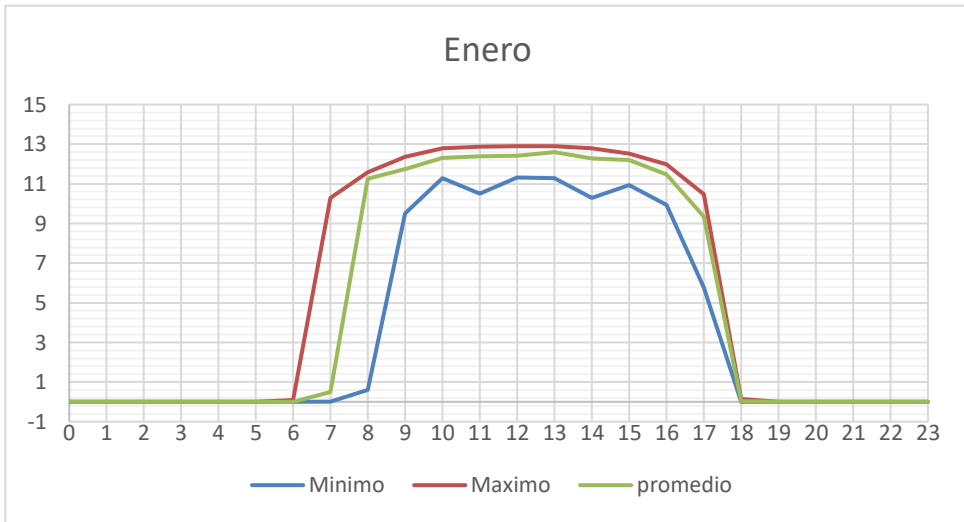
- Dinamómetro cuatro cuadrantes LabVolt Series 8960-32
- Computador con el software de LabVolt Emulator Solar Panel
- Módulo de resistencia 8311
- Cable jumpers
- Multímetro o Amperímetro
- Calculadora

5. PROCEDIMIENTO

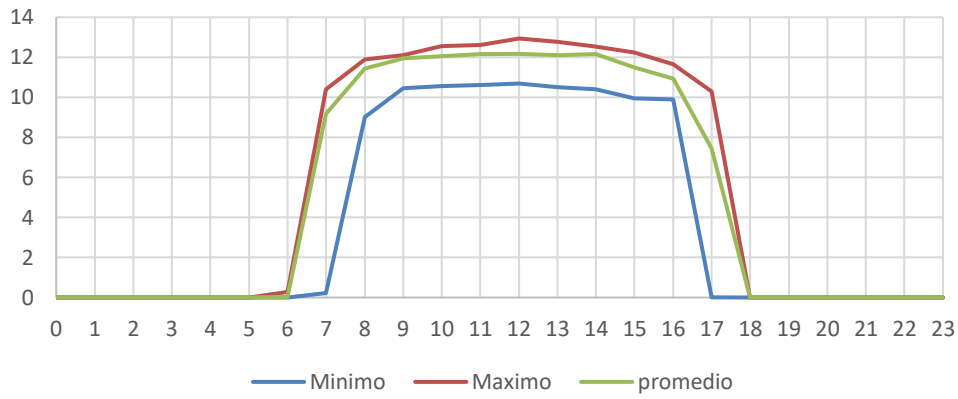
N°	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.	Primero se conecta la carga más pequeña.
2	Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.	
3	Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el módulo de resistencia, como se muestra en la siguiente figura, se midió mediante un multímetro, los valores de resistencias verificando que éstos se encuentren en buen estado y con su parametrización adecuada-	Escogemos el de 300 ohm
4	Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares	
5	La configuración de string para esta práctica se la hizo en base al software de Sunny Design, la cual nos arroja 4 string con la siguiente configuración: 3x20, 3x20, 1x20 y 1x14, donde se obtiene un total de 154 paneles, debido a la limitación del firmware de solo tener un solo string, para este caso usamos 7 paneles en serie y 22 ramas en paralelo, cumpliendo así el objetivo de los 154 paneles.	
6	Se comenzó a poner los valores de irradiación de un día por mes, se escogió tres días, el peor donde tenemos la irradiación mínima, el mejor donde tenemos la irradiación máxima, y un promedio de todos los días.	

7	Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.	
8	Los parámetros registrados para esta práctica son la potencia, tensión y corriente, estos dos últimos para verificar que los resultados sean los correctos.	

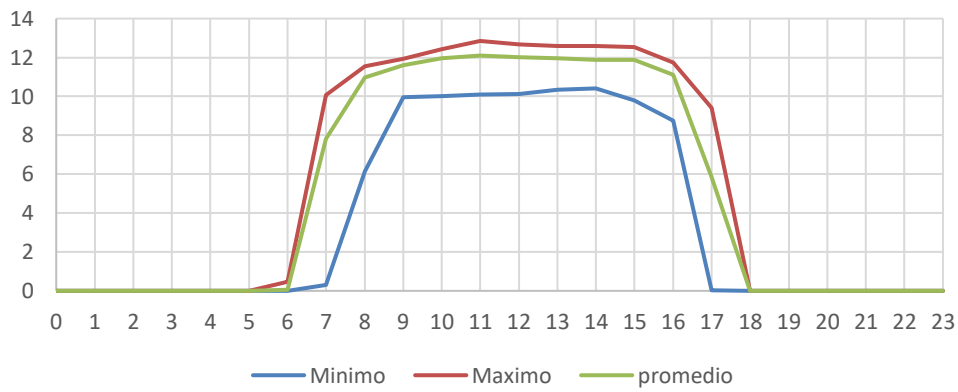
1. CUADRO DE RESULTADOS



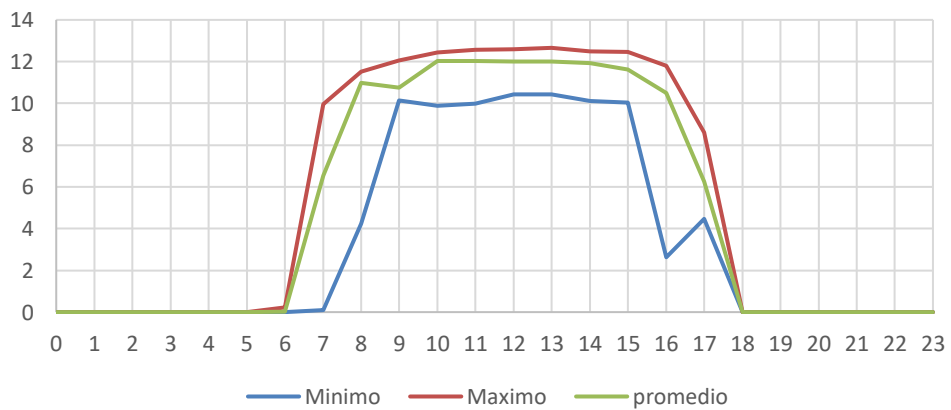
Abril



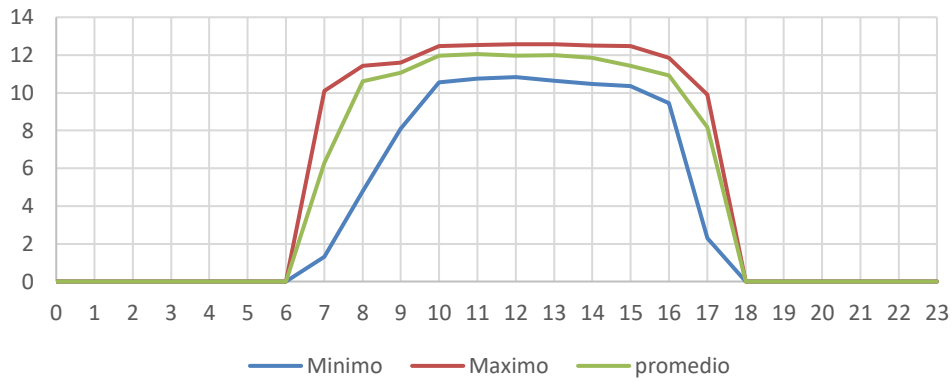
Mayo



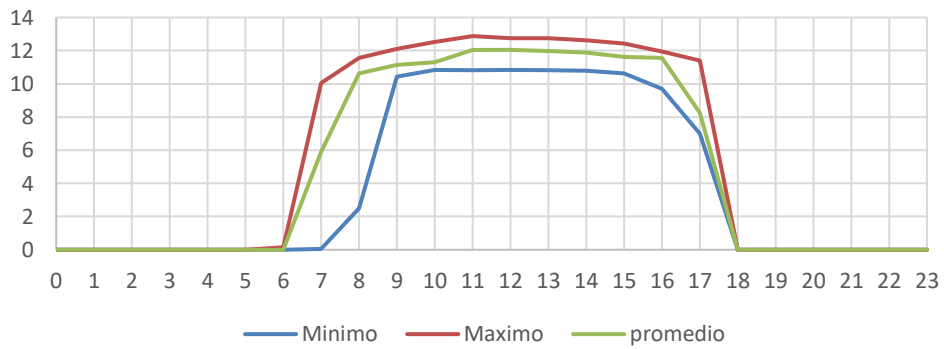
Junio



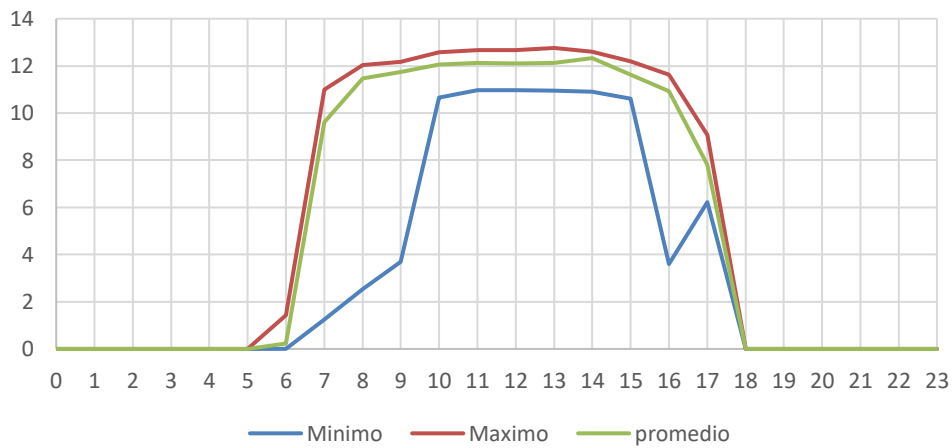
Julio



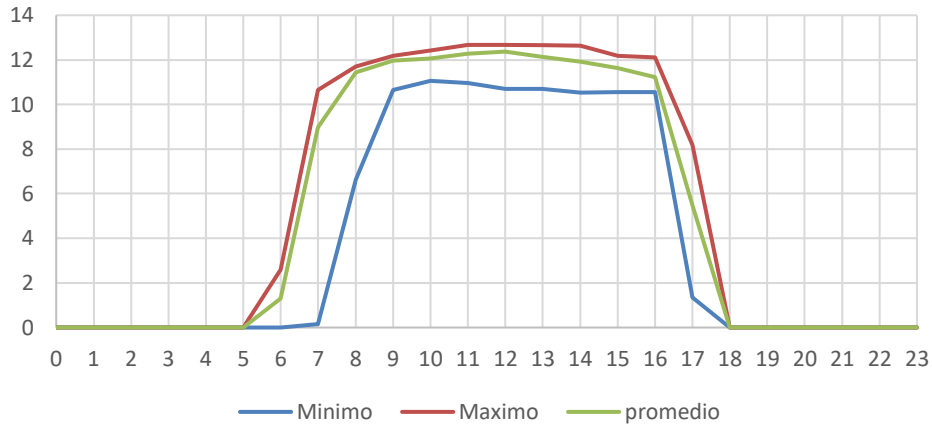
Agosto



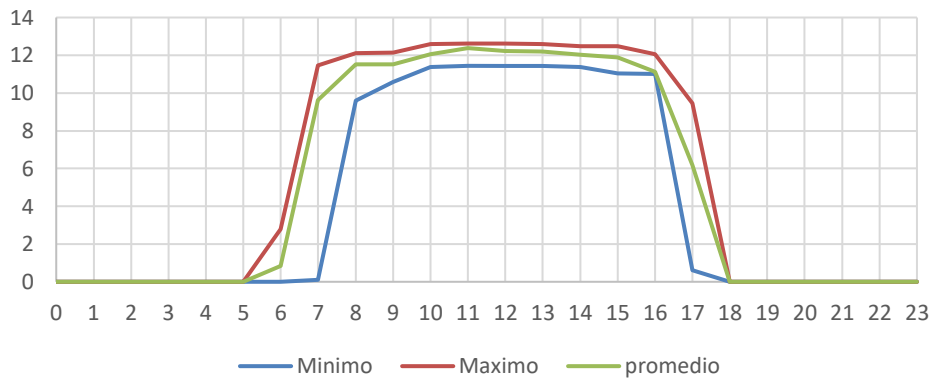
Septiembre



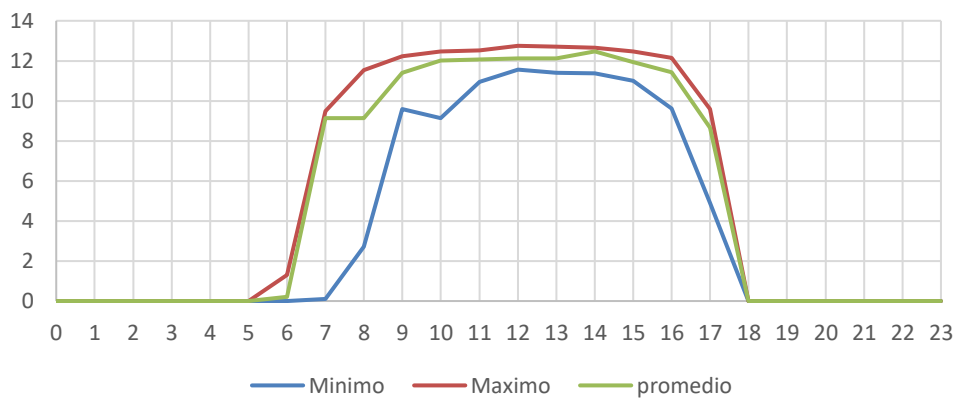
Octubre



Noviembre



Diciembre



2. CONCLUSIONES

El promedio en cada mes es muy bueno para poder alimentar hasta cierta carga, donde el mejor mes es marzo debido a que desde las 6 am ya se empieza a medir radiación hasta las 6 pm, en comparación a los otros meses. El resto de los meses se mantienen con valores estables quitando algún que otro pico de bajada, esto puede haber ocurrido por alguna nube que cubrió el sol a esa hora.

3. RECOMENDACIONES

4. BIBLIOGRAFÍA

Ecosistemas . (2022). GUIA DE CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE – PARALELO. 5.

bitelia. Obtenido de <http://bitelia.com/2009/12/elimina-contrasena-restricciones-pdf-gnulinux>

Y DESING. (2023). Obtenido de <https://www.sma.de/es/productos/aplicaciones-y-software/sunny-design#:~:text=Con%20el%20software%20Sunny%20Design,sin%20conectar%20a%20la%20red>

5. ANEXOS

FESTO

EneroPromedio				
Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	0.009	0.002	0.0	1
2	1.93	0.005	0.009	61
3	59.42	0.19	11.27	151
4	60.57	0.194	11.74	239
5	62.18	0.198	12.31	304
6	62.55	0.198	12.38	347
7	62.75	0.198	12.42	367
8	62.65	0.201	12.6	354
9	61.72	0.199	12.28	259
10	61.3	0.199	12.19	223
11	59.73	0.192	11.47	151
12	53.8	0.174	9.353	87
13	2.289	0.01	0.023	4

FESTO

FebreroPromedio				
Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	0	0	0	0
2	35.8	0.114	4.08	51
3	58.55	0.185	10.85	133
4	60.74	0.194	11.77	211
5	62.18	0.198	12.31	298
6	62.57	0.198	12.39	351
7	62.5	0.198	12.37	330
8	62.55	0.198	12.38	353
9	62.2	0.198	12.31	305
10	61.83	0.198	12.24	252
11	61.23	0.196	12.03	178
12	55.7	0.178	9.916	97
13	5.486	0.017	0.095	9

FESTO

MarzoPromedio

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	2.88	0.01	0.029	5
2	6.301	0.019	0.12	54
3	37.21	0.118	4.397	159
4	62.12	0.198	12.3	348
5	62.63	0.198	12.4	338
6	63.09	0.175	11.06	398
7	63.03	0.198	12.48	395
8	62.8	0.198	12.43	374
9	62.5	0.198	12.37	327
10	61.43	0.195	11.97	232
11	59.76	0.191	11.39	157
12	55.87	0.178	9.931	78
13	6.846	0.023	0.155	10

FESTO

AbrilPromedio

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	2.974	0.01	0.03	5
2	54.39	0.169	9.168	87
3	60.28	0.185	11.17	177
4	61.65	0.194	11.95	253
5	62.21	0.194	12.06	308
6	62.76	0.194	12.16	370
7	62.78	0.194	12.17	362
8	62.44	0.194	12.1	302
9	62.77	0.194	12.16	269
10	62.46	0.197	12.29	187
11	58.65	0.186	10.93	132
12	48.67	0.153	7.438	71
13	0	0	0	0

FESTO

MayoPromedio

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	4.315	0.014	0.061	8
2	50.09	0.156	7.812	73
3	59.17	0.185	10.97	141
4	61.23	0.19	11.61	225
5	61.72	0.194	11.96	263
6	62.44	0.194	12.1	316
7	61.97	0.194	12.01	283
8	61.67	0.194	11.95	249
9	61.29	0.194	11.88	224
10	61.25	0.194	11.87	200
11	59.4	0.187	11.1	127
12	42.95	0.136	5.842	61
13	0	0	0	0

FESTO

JunioPromedio

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	1.822	0.006	0.011	4
2	45.63	0.143	6.543	65
3	59.16	0.185	10.97	142
4	58.27	0.184	10.74	124
5	62.1	0.194	12.03	291
6	62.1	0.194	12.03	289
7	61.97	0.194	12.01	282
8	61.97	0.194	12.01	264
9	61.56	0.194	11.93	242
10	60.61	0.192	11.62	192
11	57.64	0.182	10.5	115
12	44.67	0.14	6.264	64
13	0	0	0	0

FESTO

JulioPromedio

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	0	0	0	0
2	44.75	0.14	6.274	64
3	58.55	0.181	10.61	128
4	60.98	0.19	11.56	209
5	61.72	0.194	11.96	264
6	62.18	0.194	12.05	299
7	61.74	0.194	11.96	263
8	61.87	0.194	11.99	271
9	61.16	0.194	11.85	213
10	59.93	0.191	11.42	164
11	58.65	0.186	10.93	131
12	50.66	0.161	8.168	75
13	0	0	0	0

FESTO

AgostoPromedio

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	-0.009	0.002	0.0	1
2	43.71	0.135	5.899	61
3	58.7	0.181	10.64	131
4	55.55	0.174	9.656	94
5	60.65	0.187	11.32	276
6	62.12	0.194	12.04	294
7	62.18	0.194	12.05	293
8	61.78	0.194	11.97	270
9	61.36	0.194	11.89	235
10	60.69	0.192	11.63	190
11	60.61	0.191	11.55	131
12	51.15	0.161	8.246	77
13	0	0	0	0

FESTO**FESTO****SepPromedio**

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	9.654	0.031	0.299	14
2	55.64	0.173	9.614	95
3	60.44	0.19	11.46	180
4	61.47	0.191	11.74	256
5	62.18	0.194	12.05	306
6	62.59	0.194	12.13	349
7	62.5	0.194	12.11	330
8	62.55	0.194	12.12	340
9	62.63	0.197	12.33	271
10	60.69	0.192	11.63	189
11	58.65	0.186	10.93	132
12	49.66	0.157	7.798	73
13	0	0	0	0

OctPromedio

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	20.31	0.065	1.312	29
2	53.28	0.169	8.982	83
3	60.29	0.19	11.43	176
4	61.72	0.194	11.96	270
5	62.18	0.194	12.05	296
6	62.55	0.196	12.27	336
7	62.48	0.198	12.37	311
8	62.27	0.195	12.13	302
9	61.21	0.195	11.93	219
10	60.7	0.192	11.64	196
11	59.78	0.188	11.22	127
12	41.6	0.132	5.483	60
13	0	0	0	0

FESTO**FESTO****NovPromedio**

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	D
1	16.27	0.052	0.846	23
2	55.76	0.173	9.633	96
3	60.78	0.19	11.52	202
4	60.82	0.19	11.53	261
5	62.25	0.194	12.06	312
6	62.55	0.198	12.38	348
7	62.5	0.196	12.24	328
8	62.23	0.196	12.19	302
9	61.74	0.195	12.03	263
10	61.28	0.194	11.9	211
11	59.32	0.187	11.12	147
12	44.14	0.14	6.189	63
13	0	0	0	0

DicPromedio

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	D
1	8.277	0.027	0.222	13
2	54.25	0.169	9.145	87
3	54.25	0.169	9.145	169
4	60.06	0.19	11.39	241
5	62.05	0.194	12.02	310
6	62.25	0.194	12.06	307
7	62.55	0.194	12.12	339
8	62.55	0.194	12.12	339
9	63.01	0.198	12.47	293
10	61.29	0.195	11.94	226
11	59.93	0.191	11.42	164
12	52.26	0.165	8.646	79
13	0	0	0	0

Fecha de Elaboración: 07/06/2024**Elaborado por: Mieles Barcia Ronald Steven****Velásquez Huertas Erick Moisés****REVISADO POR:****Ing. Fernando Vladimir Jaramillo García. PHD****FECHA:**

GUÍA DE PRÁCTICAS DE ASIGNATURA

INFORME

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Simulación de una micro central solar en el Aromo de la ciudad de Manta, con datos de irradiación recopilados del SolariusPV	No. PRÁCTICA: 5
------------------------------	--	------------------------

1. DATOS INFORMATIVOS

CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
CICLO/NIVEL:	Noveno Semestre
FECHA:	14/06/2024
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	Mieles Barcia Ronald Steeven Velázquez Huertas Erick Moisés
DOCENTE RESPONSABLE	Dr. Fernando Vladimir Jaramillo García

2. FUNDAMENTACIÓN

Esta práctica se fundamenta basados en datos obtenidos en el software de SolariusPV, la cual es una herramienta que nos ayuda es un software para planificar y dimensionar plantas fotovoltaicas con y sin autoconsumo, sistemas aislados, sistemas fotovoltaicos híbridos y sistemas energéticos.

SolariusPV es un software que sirve para evaluar producción fotovoltaica en base a datos reales de irradiación obtenidos desde bases de datos climáticos como: Meteonorm™, PVGIS™. Una función muy interesante es que PVGIS™ puede importar datos de manera automática y permite obtener las coordenadas GPS de un lugar específico. Se pueden crear archivos de acuerdo con lo que se requiera y del lugar que se desee ya que se pueden obtener datos de irradiación solar desde el atlas solar (Acca Software, 2020).

Mediante Sunny Design recibirá una recomendación de diseño para su planta planificada o su sistema energético planificado (AccaSoftware, 2024).

Sunny Design es un software para planificar y dimensionar plantas fotovoltaicas con y sin autoconsumo, sistemas aislados, sistemas fotovoltaicos híbridos y sistemas energéticos. Mediante Sunny Design recibirá una recomendación de diseño para su planta planificada o su sistema energético planificado. Para ello, Sunny Design propone una combinación de uno o varios generadores fotovoltaicos e inversores que se aproxime a lo que se desea en cuanto a clase de potencia, rendimiento energético y rentabilidad. Además, permite determinar y optimizar su autoconsumo potencial y dimensionar cables, conocer la rentabilidad, así como configurar sistemas fotovoltaicos híbridos y sistemas aislados (SUNNY DESING, 2023).

Para la presente práctica se escogieron valores de irradiación del sector del aromo (Proyecto refinería del Pacífico) del cantón Manta en la provincia de Manabí.



Ilustración 2 Lugar Georreferenciado donde se obtuvieron los datos para la simulación.

Para la simulación de este sistema se realizará conexiones en serie y paralelo. Donde, la conexión paralela consiste en que los terminales positivos de todos los paneles solares del sistema se conectan a un mismo nodo o barraje. Asimismo, los terminales negativos de todos los paneles solares en cuestión se conectan entre si a un mismo punto eléctrico. Y, la conexión serie es un tipo de conexión que en el contexto de energía solar es conocida como “string”, se conecta el terminal positivo de un panel solar con el terminal negativo de un siguiente panel solar y así sucesivamente hasta alcanzar la salida deseada (Ecosistemas , 2022).

Para la realización de esta simulación, se escogerá en base a valores promedio del mes marzo, junio y septiembre. A continuación, se describe en las siguientes tablas. Se escogió marzo debido a que es el mes con mayor irradiación, julio al ser el mes con menos irradiación, y septiembre al ser un mes con una irradiación media.

Tabla 80: Marzo

Hora	Irradiación
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	3
7:00	160
8:00	387
9:00	567
10:00	723
11:00	781
12:00	807
13:00	757
14:00	698
15:00	561
16:00	383
17:00	177
18:00	6

19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

Tabla 81: Julio

Hora	Irradiación
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	3
7:00	112
8:00	252
9:00	382
10:00	489
11:00	532
12:00	554
13:00	504
14:00	440
15:00	335
16:00	227
17:00	99
18:00	2
19:00	0
20:00	0
21:00	0
22:00	0
23:00	0

Tabla 82: Septiembre

Hora	Irradiación
0:00	0
1:00	0
2:00	0
3:00	0
4:00	0
5:00	0
6:00	9
7:00	172
8:00	328
9:00	471

	10:00	600	
	11:00	632	
	12:00	628	
	13:00	571	
	14:00	530	
	15:00	417	
	16:00	257	
	17:00	107	
	18:00	1	
	19:00	0	
	20:00	0	
	21:00	0	
	22:00	0	
	23:00	0	

3. OBJETIVOS

Simular una micro central en el Aromo de Manta basados en los datos del software SolariusPV.

4. MATERIALES E INSUMOS

- Dinamómetro cuatro cuadrantes LabVolt Series 8960-32
- Computador con el software de LabVolt Emulator Solar Panel
- Módulo de resistencia 8311
- Cable jumpers
- Multímetro o Amperímetro
- Calculadora

5. PROCEDIMIENTO

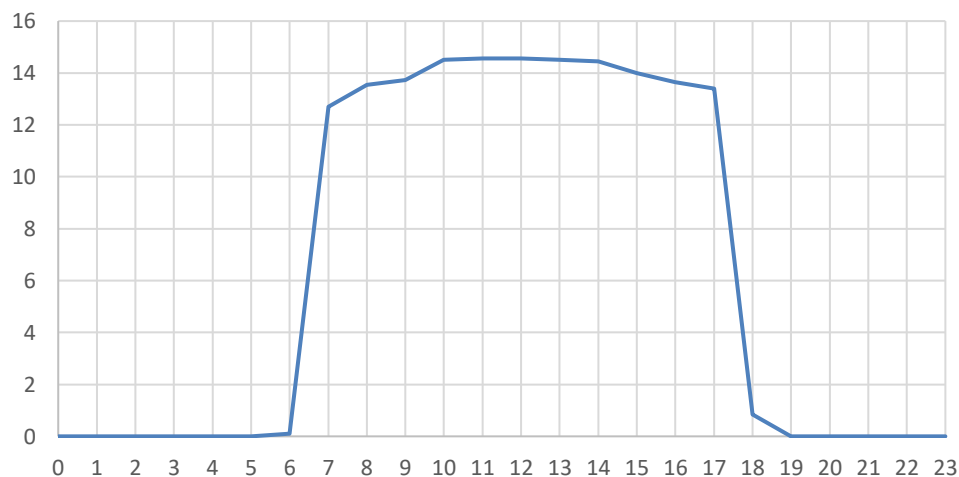
N°	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.	Primero se conecta la carga más pequeña.
2	Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.	
3	Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el módulo de resistencia, como se muestra en la siguiente figura, se midió mediante un multímetro, los	Escogemos el de 300 ohm

	valores de resistencias verificando que éstos se encuentren en buen estado y con su parametrización adecuada.	
4	Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.	
5	Se utilizó el string máximo que permite el emulador de paneles solares, la cual consiste en 14 paneles en serie y 45 ramas en paralelo, simulando en este caso la micro central en el Aromo.	El mínimo que se puede, 1 en serie y 5 paralelo
6	Se comenzó a poner los valores de irradiación de los meses de marzo, julio y septiembre, donde el mes de marzo es el mes con mayor irradiación, el mes de julio el mes con menor irradiación y el mes de septiembre se mantiene en la media de irradiación del resto de los meses.	
7	Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.	
8	Los parámetros registrados para esta práctica son la potencia, tensión y corriente, estos dos últimos para verificar que los resultados sean los correctos.	

1. CUADRO DE RESULTADOS

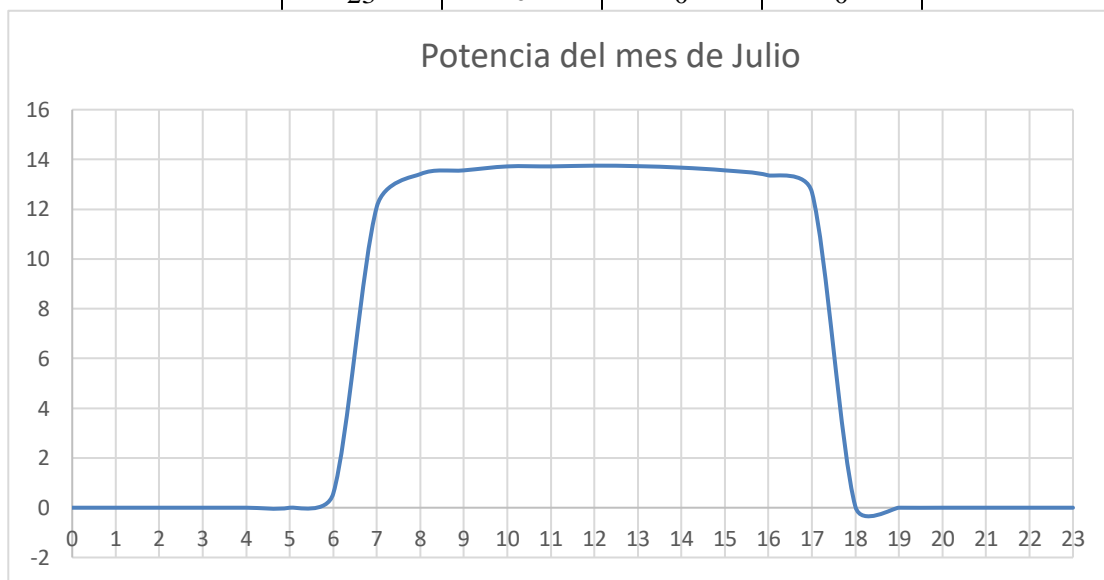
Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0:00	0	0	0
1:00	0	0	0
2:00	0	0	0
3:00	0	0	0
4:00	0	0	0
5:00	0	0	0
6:00	3	11.26	0.101
7:00	160	125.2	12.7
8:00	387	128.2	13.54
9:00	567	130	13.72
10:00	723	132.1	14.5
11:00	781	132.7	14.56
12:00	807	132.7	14.56
13:00	757	132.1	14.5
14:00	698	131.6	14.45
15:00	561	130	14
16:00	383	128.1	13.65
17:00	177	125.7	13.4
18:00	6	31.58	0.846
19:00	0	0	0
20:00	0	0	0
21:00	0	0	0
22:00	0	0	0
23:00	0	0	0

Potencia del mes de marzo



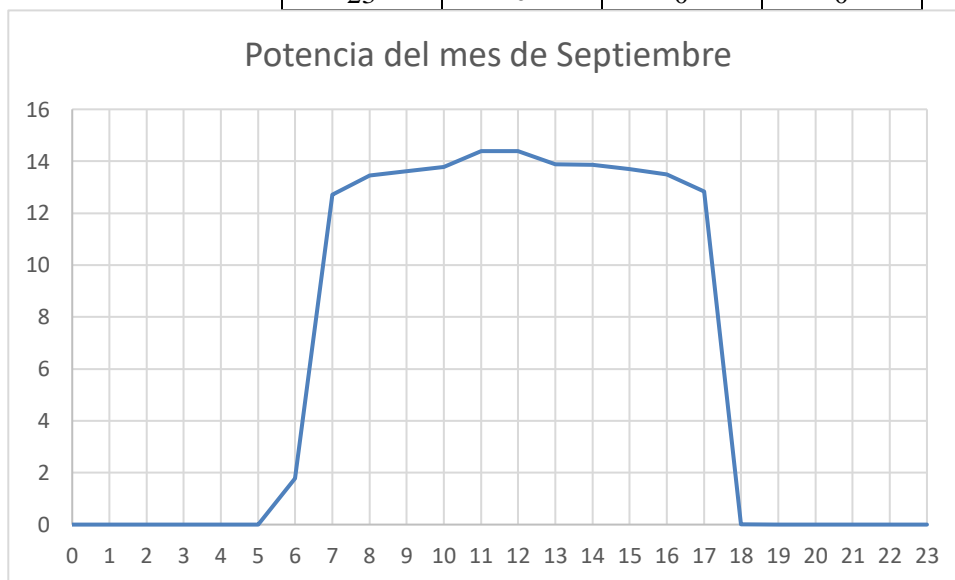
Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0

2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	26.6	0.573
7	112	124.4	12.1
8	252	127.1	13.41
9	382	128.4	13.56
10	489	130	13.72
11	532	130	13.72
12	554	130.2	13.75
13	504	130	13.73
14	440	129.5	13.67
15	335	128.4	13.56
16	227	126.6	13.36
17	99	123.8	12.68
18	2	6.667	0.039
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0



Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0

6	9	46.58	1.786
7	172	125.5	12.72
8	328	127.6	13.46
9	471	129	13.61
10	600	130.5	13.78
11	632	131.1	14.39
12	628	131.1	14.39
13	571	130.2	13.89
14	530	130	13.86
15	417	128.4	13.69
16	257	126.6	13.49
17	107	124.1	12.83
18	1	1.397	0.002
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0



2. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el emulador 8960-20 es una gran herramienta como objeto de estudio ya que nos permite obtener mediciones reales en laboratorio que pueden ser complementadas con software online, que nos ayudan a realizar cálculos, pero son de forma simulada a diferencia del emulador que solo modificando parámetros de entrada obtenemos mediciones reales ya sea en los elementos de medición o a su vez medir de forma directa en los terminales con un medidor analógico. El SolariusPV nos ayudó a demostrar que es factible por la irradiación, aun cuando julio siendo el mes con menos irradiación se tiene una buena curva.

3. BIBLIOGRAFÍA

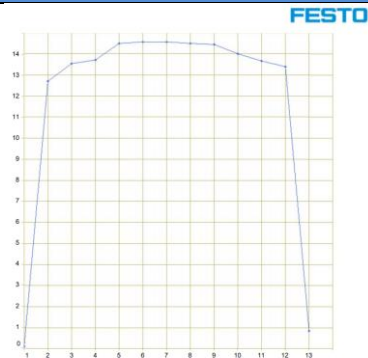
oftware. (2024). *oftware Cálculo Instalación Fotovoltaica*. Obtenido de AccaSoftware:
<https://www.accasoftware.com/es/software-calculo-instalacion-fotovoltaica>
 emas . (2022). *GUIA DE CONEXIÓN SERIE, PARALELO Y SERIE – PARALELO*. 5.

4. ANEXOS

MarzoSolarius

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	11.26	0.009	0.101	3
2	125.2	0.101	12.7	160
3	128.2	0.106	13.54	387
4	130.0	0.106	13.72	567
5	132.1	0.11	14.5	723
6	132.7	0.11	14.56	781
7	132.7	0.11	14.56	807
8	132.1	0.11	14.5	757
9	131.6	0.11	14.45	698
10	130.0	0.108	14.0	561
11	128.1	0.107	13.65	383
12	125.7	0.107	13.4	177
13	31.58	0.027	0.846	6

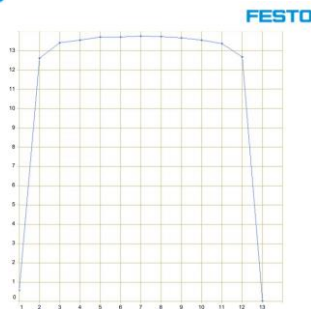
FESTO



JulioSolarius

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	26.6	0.022	0.573	5
2	124.4	0.101	12.61	127
3	127.1	0.106	13.41	279
4	128.4	0.106	13.56	416
5	130.0	0.106	13.72	527
6	130.0	0.106	13.72	565
7	130.2	0.106	13.75	572
8	130.0	0.106	13.73	556
9	129.5	0.106	13.67	504
10	128.4	0.106	13.56	393
11	126.6	0.106	13.36	250
12	123.8	0.102	12.68	100
13	6.667	0.006	0.039	2

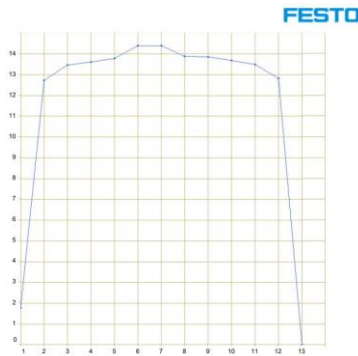
FESTO



SeptiembreSolarius

Indice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	46.58	0.038	1.786	9
2	125.5	0.101	12.72	172
3	127.6	0.106	13.46	328
4	129.0	0.106	13.61	471
5	130.5	0.106	13.78	600
6	131.1	0.11	14.39	632
7	131.1	0.11	14.39	628
8	130.2	0.107	13.89	571
9	130.0	0.107	13.86	530
10	128.4	0.107	13.69	417
11	126.6	0.107	13.49	257
12	124.1	0.103	12.83	107
13	1.397	0.002	0.002	1

FESTO



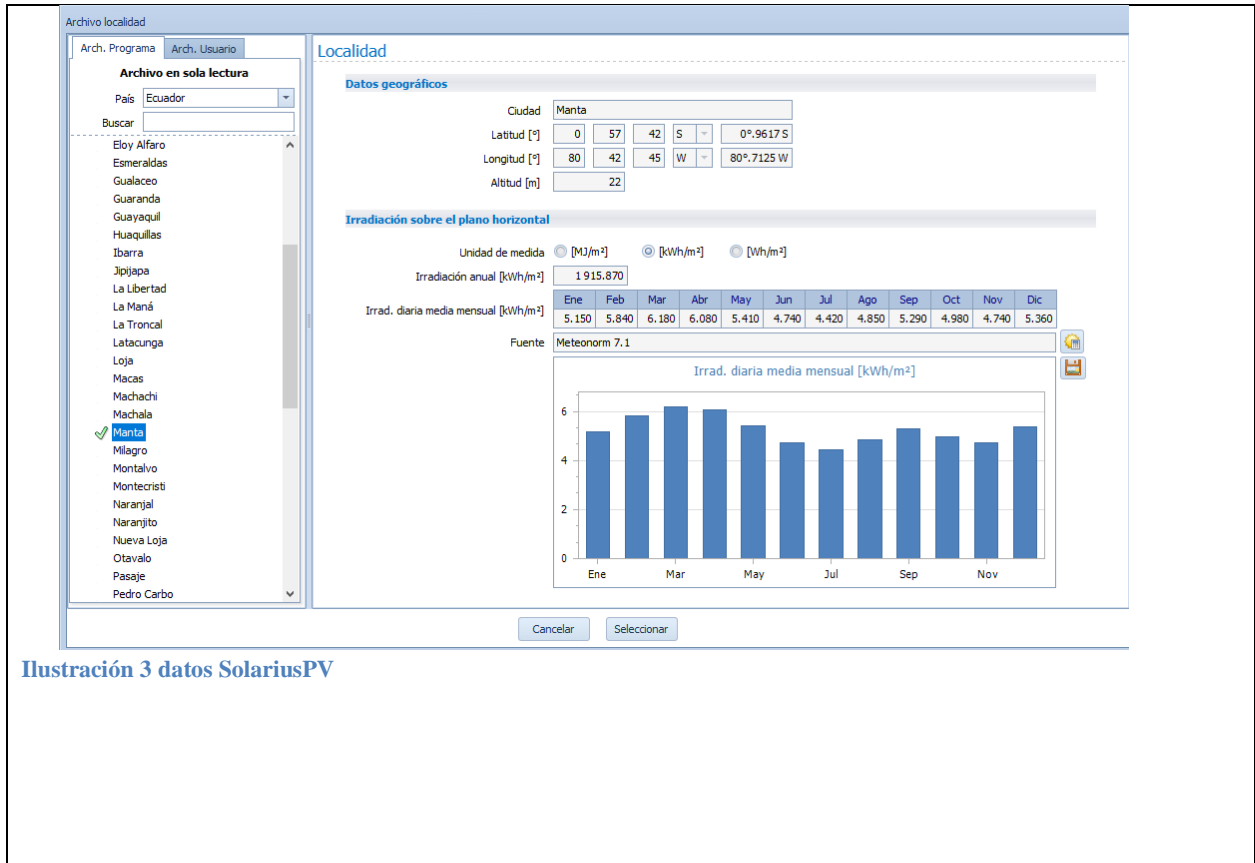


Ilustración 3 datos SolariusPV

Fecha de Elaboración: 14/06/2024

Elaborado por: Mieles Barcia Ronald Steven

Velásquez Huertas Erick Moisés

REVISADO POR:

Ing. Fernando Vladimir Jaramillo García. PHD

FECHA:

GUÍA DE PRÁCTICAS DE ASIGNATURA

INFORME

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Simulación de valores de irradiación en la ciudad de Manta para los meses de marzo y julio en el dinamómetro de cuatro cuadrantes. (meses con mayor y menor nivel de irradiación)	No. PRÁCTICA: 6
------------------------------	---	------------------------

1. DATOS INFORMATIVOS

CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
CICLO/NIVEL:	Noveno Semestre
FECHA:	12/07/2024
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	Mieles Barcia Ronald Steeven Velázquez Huertas Erick Moisés
DOCENTE RESPONSABLE	Dr. Fernando Vladimir Jaramillo García

2. FUNDAMENTACIÓN

La práctica 6 se realizó basándose en valores de irradiación del software de SolariusPV, valores que se los ingresó en el software con la finalidad de poder obtener la gráfica voltaje-tiempo ya que los valores en los que se basó el estudio estaban dados desde las 7 de la mañana hasta las 5 de la tarde y se pueden ver en la siguiente tabla.

En la práctica 6 como dato relevante se tiene que se variaron los parámetros de orientación de los paneles solares ya que se había simulado solo con esos datos de forma automática como viene en el emulador.

Control de orientación de pan	Manual
Ángulo de inclinación de pan	15
Acimut de panel solar (°)	0
Altitud del sol (°)	62
Acimut del sol (°)	322
Tipo de termistor	Ninguno
Estado	Detenido

Acimut del sol (°)
Ajusta el acimut del sol. El intervalo de entrada de este parámetro es de 0° a 360°.

Ilustración 4 Parámetros de orientación modificados

Ángulo de inclinación del panel solar:

los módulos solares en techo plano tienen una eficiencia baja ya que la luz del sol no ingresa de forma directa lo cual conlleva que no sea del todo favorable. Normalmente como solución se opta por

darles una elevación a los paneles para de esta forma obtener una inclinación y orientación óptimas (ENERGY, 2023).

Es importante resaltar que el software Festo del dinamómetro de cuatro cuadrantes nos permite realizar la variación de estos valores de irradiación obtener los voltajes en una interfaz gráfica, adicionalmente pueden ser medidos en sus terminales de manera real.

Acimut del panel solar:

Es el ángulo entre el plano vertical del panel fotovoltaico y la dirección sur (90° en el este y -90° en el oeste). Normalmente es 0

Acimut del sol

Acimut solar (α) es la distancia angular entre el sur y la proyección horizontal de los rayos del sol. Un ángulo de acimut solar positiva indica una posición al este del sur y un ángulo del acimut negativo indica al oeste del sur. Se mide de debido al sur en el hemisferio norte y debido al norte en el hemisferio sur. Ángulos de altitud y Azimut solares se pueden calcular de las ecuaciones de trigonometría esférica simple (UDELAR, 2019)

Irradiación:

La radiación solar es un parámetro fundamental para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. Esta radiación varía geográficamente debido a condiciones climatológicas. Por este motivo, se vuelve relevante contar con un sistema que permita monitorizar la radiación solar de un sitio para poder diseñar óptimamente un sistema fotovoltaico. En este artículo se presenta una introducción a la radiación solar, un breve análisis del espectro solar y de la respuesta espectral de un piranómetro para medir la radiación del Sol. Se presenta además un sistema propuesto basado en un piranómetro, microcontroladores, módulos de radiofrecuencia y un computador para medir la radiación solar de la ciudad de Cúcuta. Los datos obtenidos se podrán utilizar para la validación y escogencia de modelos de radiación solar. Se describe al final el estado actual de esta investigación (Sepúlveda, 2021).

Para obtener los datos que se usarán en la simulación se utilizó una herramienta aplicativa online donde nos da los datos reales de los parámetros solares.



Ilustración 5 Datos obtenidos del software SunEarthtools

SunEarthtools

SunEarthtools es una aplicación online, a partir de los datos de entrada de lugar (seleccionado sobre un mapa), el día y la hora, obtener la carta solar y varias tablas con los valores de acimut y elevación. Además, podemos dibujar un perfil de sombras que nos permite saber las sombras que tendremos y en qué días. (HelioEsfera, 2024).

3. OBJETIVOS

Comprender el comportamiento de la tensión vs el tiempo, con dos días de diferentes meses tomando la medición de la irradiación solar de Manta por medio del SolariusPV y modificando los parámetros de orientación de los paneles obtenidos de la aplicación online SunEarthtools en el emulador.

4. MATERIALES E INSUMOS

- Dinamómetro cuatro cuadrantes LabVolt Series 8960-32
- Computador con el software de LabVolt Emulator Solar Panel
- Módulo de resistencia
- Cable jumpers
- Multímetro o Amperímetro
- Calculadora

5. PROCEDIMIENTO

N°	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Conectamos el módulo a la Computadora y la alimentación.	Primero se conecta la carga más pequeña.
2	Abrimos el Software de LabVolt	
3	Escogemos la simulación de los paneles fotovoltaicos.	
4	Ubicamos los datos correspondientes sobre el número de paneles conectados en paralelo y en serie	En este caso fue en serie 10 y paralelo 30.
5	Luego vemos los datos recopilados del mes de marzo y se van ubicando la irradiación	Por cada hora desde las 7 AM hasta las 17 PM
6	Conforme se van viendo los resultados, se van guardando	
7	Una vez tomado los datos del día del mes de marzo, se gráfica para ver el comportamiento	
8	Después se guarda los resultados, tanto la tabla como la gráfica	
9	Finalmente se realiza lo mismo para el día del mes de julio.	

6. CUADRO DE RESULTADOS

Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	11.06	0.11
7	154	115.9	11.26
8	378	118.8	11.55
9	582	120.6	12.23
10	767	122.7	12.43
11	838	123.1	12.48
12	844	123.1	12.48
13	788	122.7	12.44
14	691	121.7	12.33
15	580	120.7	12.23
16	406	118.8	11.8
17	179	116.4	11.43
18	6	26.30	0.594
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
Hora	Irradiación	Tensión	Potencia
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	3	11.44	0.102
7	116	115.1	10.7
8	261	117.6	11.42
9	420	119.3	11.59
10	545	120.2	11.68
11	605	120.9	12.25
12	604	120.8	12.25
13	574	120.7	12.23
14	520	120.2	11.93
15	399	118.8	11.67
16	270	117.6	11.55
17	115	115.2	11.32

	18	2	6.69	0.032
	19	0	0	0
	20	0	0	0
	21	0	0	0
	22	0	0	0
	23	0	0	0

7. CONCLUSIONES

Como conclusión de la práctica 6 se puede decir que el emulador de sistemas fotovoltaicos 8960-20 es muy completo ya que no solo se pueden modificar los valores de irradiación para realizar cálculos de minicentrales en cualquier lugar del mundo, también nos permite modificar los parámetros de orientación de los paneles solares de acuerdo a las necesidades o escenarios que se propongan, ya que estos son valores se los puede obtener de herramientas online y de esa forma ingresarlos como dato y realizar los cálculos.

Con los datos obtenidos de la simulación en el espigón de la ciudad de manta con la irradiación tomando como referencia el máximo y el mínimo. Son bastante aceptables para la aplicación de sistemas fotovoltaicos ya que a lo largo del día se mantienen valores aceptables lo cual permite que haya generación de electricidad casi en todo el día.

8. BIBLIOGRAFIA

ENERGY, E. (2023). eet.energy. Obtenido de INCLINACIÓN IDEAL PARA LOS PANELES SOLARES: <https://www.eet.energy/es/inclinacion-ideal-para-los-paneles-solares/>

HelioEsfera. (2024). COORDENADAS Y CARTA SOLAR. Obtenido de <https://www.helioesfera.com/coordenadas-y-carta-solar/#:~:text=Sun%20earth%20tools%3A%20esta%20aplicaci%C3%B3n,tendremos%20y%20en%20qu%C3%A9%20d%C3%ADas.>

Sepúlveda, S. (diciembre de 2021). SOLAR RADIATION: KEY FACTOR FOR DESIGN OF. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5109240.pdf>

UDELAR. (2019). GEOMETRIA SOLAR Y DISPONIBILIDAD ENERGÉTICA. UDELAR, 63. wikibooks. (4 de febrero de 2006). es.wikibooks.org. Recuperado el 21 de septiembre de 2012, de

9. ANEXOS

GRAFICAS DEL MES DE JULIO

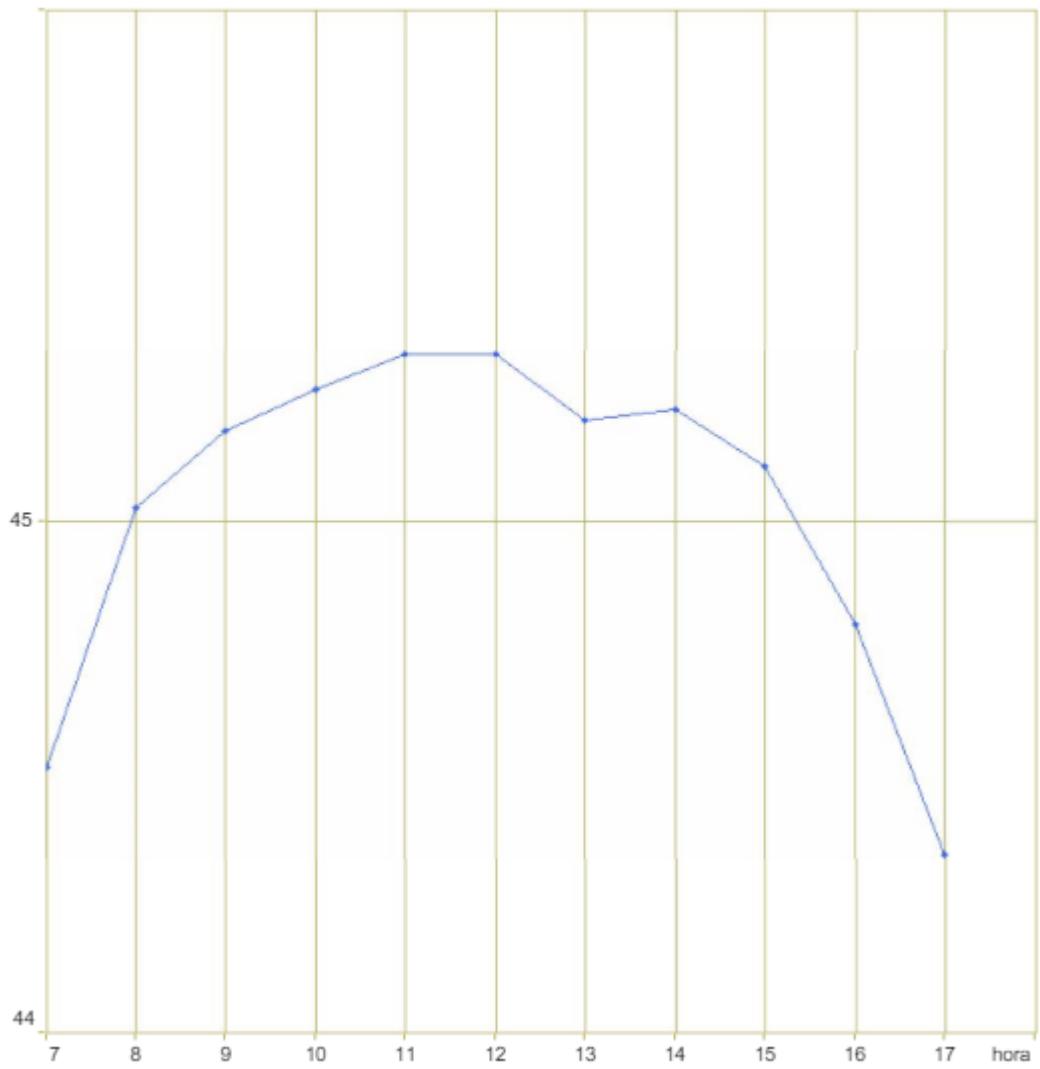


Ilustración 6 Gráfica Voltaje-Tiempo mes de julio
GRAFICAS DEL MES DE MARZO

Marzo

Índice de la fila	Tiempo (hora)	Tensión (V)
1	7	44.77
2	8	45.18
3	9	45.33
4	10	45.56
5	11	45.63
6	12	45.65
7	13	45.56
8	14	45.33
9	15	45.26
10	16	45.18
11	17	44.8
12		

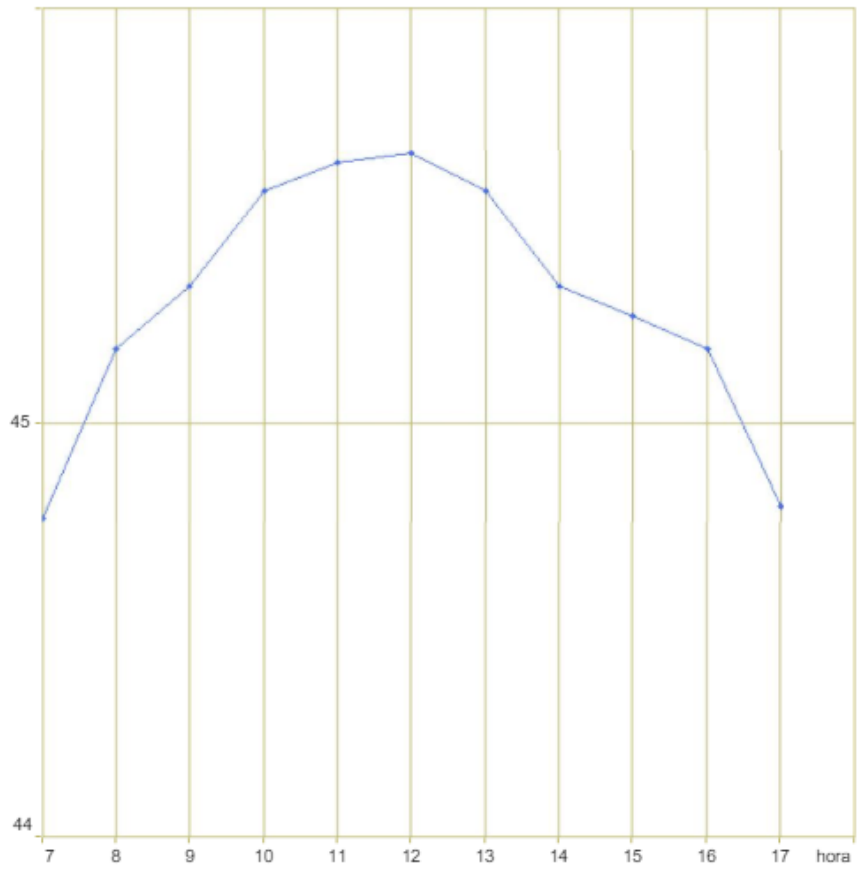


Ilustración 7 Gráfica Voltaje-Tiempo mes de marzo

Fecha de Elaboración: 12/07/2024

Elaborado por: Mieles Barcia Ronald Steven

Velásquez Huertas Erick Moisés

REVISADO POR:
Ing. Fernando Vladimir Jaramillo García. PHD
FECHA:

GUÍA DE PRÁCTICAS DE ASIGNATURA

INFORME

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Simulación de un sistema Fotovoltaico con sombra en el Cantón Montecristi	No. PRÁCTICA: 7
------------------------------	---	------------------------

1. DATOS INFORMATIVOS

CARRERA:	Ingeniería Eléctrica
CICLO/NIVEL:	Noveno Semestre
FECHA:	05/07/2024
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	Mieles Barcia Ronald Steeven Velázquez Huertas Erick Moisés
DOCENTE RESPONSABLE	Dr. Fernando Vladimir Jaramillo García

2. FUNDAMENTACIÓN

Efecto de la sombra en un panel solar

El efecto que produce la sombra es evitar que la radiación directa pase sobre el panel fotovoltaico, cuando existe sombra de forma automática los diodos de la caja de conexiones entrarán en funcionamiento, lo que provocará que se generen escalones en la curva I-V de panel, en consecuencia, la producción puede reducirse de manera muy drástica y puede llegar a estar entre un 40 y 100% de la capacidad de producción del panel, así la sombra sea parcial. En la gráfica siguiente, cuando las células fotovoltaicas son obstaculizadas de la irradiación, pasa de ser un generador de energía a un consumidor, lo cual puede ocasionar sobrecalentamiento o el deterioro del panel solar. (Zamora, 2020).



Ilustración 8 Paneles sobrecalentados, por el efecto sombra.

Fuente: cite Energía 2020

Las células fotovoltaicas poseen diodos baipás con la finalidad de evitar el calentamiento, básicamente puentean la corriente para evitar afectaciones al panel. La tarea del diodo consiste en conducir la corriente por un camino diferente para evitar que haya averías en la célula sombreada.

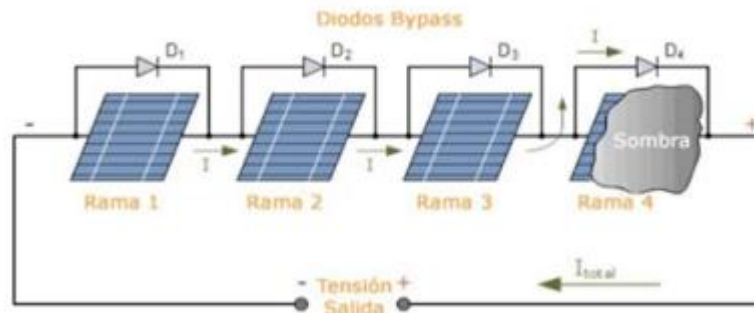


Ilustración 9 Funcionamiento del diodo cuando hay sombra.

Fuente: cite Energía 2020

Efecto de la sombra desde el punto de vista de su esquema equivalente

Para una explicación más técnica del efecto causado por la sombra a una célula fotovoltaica se puede decir que cuando el panel sufre el efecto deja de producir la corriente de luminosidad (I_L) y a su vez queda como circuito abierto (Ilustración 3), conllevando que las corrientes producidas por las demás células recorran por la Resistencia R_P lo cual provoca aumento de temperatura y conlleva al sobrecalentamiento y deterioro de la célula (Zamora, 2020).

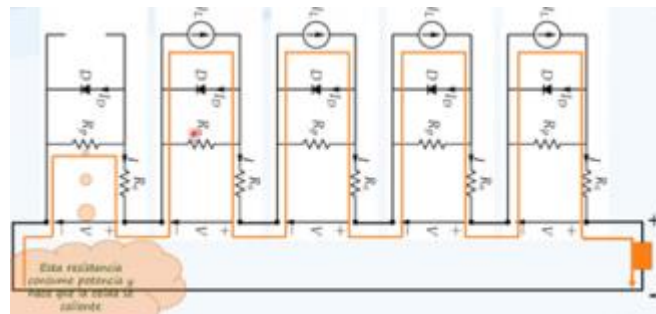


Ilustración 10 Recorrido de corriente producto del efecto sombra.

Fuente: cite Energía 2020

Debido a esto en el diseño de las células se debe considerar la instalación de diodos baipás, los cuales evitan el paso de corriente por la resistencia interna de la célula de tal forma el calentamiento sería cero.

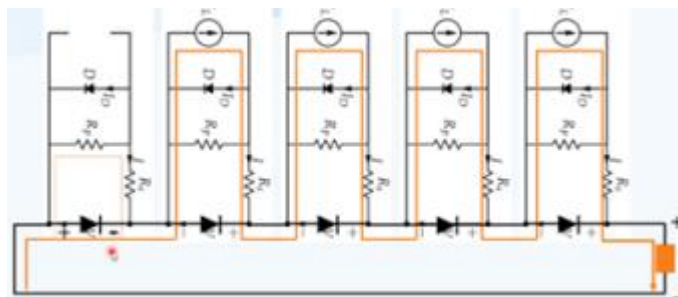


Ilustración 11 Nuevo recorrido de corriente por el diodo baipás.

Fuente: cite Energía 2020

Diodos de protección o Baipás

La función de los diodos de protección que se instalan en la caja de protecciones es de evitar que existan efectos producto de puntos calientes o sombreados, que pueden perjudicar al rendimiento del panel solar. Cuando en una serie de células se encuentran parcialmente con sombra o poseen defectos de fabricación se pueden producir puntos calientes (o hot spot) que son muy peligrosos en una instalación de bombeo directo o de conexión a la red, especialmente cuando el número de módulos que se encuentran conectados en serie es elevado (DAVALOS, 2021).

--

3. OBJETIVOS

Comparar los valores de irradiación obtenidos del software SolariusPV en el cantón Montecristi con dos funciones: sombra con diodo baipás y sin diodo para comparar los resultados obtenidos.

4. MATERIALES E INSUMOS

- Dinamómetro cuatro cuadrantes - LabVolt Series 8960-32
- Computador con el software de LabVolt Emulator Solar Panel
- Módulo de resistencia 8311
- Cable jumpers
- Multímetro o Amperímetro
- Calculadora

5. PROCEDIMIENTO

N°	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Nos aseguramos primero de que el tomacorriente donde vamos a conectar el módulo tenga la tensión adecuada para evitar daños a éste, una vez asegurado se conectó el cable de alimentación al módulo, y antes de encenderlo tenemos que fijarnos que el módulo se encuentre en modo fuente de alimentación, debido a que en este modo se encuentra el emulador de paneles solares.	Primero se conecta la carga más pequeña.
2	Se realizó la conexión de comunicación entre el módulo y un computador, para poder establecer una comunicación entre ambos dispositivos, el computador debe tener previamente instalado el firmware proveniente del propio Festo de LabVolt.	
3	Se realizó la conexión entre el dinamómetro de cuatro cuadrante y el módulo de resistencia, como se muestra en la siguiente figura, se midió mediante un multímetro, los valores de resistencias verificando que éstos se encuentren en buen estado y con su parametrización adecuada-	Escogemos el de 1200 ohm
4	Se abrió el software, eligiendo la opción de 120V-60Hz porque son los parámetros que alimentan al módulo, así mismo se escogió el modo conectado porque nos comunicaremos entre la computadora y el módulo, para finalmente abrir la simulación de paneles solares.	De acuerdo con los escenarios se configura con sombra o sin sombra
5	Se configuró con un string de 13 paneles en serie porque así obtenemos un total de generación de 120V en corriente continua, simulando que es la tensión que ocupamos en corriente alterna, y 15 ramas en paralelo.	
6	Se puso los datos de irradiación promedio del mes de marzo y julio, siendo marzo el mejor promedio del día de irradiación, y julio es el peor promedio del día de	

	irradiación, configurando y aplicando la aplicación o no de los diodos de derivación.	
7	7) Se registró cada dato en una herramienta que presenta el firmware, donde escogemos que parámetro queremos ir registrando, una vez finalizado esta herramienta también nos permitió poder graficar los datos obtenidos, además, nos exportó y guardó los datos de tabla resultante en PDF.	
8	Los parámetros registrados para esta práctica son la potencia, tensión y corriente, estos dos últimos para verificar que los resultados sean los correctos. A continuación, en las siguientes tablas se detallan los resultados obtenidos de estos 2 meses con y sin los diodos de derivación.	

6. CUADRO DE RESULTADOS

Mes de mínima irradiación

Emulador de panel solar con sombra con diodo mes de julio

Corriente(A)	Voltaje (v)	Potencia (W)	Irradiación(W/m ²)
0.093	114.5	10.65	3
0.101	124.6	12.63	104
0.101	125.2	12.7	241
0.106	1125.4	13.24	370
0.101	125.4	12.71	473
0.103	125.5	12.98	532
0.106	125.5	13.25	540
0.106	125.5	13.25	509
0.106	125.4	13.24	481
0.105	125.4	13.11	371
0.105	125.3	13.09	253
0.103	125.8	12.91	109
0.095	125.5	10.88	3

Emulador de panel solar sin sombra con diodo mes de julio

Corriente(A)	Voltaje (v)	Potencia (W)	Irradiación(W/m ²)
0.002	1.464	0.002	3
0.089	109.6	9.73	104
0.097	116.0	11.27	241
0.097	117.7	11.44	370
0.097	119.4	11.6	473
0.099	120.2	11.93	532
0.101	120.4	12.21	540
0.1	119.9	12.03	509
0.099	119.4	11.85	481
0.098	117.9	11.58	371
0.098	116.1	11.4	253
0.094	110.2	10.36	109
0.002	1.445	0.002	3

Mes de máxima irradiación

Emulador de panel solar con sombra con diodo mes de marzo

Corriente(A)	Voltaje (v)	Potencia (W)	Irradiación(W/m ²)
0.093	114.5	10.65	3
0.101	125.2	12.69	160
0.103	125.4	12.97	368
0.103	125.5	12.98	556
0.106	126.6	13.25	713
0.106	125.7	13.27	828
0.106	125.7	13.27	798
0.106	125.7	13.27	777
0.106	125.6	13.26	706
0.106	125.5	13.25	551
0.106	125.4	13.24	369
0.103	125.0	12.94	168
0.094	114.5	10.76	5

Emulador de panel solar con sombra sin diodo mes de marzo

Corriente(A)	Voltaje (v)	Potencia (W)	Irradiación(W/m ²)
0.002	1.766	0.003	3
0.093	113.8	10.58	160
0.097	117.9	11.45	368
0.097	120.4	11.7	556
0.099	121.3	12.04	713
0.101	122.8	12.45	828
0.101	122.8	12.45	798
0.101	122.3	12.4	777
0.101	122	12.37	706
0.1	120.4	12.08	551
0.098	117.9	11.58	369
0.098	116.7	11.46	168
0.006	6.505	0.038	5

7. CONCLUSIONES

Una vez finalizada la simulación de los meses de máxima y mínima irradiación se pudo llegar a la conclusión de que el diodo al ser un elemento de protección también ayuda a que tengamos valores de tensión más elevados que sin diodo a que las pérdidas son menores, haciendo una comparación se puede observar que los valores de tensión se aumentan en aproximadamente 2-3 voltios en el escenario de cuando se usa el diodo.

8. BIBLIOGRAFÍA

Zamora, V. G. (2020). EFECTO SOMBRA EN LOS PANELES SOLARES. *CITE ENERGIA*, 6.

9. ANEXOS

Para escoger los valores de los meses con máxima y mínima irradiación se obtuvo la gráfica anual de irradiación del cantón Montecristi, llegando a la conclusión que el mes de máxima irradiación es el mes de marzo y el de mínima el mes de julio.

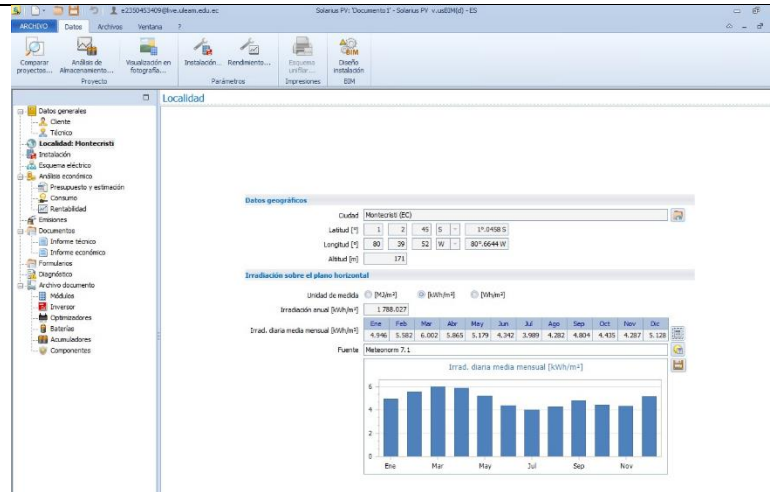


Ilustración 12 Datos de irradiación de un año

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
2	0	0	0	0	0	0	4	135	305	472	608	669	686	655	545	426	291	145	5	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	2	130	322	523	679	751	784	718	651	514	341	160	7	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	3	160	368	556	713	828	798	777	706	551	369	168	5	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	6	186	400	603	767	769	789	747	645	500	323	128	2	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	7	165	356	505	620	687	708	682	595	458	288	107	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	5	124	276	418	540	580	610	559	488	384	252	104	2	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	3	104	241	370	473	532	540	509	481	371	253	109	3	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	4	119	269	412	526	559	597	564	498	386	243	103	2	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	10	183	350	495	627	636	658	596	504	402	242	100	1	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	16	172	331	467	581	597	584	558	478	366	212	73	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	16	165	300	415	489	562	577	572	520	374	221	76	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	11	179	361	514	622	670	686	672	588	441	276	106	1	0	0	0	0	0

Ilustración 13 valores anuales de irradiación por mes, por hora

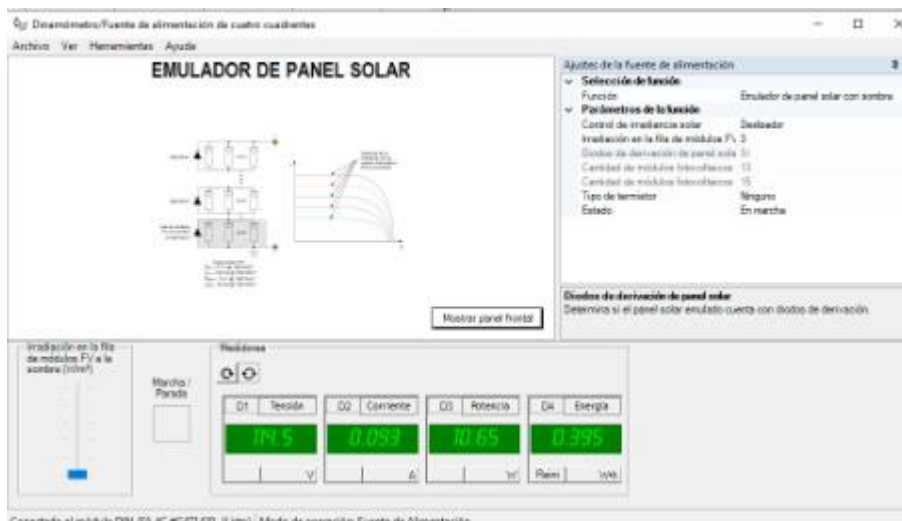


Ilustración 14 Configuración del panel solar con sombra cuando si está activado el diodo baiapás

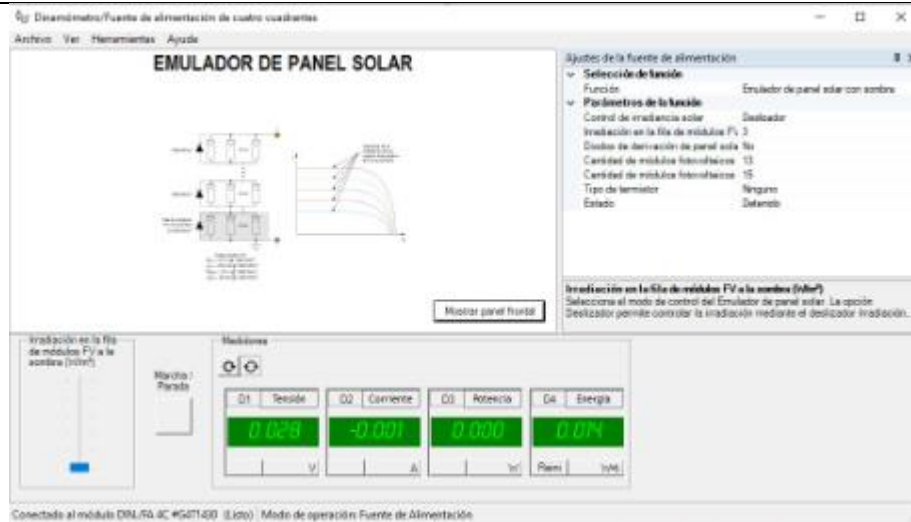


Ilustración 15 Configuración del panel solar con sombra cuando si está activado el diodo baipás



JulioConDiodo

Índice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	114.5	0.093	10.65	3
2	124.6	0.101	12.63	104
3	125.2	0.101	12.7	241
4	125.4	0.106	13.24	370
5	125.4	0.101	12.71	473
6	125.5	0.103	12.98	532
7	125.5	0.106	13.25	540
8	125.5	0.106	13.25	509
9	125.4	0.106	13.24	481
10	125.4	0.105	13.11	371
11	125.3	0.105	13.09	253
12	124.8	0.103	12.91	109
13	114.5	0.095	10.88	3

Ilustración 16 mes de julio con diodo

JulioSinDiodo

Índice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	1.464	0.002	0.002	3
2	109.6	0.089	9.73	104
3	116.0	0.097	11.27	241
4	117.7	0.097	11.44	370
5	119.4	0.097	11.6	473
6	120.2	0.099	11.93	532
7	120.4	0.101	12.21	540
8	119.9	0.1	12.03	509
9	119.4	0.099	11.85	481
10	117.9	0.098	11.58	371
11	116.1	0.098	11.4	253
12	110.2	0.094	10.36	109
13	1.445	0.002	0.002	3

Ilustración 17 mes de julio sin diodo

MarzoConDiodo

Índice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (w/m2)
1	114.5	0.093	10.65	3
2	125.2	0.101	12.69	160
3	125.4	0.103	12.97	368
4	125.5	0.103	12.98	556
5	125.6	0.106	13.25	713
6	125.7	0.106	13.27	828
7	125.7	0.106	13.27	798
8	125.7	0.106	13.27	777
9	125.6	0.106	13.26	706
10	125.5	0.106	13.25	551
11	125.4	0.106	13.24	369
12	125.0	0.103	12.94	168
13	114.5	0.094	10.76	5

Ilustración 18 mes de marzo con diodo

MarzoSinDiodo

Índice de la fila	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Irradiación (W/m2)
1	1.766	0.002	0.003	3
2	113.8	0.093	10.58	160
3	117.9	0.097	11.45	368
4	120.4	0.097	11.7	556
5	121.3	0.099	12.04	713
6	122.8	0.101	12.45	828
7	122.8	0.101	12.45	798
8	122.3	0.101	12.4	777
9	122	0.101	12.37	706
10	120.4	0.1	12.08	551
11	117.9	0.098	11.58	369
12	116.7	0.098	11.46	168
13	6.505	0.006	0.038	5

Ilustración 19 mes de marzo sin diodo

Fecha de Elaboración: 05/07/2024**Elaborado por: Mieles Barcia Ronald Steven****Velásquez Huertas Erick Moisés****REVISADO POR:****Ing. Fernando Vladimir Jaramillo García. PHD****FECHA:**