



Universidad del
Rosario

Escuela de Ingeniería,
Ciencia y Tecnología

**DISEÑO DE UNA MICRORRED ELECTRICA CONFORMADA POR UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO DE AUTOCONSUMO Y LA ESTIMACION DEL RECURSO
HIDRICO DE LA ESTACION EXPERIMENTAL JOSE CELESTINO MUTIS DE LA
UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**

Presentado para obtener el título de

MAGÍSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES

Ronald Andrés Mayorga Escobar

Camilo Andrés Salamanca Flórez

Director

Jesús Antonio Vega Uribe

Co-director

Andrés Mauricio Pérez Gordillo

Universidad del Rosario

Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología

Maestría en Energías Renovables

RESUMEN

La Estación Experimental José Celestino Mutis (JCM) de la Universidad del Rosario, ubicada entre los municipios de La Vega y Sasaima en Colombia, es un centro de investigación y desarrollo dedicado al estudio y análisis de la flora y fauna de una de las regiones con mayor biodiversidad del país. La estación abarca aproximadamente 13 hectáreas de bosque en proceso de recuperación e incluye un laboratorio de ciencias, un aula de formación y cabañas para albergar a estudiantes e investigadores. Actualmente la Estación Experimental JCM se encuentra conectada a la red eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y hace uso de un grupo electrógeno con motor diésel que sirve como respaldo en situaciones de ausencia de red para cubrir su demanda eléctrica.

El objetivo de este proyecto es diseñar una microrred eléctrica para autoconsumo, conectada a la red, que aproveche el recurso solar disponible en la zona y caracterizar el recurso hídrico de la Quebrada Cambular que atraviesa el terreno donde se encuentra ubicada la Estación Experimental JCM con el fin de evaluar su potencial. Todo esto con el propósito de optimizar el uso de los recursos naturales disponibles en beneficio de la institución, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático y promoviendo la sostenibilidad energética.

La metodología empleada para el desarrollo de este proyecto se estructuró en cuatro etapas: recopilación de información relacionada con el proyecto, caracterización de los recursos naturales en la zona de influencia del proyecto, evaluación de las necesidades energéticas de la Estación Experimental JCM y modelado de la microrred eléctrica a través de la herramienta especializada PVsyst con base en los datos e información recopilados sobre los recursos, consumo eléctrico de la Estación Experimental JCM e información de costos asociados a los componentes de la microrred, de tal manera que se pueda evaluar la viabilidad del proyecto desde el punto de vista técnico, financiero y ambiental.

Los resultados obtenidos darán un panorama sobre las posibles mejoras que se podrán obtener en materia de eficiencia energética, autonomía, confiabilidad y medio ambiente en el suministro de energía eléctrica para la Estación Experimental JCM.

ABSTRACT

The José Celestino Mutis Experimental Station (JCM) at the University of Rosario, positioned between La Vega and Sasaima municipalities in Colombia, serves as a pivotal research and development hub. It focuses on the study and analysis of flora and fauna within one of the nation's most biodiverse regions. Spanning approximately 13 hectares, the station is a recuperating forest area that houses a scientific laboratory, a training facility, and cabins for student and researcher accommodation. Presently, the JCM Experimental Station is integrated into the National Interconnected System (SIN) for its electricity supply and relies on a diesel generator for backup during grid outages.

This project's objective is to devise a grid-connected self-consumption microgrid that leverages the local solar resource and evaluates the hydrological potential of Quebrada Cambular, traversing the station's site, to optimize the utilization of natural resources for institutional benefit. This initiative aims at contributing to climate change mitigation and fostering energy sustainability.

The project's methodology unfolds in four phases: compiling pertinent project information, characterizing the natural resources within the influence area, analyzing the energy requirements of the JCM Experimental Station, and simulating the microgrid using PVsyst. This approach integrates resource data, electricity consumption figures, and cost details related to microgrid components to evaluate the project's viability from technical, economic, and environmental standpoints.

The findings will highlight potential enhancements in energy efficiency, self-sufficiency, reliability, and environmental impact regarding the electrical supply at the JCM Experimental Station.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1 INTRODUCCION	1
Capítulo 2 OBJETIVOS	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
Capítulo 3 PROBLEMA Y JUSTIFICACION.....	4
Planteamiento del problema.....	4
Justificación	5
Capítulo 4 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	7
4.1 Microrred eléctrica.....	8
4.1.1 Tipos de microrredes eléctricas	9
4.1.2 Ventajas y desventajas de las microrredes eléctricas.....	10
4.1.3 Evaluación técnico-económica de la microrred eléctrica	10
4.1.4 Diseño y dimensionamiento de la microrred eléctrica.....	10
4.2 Energía solar fotovoltaica	10
4.2.1 Componentes de un sistema fotovoltaico	11
4.3 Energía hidroeléctrica	11
4.3.1 Componentes y tipos de centrales hidroeléctricas	11
4.4 Algunas contribuciones.....	13
Capítulo 5 METODOLOGÍA	14
5.1 Componentes de la Estación Meteorológica.....	15
5.1.1 Datalogger iRIS Undercover (Registrador de datos).....	15
5.1.2 Batería Ciclo profundo.....	16
5.1.3 Albedómetro Clase A y Termohigrómetro	16
5.2 Analisis de Datos Meteorológicos y Ajuste en software PVsyst de Metodata.....	18
5.2.1 Variable GHI (Irradiancia Global Horizontal).....	18
5.2.2 Variable RGI (Irradiancia Global Reflejada).....	19
5.2.3 Temperatura del Aire	20
5.2.4 Humedad Relativa.....	21
5.2.5 Ajuste Software PVsyst de Metodata.....	22
5.3 Aforos de caudal y caracterización del recurso hídrico	23
5.3.1 Descripción del afluente	23
5.3.2 Selección Sitio de aforo	24
5.3.3 Construcción Curva de Gastos.....	26
5.4 Integración del recurso hídrico a la microrred.....	27
5.5 Grupo electrógeno Estación Experimental JCM.....	30
5.5.1 Características técnicas	30
5.5.2 Operación y Mantenimiento (O&M).....	31
5.6 Cálculo de emisiones de CO ₂ asociadas al grupo electrógeno	32
5.7 Perfil de consumo eléctrico Estación Experimental JCM.....	33
5.7.1 Consumo eléctrico red eléctrica.....	33
5.7.2 Perfil de consumo grupo electrógeno	34
Capítulo 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
6.1 Diseño de la microrred en PVsyst.....	35

	v
6.1.1 Construcción de escena de sombreado	35
6.1.2 Elementos del sistema.....	36
6.1.3 Recorrido solar sobre la ubicación del proyecto.....	38
6.2 Resumen del sistema.....	40
6.3 Resultados de la Simulación.....	41
6.3.1 Producción Normalizada.....	41
6.3.2 Índice de Rendimiento (PR).....	42
6.4 Diagrama Unifilar	43
6.5 Análisis económico.....	44
6.5.1 Flujo de efectivo acumulado.....	44
6.6 Análisis ambiental del sistema - Balance de emisiones de CO ₂	46
Capítulo 7 CONCLUSIONES	48
Recomendaciones	49
REFERENCIAS.....	50

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Algunas configuraciones comunes para microrredes.	8
Ilustración 2. Microrred eléctrica con energía solar, baterías y conectada a la red.	9
Ilustración 3. Microrred eléctrica híbrida.	9
Ilustración 4. CH con embalse y CH a Filo de agua.	12
Ilustración 5. Estación meteorológica instalada.....	14
Ilustración 6. Datalogger iRIS.	16
Ilustración 7. Batería tipo seco de ciclo profundo.	16
Ilustración 8. Termohigrómetro y Albedómetro Clase A.	17
Ilustración 9. Serie de tiempo mensual GHI.....	18
Ilustración 10. Serie de tiempo RHI Estación de medición.	19
Ilustración 11. Serie de tiempo Temperatura Aire 2m.....	20
Ilustración 12. Serie de tiempo Humedad Relativa Aire 2m.	21
Ilustración 13. Edición de valores en variables.	22
Ilustración 14. Correntometro electromagnetico.	23
Ilustración 15 Quebrada Cambular sobre Estación experimental JCM.	24
Ilustración 16. Selección Punto de Aforo.	25
Ilustración 17. Aforo sobre sección transversal.....	25
Ilustración 18. Curva Caudal. Fuente: Elaboración propia.....	27
Ilustración 19. Mayo (izquierda) y Septiembre (derecha).	27
Ilustración 20 Aplicación Típica de las turbinas.....	28
Ilustración 21 Turbina PicoPica.....	29
Ilustración 22 Turbina Kaplan LH.....	29
Ilustración 23. Planta eléctrica ePRO	30
Ilustración 24. Consumo histórico y promedio mensual.	33
Ilustración 25. Construcción de la escena y sombreados PVsyst.	35
Ilustración 26. Salón polivalente.....	36
Ilustración 27. Inversor seleccionado para la modelación de la microrred.....	37
Ilustración 28. Batería Turbo Energy.....	38
Ilustración 29. Recorrido Solar.....	39

	vi
Ilustración 30. Diagrama de sombreado.	39
Ilustración 31 Características del sistema.	40
Ilustración 32. Producción de energía normalizada.	41
Ilustración 33. Factor de desempeño PR.	42
Ilustración 34. Diagrama unifilar.	43
Ilustración 35. Retoro de la inversión.	45
Ilustración 36. Costos de instalación del proyecto (CAPEX).	45
Ilustración 37. Costos de mantenimiento del proyecto (OPEX).	46
Ilustración 38. Balance de emisiones de CO ₂	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Elementos y equipamiento Centrales Hidroeléctricas.	11
Tabla 2. Clasificación Hidroeléctricas.	13
Tabla 3. Características técnicas Albedómetro Clase A MS80S.	17
Tabla 4. Características técnicas Termohigrómetro.	17
Tabla 5. Promedio GHI.	19
Tabla 6. Promedio RHI.	19
Tabla 7. Promedio Relación Albedo.	20
Tabla 8. Promedio Temperatura Aire 2m.	21
Tabla 9. Promedio Humedad Relativa.	21
Tabla 10. Parámetros por defecto del sitio geográfico Meteonorm.	22
Tabla 11. Características planta eléctrica ePRO.	30
Tabla 12. Perfil de Consumo grupo electrógeno.	31

Capítulo 1

INTRODUCCION

En la actualidad, se está llevando a cabo una transición energética a nivel global con el objetivo principal de reducir la dependencia de los combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica, movilidad y diversos procesos industriales. Esta transición busca alinearse con los objetivos de desarrollo sostenible y la neutralidad de carbono establecidos en el Acuerdo de París.

En Colombia, muchas zonas rurales no están conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) [1] en la actualidad el 3.45 % del país se encuentra sin cobertura de energía eléctrica[2]. Estas áreas dependen en gran medida de combustibles fósiles como el diésel, lo que impacta negativamente en el medio ambiente y aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero.

La prestación del servicio de energía eléctrica en las zonas rurales de Colombia enfrenta constantes desafíos, como las fluctuaciones e interrupciones prolongadas, causadas por condiciones climáticas adversas y un déficit en el mantenimiento de las redes de distribución rural [3]. Para la zona de nuestro interés en la actualidad existen interrupciones prolongadas causadas principalmente por condiciones climáticas[4], en respuesta a estas dificultades, y en consonancia con el compromiso de la Universidad del Rosario con el medio ambiente y la sostenibilidad, ha surgido la necesidad de investigar y proponer una solución para satisfacer las necesidades energéticas de la Estación Experimental José Celestino Mutis (JCM). Esta estación se encuentra ubicada entre los municipios de la Vega y Sasaima, en el departamento de Cundinamarca, Colombia.

La Estación Experimental JCM desempeña un papel importante como sitio para el desarrollo de investigaciones relacionadas con la fauna y flora en la región. Además, cuenta con un laboratorio de ciencias, varios mariposarios, un salón de clases polivalente y algunas cabañas con servicio de cocina y cafetería. Estas instalaciones permiten el hospedaje de estudiantes mientras llevan a cabo sus trabajos de investigación (Ver Anexo 9). Por su importancia para la academia y la investigación

surge la necesidad de abordar de manera eficiente esta problemática, garantizando así su funcionamiento continuo y sostenible.

La Estación Experimental JCM, se encuentra ubicada en una zona donde inicialmente no existía conexión a la red eléctrica nacional y desde 2022 dependía de un grupo electrógeno con motor diésel para cubrir la totalidad de sus necesidades eléctricas. Aunque fue conectada a la red de distribución local en septiembre de 2022, aún sigue experimentando constantes fallas en el suministro eléctrico, lo que obliga a continuar con el uso del grupo electrógeno, generando así un impacto ambiental negativo.

Por tanto, se ha decidido llevar a cabo un proyecto para el diseño de una microrred eléctrica solar fotovoltaica para autoconsumo. El objetivo es no solo satisfacer las necesidades energéticas de la Estación Experimental JCM, sino también servir como ejemplo en la región y transferir conocimientos para inspirar a otras instituciones educativas y usuarios con desafíos similares.

La ejecución de este proyecto se llevó a cabo mediante la implementación de una metodología estructurada en cuatro etapas: en la primera etapa, se realizó la recopilación y análisis de información relevante; la segunda etapa se centró en la medición de los recursos naturales disponibles, incluyendo la evaluación del recurso solar y la medición del caudal en la Quebrada Cambular que cruza la Estación Experimental JCM; en la tercera etapa, se abordaron las necesidades eléctricas de la estación, incorporando el consumo eléctrico; finalmente, la cuarta y última etapa se enfocó en la modelación y evaluación económica mediante el uso del software PVsyst. Esto incluyó la evaluación de los precios del mercado asociados a los componentes de la microrred y su operación, así como el análisis de los resultados obtenidos en la modelación.

Dada la creciente implementación de microrredes en el mercado energético actual, surge la pregunta: ¿Será una microrred eléctrica solar fotovoltaica para autoconsumo una solución económicamente viable y ambientalmente sostenible para cubrir las necesidades energéticas de la Estación Experimental JCM y la protección del medio ambiente?

Capítulo 2

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar una microrred eléctrica conformada por un sistema solar fotovoltaico de autoconsumo que permita satisfacer la demanda eléctrica de la Estación Experimental José Celestino Mutis de la Universidad del Rosario, y evaluar la viabilidad de integrar una fuente de energía renovable proveniente del recurso hídrico disponible, mediante su caracterización.

Objetivos específicos

- Realizar una evaluación de la demanda eléctrica de la Estación Experimental José Celestino Mutis, a fin de establecer la capacidad de la microrred eléctrica.

- Diseñar una microrred solar fotovoltaica de autoconsumo que permita satisfacer la mayor parte de la demanda energética de la Estación Experimental, considerando factores como la ubicación de los paneles, la capacidad de almacenamiento de energía y la conexión a la red eléctrica existente.

- Llevar a cabo la caracterización del recurso hídrico disponible en la zona, a fin de determinar su potencial energético y evaluar la viabilidad de integrar una micro central hidroeléctrica a esta microrred.

- Evaluar la factibilidad técnica, económica y ambiental de la implementación de esta microrred eléctrica.

Capítulo 3

PROBLEMA Y JUSTIFICACION

Planteamiento del problema

En Colombia, a pesar de los avances en infraestructura energética, todavía existen regiones que no están conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN), lo que obliga a los usuarios a depender de plantas eléctricas con combustible diésel para satisfacer sus necesidades energéticas. De igual manera en las zonas conectadas al SIN, se enfrentan problemas constantes en la prestación del servicio eléctrico, como interrupciones y fluctuaciones, que impactan negativamente a los usuarios.

En este contexto, considerando que muchas de estas regiones cuentan con un potencial significativo de recursos hídrico y solar, surge la necesidad de explorar soluciones sostenibles y económicamente viables. Este proyecto se enfoca en el diseño de una microrred solar fotovoltaica para autoconsumo conectada a la red (On-Grid) y la caracterización del recurso hídrico de la Quebrada Cambular que atraviesa la Estación Experimental JCM. El objetivo es evaluar si la implementación de esta microrred puede ser una solución eficaz y sostenible para abordar los desafíos energéticos en regiones como esta, contribuyendo a disminuir la dependencia de combustibles fósiles y mejorando la confiabilidad del suministro eléctrico.

También se busca proporcionar una perspectiva integral sobre la viabilidad de la microrred solar fotovoltaica y su impacto potencial en la protección del medio ambiente y en la mejora de la prestación del servicio de energía eléctrica en áreas rurales y zonas con problemas de suministro, ofreciendo así una solución que podría servir como modelo en otras regiones de Colombia y en otros lugares del mundo con características similares.

Justificación

La ejecución de este proyecto se fundamenta en la importancia y necesidad de buscar soluciones sostenibles a los desafíos energéticos que enfrentan diversas regiones de Colombia y el mundo, donde todavía no hay disponibilidad del servicio eléctrico, o si lo hay es muy fluctuante y poco confiable. Las razones que respaldan la realización de este proyecto son las siguientes:

1. **Dependencia de combustibles fósiles:** La dependencia de plantas eléctricas con motor diésel en áreas no conectadas al SIN y el uso continuo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica representan un importante problema ambiental y económico. La transición hacia fuentes de energía renovable, como la solar fotovoltaica, es esencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la huella de carbono.
2. **Problemas en la prestación del servicio eléctrico:** Las interrupciones y fluctuaciones en la prestación del servicio eléctrico en áreas rurales y zonas conectadas al SIN generan inconvenientes y pérdidas económicas para los usuarios. La implementación de microrredes solares fotovoltaicas puede mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico y contribuir a un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles como el agua y el sol.
3. **Potencial de recursos renovables:** Colombia cuenta con un alto potencial de recursos hídricos y solar, especialmente en regiones rurales. Aprovechar estos recursos naturales para la generación de energía es una oportunidad que puede brindar beneficios ambientales, económicos y sociales.
4. **Aplicabilidad a nivel regional y global:** Los resultados de este proyecto pueden tener un impacto más allá de la Estación Experimental JCM y servir como un modelo para otras instituciones educativas a través de la transferencia de conocimiento a comunidades cercanas y usuarios que enfrentan desafíos con características similares en Colombia y en otras regiones del mundo.

5. **Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible:** La investigación se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, específicamente con los ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) y 13 (Acción por el clima). La implementación de una microrred solar fotovoltaica para autoconsumo contribuirá a estos objetivos, promoviendo la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático.

Este proyecto aborda problemas energéticos significativos en Colombia y responde a la necesidad de encontrar soluciones más sostenibles y eficientes. Además, ofrece la oportunidad de aprovechar los abundantes recursos naturales del país para avanzar hacia un futuro más limpio y sostenible. Su relevancia se extiende más allá de la región de la Estación Experimental JCM, y su éxito puede inspirar y guiar futuros esfuerzos en la transición hacia energías renovables. Al contribuir a la diversificación de la matriz energética del país, este proyecto no solo promueve la autosuficiencia y resiliencia energética, sino que también se alinea con los objetivos nacionales e internacionales de mitigación del cambio climático, posicionando a Colombia como un referente en la adopción de prácticas más sostenibles en el ámbito energético.

Capítulo 4

MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

En el ámbito de las energías renovables, se ha desarrollado ampliamente la temática de las microrredes eléctricas como una alternativa a los sistemas eléctricos convencionales. Las microrredes eléctricas se definen como pequeños sistemas de suministro de energía eléctrica compuestos por fuentes de energía renovable, almacenamiento de energía y dispositivos de control y gestión, que se utilizan para el óptimo funcionamiento y operación del sistema. De esta forma, las microrredes eléctricas se han convertido en una opción viable para proporcionar energía eléctrica en zonas remotas y aisladas de la red eléctrica principal.[5]

En la literatura, se encuentran varios trabajos de investigación relacionados con el diseño y la implementación de microrredes eléctricas basadas en una fuente de energía renovable o microrredes híbridas alimentadas por dos fuentes de energía renovable distintas, como la solar y eólica, solar y biomasa y solar e hídrica. En particular, algunos estudios se han enfocado en el uso de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía primaria en microrredes eléctricas. La implementación de la energía solar fotovoltaica en microrredes eléctricas representa un paso hacia un futuro energético más sostenible y resiliente. Al aprovechar estos recursos naturales y renovables como la energía del sol y el agua, estas microrredes pueden garantizar un suministro de electricidad confiable en comunidades remotas o propensas a interrupciones en la prestación del servicio de energía, al mismo tiempo que contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. [6]

En cuanto al recurso hídrico, se han realizado diversos estudios sobre la generación de energía hidroeléctrica. Evidenciando que esta energía puede ser utilizada en microrredes eléctricas híbridas, complementándose con otras fuentes de energía limpia como el sol y generando de esta manera electricidad que no emite gases efecto invernadero ni otros contaminantes, lo que contribuye a reducir la dependencia de combustibles fósiles, disminuyendo la contaminación del aire y combatiendo a su vez el cambio climático. Además, su renovabilidad se basa en el ciclo natural del agua, ya que los ríos y arroyos se renuevan continuamente, y las centrales

hidroeléctricas devuelven el agua extraída al medio ambiente con el tiempo, manteniendo una huella hídrica mínima.[7]

En el contexto específico de la Universidad del Rosario, no se han identificado estudios previos que se enfoquen en el diseño de una microrred eléctrica híbrida que combine un sistema fotovoltaico para autoconsumo con una micro o pequeña central hidroeléctrica.

4.1 Microrred eléctrica

Una microrred eléctrica, como un sistema energético local avanzado, puede operar tanto de manera independiente como en colaboración con la red principal. Este sistema, alimentado por generadores o fuentes renovables, se destina a suministrar energía a usuarios cercanos al punto de generación, como residencias, instituciones educativas, empresas, etc. Con la capacidad de almacenar parte de esta energía generada en baterías, no solo se garantiza un suministro continuo durante situaciones de emergencia, sino que también actúa como una estrategia efectiva para reducir los costos de energía durante períodos de alta demanda [8]. La Ilustración 1 muestra algunas configuraciones existentes para microrredes aisladas y conectadas a la red.

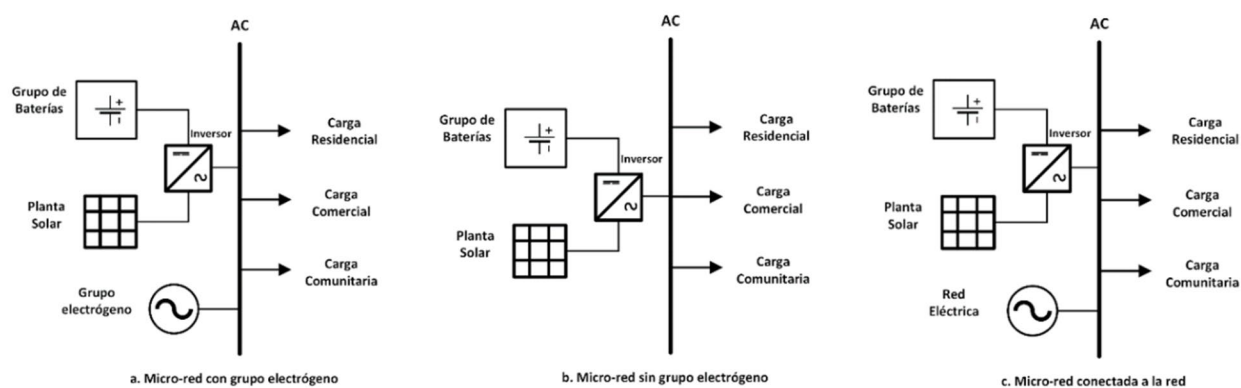


Ilustración 1. Algunas configuraciones comunes para microrredes. Fuente: [9]

La Ilustración 2 muestra la configuración de una microrred eléctrica conectada a la red con la capacidad de inyectar excedentes de la planta fotovoltaica a la red.

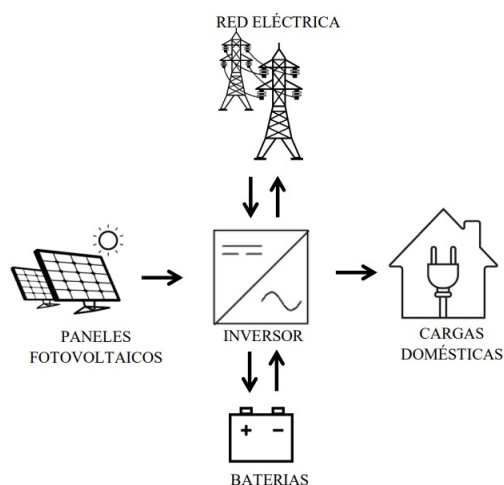


Ilustración 2. Microrred eléctrica con energía solar, baterías y conectada a la red. Fuente:[10]

4.1.1 Tipos de microrredes eléctricas

Existen tres tipos principales de microrredes eléctricas: acopladas a la red, aisladas e híbridas. Las microrredes acopladas a la red generan energía a partir de fuentes renovables o generadores diésel y tienen la capacidad de intercambiar energía con la red principal. Por otro lado, las microrredes aisladas también generan energía a partir de fuentes renovables o generadores diésel, pero no comparten energía con la red principal. Finalmente, las microrredes híbridas (Ver Ilustración 3) emplean dos fuentes distintas de energía renovable o una fuente renovable combinada con un generador diésel. Estas últimas pueden estar o no acopladas a la red eléctrica principal [11].

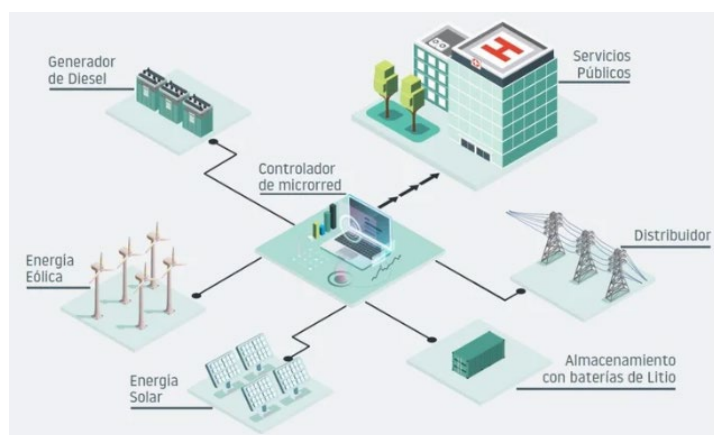


Ilustración 3. Microrred eléctrica híbrida. Fuente: [12]

4.1.2 Ventajas y desventajas de las microrredes eléctricas

Las ventajas incluyen autonomía, seguridad energética, eficiencia, capacidad para vender excedentes y la integración de energías renovables [11]. Las desventajas abarcan costos iniciales elevados, mantenimiento, escalabilidad limitada, desafíos de interconexión, impacto ambiental, entorno normativo sumamente incierto y falta de financiamiento disponible [13].

4.1.3 Evaluación técnico-económica de la microrred eléctrica

Para evaluar la viabilidad técnico-económica de una microrred, se deben considerar factores como las condiciones climáticas, infraestructura necesaria para el montaje, precio de la energía, análisis económico para determinar el retorno de la inversión y el impacto ambiental [14].

4.1.4 Diseño y dimensionamiento de la microrred eléctrica

Para realizar el diseño de una microrred se deben identificar los componentes que harán parte de ella y realizar una recolección de información en campo, evaluación de recursos energéticos renovables y no renovables, estimación del perfil de carga del usuario, dimensionamiento del generador y del banco de baterías si se requiere, también un diseño de la topología de la microrred y realizar por ultimo un análisis eléctrico y económico a través de simulaciones o modelado con software o herramientas especializadas como por ejemplo las herramienta Homer Pro y PVSyst [15].

4.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad utilizando celdas solares que a su vez conforman módulos o paneles solares. Los materiales comúnmente utilizados para su fabricación incluyen Silicio Cristalino, Silicio Amorfo, Teluro de Cadmio (CdTe), Teluro de Cobre Indio Galio (CIGS) y Arseniuro de Galio (GaAs). La eficiencia varía, siendo aproximadamente del 20% en aplicaciones comunes [16] y del 30% al 40% en aplicaciones espaciales [17].

4.2.1 Componentes de un sistema fotovoltaico

Los componentes clave en un sistema fotovoltaico son; los paneles solares, inversores, baterías (opcional), regulador de carga, rastreadores de punto de máxima potencia, estructuras de montaje, sistemas de cableado y protección, medidores de energía, y sistemas de control [18].

4.3 Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica se produce gracias a la fuerza del agua, ya sea por una masa estática de agua que contiene energía potencial y se convierte en energía cinética cuando está en movimiento debido a una diferencia de altura gracias a la fuerza de la gravedad, o por el aprovechamiento del flujo de agua natural (caudal). Ambas transforman la energía cinética en energía mecánica mediante una turbina acoplada a un generador eléctrico, el cual convierte dicha energía en electricidad.

4.3.1 Componentes y tipos de centrales hidroeléctricas

Una central hidroeléctrica (CH) es una infraestructura diseñada para convertir la energía potencial y cinética del agua en electricidad y consta de varios componentes esenciales que permiten una operación eficiente [19]. La Tabla 1 resume los elementos y equipamiento principales.

Tabla 1. Elementos y equipamiento Centrales Hidroeléctricas Fuente:[19]

Elementos	Descripción
Almacenamiento y retención del agua	Embalses, presas (gravedad, bóveda o de arco) o vertederos.
Conducción del agua	Bocatomas, canales, cámaras de carga, Tuberías, sifones, entre otros.
Apertura y cierre del paso de agua	Compuertas, válvulas
Equipamiento hidráulico	Turbinas, rejillas, limpia rejas
Equipamiento eléctrico	Generador(es), transformador(es), Subestación eléctrica. línea de transmisión.
Equipamiento de control y protección	interruptores, seccionadores, auto válvulas, red de tierras, entre otros.
Equipamiento auxiliar	Banco de Baterías para alimentación de sistemas auxiliares y de contingencia para algunos sistemas críticos

Para comprender mejor el funcionamiento de las centrales hidroeléctricas (CH), la Ilustración 4 proporciona una representación visual clara. A la izquierda, se muestra una central con embalse, evidenciando cómo la presa acumula agua para luego dirigirla a través de tuberías hacia las turbinas que a su vez están conectadas a un generador eléctrico. A la derecha, se ilustra una central a filo de agua, que aprovecha el curso natural del río para generar energía sin necesidad de construir una presa y embalse.

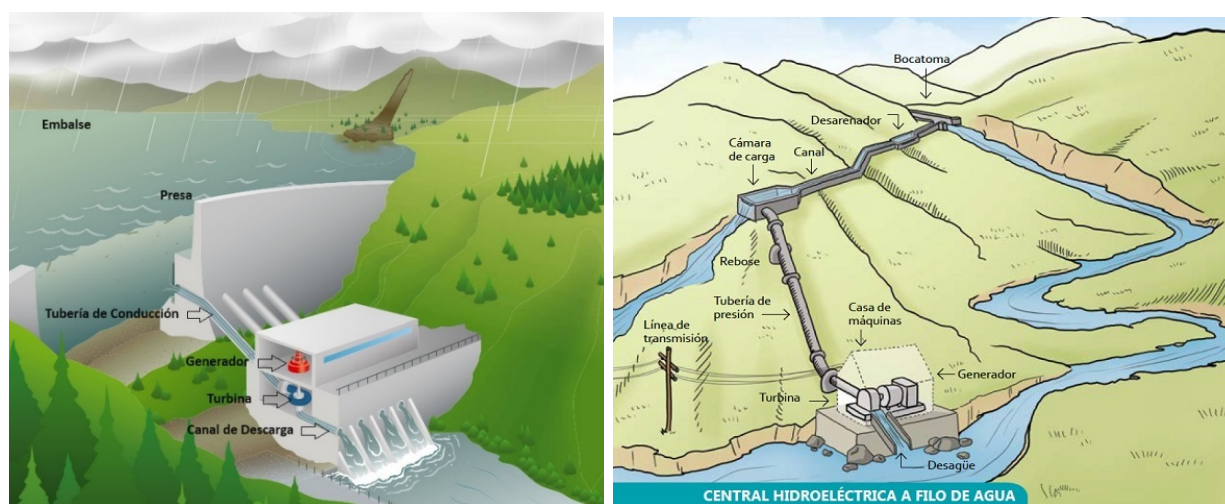


Ilustración 4. CH con embalse y CH a Filo de Agua. Fuente:[20, p. 12], [21]

Además de las centrales hidroeléctricas (CH) con embalse y a filo de agua, también existen CH por bombeo o reversible que cuentan con dos sistemas de almacenamiento (superior e inferior) que le permite adaptarse a las demandas energéticas, en horas de menor demanda el agua es bombeada hasta el sistema de almacenamiento superior y en las horas de mayor demanda la CH opera como generadora [22].

Las CH también se clasifican de acuerdo con su capacidad instalada, para el caso de Colombia la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) adoptó la sugerida por la Organización Latinoamericana de Energía (Olade) [23] que se describen a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2. Clasificación Hidroeléctricas. Fuente: [23]

Tipo	Capacidad Instalada	Aplicación
Picocentral	0.5 -5Kwh	Operación a filo de agua
Microcentral	5-50Kwh	Operación a filo de agua
Minicentral	50-500Kwh	Operación a filo de agua
Pequeñas Central (PCH)	500Kwh- 20MW	Operación a filo de agua
Central Mayor o (CH)	≥ 20 MW	Operación a filo de agua o embalse

4.4 Algunas contribuciones

Este proyecto ofrece significativas contribuciones tanto para la Universidad del Rosario como para el ámbito global en el que se enmarca. La viabilidad de la microrred eléctrica para autoconsumo en la Estación Experimental JCM representa un avance clave hacia la autosuficiencia energética y la reducción de la huella ambiental. Al optimizar el uso de recursos naturales, como la energía solar y del recurso hídrico proveniente de la Quebrada Cambular, la universidad demuestra su compromiso con prácticas respetuosas con el medio ambiente y establece un ejemplo inspirador para otras instituciones educativas.

La caracterización del recurso hídrico es esencial, puesto que permite comprender y aprovechar de manera óptima la disponibilidad del agua, recurso fundamental para el ecosistema de la Estación Experimental JCM. Este enfoque no solo realza la viabilidad de combinar diversas fuentes de energía renovable, sino que también enfatiza la importancia de proteger un ecosistema vital para la biodiversidad en la región.

La modelación y evaluación económica del proyecto a través de la herramienta especializada PVsyst ofrece una perspectiva valiosa sobre la viabilidad de iniciativas similares. A nivel global, la implementación exitosa ofrece un modelo replicable en otras regiones, destacando la importancia de fuentes renovables para enfrentar el cambio climático. Estas contribuciones fortalecen la posición de la Universidad del Rosario como líder en sostenibilidad y abren el camino hacia prácticas más ecológicas en la gestión energética a nivel mundial.

Capítulo 5

METODOLOGÍA

La metodología implementada se estructuró en cuatro etapas fundamentales. En la primera etapa, se llevó a cabo una revisión de literatura e investigación sobre microrredes eléctricas, sus distintas configuraciones y sus componentes asociados. La segunda fase se centró en la caracterización del recurso solar, con la instalación de una estación meteorológica (Ilustración 5) dentro de las instalaciones de la Estación Experimental JCM, en las coordenadas Latitud: 4°57'20.66" N y Longitud: 74°22'53.51" W, a una altitud de 1300 metros sobre el nivel del mar, registrando la irradiancia solar, temperatura del aire y humedad relativa.



Ilustración 5. Estación meteorológica instalada. Fuente: Elaboración propia.

En esta etapa también se llevó a cabo la caracterización del recurso hídrico de la quebrada Cambular, utilizando un correntómetro electromagnético y el método de medición de caudal a través de aforos (área – velocidad) con molinete hidrométrico, según el protocolo establecido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). En la tercera etapa se realizó una evaluación de la demanda eléctrica con un aforo de cargas en la Estación Experimental para establecer un perfil de consumo eléctrico, basado en la recopilación de facturas de energía eléctrica de la compañía ENEL CODENSA y con pruebas in situ a plena carga respaldadas por el grupo electrógeno.

En la cuarta y última etapa, se procedió al modelado de la microrred eléctrica mediante la herramienta especializada PVsyst. Esta herramienta permitió analizar la viabilidad económica del escenario planteado, que contempla una microrred solar fotovoltaica para autoconsumo, conectada a la red y con almacenamiento por baterías, eliminando el uso del grupo electrógeno.

El proyecto se ubicó de manera estratégica en la cubierta del salón polivalente (aula de clases) de la Estación Experimental JCM, ya que es un sitio donde se tiene ausencia de sombras y obstáculos que pudieran afectar la producción solar y adicionalmente por su proximidad con los cuartos eléctricos donde se encuentran los tableros de distribución eléctrica, minimizando así la inversión en cableado e infraestructura para su conexionado.

Por último, se llevó a cabo el análisis de costos, beneficios y consideraciones medioambientales para la Universidad del Rosario, generando un informe detallado con las condiciones encontradas, los resultados obtenidos y las recomendaciones pertinentes para la implementación del proyecto de la microrred eléctrica solar fotovoltaica.

5.1 Componentes de la Estación Meteorológica

5.1.1 Datalogger iRIS Undercover (Registrador de datos)

Es un registrador de datos robusto y compacto ideal para entornos hostiles al aire libre e industriales. Es fácil de configurar y compatible con gran variedad de instrumentos de medición como sensores de temperatura y humedad relativa, anemómetros, sensores de irradiancia, nivel, entre otros. Cuenta con comunicación celular (3G/4G) para la transmisión de datos y acceso inalámbrico Wi-Fi para la configuración y descarga de datos, incluye un regulador solar MPPT y utiliza el software iLink3 de Kisters que facilita la configuración, edición, verificación, diagnóstico en tiempo real (Ver Ilustración 6). [24].



Ilustración 6. Datalogger iRIS. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Batería Ciclo profundo

La batería utilizada en la estación meteorológica es una batería marca NETION VRLA recargable de 12V/18AH tipo seco y libre de mantenimiento. Esta batería de ciclo profundo es altamente eficiente en ciclos de carga y descarga, lo que permite el suministro de energía de forma continua (Ver Ilustración 7).



Ilustración 7. Batería tipo seco de ciclo profundo. Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Albedómetro Clase A y Termohigrómetro

Para la cuantificación del potencial solar se instaló un Albedómetro Clase A compuesto por dos piranómetros MS80S Clase A [2] de la marca EKO Instruments. Este sensor fue utilizado para llevar a cabo las mediciones de GHI (Irradiancia Global Horizontal) Y RGI (Irradiancia Global Reflejada) a 1.8 metros de altura (Ver Ilustración 8). El Albedómetro instalado se caracteriza por las especificaciones técnicas mostradas en la Tabla 3.

Tabla 3 Características técnicas Albedómetro Clase A MS80S. Fuente: Eko Instruments.

características Piranómetros -Albedómetro	
ISO 9060:2018	Class A
Tiempo de Respuesta 95%	<0.5 Sec
No-Estabilidad (change/year)	< 0.5%/5 years
Calibración trazabilidad / incertidumbre	ISO 17025 / WRR / < 0.7% (k = 1.96)

Para la cuantificación de temperatura y humedad del aire en la Estación Experimental JCM, se instaló un sensor de temperatura y humedad relativa (ver Ilustración 8) Ref.: 41382LC2 de la marca R.M Young, con el que se llevaron a cabo mediciones de Temperatura del Aire y humedad relativa a 2 metros de altura. El termohigrómetro instalado se caracteriza por las especificaciones técnicas mostradas en la Tabla 4.

Tabla 4 Características técnicas Termohigrómetro. Fuente: R.M. Young.

Sensor de Temperatura y Humedad Relativa	
Rango de medida	-50°C a +50°C
Tipo de Sensor	PT1000
Exactitud	+/- 1°C
Humedad Relativa	
Rango	0-100%
Exactitud	+/- 1%



Ilustración 8. Termohigrómetro y Albedómetro Clase A. Fuente: Elaboración propia

5.2 Analisis de Datos Meteorologicos y Ajuste en software PVsyst de Metodata

Durante el período comprendido entre el 27 de mayo de 2023 al 18 de octubre de 2023 se recopilaron datos de GHI (Irradiancia Global Horizontal), RGI (Irradiancia Global Reflejada), Temperatura del Aire(T), Humedad del Aire (HR), todas medidas a una altura de 2 metros con un intervalo de muestreo y almacenamiento de cinco (5) minutos. Para procesar y analizar esta información se implementó un Script en la plataforma Google Colab Research (Ver Anexo 10).

5.2.1 Variable GHI (Irradiancia Global Horizontal)

La Ilustración 9 muestra la serie de tiempo mensual de la variable Irradiancia Global Horizontal (GHI) registrada en la estación meteorológica. Este gráfico permite identificar información de interés en la evaluación del potencial solar, el cual se define en el período del 1 junio al 30 de septiembre de 2023 (meses completos), dado que en los meses de mayo y octubre no se registró información para el mes completo, para ver más al detalle ver Anexo 10.

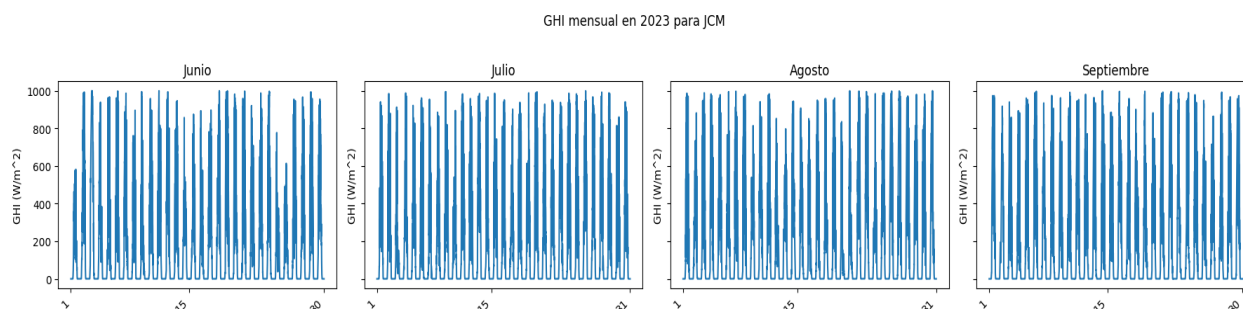


Ilustración 9. Serie de tiempo mensual GHI. Fuente: Elaboración Propia.

Para el ajuste de los datos para la variable GHI en el software PVsyst se obtuvo la información Promedio mensual (ver Tabla 5) que permitirá realizar el ajuste en los meses de junio a septiembre en la fuente de datos:

Tabla 5 Promedio GHI Fuente: Elaboración Propia.

Mes	Promedio GHI (W/m ²)
Junio	176.99
Julio	172.39
Agosto	188.67
Septiembre	182.95

5.2.2 Variable RGI (Irradiancia Global Reflejada)

La Ilustración 10 muestra la serie de tiempo mensual de la variable Irradiancia Reflejada Horizontal (RGI) registrada en la estación meteorológica, al igual que en la variable GHI la información de nuestro interés esta entre los meses de 01 junio al 30 de septiembre. Para más detalle ver Anexo 10.

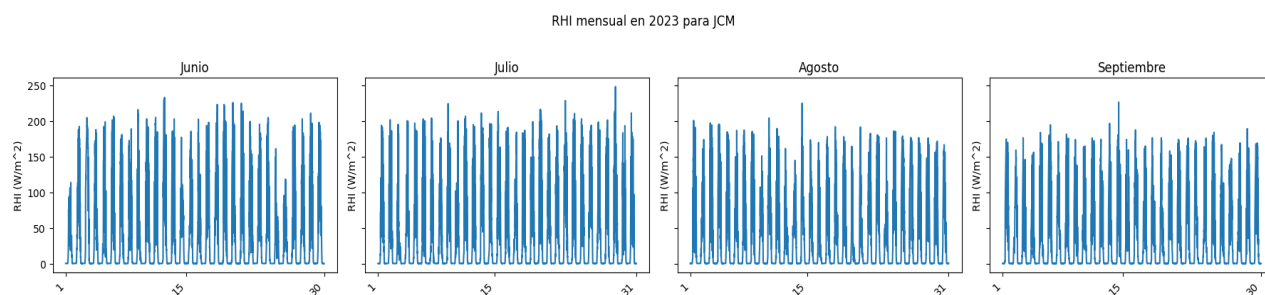


Ilustración 10. Serie de tiempo RHI Estación de medición. Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 6 se pueden observar los promedios mensuales obtenidos:

Tabla 6 Promedio RHI Fuente: Elaboración Propia.

Mes	Promedio RHI (W/m ²)
Junio	37.02
Julio	35.69
Agosto	35.64
Septiembre	33.26

Con la información obtenida de las variables GHI (Tabla 5) y RHI (Tabla 6) se calculó la Relación Albedo, como la relación entre RHI/GHI (Tabla 7), para este proyecto no se tuvo en cuenta la RHI ya que no se contemplaron paneles bifaciales dadas las condiciones del sitio de instalación, pero en un futuro esta información podrá ser usada en caso de elegirse otra ubicación o para otro tipo de aplicaciones como en la Agricultura.

Tabla 7 Promedio Relación Albedo Fuente: Elaboración Propia.

Mes	Promedio Relación Albedo
Junio	0.21
Julio	0.21
Agosto	0.19
Septiembre	0.18

5.2.3 Temperatura del Aire

La Ilustración 11 muestra la serie de tiempo mensual de la variable temperatura del aire registrada en la estación meteorológica. Para más detalle ver Anexo 10.

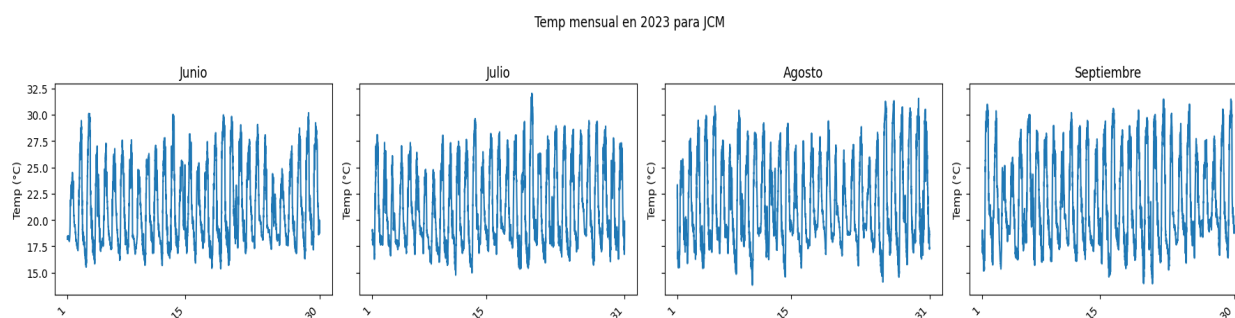


Ilustración 11. Serie de tiempo Temperatura Aire 2m. Fuente: Elaboración Propia

Para el ajuste de los datos variable Temperatura del Aire en el software PVsyst se obtuvo la información promedio mensual (Tabla 8) que permitirá realizar el ajuste en los meses de junio a septiembre en la fuente de datos:

Tabla 8 Promedio Temperatura Aire 2m Fuente: Elaboración Propia

Mes	Promedio Temperatura Aire (°C)
Junio	21.17
Julio	21.08
Agosto	21.54
Septiembre	21.78

5.2.4 Humedad Relativa

La Ilustración 12 muestra la serie de tiempo mensual de la variable Humedad Relativa registrada en la estación meteorológica. Para más detalle ver Anexo 10.

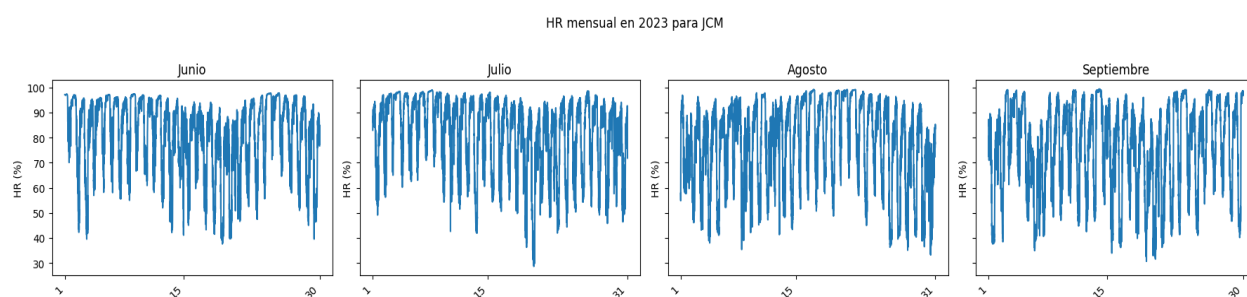


Ilustración 12. Serie de tiempo Humedad Relativa Aire 2m. Fuente: Elaboración Propia.

Para el ajuste de los datos de la variable Humedad Relativa en el software PVsyst se obtiene la información promedio mensual (Tabla 9) que permitirá realizar el ajuste en los meses junio a septiembre en la fuente de datos:

Tabla 9 Promedio Humedad Relativa Fuente: Elaboración Propia

Mes	Promedio Humedad Relativa (%)
Junio	80.98
Julio	81.65
Agosto	77.84
Septiembre	76.01

5.2.5 Ajuste Software PVsyst de Meteodata

Dado que los datos recopilados en campo son inferiores a 1 año, es necesario ajustarlos manualmente en la fuente de datos seleccionada, en este caso, Meteonorm 8.1. La Tabla 10 muestra los valores por defecto en PVsyst para los meses medidos y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se pueden observar los datos ya ajustados con base en los datos obtenidos en los meses de medición.

Tabla 10 Parámetros por defecto del sitio geográfico Meteonorm. Fuente: PVsyst

Mes	Irradiación Horizontal Global kWh/m2/mes	Temperatura °C	Humedad Relativa %
Junio	159.7	21.9	80.9
Julio	160.8	22.6	76.0
Agosto	157.8	22.6	74.2
Septiembre	140.9	22.0	78.1

Lo anterior con base en los valores calculados y obtenidos en las tablas anteriores (Tabla 5, Tabla 8 y Tabla 9), para así mejorar el rendimiento del sistema. Este cambio es importante para reflejar las condiciones locales actuales en la simulación y aumentar la confiabilidad en los resultados.

	Irradiación horizontal global kWh/m ² /mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /mes	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez Linke []	Humedad relativa %
Enero	159.7	60.4	22.7	1.91	2.909	75.2
Febrero	141.0	71.9	22.7	1.79	3.126	75.9
Marzo	149.0	73.1	22.4	1.80	3.227	79.0
Abril	156.9	74.6	21.8	1.79	3.126	84.4
Mayo	171.9	77.1	20.5	1.80	2.906	89.3
Junio	176.9	64.9	21.2	1.89	2.718	85.6
Julio	172.4	73.1	21.8	2.00	2.769	79.1
Agosto	188.6	66.9	21.5	2.09	3.027	79.0
Septiembre	183.0	73.2	21.8	2.00	3.013	80.1
Octubre	188.7	76.1	21.7	1.89	2.951	81.1
Noviembre	140.4	62.3	21.4	1.70	2.963	85.1
Diciembre	157.0	57.5	22.1	1.80	2.907	79.9
Año	1985.5	831.1	21.8	1.9	2.970	81.1

Irradiación horizontal global variabilidad año a año 6.7%

Ilustración 13. Edición de valores en variables. Fuente: Elaboración propia PVsyst

5.3 Aforos de caudal y caracterización del recurso hídrico

Para la medición de caudal y caracterización del recurso hídrico se utilizó el correntómetro electromagnético marca OTT modelo MF PRO, estos correntómetros no tienen partes móviles (Hélices) ver Ilustración 14. Correntometro electromagnetico. Fuente: [25], por lo tanto, eliminan la incertidumbre que genera la fricción y resistencia al estar en contacto con el agua. Puede trabajar directamente en diferente tipo de calidad de agua y con abundante vegetación. Se caracterizan por su fácil uso y transporte, solo basta una persona para realizar la medición. Las aplicaciones más comunes para este tipo de correntómetro son la predicción de caudales de ríos por estaciones climáticas, contrastación de medición con otros equipos medidores de caudales y el aforo de canales de riego.[26]



Ilustración 14. Correntometro electromagnetico. Fuente: [25]

5.3.1 Descripción del afluente

La Quebrada Cambular tiene su origen aguas arriba de la Reserva Natural Paraíso Andino, situada en la vereda Bulucaima, sector la Florida, en el municipio La Vega, Cundinamarca. Abastece de agua a la asociación de usuarios del acueducto vereda la Florida que se consta de 25 usuarios. La captación está ubicada en las coordenadas Latitud: $4^{\circ}56'47.9''N$; Longitud : $74^{\circ}22'03.1''W$ a una altitud de 1578 m.s.n.m. [27]. El curso de la Quebrada Cambular se caracteriza por un lecho rocoso y la presencia de pocas líneas de flujo homogéneo, a lo largo del cuál recibe aguas de escorrentía antes de desembocar en el Río Gualivá. Esta Quebrada atraviesa el terreno de la estación experimental por el costado Este (Ver Ilustración 15).

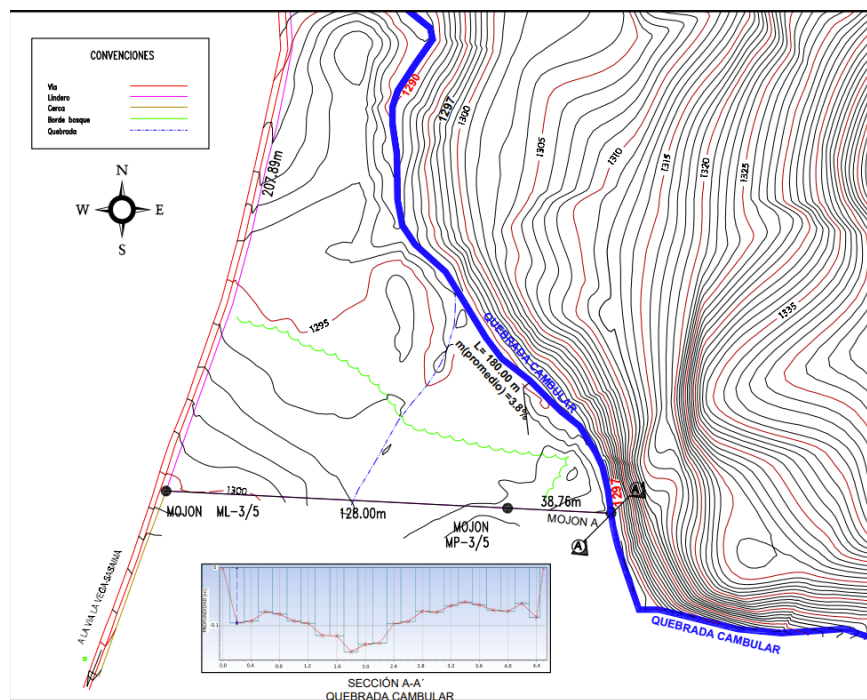


Ilustración 15 Quebrada Cambular sobre Estación experimental JCM. Fuente Elaboración Propia

5.3.2 Selección Sitio de aforo

Con el fin de realizar la caracterización del recurso hídrico de la Quebrada Cambular sobre los predios de la Estación Experimental JCM se seleccionó el punto de monitoreo (Ver Ilustración 16) que cumpliera los siguientes criterios con base al Protocolo de Monitoreo del Agua del IDEAM[28]:

- Una sección de tramo recto y flujo laminar constante.
- Una sección con profundidad y márgenes naturales altas, con el fin de garantizar una sección estable en caudales altos.
- Un lecho de geometría regular, cauce estable y no tener obstáculos (grandes rocas, vegetación, troncos de árboles) y sin lecho fangoso.

Posteriormente se ubicó el punto de observación directa conformado por una mira hidrométrica o limnómetro (regla graduada en tramos de 1 metro), para medir las fluctuaciones de los niveles en el cuerpo de agua.



Ilustración 16. Selección Punto de Aforo. Fuente : Elaboración Propia

En la ejecución de los aforos de caudal (ver Ilustración 17), se siguió el protocolo de monitoreo del agua establecido por el IDEAM, tal como se especifica en el capítulo 7, Numeral 7.2.1.2 Caudales [28]. Durante el período de monitoreo, de mayo a septiembre, se realizaron siete (7) aforos (ver Anexo 1 Informe de Aforos), cada uno de ellos proporcionó un dato de nivel y su respectivo caudal, medidos en una sección transversal, conforme a lo indicado en el informe de aforos que sirve como base para este análisis. Para determinar dichos caudales, se utilizó el método área-velocidad (ver Anexo 1 Informe de Aforos), empleando un molinete hidrométrico (correntómetro electromagnético) por vadeo, adecuado a las condiciones de profundidad, velocidad y ancho de la sección aforada.

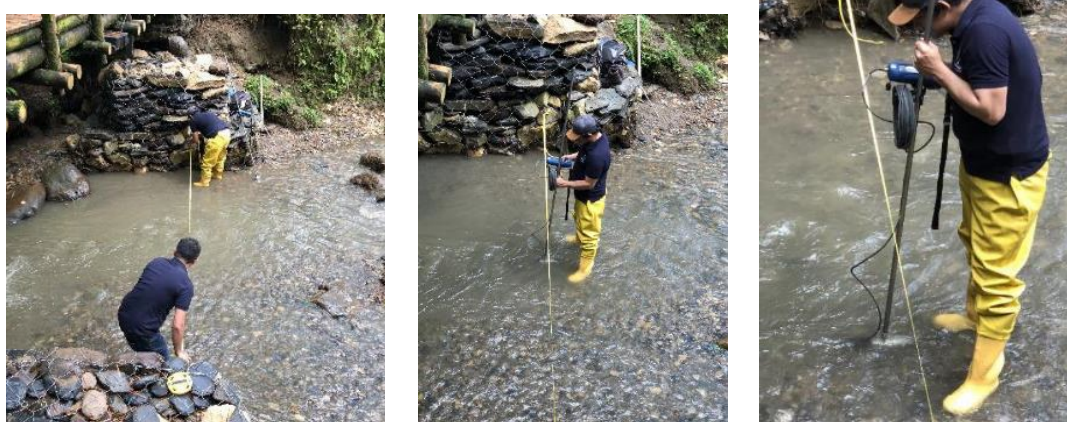


Ilustración 17. Aforo sobre sección transversal. Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Construcción Curva de Gastos

Para la determinación del recurso hídrico es necesario la obtención de una curva de gastos que es producto de la relación que existe entre el nivel de agua y el caudal [29]. Esta se determina después de realizar varias mediciones en un periodo de tiempo seco y de lluvias en el cual se logren presentar caudales mínimos y máximos y de esta forma la curva se ajuste a la realidad del comportamiento del cauce. La relación Nivel-Caudal se expresa de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Q = K * (H - h_0)^n \text{ Ecuación 1}$$

Donde Q es el caudal (m^3/s), K es una constante de calibración, H es el nivel o lectura de la mira (m), h_0 es una constante para ajuste del nivel (m) y n una constante [30]

Para la elaboración de la curva de gastos se utilizó el método logarítmico. Este tiene como ventaja representar la curva de gastos como una línea recta o un conjunto de segmentos de línea recta, sumando o restando un valor de corrección de altura de nivel.

Mediante linealización de la ecuación $Q = K * (H - h_0)^n$ Ecuación 1, se obtienen la siguiente expresión:

$$\text{Log}(Q) = \text{Log}(K) + n * \text{Log}(H - h_0) \text{ Ecuación 2}$$

La $\text{Log}(Q) = \text{Log}(K) + n * \text{Log}(H - h_0)$ Ecuación 2 constituye una recta con pendiente n . Al graficar $\text{Log}(Q)$ vs $\text{Log}(H - h_0)$ se obtienen los coeficientes K y n , característicos de cada estación, para un valor específico de h_0 que permite obtener el mejor ajuste a una línea recta.

En el análisis de los datos obtenidos de los aforos, se descartaron aquellos puntos con mayor dispersión para mejorar la consistencia y reducir la variabilidad de los datos (R^2). Como resultado de este proceso, se logró un coeficiente de determinación R^2 de 0.975. Esto indica que la ecuación obtenida $Q (m^3/s) = 0.185 * H^{0.487}$ Ecuación 3 se ajusta de manera estrecha a los datos observados, lo que refleja un alto nivel de precisión en el modelo. Para más detalles ver Anexo 2.

$$Q (m^3/s) = 0.185 * H^{0.487} \text{ Ecuación 3}$$

Ecuación que representa el caudal de la Quebrada Cambular (m^3/s) en el sector de la Estación Experimental JCM. Como se puede observar en la Ilustración 18 se ha graficado el Caudal (42.87 l/s) para el nivel promedio observado (5 cm) durante el periodo de aforos (mayo -septiembre).

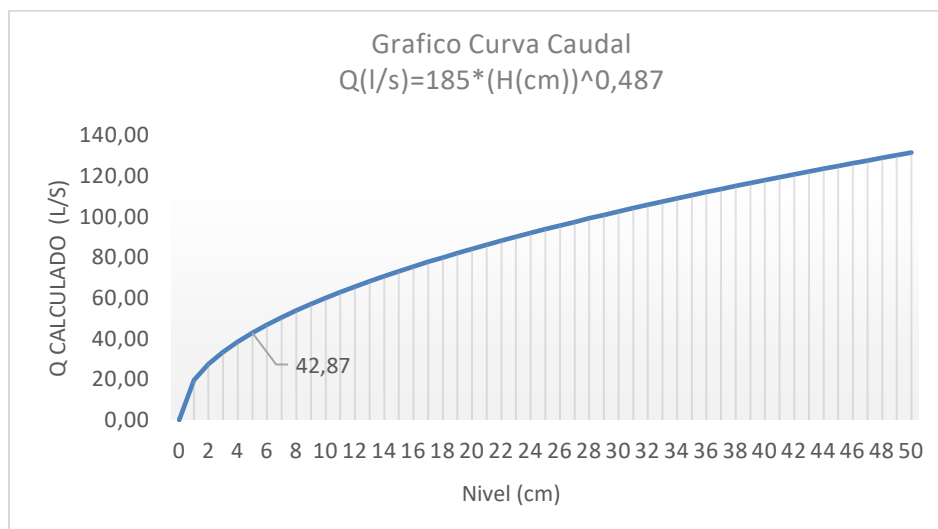


Ilustración 18. Curva Caudal. Fuente: Elaboración propia.

En la *Ilustración 19* se puede observar el estado de la quebrada Cambular al inicio (mayo) y al final (septiembre) de los aforos.

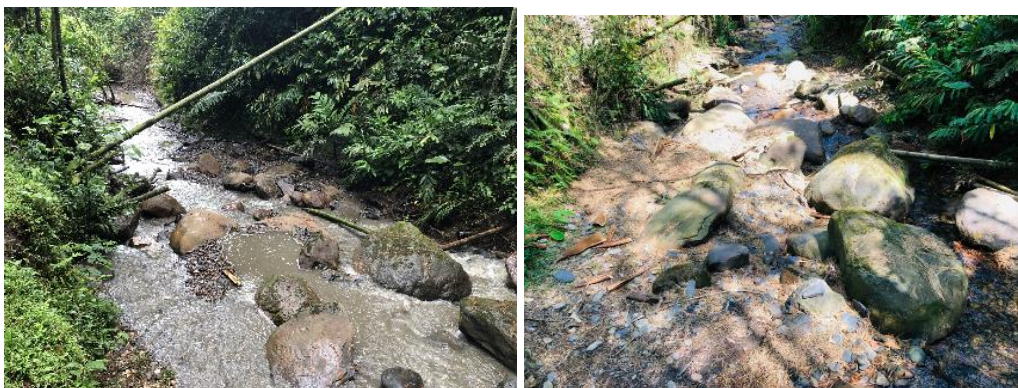


Ilustración 19. Mayo (izquierda) y Septiembre (derecha). Fuente: Elaboración propia.

5.4 Integración del recurso hídrico a la microrred

El análisis del caudal promedio de 42.87 litros por segundo, obtenido durante la caracterización del recurso hídrico de la Quebrada Cambular en el predio de la Estación Experimental JCM, es el

punto de partida para la selección idónea de una turbina hidráulica, así como la caída (diferencia de altura) que permita una generación eficiente de energía eléctrica.

Por tal motivo se llevó a cabo una verificación de los planos topográficos de la Estación Experimental JCM, perteneciente a la Universidad del Rosario, lo que ha permitido constatar que la variación de altitud a lo largo del curso de la Quebrada Cambular es de apenas 7 metros, desde una cota inicial de 1297 metros sobre el nivel del mar en el punto seleccionado para los aforos, hasta una cota final de 1290 metros a 180 metros de distancia. Este hallazgo indica un pendiente promedio del 3.8%, una característica topográfica que restringe significativamente la posibilidad de utilizar turbinas convencionales, las cuales requieren de mayores caudales y diferencias de altura más pronunciadas para su operación efectiva.

Frente a esta limitación topográfica y el caudal relativamente bajo, se ha determinado que la implementación de turbinas convencionales no es factible, como se puede observar en la Ilustración 20. No obstante, la exploración de alternativas tecnológicas ha llevado a la identificación de la Tecnología de Ultra Bajo Salto (Ultra Low Head Technology, ULH)[31]. Esta tecnología aprovecha eficientemente los recursos hídricos en condiciones de baja caída y caudales reducidos[31], proveyendo así una alternativa viable para la integración del recurso hídrico en la microrred, adaptada a las particularidades de la Quebrada Cambular.

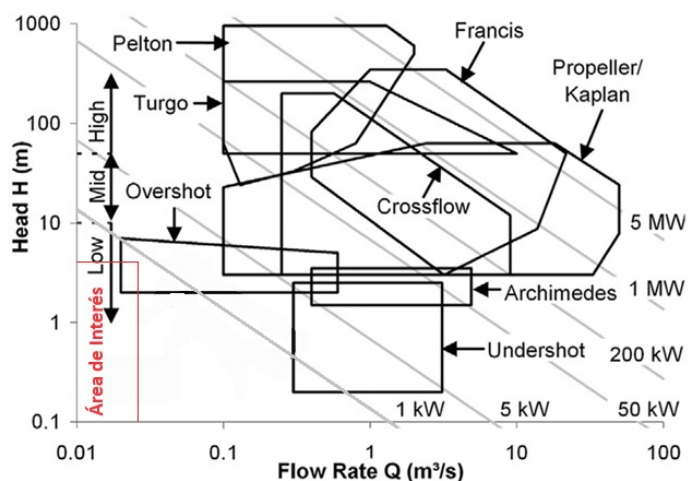


Ilustración 20 Aplicación Típica de las turbinas. Fuente:[31]

En el mercado se evidenciaron varios tipos de turbinas ULH que podrían integrarse a la microrred para la carga de las baterías durante la ausencia de recurso solar y la alimentación de algunos dispositivos electrónicos a través de nodos DC/DC, de las cuales destacamos las siguientes:

- **Turbina de generación espiral “PicoPica”** (Ver Ilustración 21)

Desarrollada por Sumino Co., Ltd (Japón) a filo de agua, versiones desde 10 (l/s) a 100 (l/s) – PicoPica10 - PicoPica500 y potencia de salida: 10W - 500W.



Ilustración 21 Turbina PicoPica. Fuente:[32]

- **Turbina de KAPLAN LH PowerSpout** (Ver Ilustración 22)

Power Spout Salto 2 a 5m , caudal 25 (l/s) a 56 (l/s) y potencia de salida: 100W - 1500W



Ilustración 22 Turbina Kaplan LH Fuente:[33]

5.5 Grupo electrógeno Estación Experimental JCM

5.5.1 Características técnicas

Desde su construcción, la Estación Experimental JCM ha dependido de un grupo electrógeno para satisfacer sus necesidades energéticas, debido a la falta de conexión con la red eléctrica del Operador de Red local, ENEL CODENSA. En agosto de 2022, la Estación Experimental JCM realizó la actualización de su primer grupo electrógeno a uno de 30 kVA/24 kW (Ver Ilustración 23), para el respaldo de todas sus cargas eléctricas. Este nuevo grupo electrógeno tiene una capacidad de almacenamiento de 20 galones de combustible y un tanque de almacenamiento externo con una capacidad de 100 galones.



Ilustración 23. Planta eléctrica ePRO ver Anexo 3. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 características planta eléctrica ePRO. Fuente: Elaboración propia.

Modelo	T30X
Potencia (kVA/kW)	30/24
Eficiencia	88,10%
Voltaje (V)	220/127
Corriente (A)	78,7
Factor de potencia	0,8
Frecuencia (Hz)	60
Fases	3

5.5.2 Operación y Mantenimiento (O&M)

A través de investigaciones realizadas en colaboración con el personal de mantenimiento y el equipo encargado de la adquisición y suministro de combustible para el grupo electrógeno, se obtuvo el siguiente perfil de consumo:

Tabla 12 Perfil de Consumo grupo electrógeno. Fuente: Elaboración propia.

Año	Mes	Consumo (galones)	Costo integral Transporte + Combustible (COP)
2022	Enero	300	\$ 3.600.000
	Febrero	200	\$ 2.400.000
	Marzo	300	\$ 3.600.000
	Abril	200	\$ 2.400.000
	Mayo	200	\$ 2.400.000
	Junio	300	\$ 3.600.000
	Julio	300	\$ 3.600.000
	Agosto	300	\$ 3.600.000
	Septiembre	300	\$ 3.600.000
	Octubre	100	\$ 1.200.000
	Noviembre	100	\$ 1.200.000
	Diciembre	100	\$ 1.200.000
2023	Enero	100	\$ 1.200.000
	Febrero	200	\$ 2.400.000
	Junio	100	\$ 1.200.000
TOTAL		3100	\$ 37.200.000

Como se puede observar en la Tabla 12, el consumo total de combustible diésel antes de la conexión a la red eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN) era de aproximadamente 2500 galones (enero a octubre de 2022), lo que equivalía a un promedio mensual de 250 galones.

Posteriormente, tras la conexión a la red por parte del Operador de Red en noviembre de 2022, la planta eléctrica pasó a operar únicamente en situaciones de emergencia, como respuesta a fallos en la red eléctrica debido a variaciones de tensión o a la ausencia de red causada por afectaciones en la infraestructura del Operador de Red. En este nuevo escenario, reflejado en la Tabla 12, el

consumo de combustible se redujo a 600 galones durante el período de noviembre de 2022 a junio de 2023 (8 meses), con un consumo mensual aproximado de 75 galones. A pesar de esta reducción, aún persiste el impacto ambiental causado por las emisiones de CO₂.

Con el objetivo de estimar los costos mensuales asociados al combustible y transporte del grupo electrógeno a partir de noviembre de 2022, cuando ya se contaba con conexión a la red eléctrica, se llevó a cabo el siguiente cálculo:

$$75 \text{ gl} * \$9.065 = \$679.875 \text{ COP}$$

Este cálculo se llevó a cabo teniendo en cuenta el precio de combustible (diésel) por galón para el año 2023, equivalente a \$9.065 COP. Ahora considerando un costo promedio de combustible y transporte para este período de \$900.000 COP según la Tabla 12, se restó el costo promedio del combustible (equivalente a \$679.875 COP) del valor total, resultando en un costo promedio de transporte de:

$$\$900.000 - \$679.875 = \$220.125 \text{ COP}$$

El mantenimiento preventivo del grupo electrógeno tiene un costo bimestral aproximado de \$1.700.000 COP (datos suministrados por el proveedor de mantenimiento), lo que equivale a:

- Costo Anual Mantenimiento: $1.700.000 \text{ COP} * 12 = \$10.200.000 \text{ COP}$
- Costo Anual Operación: $900.000 \text{ COP} * 12 = \$10.800.000 \text{ COP}$
- Costo Total Operación y Mantenimiento (O&M) anual: $\$21.000.000 \text{ COP}$

5.6 Cálculo de emisiones de CO₂ asociadas al grupo electrógeno

Con base en el consumo promedio mensual de combustible en galones descrito anteriormente, se ha realizado el cálculo correspondiente para obtener el consumo anual. Posteriormente, dicho consumo se multiplica por el factor de emisiones de CO₂ asociado al combustible diésel, con el objetivo de estimar la cantidad de toneladas de CO₂ emitidas en un año por el grupo electrógeno:

- Consumo Promedio Anual Diesel ($CPAD$): $75 \left(\frac{gl}{mes}\right) * 12 (mes) = 900 \left(\frac{gl}{año}\right)$

Usando el factor de emisión de CO_2 para el combustible diésel (Fe_D), equivalente a $10.15 \left(\frac{KgCO_2}{gl}\right)$ [34]:

Se obtiene como resultado las emisiones de CO_2 anuales de la siguiente manera:

- $CPAD * Fe_D = 900 \left(\frac{gl}{año}\right) * 10.15 \left(\frac{KgCO_2}{gl}\right) = 9135 \left(\frac{KgCO_2}{año}\right) = 9.13 \left(\frac{tCO_2}{año}\right)$

5.7 Perfil de consumo eléctrico Estación Experimental JCM

Para establecer el consumo eléctrico total de la Estación Experimental JCM, se procedió a calcular el consumo eléctrico tanto de la red eléctrica como del grupo electrógeno. Dado que el grupo electrógeno suple la demanda energética de la estación en ausencia de la red eléctrica, es crucial considerar ambos para obtener un cálculo preciso del consumo eléctrico total mensual. Esto implica sumar la energía consumida de la red y la energía generada por el grupo electrógeno.

5.7.1 Consumo eléctrico red eléctrica

Teniendo en cuenta los consumos mensuales registrados en las facturas de energía eléctrica (Ver Anexo 8), se realizó el cálculo del consumo promedio de estos meses (617 kWh/Mes). El propósito de este cálculo es estimar el consumo de energía promedio desde septiembre 2022 a octubre de 2023, completando un perfil de consumo anual, como se puede observar en la Ilustración 24.

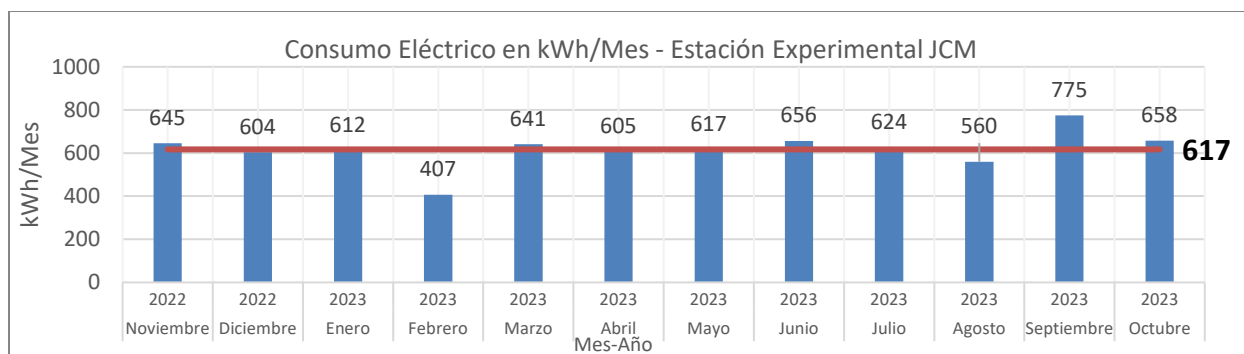


Ilustración 24. Consumo histórico y promedio mensual. Fuente: Facturas ENEL CODENSA.

5.7.2 Perfil de consumo grupo electrógeno

Considerando un consumo promedio mensual de la red eléctrica de 617 kWh y una carga diaria promedio de 5 kW para el grupo electrógeno (según pruebas y registros a plena carga, validados con el proveedor de mantenimiento), se calculó la energía promedio mensual generada por el grupo electrógeno. Partiendo de un consumo de combustible mensual promedio de 75 galones de diésel y un consumo de 4.9 litros por hora al 50% de carga o menos del grupo electrógeno (ver Anexo 3) la energía producida equivale a:

- Si, $1 \text{ gal de Diesel} = 3.78 \text{ l} \rightarrow 4.9 \text{ l/h} = 1.29 \left(\frac{\text{gl}}{\text{h}}\right)$
- $\text{Consumo eléctrico (mes)} = \frac{75 \left(\frac{\text{gl}}{\text{mes}}\right) * 5 \text{ (kW)}}{1.29 \left(\frac{\text{gl}}{\text{h}}\right)} = 290.6 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$

lo que quiere decir que mensualmente el grupo electrógeno está generando 290.6 kWh para cubrir la demanda eléctrica de la Estación Experimental JCM en ausencia de red eléctrica. Se estimó un aumento de carga durante la vida útil del proyecto del 50%. Por consiguiente, si se tiene un consumo promedio mensual total de 907.6 kWh (617 kWh de la red y 290.6 kWh del grupo electrógeno), se multiplica este valor por 1.5 equivalente al aumento del 50% de la carga, el consumo mensual promedio para el diseño de la microrred eléctrica es de:

- Consumo mensual promedio: $907.6 * 1.5 = 1361.4 \approx 1362 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$

Capítulo 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Diseño de la microrred en PVsyst

6.1.1 Construcción de escena de sombreado

La escena fue creada en PVsyst, tomando en consideración la información recopilada durante las visitas a la Estación Experimental JCM. Esto se realizó con el propósito de llevar a cabo una simulación que incluyera sombreados y posibles obstáculos, con el objetivo de obtener resultados más precisos (Ver Ilustración 25).

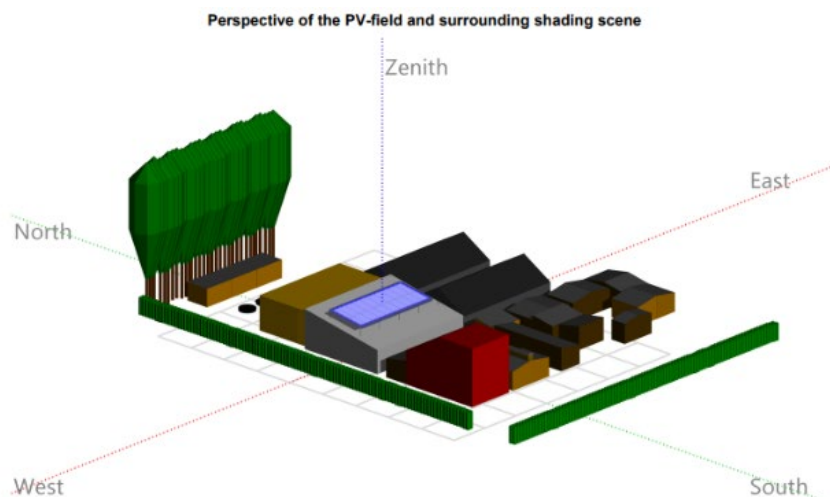


Ilustración 25. Construcción de la escena y sombreados PVsyst. Fuente: Elaboración propia

La elección del lugar para la implementación de la microrred eléctrica se centró en el salón polivalente situado en la parte trasera del laboratorio (Ver Ilustración 26), junto a los mariposarios. Esta decisión se basó en la ubicación estratégica del salón, que se encuentra a menos de 20 metros de los cuartos de distribución eléctrica, lo que reduce el costo de inversión en infraestructura, cableado y las pérdidas eléctricas por distancia. Además, la cubierta del salón presenta un área adecuada para la instalación de los paneles solares y una altura que favorece la exposición directa a la radiación solar, evitando sombreados cercanos. Estos factores contribuyen a una reducción en los costos de inversión (CAPEX) del proyecto.



Ilustración 26. Salón polivalente. Fuente: Elaboración propia.

6.1.2 Elementos del sistema

En el diseño de la microrred, los elementos seleccionados para la simulación no incluyen el uso del grupo electrógeno, debido a sus altos costos de operación y mantenimiento, así como su significativa huella de carbono. Por esta razón, se ha optado por simular una variante que incluya almacenamiento y que esté conectada a la red eléctrica (On-grid). Esta configuración permitirá dejar de emitir aproximadamente $9.13 \left(\frac{tCO_2}{año} \right)$ y generar un ahorro en costos de operación y mantenimiento (O&M) de \$21.000.000 COP anuales.

6.1.2.1 Módulo Solar

Para la elección del generador solar fotovoltaico se realizó la búsqueda y comparación a través de cotizaciones con distintos proveedores (Ver Anexo 11), de los paneles solares más comerciales y que tuvieran la mejor relación precio vs potencia, para lo cual se eligió el panel solar de 565 Wp de tipo monocristalino, que es un panel de alta potencia dentro de la línea residencial de la marca Jinko Solar. Este panel se adapta bastante bien para cualquier tipo de instalación solar. Sus células monocristalinas ofrecen un elevado rendimiento, conservando un excelente precio. Con una eficiencia de 20.85% y una gran garantía por parte del fabricante mundial de paneles solares, confianza total en su calidad de construcción y durabilidad [35]. Para más información sobre sus características consultar ficha técnica en el Anexo 4.

Aunque se realizaron mediciones de Albedo, y se obtuvieron valores 0.20 que podrían funcionar para la instalación de paneles bifaciales, no se tuvieron en cuenta para este proyecto porque representan un costo mayor con respecto a los paneles convencionales y un costo adicional asociado con la adecuación de la infraestructura, el techo del salón polivalente y la superficie con el fin de optimizar la mayor cantidad de irradiancia reflejada captada.

6.1.2.2 Inversor

Para este proyecto se seleccionó el inversor Huawei SUN2000-10KTL-M1 trifásico 220V, de acuerdo con las necesidades del proyecto y teniendo en cuenta que Huawei es una empresa líder en la fabricación de inversores y que cuenta con distribuidores en Colombia. Está diseñado para funcionar en sistemas de generación de energía solar conectados a la red eléctrica. Durante las horas diurnas, cuando los paneles solares están recibiendo radiación solar, el inversor utiliza la energía generada por los paneles para alimentar la vivienda y cualquier excedente se enviará a la red eléctrica (Ver Ilustración 27) enmarcado en la resolución CREG 174 del 2021[36], CREG 135 de 2021[37].

Cuenta con múltiples puntos de máxima potencia (MPPT) que permiten trabajar con un amplio rango de tensiones de entrada de los paneles solares, entre 140V y 980V. Esto permite ajustar la entrada de energía solar para maximizar la eficiencia de la conversión de energía.



Ilustración 27. Inversor seleccionado para la modelación de la microrred. Fuente: [38]

Este inversor permite, gracias a sus 2 MPPT, instalar paneles solares en dos grupos. Esto proporciona la opción de instalar con diferente inclinación, orientación o paneles con distintas características eléctricas. De esta forma la amortización de la inversión será más rápida al ofrecer al proyecto la máxima energía en función del número, tipo de paneles y la radiación solar que se

esté dando [38]. Para más información sobre sus características consultar ficha técnica en el Anexo 5.

6.1.2.3 Batería

La batería elegida para este proyecto es una batería de litio de 48V y 3.6 kWh, conocida por su durabilidad y una vida útil estimada de 10 a 15 años, fabricada por la marca Turbo Energy (Ver Ilustración 28). Estas baterías se pueden instalar de manera rackeable ¹, lo que resulta en una ocupación de espacio reducida y una mejor optimización del área donde serán ubicadas. Cuenta con aproximadamente 6.000 ciclos de vida útil, ideal para aplicaciones de energía solar, tanto para autoconsumo fotovoltaico con almacenamiento, como para instalaciones solares aisladas de la red eléctrica, gracias a su alta cantidad de ciclos de carga y descarga, su protección contra sobrecarga y sobre descarga y a su vida útil prolongada. Capacidad de conexión en paralelo hasta 40 unidades [39]. Fácil instalación gracias a sus conexiones rápidas para reducir tiempos en las instalaciones. Para más características ver ficha técnica en el Anexo 6.



Ilustración 28. Batería Turbo Energy. Fuente: [39]

6.1.3 Recorrido solar sobre la ubicación del proyecto

Durante la simulación del recorrido solar sobre el área del proyecto, se observó que la trayectoria del sol, que se extiende de este a oeste, no produce sombreados significativos en los módulos solares durante las horas pico de producción energética (7:00 - 17:00) en ningún día del año. Esto se evidencia claramente en el diagrama de sombreado presentado en el numeral 6.1.3.1 Ilustración 30. Así mismo se puede observar en la Ilustración 29 como realiza su recorrido el sol durante el año de este a oeste con respecto a la ubicación del proyecto.

¹ Rackeable: Significa que un equipo puede ser instalado en un gabinete, rack o bastidor de manera organizada

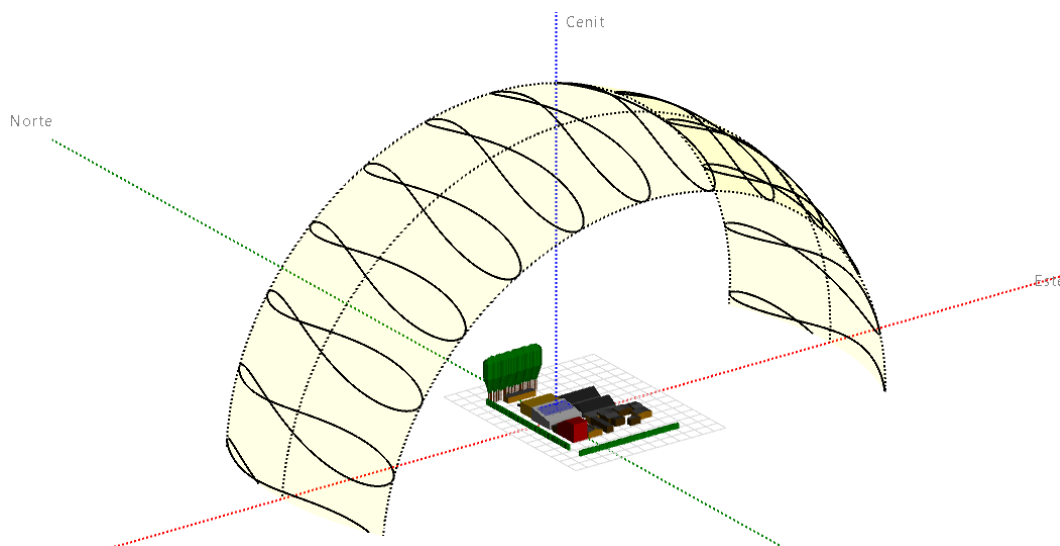


Ilustración 29. Recorrido Solar. Fuente: [40].

6.1.3.1 Diagrama de sombreado

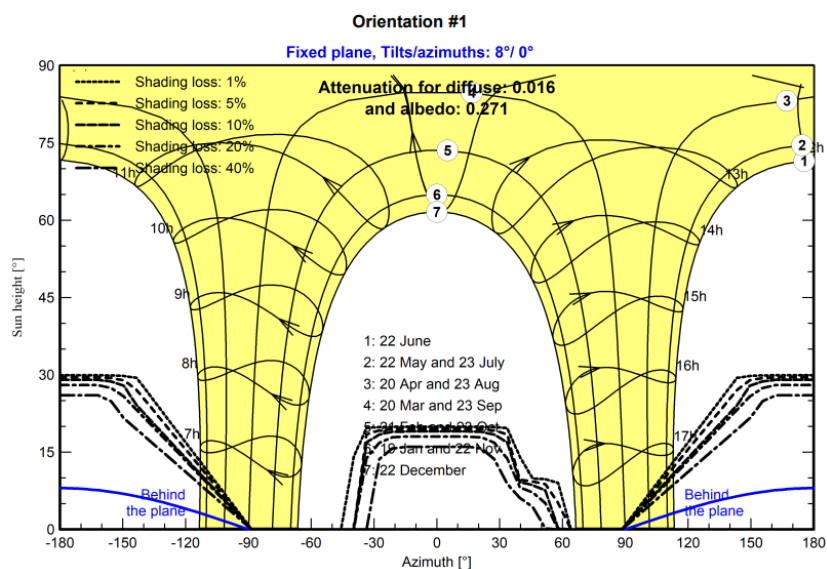


Ilustración 30. Diagrama de sombreado. Fuente: [40].

El diagrama de sombreado es el resultado de la simulación del recorrido solar en un año, donde se puede observar 7 tipos de líneas con su respectivo porcentaje de sombreado y las fechas en que ocurrirían estos eventos, lo cual indica al usuario si el proyecto estará expuesto a sombreados significativos durante alguna fecha en específico del año o si por el contrario recibirá la mayor cantidad de radiación solar. Para el caso de este proyecto se puede observar en la Ilustración 30,

con las líneas punteadas que representan los posibles sombreados, que no hay sombreados significativos durante el año después de las 7 am y antes de las 5 pm del día. Lo anterior garantiza una excelente exposición solar, lo que resulta en una mayor eficiencia en la producción de energía para el proyecto.

6.2 Resumen del sistema

La microrred está compuesta principalmente por veinte paneles solares de marca Jinkosolar, configurados en dos strings en paralelo, con diez paneles en serie cada uno, lo que suma una potencia nominal total de 11.3 kWp. Para maximizar la conversión energética, se utiliza un inversor Huawei SUN2000-10KTL-M1 de 10 kWca, con una proporción nominal de 1.13 según PVsyst. Para el almacenamiento de energía, se emplea un conjunto de baterías de litio Turbo Energy, con una capacidad de 48 V, 77 Ah y 3.6 kWh cada una. Estas baterías se organizan en un arreglo de cinco unidades en paralelo, proporcionando una reserva de energía de 14.5 kWh al 80% y una capacidad de descarga de 8 horas bajo carga máxima. Este diseño garantiza una gestión eficiente y sostenible de la energía para cubrir una demanda eléctrica mensual de 1362 kWh en la Estación Experimental JCM, como se puede observar en la Ilustración 31 Ilustración 31.

Características del generador FV			
Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Jinkosolar	Fabricante	Huawei Technologies
Modelo	JKM565M-7RL4-V	Modelo	SUN2000-10KTL-M1 220Vac
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	565 Wp	Unidad Nom. Potencia	10.00 kWca
Número de módulos FV	20 unidades	Número de inversores	2 * MPPT 50% 1 unidad
Nominal (STC)	11.30 kWp	Potencia total	10.0 kWca
Módulos	2 Cadenas x 10 En series	Voltaje de funcionamiento	140-980 V
En cond. de funcionam. (40°C)		Potencia máx. (=>42°C)	11.00 kWca
Pmpp	10.71 kWp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.13
U mpp	414 V	No Power sharing between MPPTs	
I mpp	26 A	Potencia total del inversor	
Potencia FV total		Potencia total	10 kWca
Nominal (STC)	11 kWp	Número de inversores	1 unidad
Total	20 módulos	Proporción Pnom	1.13
Área del módulo	54.7 m ²	Almacenamiento de batería	
Batería		Paquete de baterías	
Fabricante	Turbo Energy	Fabricante	Turbo Energy
Modelo	Lithium Series 48V 3.6 kWh	Modelo	Lithium Series 48V 3.6 kWh
Paquete de baterías		Características del paquete de baterías	
Núm. de unidades	5 en paralelo	Voltaje	48 V
Descarga mín. SOC	20.0 %	Capacidad nominal	387 Ah (C10)
Energía almacenada	14.5 kWh	Temperatura	Temperatura ambiente exterior

Ilustración 31 Características del sistema. Fuente: [40]

6.3 Resultados de la Simulación

6.3.1 Producción Normalizada

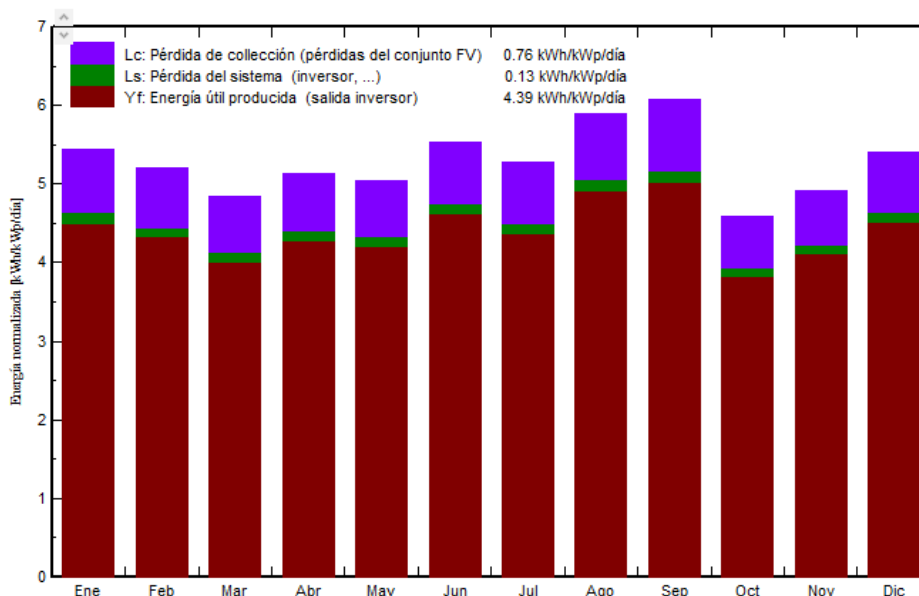


Ilustración 32. Producción de energía normalizada. Fuente: [40].

Los datos de producción normalizada del sistema muestran resultados muy positivos. Cada mes, la energía generada se mantiene en un nivel alto, con un promedio de 4.39 kWh por kilovatio pico instalado al día (color rojo oscuro), lo cual indica que se está obteniendo un excelente aprovechamiento de los paneles solares. A pesar de las inevitables pérdidas que se producen en cualquier sistema, por ejemplo, debido a la eficiencia del inversor y pérdidas en el cableado (color verde), estas han sido tan solo de 0.13 kWh/kWp/día y las pérdidas en el grupo de generación o paneles solares (color morado claro) a causa de posibles sombreados por nubosidad, pérdidas por inclinación u orientación y pérdidas por temperatura, son de 0.76 kWh/kWp/día.

Como se puede observar en la Ilustración 32, el sistema está funcionando de manera eficiente y se puede esperar una producción de energía confiable y constante durante todo el año. Esto no solo es bueno para el medio ambiente, sino que también significa que la inversión está ofreciendo los retornos previstos, y así poder planificar las necesidades energéticas y financieras con una mejor certeza.

6.3.2 Índice de Rendimiento (PR)

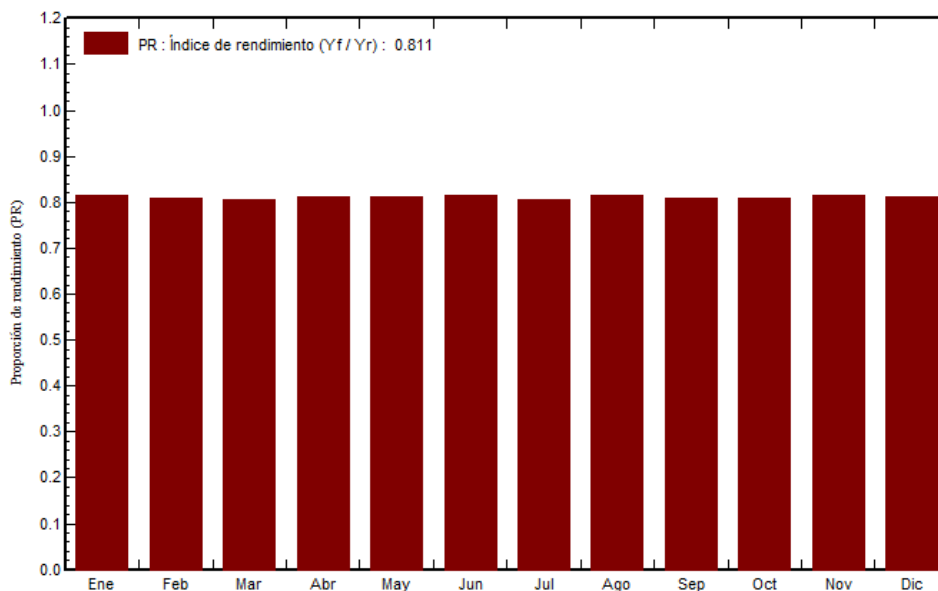


Ilustración 33. Factor de desempeño PR. Fuente: [40]

El coeficiente de rendimiento, conocido como Performance Ratio (PR), es un indicador clave en la evaluación de la calidad de una instalación fotovoltaica. Este parámetro, independiente de la ubicación, refleja la eficiencia de un sistema al expresar la relación entre el rendimiento real y el rendimiento teórico esperado de la instalación (Ver Ilustración 33). Dicho de otro modo, el PR muestra qué porcentaje de la energía teórica se convierte en energía utilizable tras considerar las pérdidas inherentes al sistema [41].

La fórmula para calcular el Performance Ratio es:

$$PR = \frac{\text{Energía real generada (kWh) año}}{\text{Energía teórica generada (kWh) año}}$$

Valores típicos de PR para instalaciones fotovoltaicas varían según diversos factores, como la ubicación, la orientación de los paneles, la inclinación y la calidad de los componentes. En general, un PR típico para un sistema bien diseñado y mantenido se encuentra en el rango de 0.75 a 0.85 (75% - 85%). El Performance Ratio (PR) obtenido de 0.811 en la instalación solar indica un nivel

sólido de eficiencia y rendimiento. Este valor se encuentra dentro del rango típico de eficiencia para sistemas de este tipo, reflejando que la instalación está produciendo aproximadamente el 81.1 % de la energía esperada bajo condiciones ideales.

En caso de considerar acciones para la mejora del PR, se podría contemplar la integración de sistemas de seguimiento solar que ajusten la posición de los paneles en tiempo real para seguir el sol (Trackers) [42], la implementación de paneles solares bifaciales que capturen la irradiancia global horizontal y la irradiancia reflejada, o la inclusión de optimizadores de potencia para minimizar las pérdidas por posibles sombras u obstáculos[43]. Cualquier cambio propuesto debe considerar no solo el incremento en el PR sino también la viabilidad económica y el retorno de inversión a lo largo del tiempo.

6.4 Diagrama Unifilar

La herramienta PVsyst genera un diagrama unifilar simplificado de la instalación, permitiendo la visualización de las cadenas de módulos solares conectadas a los dos puntos de seguimiento máximo de potencia (MPPT) del inversor a través de un combinador o caja de conexión. Este inversor, a su vez, suministra la energía generada hasta el punto de inyección o medidor bidireccional, situado a una distancia de 6 metros del inversor. Este diagrama proporciona una representación clara y concisa de cómo se estructura y conecta el sistema solar fotovoltaico, facilitando la comprensión de la disposición de los componentes y la dirección del flujo de energía en la instalación (Ver Ilustración 34).

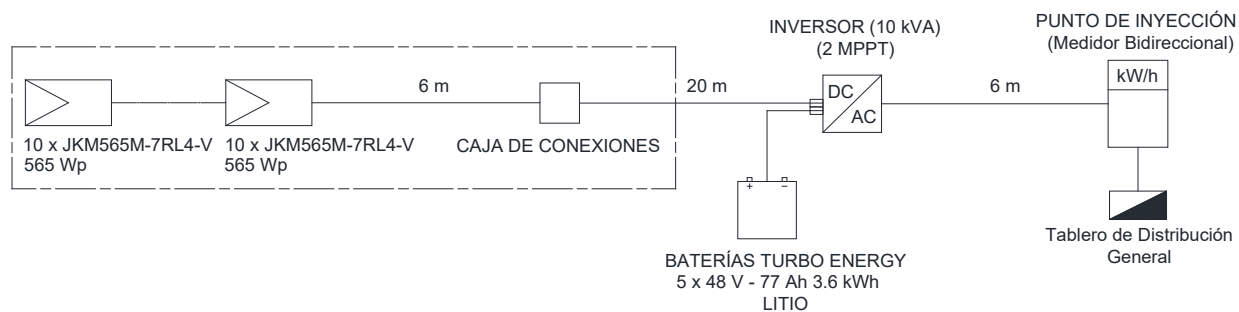


Ilustración 34. Diagrama unifilar. Fuente: Elaboración propia[40].

6.5 Análisis económico

El marco normativo de la ley 1715 de 2014 permite aplicar a una variedad de incentivos que facilitan y promueven la implantación de proyectos de energía renovable tales como:

- **Deducción de Renta (Art. 11):** Se podrá deducir el 50% del total de la inversión realizada en el proyecto en un periodo no mayor a 15 años, permitirá mejorar la rentabilidad del proyecto.
- **Exclusión del IVA (Art. 12):** Bienes y servicios excluidos de IVA para el desarrollo de proyectos de generación con FNCE, permitirá mejorar los costos totales del proyecto.
- **Incentivo Arancelario (Art. 13):** Exención de aranceles de importación para maquinaria, equipos, materiales e insumos, permitirá mejorar los costos totales del proyecto.
- **Depreciación Acelerada de Activos (Art. 14):** Podrá aplicarse una tasa de depreciación de hasta el 33.33% anual, y puede variar año tras año, esto permite mejorar el flujo de caja de los primeros años del proyecto y adaptarse a las condiciones del mercado.
- **Entrega de Excedentes de Energía (Capítulo 2, Artículo 8, Literal a):** Podrá entregar los excedentes a la red autogeneradores de pequeña (AGPE) y gran escala están regulados en la actualidad por la resolución de la CREG 174 de 2021.

6.5.1 Flujo de efectivo acumulado

En la Ilustración 35 se puede observar el flujo de caja a 20 años, donde se obtiene un retorno de la inversión en el año 5.5 (ver Anexo 7), lo que indica que el proyecto es financieramente viable y que, a partir de ese punto, genera ingresos netos durante su vida útil restante.

El flujo de efectivo acumulado, que refleja un retorno de inversión en el año 5.5, se presenta como un indicador financiero de gran relevancia. Este dato implica que la totalidad de la inversión realizada se recupera durante los primeros 5.5 años de operación del proyecto. A partir de este punto, se anticipa que el flujo de efectivo acumulado será positivo, señalizando que el proyecto está generando ingresos netos. Esta pronta recuperación de la inversión en el año 6 constituye una señal positiva, indicando que el proyecto ha alcanzado la rentabilidad y está empezando a generar beneficios netos.

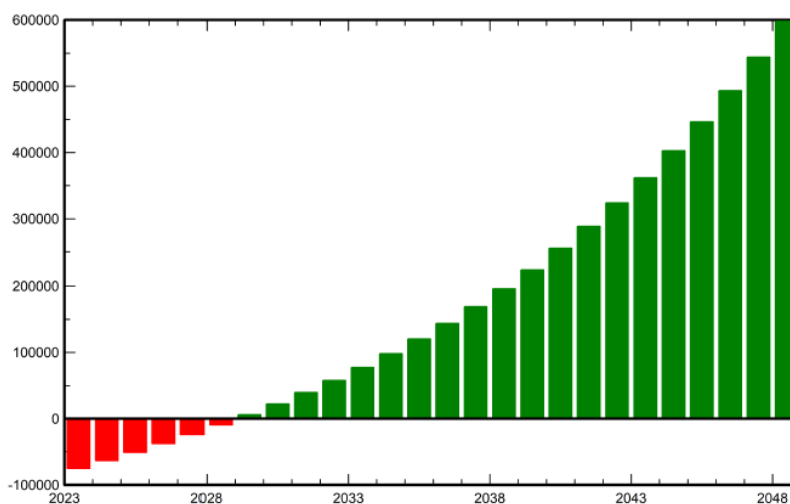


Ilustración 35. Retorno de la inversión. Fuente: Anexo 7.

Es importante destacar para la Universidad del Rosario, en calidad de propietaria del proyecto, que la inversión será recuperada antes del séptimo año y que, a partir de dicho periodo, se generará un flujo continuo de ingresos adicionales que podrán ser reinvertidos en beneficio de la institución.

6.5.2 Costo de Inversión Inicial (CAPEX)

Costo del sistema			
Costos de instalación			
Artículo	Cantidad unidades	Costo COP	Total COP
Módulos FV			
JKM565M-7RL4-V	20	565.000.00	11.300.000.00
Soportes para módulos	20	162.000.00	3.240.000.00
Inversores			
SUN2000-10KTL-M1 220Vac	1	7.554.000.00	7.554.000.00
Baterías	5	5.931.000.00	29.655.000.00
Otros componentes			
Accesorios, sujetadores	1	786.293.99	786.293.99
Cableado	1	2.250.000.00	2.250.000.00
Caja de conexiones	1	802.805.24	802.805.24
Sistema de monitoreo, pantalla de visualización	1	620.000.00	620.000.00
Sistema de medición, piranómetro	1	1.070.406.99	1.070.406.99
Pararrayos	1	6.290.351.89	6.290.351.89
Estudios y análisis			
Ingeniería	1	1.887.105.57	1.887.105.57
Permisos y otras tarifas admin.	1	1.200.000.00	1.200.000.00
Estudios ambientales	1	943.552.78	943.552.78
Análisis Económico	1	1.258.070.38	1.258.070.38
Diseño Estructural	1	3.850.000.00	3.850.000.00
Instalación			
Costo de instalación global por módulo	20	31.451.76	629.035.16
Costo de instalación global por inversor	1	157.258.80	157.258.80
Costo de instalación global por batería	5	31.451.76	157.258.79
Transporte	1	880.649.26	880.649.26
Conexión a la red	1	629.035.19	629.035.19
		Total	75.160.824.03
		Activo amortizable	52.535.293.99

Ilustración 36. Costos de instalación del proyecto (CAPEX). Fuente: Anexo 7

El Costo de Inversión Inicial (CAPEX) del sistema fotovoltaico para la Estación Experimental JCM asciende a \$75.160.824.03 COP, según la información proporcionada en la Ilustración 36. Este monto engloba todos los componentes y servicios necesarios para la instalación y funcionamiento del sistema. También se destaca que la adquisición de baterías representa el componente más costoso, con un valor de \$29,655,000 COP para cinco unidades. Esta inversión en almacenamiento energético es crucial para garantizar la autonomía y eficiencia del sistema, asegurando una gestión óptima de la energía y confiabilidad fuera de las horas de generación solar.

6.5.2 Costo de Operación y Mantenimiento (OPEX)

El costo (OPEX) es esencial para comprender los gastos recurrentes vinculados al mantenimiento y operación del sistema a lo largo del tiempo. Su consideración es crucial para la planificación financiera y la evaluación de la rentabilidad del proyecto. La Ilustración 37 muestra en detalle las actividades, provisiones y costos anuales asociados teniendo en cuenta una inflación anual estimada del 5% [44]. Estos datos fueron obtenidos en la simulación con la herramienta especializada PVsyst y están relacionados con parámetros que permiten ser ajustados de acuerdo con las condiciones y necesidades del usuario.

Costos de operación	
Artículo	Total COP/año
Mantenimiento	
Provisión para el reemplazo del inversor	1.510.800.00
Reparaciones	713.804.66
Limpieza	356.802.33
Total (OPEX)	2.581.206.99
Incluyendo inflación (5.00%)	4.927.740.84

Ilustración 37. Costos de mantenimiento del proyecto (OPEX). Fuente: Anexo 7.

6.6 Análisis ambiental del sistema - Balance de emisiones de CO₂

La Ilustración 38, es un gráfico de la simulación en PVsyst donde se muestra las emisiones de CO₂ ahorradas con respecto al tiempo, es una representación visual de cómo un sistema solar fotovoltaico (PV) contribuye a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a lo largo del tiempo de vida del proyecto. La curva en constante aumento indica que a medida que el sistema genera más energía solar limpia, también evita una mayor cantidad de emisiones de CO₂. Esto refleja un impacto positivo y continuo en el medio ambiente, demostrando que el sistema

solar está cumpliendo eficazmente su función de sostenibilidad ambiental a lo largo del período analizado.

Como se muestra en la Ilustración 38, la implementación de este proyecto resultará en la sustitución o reemplazo de 2,77 toneladas de CO₂ anuales provenientes de la red eléctrica, considerando que la producción anual es de 18.12 MWh y el factor de emisión de CO₂ de la red eléctrica es de 153 gCO₂/kWh, según la International Energy Agency (IEA) para Colombia, además de las 9.13 toneladas de CO₂ anuales que actualmente emite el grupo electrógeno. Esto se traducirá en un ahorro total aproximado de 11.9 toneladas de CO₂ al año y 297.5 toneladas de CO₂ durante la vida útil del proyecto (25 años). Estos resultados no solo representan una contribución significativa al medio ambiente, sino también un aporte sustancial al compromiso de cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible.

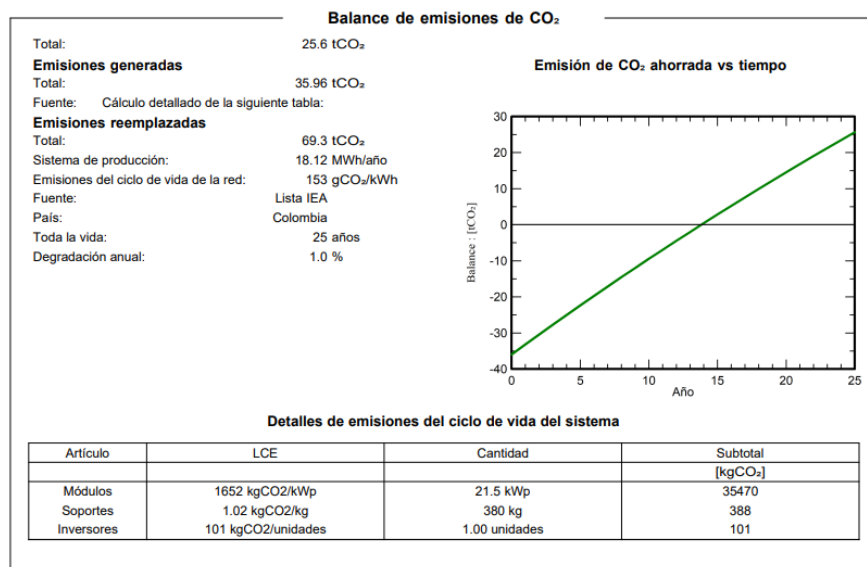


Ilustración 38. Balance de emisiones de CO₂. Fuente: Anexo 7.

Es importante tener presente que previo al uso del recurso hídrico debe tramitarse una concesión de aguas superficiales para el uso del agua ante la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca) de acuerdo al marco normativo Ley 99 de 1993, Decreto Ley 2811 de 1974, Decreto 1076 de 2015, Acuerdo CAR 010 de 1989, Ley 373 de 1997 y Decreto 1575 de 2007, y junto al Formulario único Nacional de Concesión de aguas superficiales y sus anexos, dependiendo de su uso la CAR determinará en orden de prioridad y de acuerdo con lo establecido en la ley si es otorgado.

Capítulo 7

CONCLUSIONES

- La instalación de una microrred eléctrica solar fotovoltaica en la Estación Experimental JCM permitiría satisfacer las necesidades eléctricas de la estación sin recurrir al uso del grupo electrógeno existente, lo que demuestra su viabilidad como fuente de energía sostenible y confiable.
- La implementación de esta microrred solar no solo conllevará beneficios ambientales, sino también económicos para la Universidad. Se prevé que el retorno de la inversión se materialice en menos de la mitad del tiempo de vida útil del proyecto. Además, se proyecta un ahorro significativo de 297.5 toneladas de CO₂ a lo largo de la vida útil del proyecto (25 años). Este ahorro se distribuirá entre las emisiones que se dejarán de producir como consecuencia de la operación del grupo electrógeno existente y las que se mitigarán mediante el funcionamiento de la microrred solar.
- Aunque las mediciones del recurso solar se realizaron solo durante cuatro meses completos, los valores registrados indican que en la zona donde se encuentra ubicada la Estación Experimental JCM cuenta con un recurso solar óptimo para la implementación de la microrred solar fotovoltaica (5 Horas Sol promedio). La eficiencia y la producción de energía se ven respaldadas por el alto Performance Ratio (PR) obtenido en el estudio.
- La caracterización del recurso hídrico de la Quebrada Cambular disponible en la Estación Experimental JCM dio como resultado un caudal promedio de 42.8 l/s y que el terreno donde se ubica presenta una pendiente del 3.8%, equivalente a una variación de 7 metros a lo largo de 180 metros de cauce. Estos resultados preliminares no son suficientes para determinar la viabilidad de un proyecto de generación hidroeléctrica. Se hace necesario realizar estudios adicionales, como análisis hidráulico, hidrológico, diseño civil y estudios ambientales que permitan establecer el porcentaje de ocupación de cauce, concesión de agua y de esta manera evaluar la viabilidad técnico-económica.

- El grupo electrógeno de la Estación Experimental JCM se podría dejar como respaldo ante posibles emergencias o contingencias en caso de que la Universidad lo desee. Aunque si no es necesario mantener este sistema de respaldo y se elimina el uso de este, la Universidad estaría dejando de emitir 9.13 toneladas de CO₂/año al medio ambiente.

Recomendaciones

- Dado que se ha demostrado la viabilidad y los beneficios económicos y ambientales de la instalación de una microrred solar fotovoltaica para autoconsumo en la Estación Experimental JCM, se recomienda avanzar con la implementación de este proyecto. Esto permitirá cubrir las necesidades eléctricas de la estación y reducir la dependencia del grupo electrógeno que genera un impacto ambiental negativo.
- Es fundamental establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar y optimizar el rendimiento de la microrred solar, así como la contratación de auditorías periódicas que validen y certifiquen los datos asociados al ahorro de emisiones de CO₂. Esto garantizará que se cumplan los ahorros económicos y emisiones de CO₂ proyectados.
- Para la instalación de los módulos fotovoltaicos sobre la cubierta del salón polivalente, se debe llevar a cabo un estudio de cargas para determinar la estructura necesaria y suficiente para soportar el peso de la instalación teniendo en cuenta el peso asociado a los módulos, cableado e infraestructura necesaria para la instalación del proyecto.
- Se recomienda la implementación de proyectos de investigación centrados en la agricultura vertical e hidropónica que incorporen un sistema integrado de riego. Esto permitiría un uso eficiente del recurso hídrico disponible, potenciando la sostenibilidad y productividad agrícola de la Estación Experimental JCM.

REFERENCIAS

- [1] “Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_0855_2003].” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0855_2003.html
- [2] D. A. UPME, “Índice de Cobertura de Energía Eléctrica (ICEE).”
- [3] L. Castillo Barvo, D. Alejandro Ossa Urrea, L. Fernanda Camargo Sánchez, and J. Arley González Vásquez Oscar Fabio Vélez Cano Jhon Cristian Giraldo, “Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Superintendente Delegado para Energía y Gas Combustible”.
- [4] Revista Semana, “Habitantes de La Vega se cansaron del ‘mal servicio’ de Enel y bloquearon la autopista Medellín; ya hay fecha para nueva protesta.”
- [5] “Introducción a las Microrredes - CENER - Centro Nacional de Energías Renovables.” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.cener.com/introduccion-a-las-microrredes/>
- [6] “Funcionamiento energía solar fotovoltaica - Iberdrola.” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>
- [7] “Ventajas de la energía hidroeléctrica | Enel Green Power.” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica/ventajas>
- [8] “Qué es una microrred y cómo funciona | Enel X.” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/what-is-a-microgrid-and-how-does-it-work>
- [9] D. J. Trujillo Sandoval, F. I. Mosquera Velásquez, and E. M. García Torres, “Análisis de viabilidad de microrredes eléctricas con alta penetración de recursos renovables en zonas urbanas: caso de estudio condominios residenciales,” *Enfoque UTE*, vol. 12, no. 2, pp. 19–36, Apr. 2021, doi: 10.29019/ENFOQUEUTE.734.
- [10] Jesús Francisco Barrantes Tejado, “ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA EN MICRORREDES COLABORATIVAS,” Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2020.
- [11] “Tipos de microrredes, con ejemplos | Cummins Inc.” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.cummins.com/es/news/2021/09/23/types-microgrids-examples>
- [12] “Microrredes como clave para un futuro bajo en emisiones de Carbono.” Accessed: Nov. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.comulsa.com/blog/microrredes-como-clave-para-un-futuro-bajo-en-emisiones-de-carbono>
- [13] “Microrredes.” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://thenextsystem.org/learn/stories/microrredes>
- [14] “Energías renovables | Artículo técnico”, Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: www.santafe-conicet.gov.ar
- [15] J. D. Garzón-Hidalgo and A. J. Saavedra-Montes, “Una metodología de diseño de micro redes para zonas no interconectadas de Colombia,” *Tecnológicas*, vol. 20, no. 39, pp. 39–53, May 2017, doi: 10.22430/22565337.687.
- [16] “Eficiencia en paneles solares: Monocristalinos vs Policri...” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://suneoenergy.com.co/blog>

- [17] “CÉLULAS SOLARES | Alter Technology Group.” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://wpo-altertechnology.com/es/celulas-solares/>
- [18] “Principales componentes de una instalación fotovoltaica - Alusín Solar.” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://alusinsolar.com/principales-componentes-de-una-instalacion-fotovoltaica/>
- [19] J. F. (coord.) Sanz Osorio, *Energía hidroeléctrica*. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2016. [Online]. Available: <https://www.digitaliapublishing.com/a/59240>
- [20] Rittmeyer Brugg, “MEDICIÓN DE CAUDAL- Rittmeyer BRUGG,” Baar. Accessed: Jan. 06, 2024. [Online]. Available: <https://rittmeyer-brugg.com/es/productos/risonic-modular/>
- [21] Pedro Mentado, “Turbinas hidroeléctricas y sus aplicaciones (II de VIII),” <https://energiahoy.com/2020/05/28/turbinas-hidroelectricas-y-sus-aplicaciones-ii-de-viii/>
- [22] Enel Green Power S.p.A., “La energía hidroeléctrica,” <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica>.
- [23] Unidad de Planeación Minero Energética UPME, Pontificia Universidad Javeriana PUJ, T. e I. C. Departamento Administrativo de Ciencia, M. y E. A. I. Instituto de Hidrología, and Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, “Atlas Potencial Hidroenergético de Colombia 2015,” Bogotá, 2015.
- [24] “Registrador de datos de frecuencia - iRIS - KISTERS - HyQuest Solutions - inalámbrico / sin pantalla / para entornos difíciles.” Accessed: Nov. 05, 2023. [Online]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/kisters-hyquest-solutions/product-235669-2384280.html>
- [25] “Correntómetro / Medidor de flujo electromagnética, No Incluye Sensor OTT MF PRO | Equipamiento Científico.” Accessed: Jan. 03, 2024. [Online]. Available: <https://equipamientocientifico.com/shop/product/correntometro-medidor-de-flujo-electromagnetica-no-incluye-sensor-ott-mf-pro-2815#attr=>
- [26] “Correntómetro / Medidor de flujo electromagnética, No Incluye Sensor OTT MF PRO | Equipamiento Científico.” [Online]. Available: <https://equipamientocientifico.com/shop/product/correntometro-medidor-de-flujo-electromagnetica-no-incluye-sensor-ott-mf-pro-2815#attr=>
- [27] Gómez Páez Nicolas, “Diagnóstico de las capacidades técnicas/operativas de los acueductos veredales municipio de la Vega Cundinamarca-Colombia,” Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente ECAPMA -Universidad Nacional Abierta Y A Distancia UNAD, Bogotá, 2021. Accessed: Jan. 07, 2024. [Online]. Available: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41706/ngomezpae.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [28] IDEAM *et al.*, “PROTOCOLO MONITOREO AGUA IDEAM,” 2017.
- [29] A. PETERSEN-ØVERLEIR, “Modelling stage—discharge relationships affected by hysteresis using the Jones formula and nonlinear regression,” *Hydrological Sciences Journal*, vol. 51, no. 3, pp. 365–388, Jun. 2006, doi: 10.1623/hysj.51.3.365.
- [30] Robson Alice and Reed Duncan, *Statistical procedures for flood frequency estimation - Flood Estimation Handbook*, vol. 3. Oxfordshire OX10 8BB: Centre for Ecology & Hydrology, 1999.

- [31] D. Zhou and Z. (Daniel) Deng, “Ultra-low-head hydroelectric technology: A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 78, pp. 23–30, Oct. 2017, doi: 10.1016/J.RSER.2017.04.086.
- [32] “Renewable energy: Micro Hydraulic Power Unit (Spiral Type Pico-Hydro Unit ‘PicoPica10’, ‘PicoPica500’) | United Nations Industrial Development Organization.” Accessed: Feb. 28, 2024. [Online]. Available: http://www.unido.or.jp/en/technology_db/5276/
- [33] “PowerSpout LH - Hydro Turbine.” Accessed: Feb. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.powerspout.com/products/powerspout-lh-1?variant=12953942261815>
- [34] UPME -Unidad de Planeación Minero Energetica, “Calculadora Fecoc 2016,” http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html.
- [35] “Panel Solar 570W Monocristalino Jinko | AutoSolar.” Accessed: Jan. 03, 2024. [Online]. Available: <https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-570w-monocristalino-jinko>
- [36] “Alejandría - Resolución 174 de 2021 CREG.” Accessed: Feb. 29, 2024. [Online]. Available: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm
- [37] “Alejandría - Resolución 135 de 2021 CREG.” Accessed: Feb. 29, 2024. [Online]. Available: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0135_2021.htm
- [38] “Inversor Huawei SUN2000-10KTL-M1 (HC) 10kW Trifásico | AutoSolar.” Accessed: Jan. 03, 2024. [Online]. Available: <https://autosolar.es/inversores-de-red-trifasicos/inversor-huawei-sun2000-10ktl-m1-hc-10kw-trifasico>
- [39] “Batería Lithium Series 48V 3.6 kWh | Turbo Energy | Solar innovation.” Accessed: Jan. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.turbo-e.com/productos/bateria-lithium-series-48v-3-6-kwh>
- [40] Ronald Mayorga and Camilo Salamanca, “PVsyst - Informe de resultados simulación,” Bogotá, Jan. 2024.
- [41] S. A. Solar Technology, “Coeficiente de rendimiento - Factor de calidad de la instalación fotovoltaica”.
- [42] MiKitSolar, “Todo sobre el seguidor solar, ¿desde su funcionamiento hasta su precio! | Blog MiKitSolar.” Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.mikitsolar.es/blog/todo-sobre-el-seguidor-solar-desde-su-funcionamiento-hasta-su-precio-n284>
- [43] AutoSolar, “¿Qué es un optimizador de potencia? | AutoSolar Blog,” AutoSolar. Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: <https://autosolar.co/aspectos-tecnicos/que-es-un-optimizador-de-potencia>
- [44] Banco de la República de Colombia, “La Junta Directiva del Banco de la República decidió por unanimidad mantener inalterada la tasa de interés de política monetaria en 13,25% | Banco de la República.” Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.banrep.gov.co/es/noticias/jdbr-decidio-unanimidad-mantener-inalterada-tasa-interes>

**ANEXO 1. INFORME
TÉCNICO AFOROS DE
CAUDAL QUEBRADA
CAMBULAR**

Contenido

1. INTRODUCCION.....	3
2. PROCEDIMIENTO DE AFORO.....	3
3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO DE MONITOREO.....	7
5. AFOROS DE CAUDAL.....	9
5.1 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,11 (m).	9
<i>Gráfico 1. Gradientes de velocidad (m/s)</i>	9
<i>Gráfico 2. Caudal x secciones de aforo</i>	9
<i>Gráfico 3. Perfil de Profundidad</i>	9
<i>Fotografía 1. Sección de aforo</i>	10
<i>Fotografía 2. Aforo de caudal</i>	10
5.2 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,09 (m).	11
<i>Gráfico 4. Gradientes de velocidad (m/s)</i>	11
<i>Gráfico 5. Caudal x secciones de aforo</i>	11
<i>Gráfico 6. Perfil de Profundidad</i>	11
<i>Fotografía 3. Sección de aforo</i>	12
<i>Fotografía 4. Nivel Mira Limnimétrica</i>	12
<i>Fotografía 5. Aforo de caudal</i>	12
5.3 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,06 (m).	13
<i>Gráfico 7. Gradientes de velocidad (m/s)</i>	13
<i>Gráfico 8. Caudal x secciones de aforo</i>	13
<i>Gráfico 9. Perfil de Profundidad</i>	13
<i>Fotografía 6. Sección de aforo</i>	14
<i>Fotografía 7. Nivel Mira Limnimétrica</i>	14
<i>Fotografía 8. Aforo de caudal</i>	14
5.4 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,05 (m).	15
<i>Gráfico 10. Gradientes de velocidad (m/s)</i>	15
<i>Gráfico 11. Caudal x secciones de aforo</i>	15
<i>Gráfico 12. Perfil de Profundidad</i>	15
<i>Fotografía 9. Sección de aforo</i>	16
<i>Fotografía 10. Nivel Mira Limnimétrica</i>	16
<i>Fotografía 11. Aforo de caudal</i>	16
5.5 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,02 (m).....	17
<i>Gráfico 13. Gradientes de velocidad (m/s)</i>	17



Gráfico 14. Caudal x secciones de aforo	17
Gráfico 15. Perfil de Profundidad.	17
Fotografía 12. Sección de aforo	18
Fotografía 13. Nivel Mira Limnimétrica	18
Fotografía 14. Aforo de caudal	18
5.6 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,01 (m).	19
Gráfico 16. Gradientes de velocidad (m/s)	19
Gráfico 17. Caudal x secciones de aforo	19
Gráfico 18. Perfil de Profundidad.	19
Fotografía 15. Sección de aforo	20
Fotografía 16. Nivel Mira Limnimétrica	20
Fotografía 17. Aforo de caudal	20
5.7 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,005 (m).	21
Gráfico 19. Gradientes de velocidad (m/s)	21
Gráfico 20. Caudal x secciones de aforo	21
Gráfico 21. Perfil de Profundidad.	21
Fotografía 18. Sección de aforo	22
Fotografía 19. Nivel Mira Limnimétrica	22
Fotografía 20. Aforo de caudal	22
4. RESULTADOS	23
4. CONCLUSIONES	23
4. BIBLIOGRAFIA	24



1. INTRODUCCION

El sitio de monitoreo hidrométrico se encuentra ubicado en la Cuenca hídrica Q. Cambular, en el Municipio de la Vega, departamento de Cundinamarca. Sus coordenadas geográficas son 4°57'20" N y 74°22'54" O. En adelante, nos referiremos a este sitio como la estación de medición de caudal Q Cambular.

Con el objetivo de calibrar la curva de gasto, se ha establecido la necesidad de realizar al menos 10 mediciones de caudal en cada punto de monitoreo. En este informe, proporcionaremos la información relevante sobre el punto de monitoreo Q Cambular.

2. PROCEDIMIENTO DE AFORO

Los aforos de caudal se realizan bajo las condiciones del protocolo de seguimiento y manejo del agua del instituto de estudios ambientales IDEAM; bajo el método de área velocidad por Molinete Hidrométrico. Los registros de aforo se pueden ver en el Anexo 2, y el consolidado se puede observar a manera de resumen en (tabla 2).

Cabe anotar que el equipo de monitoreo empleado es una nueva versión de los principales fabricantes de equipos de este tipo en el mundo, que maneja el principio electromagnético para la medición de velocidad y construye el aforo de caudal pasando por excelentes filtros lo que hace que la incertidumbre del aforo inherente a la falla humana se reduzca de manera fuerte.

La descripción del método usado se detalla a continuación, se encuentra inmerso en la configuración del equipo, pero en algunos casos se realizó manualmente.

Dado que el caudal es función del área de la sección y la velocidad media del flujo, este procedimiento se basa en la determinación de estas variables.

$$Q = V * A \text{ (Ecuación de continuidad)}$$

Dónde:

Q = Caudal (m³/s)

V= Velocidad media (m/s)

A= Área (m²)

Procedimiento en Campo.

A. SELECCIÓN DE PUNTO DE AFORO

A la elección idónea de un punto de aforo, corresponde en gran medida la precisión del aforo.

La sección transversal del cuerpo de agua debe cumplir los siguientes requerimientos.



- Estar situada en un tramo recto de la corriente, en lo posible la longitud del tramo tendrá un mínimo equivalente de 5 veces el ancho de la sección.
- Velocidad y dirección del flujo paralelas en todos los puntos y que conformen un Angulo recto con la sección transversal.
- Velocidades superiores a 0.15 m/s, evitando zonas remansadas.
- Lecho del río uniforme y estable.
- Profundidad media mínima 0.3 m (para aforos con molinete), y 0.1 m para aforos con micro molinete o flujómetro.
- Debe tener márgenes naturales
- Debe tener márgenes naturales altas que eviten el desbordamiento.
- Ausencia de plantas acuáticas. (Para equipos mecánicos)
- Inexistencia de barreras naturales a la corriente
- Puntos de anclaje para líneas de vida o cintas métricas.

VERIFICACION DEL EQUIPO

A. Elección de tipo de aforo

Dependiendo las dimensiones del Río, se debe elegir el tipo de aforo, teniendo en cuenta que el método sigue siendo el de área-velocidad.

Aforo por vadeo: Cuando se puede atravesar el río por un vado, la OMM establece la norma del 1/1, esta quiere decir que no se deben, vadear ríos que se encuentren por encima de 1 (m) de profundidad, y que cuenten con una velocidad superior de 1 m/s.

Aforo por bote Cautivo: Aplicable en ríos y canales medianos, donde es posible tender una manila o cable de orilla a orilla, que sirve de apoyo a la embarcación para contrarrestar el empuje de la corriente. Se puede realizar en ríos hasta de 100 m de ancho.

MEDICION DEL ANCHO Y ESTABLECIMIENTO DE SECCIONES

´+El procedimiento consiste en medir inicialmente el ancho total del cuerpo de agua, y subdividir *la sección transversal.



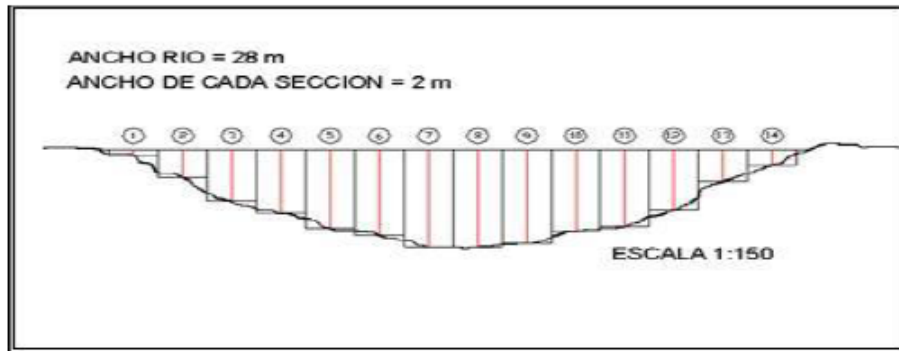


Ilustración 1 Método de seccionamiento de caudal

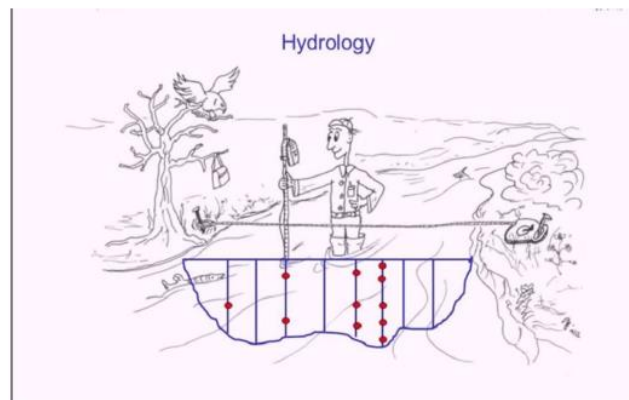


Ilustración 2. Medición de gradientes de velocidad

Luego de realizar una división en secciones del río, se puede disminuir o aumentar el número de estas, el ancho de cada sección se denomina ancho parcial y corresponde a la distancia entre dos verticales de medición consecutivas. Normalmente son iguales a lo ancho del cauce, sin embargo, si el fondo del cauce es irregular deberá reducirse en los sectores más profundos o de mayor velocidad para cumplir con la norma que establece que los caudales parciales deben ser inferiores al 10 %.

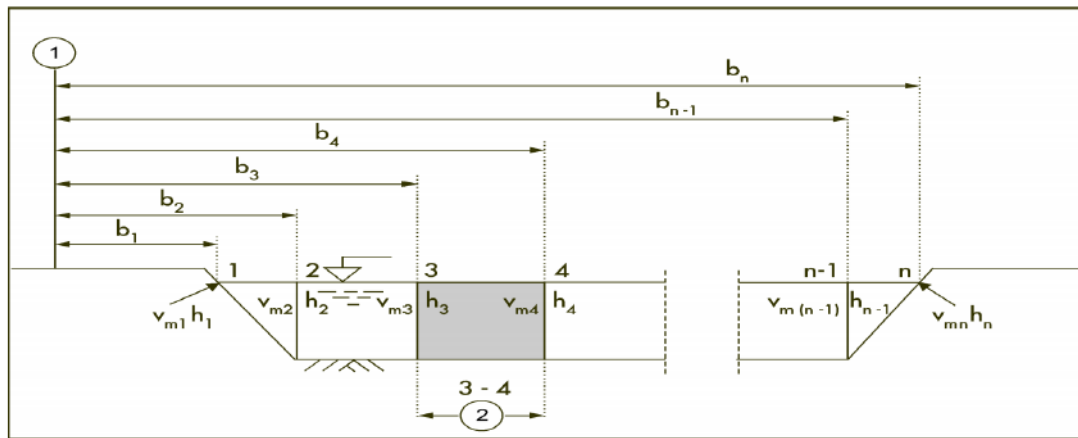
Teniendo en cuenta que el lecho y la forma del canal es regular en el caso del canal Cucuana se realiza la división cada 0,5 (m), obteniendo entre 15 y 16 secciones de aforo, para la medición de la velocidad media de la sección se toma como referencia de profundidad 1 (m), para realizar la toma de dos gradientes en cada vertical.

TOMA DE PROFUNDIDAD Y VELOCIDAD EN LAS VERTICALES

El método usado para la realización del cálculo de caudal es el de la sección media, para ello se deben establecer profundidades medias de las secciones y velocidades medias en la sección. Con la profundidad media de la sección y el ancho parcial de la sección se determina el área, el promedio de las velocidades medias de las verticales corresponde a la velocidad media en la sección. La velocidad media de la sección y el área de la sección se multiplican para hallar el caudal parcial de cada sección, la suma de los caudales parciales corresponde al caudal total.

$$Q_{total} = \sum Q \text{ parciales}$$

Figura 15 Método de la sección media



$$q_{3-4} = \left(\frac{v_{m3} + v_{m4}}{2} \right) \times \left(\frac{h_3 + h_4}{2} \right) \times (b_4 - b_3)$$

∴

$$Q_{total} = \sum Q \text{ parciales}$$

Ilustración 3. Método de medición

En resumen, el caudal de cada sección es el resultado del producto del promedio de las velocidades medias, por el producto de las profundidades de cada vertical multiplicado a su vez por el ancho de cada sección.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la velocidad media en la vertical se determina mediante métodos que se aplican dependiendo de la profundidad de la lámina de agua, de las condiciones del lecho, de la distribución de la velocidad en profundidad, del grado de precisión que se quiere y del tiempo disponible.

Los métodos se establecen teniendo en cuenta el porcentaje de profundidad en los cuales se posiciona la hélice del molinete.

Método de un punto (60%)

Se realiza la observación de velocidad en cada vertical colocando el molinete al 60% de la profundidad total tomando como referencia la superficie. El valor obtenido se considerará como la velocidad media de la vertical. Este método se emplea en secciones de poca profundidad, pero no menores a 40 centímetros, para evitar que la hélice del molinete roce con el fondo del cauce o con cualquier elemento que se encuentre en él. Para profundidades menores la velocidad obtenida al 50% es representativa para utilizarla en el cálculo del aforo.

Método de dos puntos (20 - 80%)

Las observaciones de velocidad se hacen en cada vertical colocando el molinete al 20 y 80% de la profundidad total por debajo de la superficie. El promedio de los dos valores puede considerarse como velocidad media en la vertical.

$$V_{\text{media}} = (V_{0,2} + V_{0,8}) / 2$$

Para el canal se realizan estos dos métodos de medición de velocidad media, teniendo en cuenta que la profundidad no supera los 1,80 (m)

3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO DE MONITOREO

Los aforos de caudal para la construcción de las curvas de gasto en los sectores en donde se encuentran las estaciones de monitoreo de las fuentes hídricas que son afectadas por el proyecto de construcción del túnel de la línea, se realizan por medio de un equipo electromagnético representado un avance respecto a equipos convencionales, por su principio de funcionamiento que no requiere calibración, no presenta interferencias con la calidad del agua, por su software que permite gestionar los parámetros de calidad *in situ* siendo garante de mediciones fiables que cumplan las normas del manual de prácticas hidrológicas de la OMM (Organización meteorológica mundial) y las estipulaciones del IDEAM (Instituto de estudios Ambientales).

El equipo presenta condiciones de manejo sencillas, procesando la información de tal manera que el resultado se presenta inmediatamente al terminar el aforo y guardando hasta 30 perfiles de caudales.

Los siguientes son las especificaciones técnicas del equipo de monitoreo.



Especificaciones del sensor

Especificación	Detalles
Medición de velocidad	
Método	Electromagnético
Rango	0 a 6,09 m/s (0 a 20 pies/s)
Profundidad mínima del agua	3,18 cm (1,25 pulg.)
Precisión	±2% de lectura ±0,015 m/s (±0,05 pies/s) a 3,04 m/s (0 a 10 pies/s); ± 4% de lectura entre 3,04 y 4,87 m/s (10 a 16 pies/s)
Resolución	0 ≤ valor < 10: 3 decimales; 10 ≤ valor < 100: 2 decimales; 100 ≤ valor < 1000: 1 decimal; valor ≥ 1000: 0 decimales
Estabilidad cero	±0,015 m/s (0,05 pies/s)
Material	ABS, lleno de gas
Grado de protección	IP68
Dimensiones (L x An x A)	11,9 x 4,3 x 6,3 cm (4,7 x 1,7 x 2,5 pulg.)
Material del cable	Sobrecubierta de poliuretano
Longitud de los cables	2, 6,1, 12,2 y 30,5 m (6,5, 20, 40 y 100 pies)
Medición de la profundidad	
Método	Tipo diafragma: presión absoluta con calibración de un punto.
Precisión (estática)	La mayor de ± 2% de la lectura o ± 0,015 m (± 0,504 pulgadas). Temperatura constante y agua estática que no corre.
Rango	3,05 m (0-10 ft)
Resolución	0 ≤ valor < 10: 3 decimales; 10 ≤ valor < 100: 2 decimales; 100 ≤ valor < 1000: 1 decimal; valor ≥ 1000: 0 decimales

Ilustración 4. Equipo de medición Mf pro

La medición de velocidad se realiza por medio de un sensor que determina el dato a partir de un gas que genera un campo electromagnético, este campo electromagnético aumenta o disminuye directa en directa proporcionalidad a la velocidad del flujo, para comprobar que el equipo realice las mediciones correctamente solamente basta con confirmar su cero en un medio controlado sumergido en agua destilada, de esta manera se verifica su buen funcionamiento, este proceso se realiza cada vez que se sospeche de su mal funcionamiento. La medición de profundidad es realizada por medio de un sensor tipo diafragma que posee una resolución de 3 decimales, lo que lo hace muy preciso.

El MF pro tiene la capacidad de generar perfiles de flujo y por medio de un programa asistencial realizar reportes.

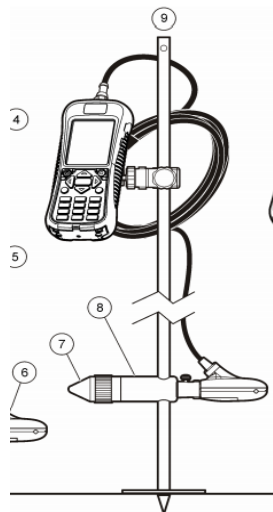


Ilustración 5. Equipo de medición Mf pro



5. AFOROS DE CAUDAL

5.1 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,11 (m).

Operador:	: Jhon Eider Giraldo	Ancho:	4,5 m	Área:	0,412 (m ²)
Fecha:	: 17-05-2023	Vel Media:	0,259 m/s	Método:	1 punto
Caudal (m ³ /s):	: 0,107	Prof. Media:	0,092 m	Sección Media:	
		Nivel Inicial:	0,11 m	Nivel final:	0,11 m

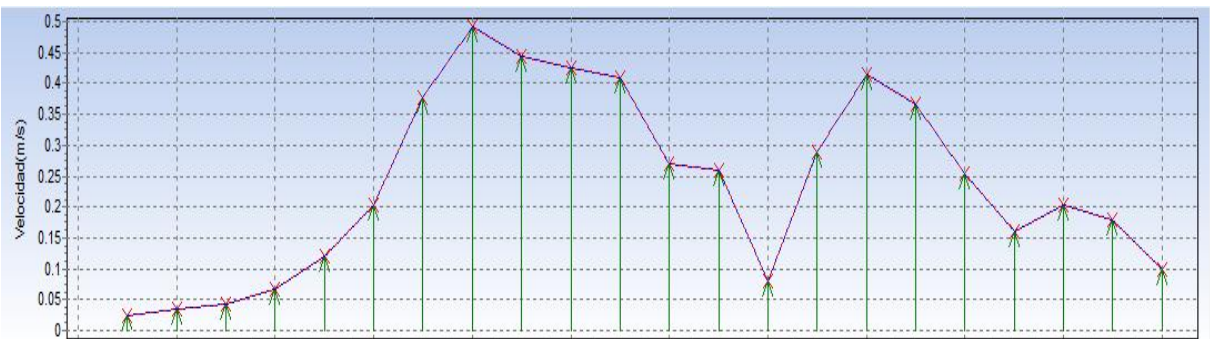


Gráfico 1. Gradientes de velocidad (m/s)

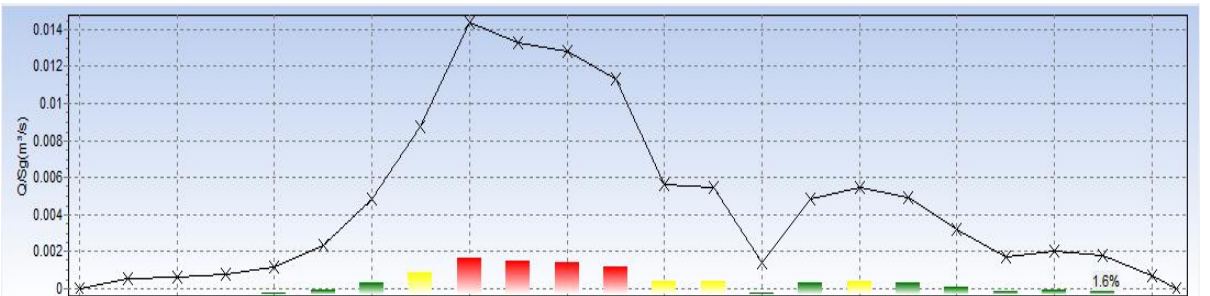


Gráfico 1. Caudal x secciones de aforo

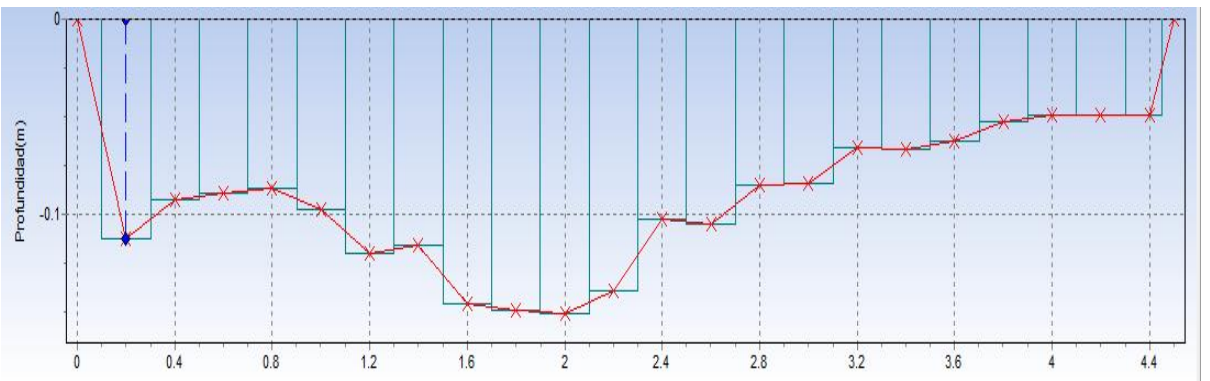


Gráfico 3. Perfil de Profundidad.



Fotografía 1. Sección de aforo



Fotografía 2. Aforo de caudal



5.2 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,09 (m).

Operador:	: Jhon Eider Giraldo	Ancho:	4,5 m	Área:	0,396 (m ²)
Fecha:	: 27-05-2023	Vel Media:	0,157 m/s	Método:	1 punto
Caudal (m ³ /s):	: 0,0623	Prof. Media:	0,088 m	Sección Media:	
		Nivel Inicial:	0,09 m	Nivel final:	0,09 m

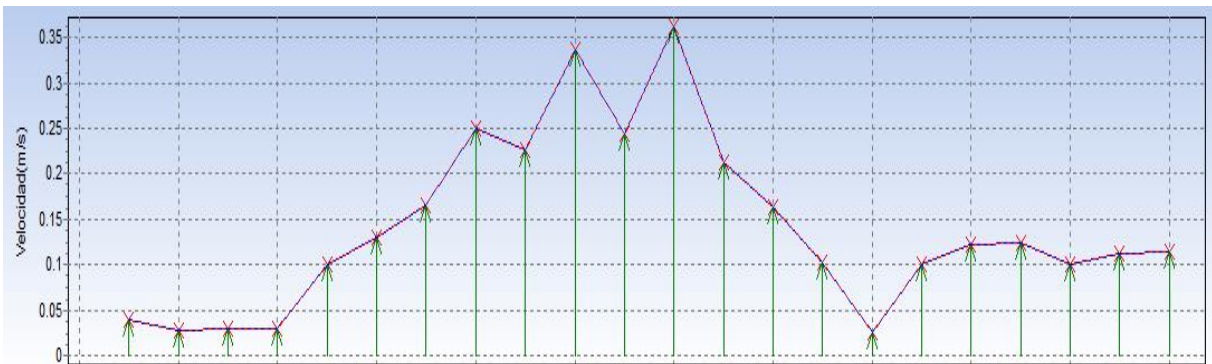


Gráfico 4. Gradientes de velocidad (m/s)

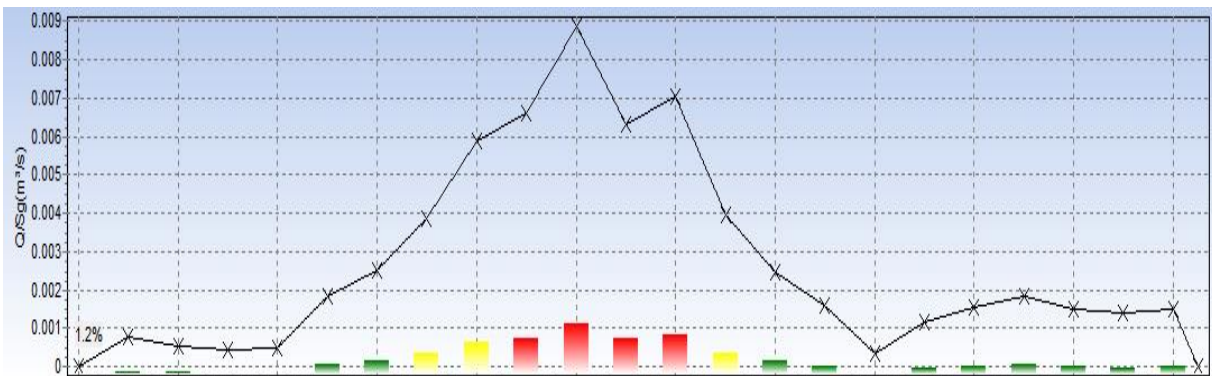


Gráfico 5. Caudal x secciones de aforo

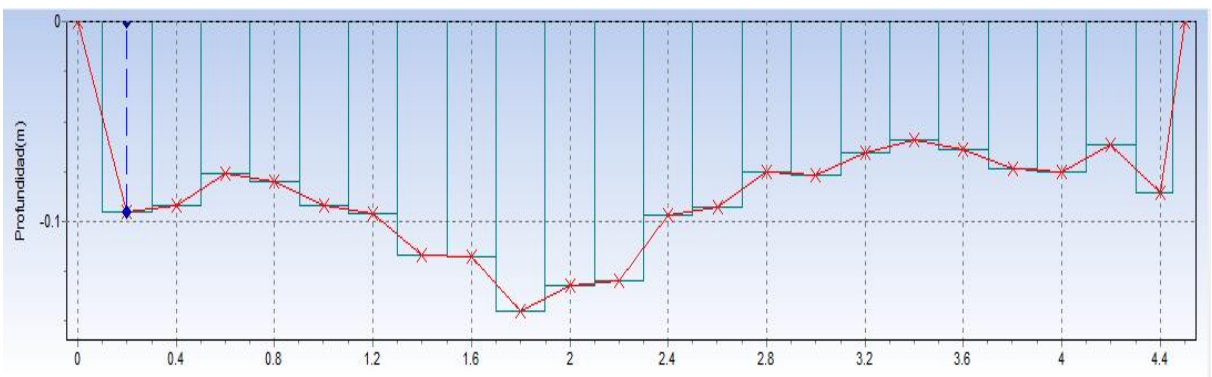


Gráfico 6. Perfil de Profundidad.



Fotografía 3. Sección de aforo



Fotografía 4. Nivel Mira Limnimétrica



Fotografía 5. Aforo de caudal



5.3 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,06 (m).

Operador:	: Jhon Eider Giraldo	Ancho:	4,5 m	Área:	0,392 (m ²)
Fecha:	: 16-06-2023	Vel Media:	0,118 m/s	Método:	1 punto
Caudal (m ³ /s):	: 0,0462	Prof. Media:	0,086 m	Sección Media:	
		Nivel Inicial:	0,06 m	Nivel final:	0,06 m

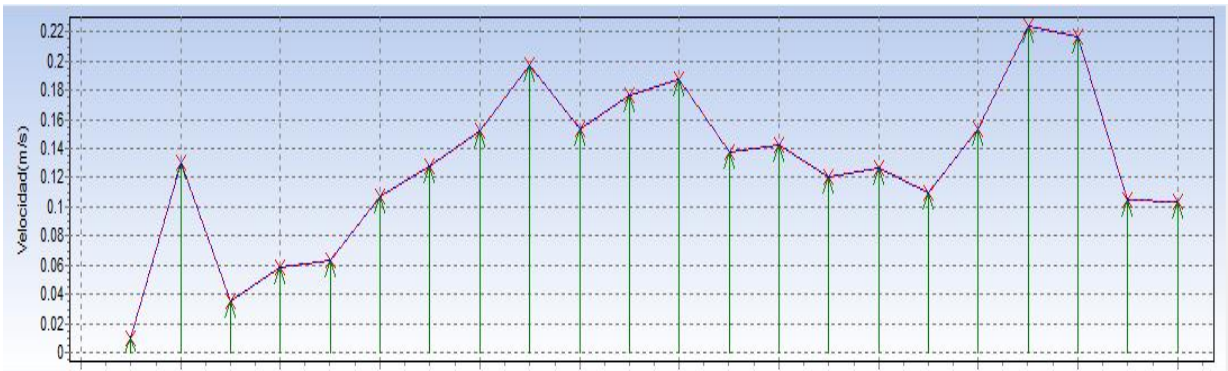


Gráfico 7. Gradientes de velocidad (m/s)

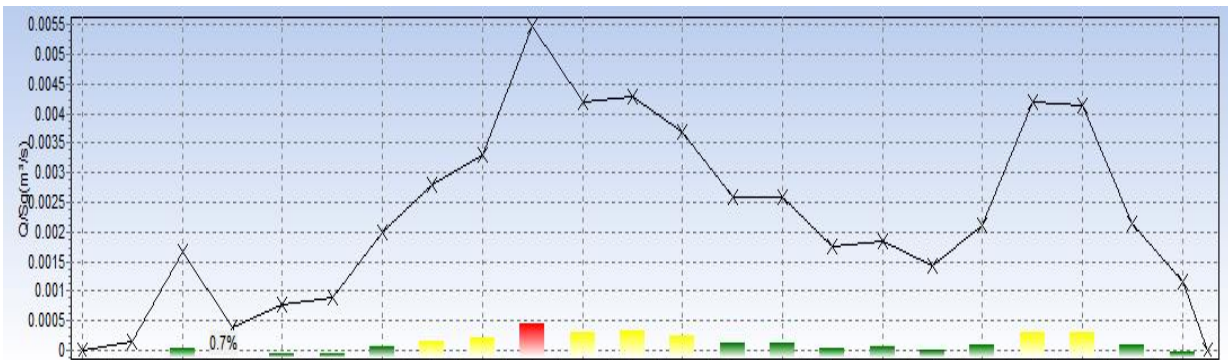


Gráfico 8. Caudal x secciones de aforo

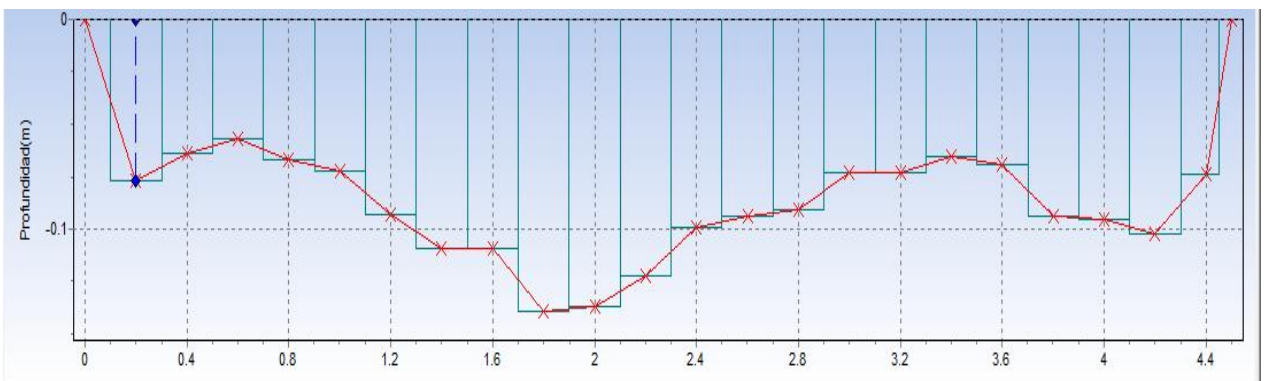


Gráfico 9. Perfil de Profundidad.





Fotografía 6. Sección de aforo



Fotografía 7. Nivel Mira Limnimétrica



Fotografía 8. Aforo de caudal



5.4 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,05 (m).

Operador:	: Jhon Eider Giraldo	Ancho:	4,5 m	Área:	0,353 (m ²)
Fecha	: 29-06-2023	Vel Media:	0,110 m/s	Método:	1 punto
Caudal (m ³ /s)	: 0,0390	Prof. Media:	0,081 m	Sección Media:	
		Nivel Inicial:	0,05 m	Nivel final:	0,05 m

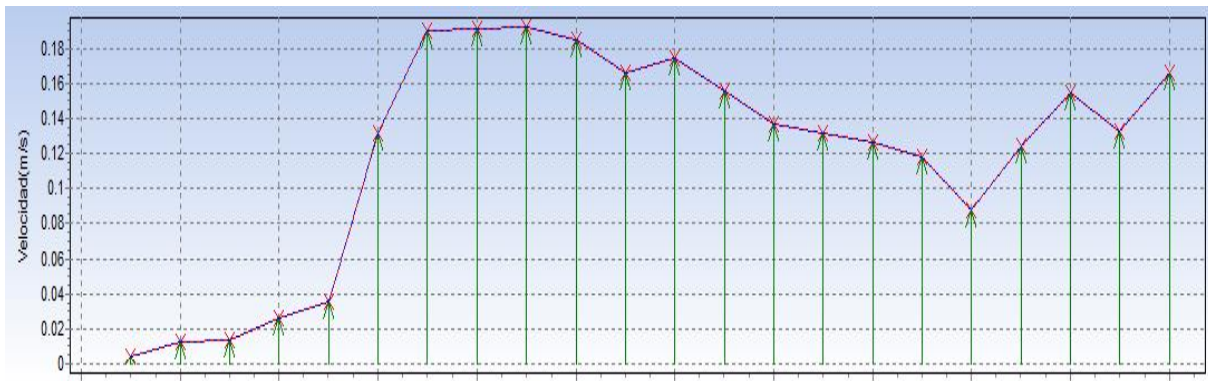


Gráfico 10. Gradientes de velocidad (m/s)

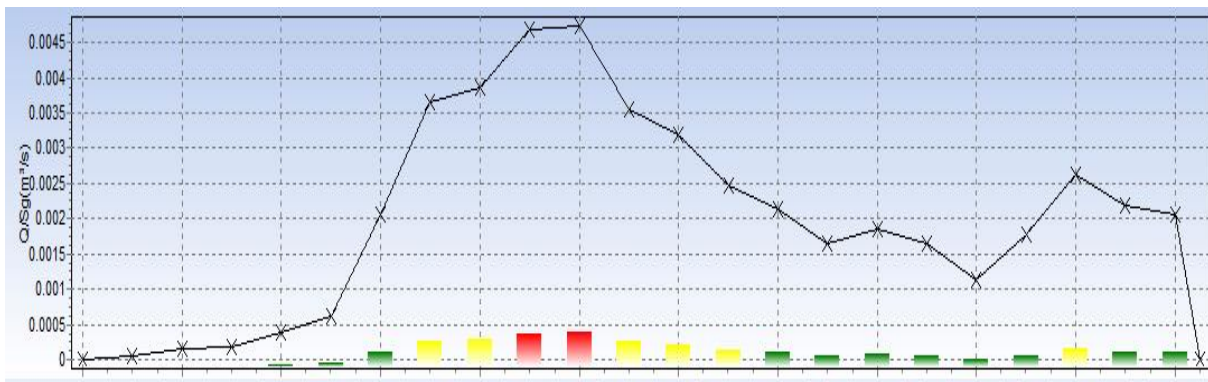


Gráfico 11. Caudal x secciones de aforo

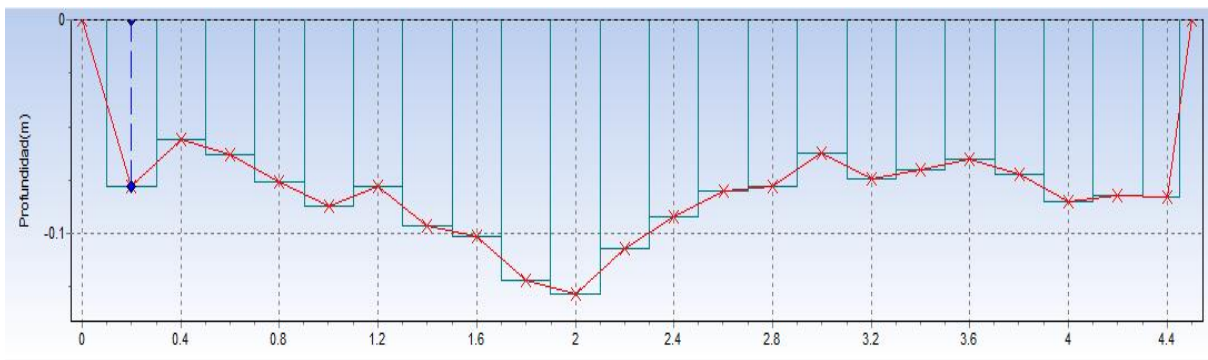


Gráfico 12. Perfil de Profundidad.



Fotografía 9. Sección de aforo



Fotografía 10. Nivel Mira Limnimétrica



Fotografía 11. Aforo de caudal



5.5 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,02 (m).

Operador:	: Jhon Eider Giraldo	Ancho:	4,5 m	Área:	0,308 (m ²)
Fecha:	: 14-07-2023	Vel Media:	0,0877 m/s	Método:	1 punto
Caudal (m ³ /s):	: 0,0270	Prof. Media:	0,070 m	Sección Media:	
		Nivel Inicial:	0,02 m	Nivel final:	0,02 m



Gráfico 13. Gradientes de velocidad (m/s)

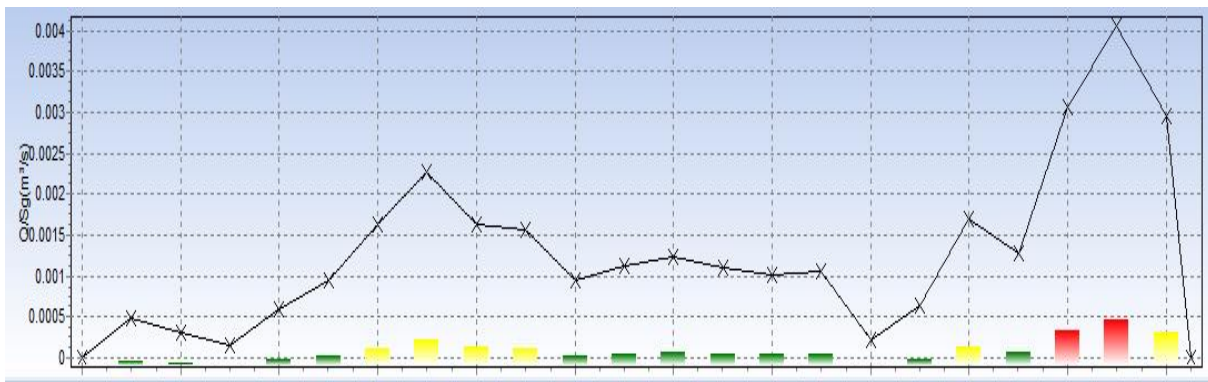


Gráfico 14. Caudal x secciones de aforo

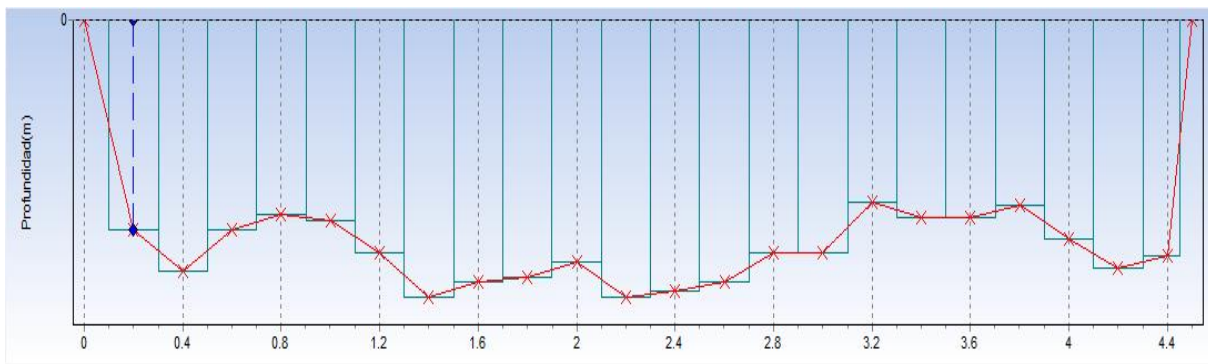


Gráfico 15. Perfil de Profundidad.



Fotografía 12. Sección de aforo



Fotografía 13. Nivel Mira Limnimétrica



Fotografía 14. Aforo de caudal



5.6 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,01 (m).

Operador:	: Jhon Eider Giraldo	Ancho:	4,5 m	Área:	0,319 (m ²)
Fecha:	: 11-08-2023	Vel Media:	0,064 m/s	Método:	1 punto
Caudal (m ³ /s):	: 0,0204	Prof. Media:	0,073 m	Sección Media:	
		Nivel Inicial:	0,01 m	Nivel final:	0,01 m

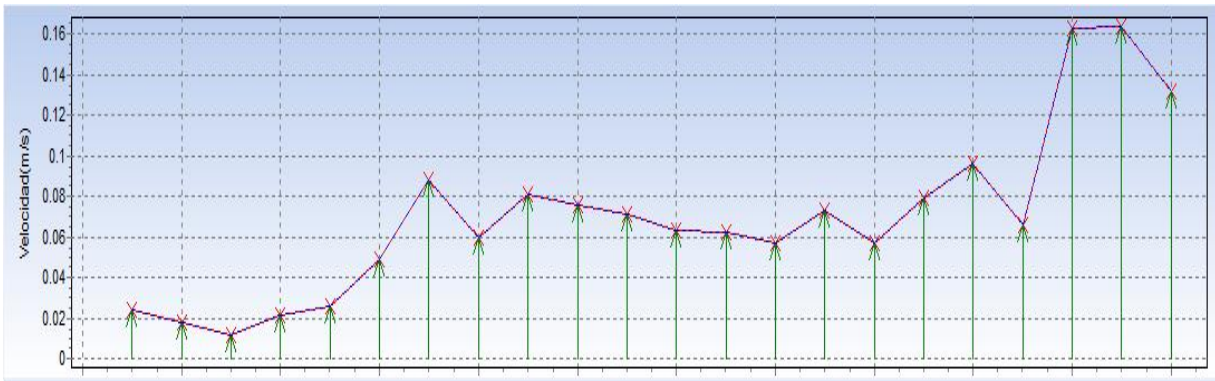


Gráfico 16. Gradientes de velocidad (m/s)

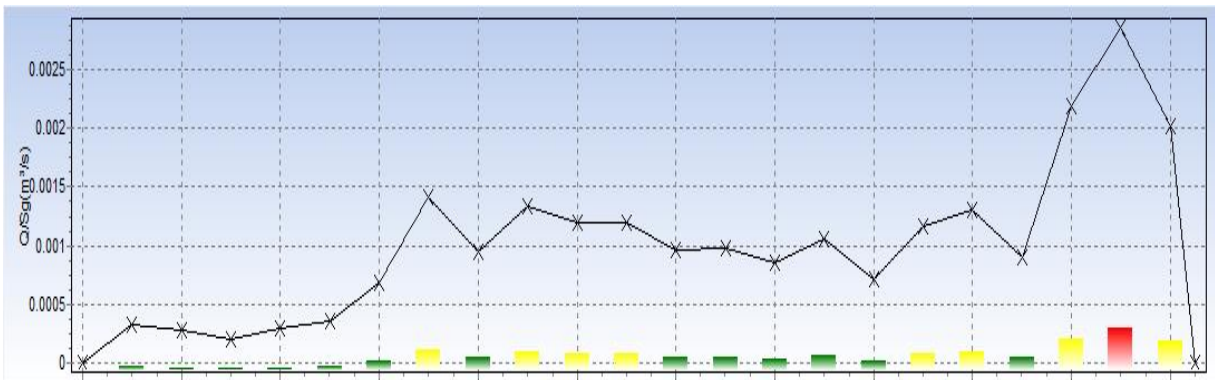


Gráfico 17. Caudal x secciones de aforo

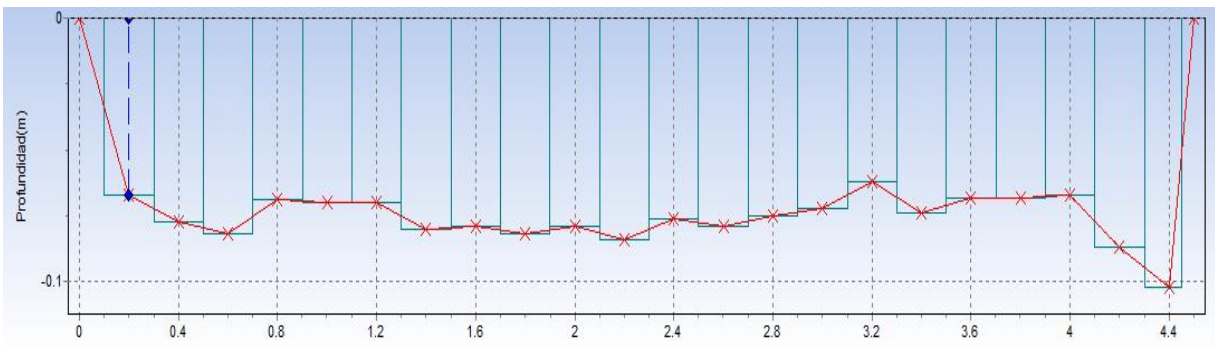


Gráfico 18. Perfil de Profundidad.



Fotografía 15. Sección de aforo



Fotografía 16. Nivel Mira Limnimétrica



Fotografía 17. Aforo de caudal



5.7 QUEBRADA CAMBULAR A AFORO A Nivel 0,005 (m).

Operador:	: Jhon Eider Giraldo	Ancho:	4,5 m	Área:	0,274 (m ²)
Fecha:	: 02-09-2023	Vel Media:	0,064 m/s	Método:	1 punto
Caudal (m ³ /s):	: 0,0169	Prof. Media:	0,073 m	Sección Media:	
		Nivel Inicial:	0,005 m	Nivel final:	0,005 m

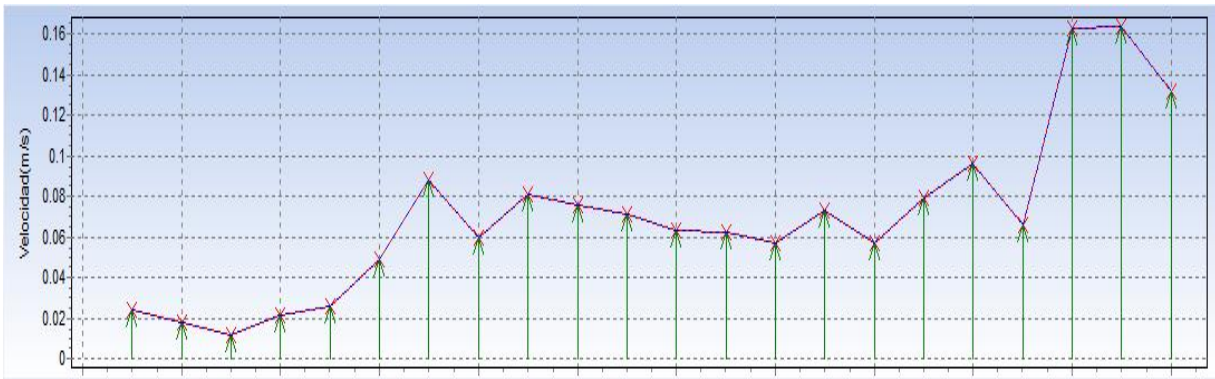


Gráfico 19. Gradientes de velocidad (m/s)

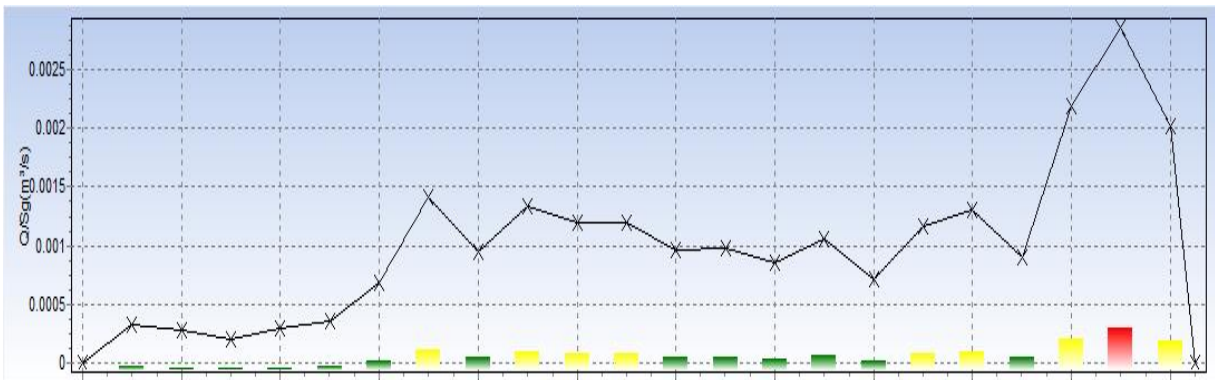


Gráfico 20. Caudal x secciones de aforo

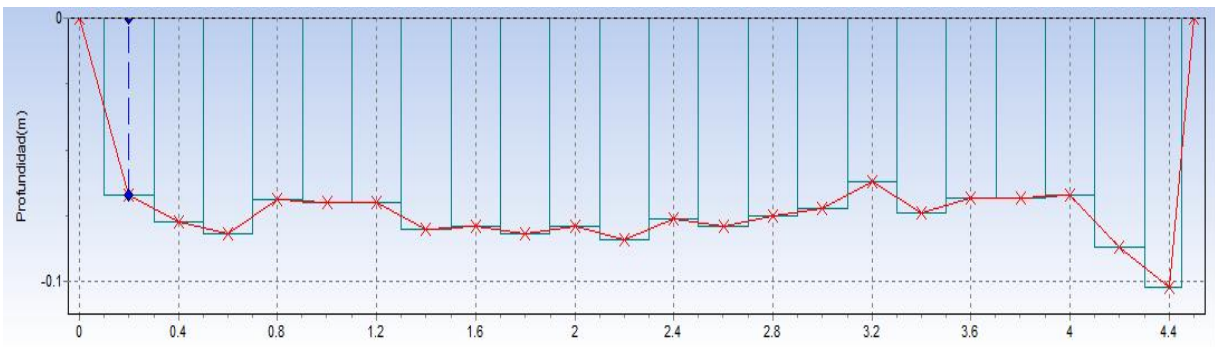


Gráfico 21. Perfil de Profundidad.



Fotografía 18. Sección de aforo



Fotografía 19. Nivel Mira Limnimétrica



Fotografía 20. Aforo de caudal



4. RESULTADOS

AFOROS DE CAUDAL ESTACION QUEBRADA CAMBULAR			
ID AFORO	CAUDAL m ³ /s	NIVEL (m)	FECHA
QUEBRADA CAMBULAR 1	0,107	0,11	17/05/2023
QUEBRADA CAMBULAR 2	0,0623	0,09	27/05/2023
QUEBRADA CAMBULAR 3	0,0462	0,06	16/06/2023
QUEBRADA CAMBULAR 4	0,0390	0,05	29/06/2023
QUEBRADA CAMBULAR 5	0,0270	0,02	14/07/2023
QUEBRADA CAMBULAR 6	0,0204	0,01	11/08/2023
QUEBRADA CAMBULAR 7	0,0169	0,005	02/09/2023

4. CONCLUSIONES

- Durante los aforos de caudal llevados a cabo en la Quebrada la Cambular, se ha implementado un sistema de gestión de calidad que utiliza secciones transversales con una amplitud de 0,2 metros de longitud, lo cual representa menos del 10% del ancho total que es de 4,5. Esta práctica de subdividir la sección transversal en secciones más pequeñas ha demostrado ser efectiva, ya que contribuye a mejorar la calidad de los aforos. Además, se ha observado que el uso de verticales en el rango de 21 a 25 contribuye a mantener el margen de error dentro del 10%. Estas verticales adicionales permiten una mayor precisión en la medición del caudal, lo cual es fundamental para obtener resultados confiables y exactos. Al emplear secciones transversales menores al 10% del ancho y utilizar verticales adicionales, se logra un seccionamiento productivo que mejora la calidad de los aforos de caudal. Esto garantiza una mayor precisión en la medición y, por lo tanto, resultados más confiables.
- Para la medición 2 del caudal se encontraba a un nivel de 0,09 m, se llevaron a cabo 24 mediciones verticales, siguiendo las normas de seccionamiento mencionadas en la metodología. Se estableció un criterio de error máximo del 5% para asegurar la precisión de las mediciones. Durante el muestreo, se observó que las velocidades del agua no presentaban cambios abruptos a lo largo de la sección de medición, lo cual indica una distribución relativamente homogénea del caudal. Esta consistencia en las velocidades nos permite obtener mediciones precisas dentro de los márgenes de error permitidos. Es importante destacar que, en la sección de mayor caudal analizada, solo se registraron 9 litros por segundo, que equivale a un 14,2%, en 4 de ellas se superó el 10% del caudal, sin embargo, no se considera que con ello se exceda el límite de incertidumbre en un 5% debido al ancho del cuerpo hídrico.

- El aforo de caudal número 3, a un nivel de mira limnimétrica de 0,06 m, muestra condiciones de calidad inferiores. Esto se puede observar en la gráfica 8, donde se realizaron 24 mediciones verticales. Dichas mediciones revelan que ninguna sección del cauce transporta más del 10% del caudal total, y la sección con el mayor flujo representa solamente el 9,9% del caudal total. Estos resultados indican un margen de error considerablemente menor al aforo de caudal anterior.
- En el aforo 4, se puede apreciar que la profundidad de la lámina de agua de 0,05m, se realizan 24 verticales en las cuales se evidencia que el gradiente de velocidad es estable, por consiguiente, no presenta alteraciones para el caudal que transcurre por la sección de aforo, para la cual en 1 vertical discurre más del 10% del caudal total, que corresponde a 3,9 lt/s para este aforo, se sigue garantizando un margen de error menor permitido para garantizar una mayor precisión.
- En lo que respecta a los aforos de caudal 5, 6 y 7, se registraron profundidades en la lámina de agua de 0.02 m, 0.01 m y 0.005 m, respectivamente, y caudales de 27 lt/s, 20.4 lt/s y 16.9 lt/s. Se llevaron a cabo 24 mediciones verticales en cada uno de estos aforos, y se observó que tanto el gradiente de velocidad como el flujo de agua se mantuvieron constantes. Al analizar la Tabla 2, que presenta los consolidados de aforos de caudal frente al nivel, se evidencia que en los aforos 5, 6 y 7 se obtuvieron los registros más bajos tanto en caudal como en nivel de la lámina de agua. Estas condiciones pueden atribuirse a las variaciones climáticas, ya que las mediciones se iniciaron durante la etapa de aforo 1, caracterizada por condiciones invernales, y se completaron en la etapa de aforo 7, en la que prevalecían condiciones climáticas más cálidas propias del verano en la zona.
- Los caudales obtenidos son coherentes de acuerdo con los niveles que representan.



Ecologic Ingeniería S.A.S.

NIT | 9 0 1 3 7 0 3 3 3 - 2

PBX +57(1) 875 7683

Carrera 4ª No. 36-65 / Interior 1
La Calera, Cundinamarca, Colombia

- **Organización Meteorológica Mundial. OMM. (1994) N° 168.** GUIA DE PRACTICAS HIDROLOGICAS.
- **Instituto de estudios Ambientales. IDEAM (2007).** PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA

Cordialmente,

A handwritten signature in dark blue ink that reads "Camilo Jarama".

Representante Legal
Ecologic Ingeniería SAS



ANEXO 2

ANEXO 2. CURVA DE GASTOS.

1. **OBJETIVO.** Obtener la curva de calibración para la Quebrada Cambular
2. **INFORMACIÓN GENERAL.** Para esta afluente se cuenta con la información de los aforos realizados hasta la fecha, los cuales proporcionan un dato de nivel junto con su respectivo dato de caudal, medidos en una sección transversal de cada estación, tal como lo indican los informes de los aforos base para este análisis.
3. **METODOLOGÍA.** La curva de calibración es la relación que existe entre el nivel de agua y el caudal. Esta se determina después de realizar varias mediciones por un periodo de tiempo considerable en el cual, se logren presentar caudales mínimos y máximos para que de esta forma la curva se ajuste a la realidad del comportamiento del cauce. Para la elaboración de las curvas se utilizó el método logarítmico, el cual facilita una condición de extrapolación aceptable para determinar el caudal para niveles de agua superiores o inferiores a los aforados. [1]

La ecuación matemática del método es la siguiente:

- $Q = K \cdot (H - h_o)^n$ Ecuación 1

Donde, Q es el caudal (m³/s)

K es una constante de calibración

H es el nivel o lectura de la mira (m)

h_o es una constante para ajuste del nivel (m)

n potencia

Mediante linealización de la Ecuación 1, se obtienen la siguiente expresión:

- $\text{Log} Q = \text{Log} K + n \cdot \text{Log}(H - h_o)$ Ecuación 2

La Ecuación 2 constituye una recta con pendiente n. Al graficar Log Q vs Log (H-h_o) se obtienen los coeficientes k y n, característicos de cada estación, para un valor específico de h_o que permite obtener el mejor ajuste a una línea recta.

4. CURVAS DE CALIBRACIÓN.

2

A continuación, se presentan el resultado de los análisis de los aforos.

Para este punto se realizaron 7 aforos, se observa un correlación alta , por tanto, se realiza un análisis de la gráfica de linealización (Ver Grafica 1, Linealización). Se descartan los puntos que tienen un mayor porcentaje de dispersión como se observa en la columna Residuo de la Tabla 1.

ECUACION	$Q=k*(H-ho)^n$
log k	-0,518
k	0,303
n	0,619
ho	0,000
R	0,922

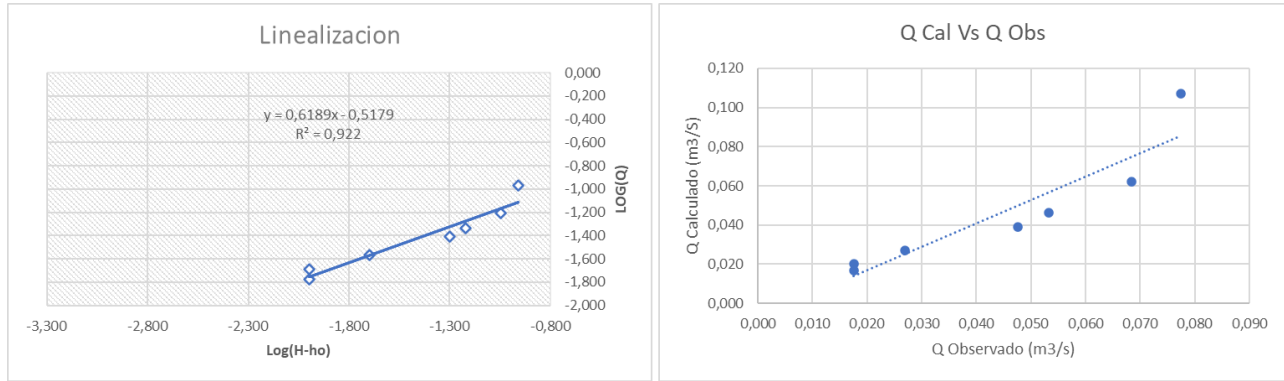
$$Q=0,303*(H)^{0,619}$$

ID AFORO	Nivel(m)	Q Obs. (m3/s)	Nivel (cm)	Caudal (l/s)	Fecha	H-ho	Log(H-ho)	Log Q	Q calc (m3/s)	Residuo
CAMBULAR 1	0,11	0,107	11	107	17/05/2023	0,110	-0,958	-0,971	0,077	38%
CAMBULAR 2	0,09	0,062	9	62,3	27/05/2023	0,090	-1,046	-1,206	0,068	-9%
CAMBULAR 3	0,06	0,046	6	46,2	16/06/2023	0,060	-1,222	-1,335	0,053	-13%
CAMBULAR 4	0,05	0,039	5	39	29/06/2023	0,05	-1,301	-1,409	0,048	-18%
CAMBULAR 5	0,02	0,027	2	37	14/07/2023	0,02	-1,698	-1,569	0,027	0%
CAMBULAR 6	0,01	0,020	1	20,4	11/08/2023	0,01	-1,998	-1,690	0,018	16%
CAMBULAR 7	0,01	0,017	1	16,9	2/09/2023	0,010	-1,998	-1,772	0,018	-4%

Tabla 1 Aforos de Caudal

Graficando Log(Q Obs) Vs Log (H-ho) podemos obtener en la pendiente de la recta la constante n y log(k) adicionalmente podemos evaluar el R² que esta sobre el 92.2% , con el fin de poder

evaluar la correlación entre en valor calculado sobre el observado y determinar si la recta se ajusta a la curva obtenida. 3



Grafica 1 Análisis Caudales Observados y Calculados

Al no tener en cuenta en el cálculo de la curva los aforos 1 y 6, el coeficiente de correlación mejora considerablemente (Ver Grafica 2, Linealización).

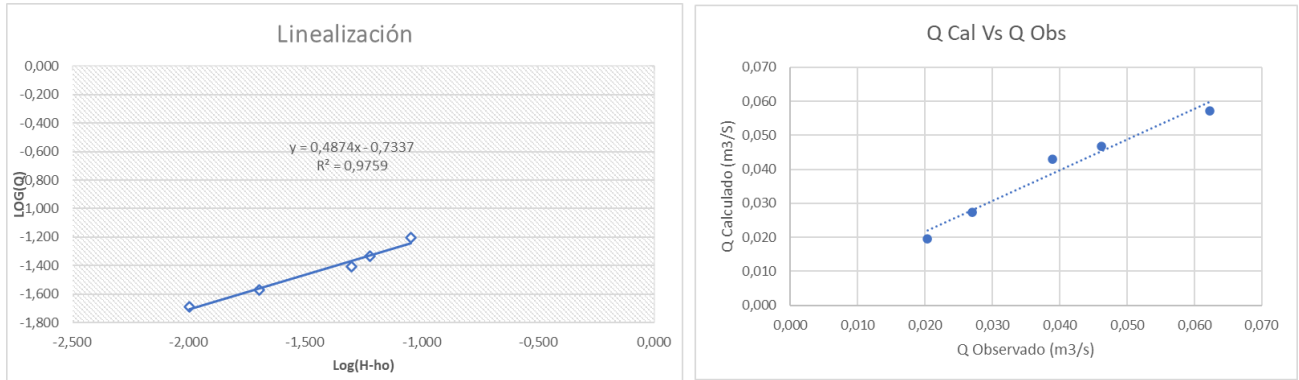
ECUACION	$Q=k*(H-ho)^n$	$Q=0,185*(H-0)^{0,487}$
log k	-0,734	
k	0,185	
n	0,487	
ho	0,000	
R	0,975	

ID AFORO	Nivel(m)	Q Obs. (m3/s)	Nivel (cm)	Caudal (l/s)	Fecha	H-ho	Log(H-ho)	Log Q	Q calc (m3/s)	Residuo
CAMBULAR 2	0,09	0,062	9	62,3	27/05/2023	0,090	-1,046	-1,206	0,057	9%
CAMBULAR 3	0,06	0,046	6	46,2	16/06/2023	0,060	-1,222	-1,335	0,047	-1%
CAMBULAR 4	0,05	0,039	5	39	29/06/2023	0,050	-1,301	-1,409	0,043	-9%
CAMBULAR 5	0,02	0,027	2	37	14/07/2023	0,020	-1,698	-1,569	0,027	-2%
CAMBULAR 7	0,01	0,017	1	16,9	2/09/2023	0,010	-1,998	-1,770	0,020	-13%

Tabla 2 Cálculos Ajustados Quebrada Cambular

Graficando Log(Q Obs) Vs Log (H-ho) podemos obtener en la pendiente de la recta la constante n y log(k) adicionalmente podemos evaluar el R² que en este caso esta en el 97.6% , obteniendo una mejor correlación entre en valor calculado sobre el observado por ende podemos concluir

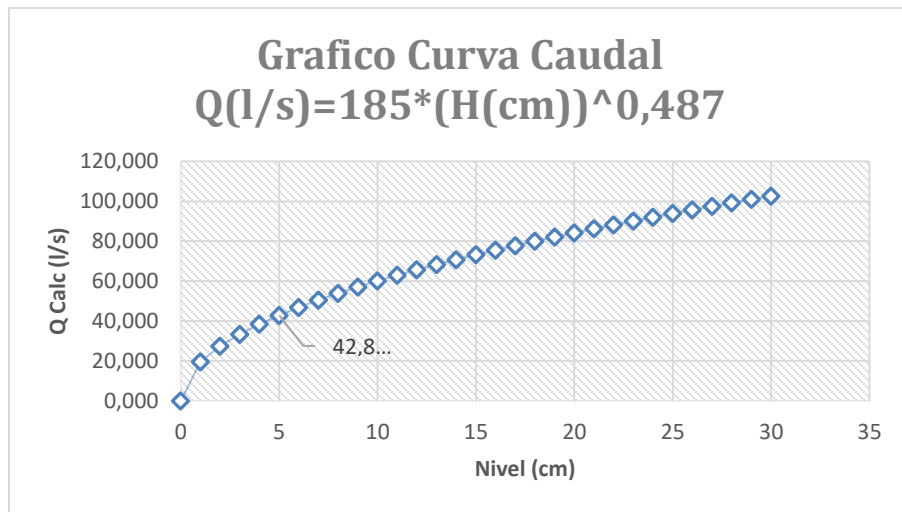
que la curva que mejor se aproxima a las condiciones de Caudal - Nivel es $Q=0,185*(H)^{0,487,4}$ con condiciones de nivel=0 0 flujo=0 entonces $h_0 = 0$



Grafica 2 Análisis de Caudales Observados y Calculados ajustados – Quebrada Cambular

Curva de Calibración

A continuación, se tiene como resultado la curva de calibración en litros por segundo , con el fin de poder visualizar y comprender mejor el comportamiento de la quebrada y teniendo presente que durante el periodo de aforos los niveles nunca superaron los 11cm, durante las diferentes visitas realizadas al Centro Experimental JCM se pudo evidenciar que el nivel promedio que registra la Quebrada Cambular esta sobre los 0,05m , lo que equivale a un caudal estimado de 42,87L/s



Grafica 3 Curva Caudal (l/s)

Bibliografia

- [1] Robson Alice and Reed Duncan, *Statistical procedures for flood frequency estimation - Flood Estimation Handbook*, vol. 3. Oxfordshire OX10 8BB: Centre for Ecology & Hydrology, 1999.

Engine Perkins 1103A-33G	Alternator Leroy-Somer LSA42.3VS2	Generator Model	
		T30X / Open	T30XC / Silent

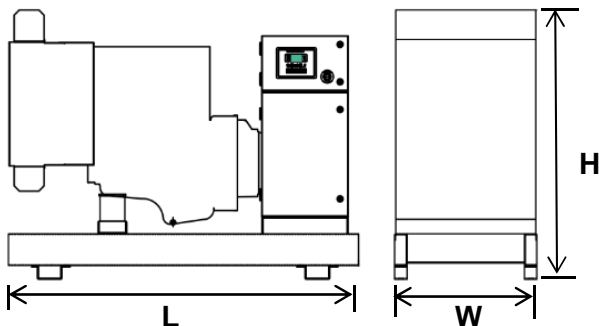
60Hz/1800R.P.M	3-Phase	Power Factor Factor Cos $\Phi = 0.8$	Emissions N/A
-----------------------	----------------	--	--------------------------

RATINGS	Prime Power		Standby Power		Rated Current	Fuel Consumption @100% Load
	(PRP)		(LTP)		Amps	
Voltage (V)	kWe	kVA	kWe	kVA	(A)	L/h
380/220	28	35	31	38	53,2	8,6
440/254	28	35	31	38	45,9	8,6
220/127	28	35	31	38	91,9	8,6
230/132	28	35	31	38	87,9	8,6



Key Features:

- High efficient water cooled diesel engine.
- Single bearing with brushless alternators (Class H, with AVR).
- Radiator with pressure cap and drain point.
- Fully guarded engine-driven fan.
- Fully welded steel skid base with lifting holes and fork lift legs.
- Integral fuel tank with filler cap and gauge ($\leq 680\text{kVA}$).
- Heavy duty rubber anti-vibration mountings.
- 12V or 24V maintenance free starter battery and connecting cables.
- Separate engine-driven battery charging alternator.
- Spin on oil and fuel filters and dry type air filter element.
- Industrial silencer (15dBA reduction) supplied loose.
- Auto start control system with LCD show.
- Battery charger provided.
- Main line 3P circuit breaker.
- Rigorous factory test wiring with IEC standard.
- Operation & Maintenance manual & Wiring diagrams.
- Wide range of optional extra features available.



Overall Dimensions & Weights - Open Set

Length (L)-mm:	1600
Width (W)-mm:	730
Height (H)-mm:	1250
Dry Weight-kg:	720

Ratings: All three phase generator sets are rated at 0.8 power factor. All single-phase generator sets are rated at 0.8 or 1.0 power factor.





Prime Power: Available continuously at variable load in lieu of commercially purchased power for an unlimited number of hours per year accordance with ISO8528-1, and an overload of 10% permitted for one hour in every twelve hours of operation in accordance with ISO 3046-1.

Standby Power: Emergency Standby Power in variable load applications in accordance with ISO8528-1 in the event of a utility power failure. No overload available for this service as relevant alternators are peak continuous rated at 27 °C.

TIDE Power reserves the right to change the design or specifications without notice and without any obligation or liability.

Engine		Perkins 1103A-33G			
		Units	Prime	Standby	
General Performance	Frequency	Hz	60		
	Engine Speed	r/min	1800		
	Cylinders / Type		3 cyl / Vertical In-line / 4-stroke		
	Aspiration		Naturally Aspirated		
	Governor Type		Mechanical Governor		
	Bore / Stroke	mm	105/127		
	Displacement	Litres	3,3		
	Compression Ratio		19.25:1		
	Engine Power (Net)	kWm	32,2	35,4	
	Combustion Air Flow	m ³ /min	2,6	2,57	
	Brake Mean Effective Pressure	kPa	669	736	
Fuel System	Fuel Consumption at 110% Prime Power	Litres/hour	9,5		
	Fuel Consumption at 100% Prime Power	Litres/hour	8,6		
	Fuel Consumption at 75% Prime Power	Litres/hour	6,6		
	Fuel Consumption at 50% Prime Power	Litres/hour	4,9		
	Standard Fuel Tank Capacity	Hours / Litres	12 / 100		
Air System	Maximum Air Intake Restriction				
	- Clean Filter	kPa	3,0		
	- Dirty Filter	kPa	6,5		
	Air Filter Type		Dry Element Type		
Exhaust System	Exhaust Gas Flow	m ³ /min	6,4	6,6	
	Exhaust Gas Temperature	°C	520	530	
	Maximum Back Pressure	kPa	10		
	Exhaust Outlet Size	mm	56		
Oil System	Total Oil System Capacity	Litres	8,3		
	Maximum Sump Capacity	Litres	7,8		
	Minimum Sump Capacity	Litres	6,2		
	Max Continuous Oil Temperature	°C	125		
Cooling System	Total System Capacity				
	- With Radiator	Litres	10,2		
	- Without Radiator	Litres	4,4		
	Thermostat Operation Range	°C	82-93		
	Maximum Top Tank Temperature	°C	110		
Electric System	Electrical System Voltage	V	12		
	Battery		Maintenance-free		
	Connecting Cables		Available		
Energy Balance	Energy to Coolant and Lubricating Oil	kW	18	22	
	Energy to Exhaust	kW	27	34	
	Energy to Radiation	kW	5	6	

Alternator		60Hz/1800R.P.M		
		Units		
General Data	Manufacture / Brand		Leroy-Somer	
	Model		LSA42.3VS2	
	Coupling / No. of Bearings		Direct / Single Bearing	
	Phase / Poles		3-Phase / 4-Pole	
	Power Factor		Cos Φ = 0.8	
	AVR Regulation		Yes	
	Voltage Regulation		± 0,5 %	
	Insulation Class		H	
	Drip Proof		IP23	
	Excitation		Shunt	
	Altitude	m	≤1000	
	Overspeed	min ⁻¹	2250	

Controller Model / ComAp	EC 2.0 / Nano Plus	EC 3.0 / AMF20	EC 4.0 / AMF25	DSE7320MKII
Controller Photos				
Standard Supply	●	○	○	○
Viewable Parameters				
Phase Voltage	×	3	3	3Ph
Current	Instrumentation	●	●	3
Frequency	●	●	●	●
Active Power	×	●	●	●
Reactive Power	×	●	●	●
Apparent Power	×	●	●	●
Power Factor	×	●	●	●
Electric Energy Metering	×	●	●	●
Generator Protection				
Abnormal Voltage	●	●	●	●
Over-current Warning	×	●	●	●
Over current Protection	●	●	●	●
Over Frequency Protection	●	●	●	●
Short Circuit Protection	MCCB / ●	MCCB / ●	MCCB / ●	●
Engine Figure				
Oil Pressure	●	●	●	●
Water Temperature	●	●	●	●
Fuel Meter / Fuel Sensor	●/○	●/○	●/○	○
Speed	●	●	●	●
Battery Voltage	●	●	●	●
Elapsed Time	●	●	●	●
Engine Protection				
Low Oil Pressure Warning	×	●	●	●
Low Oil Pressure Protection	●	●	●	●
High Temperature Warning	×	●	●	●
High Temperature Protection	●	●	●	●
Overspeed Warning	×	●	●	●
Overspeed Protection	×	●	●	●
Alternator Charger	●	●	●	●
Functions				
Remote Start	●	●	●	●
AMF (Auto Main Failure)	●	●	●	●
Programmable Input	●	●	●	8
Programmable Output	●	●	●	8
Expand Module	×	○	○	USB
Communication Function	×	○	○	○
Communication Port	USB	○	○	●
CAN	●	×	●	●
Service Indicate	×	×	●	●
Fault History	●	●	●	●
Gen-Gen Synchronising	×	×	×	●
Gen-Mains Synchronising	×	×	×	●

Remark: ● Standard Supply ○ Available as Optional × Not Available

“Ensure a quieter life with our sound attenuation system.”

Features:

Extremely Rugged & Highly Corrosion Resistant Construction

- Body made from 2.0mm sheet steel components with powder coating
- 8-12 hours built-in fuel tank integrated into the skid-mount base
- Excellent design and craftsmanship
- Compact structure and longer service life
- Residential silencer to made sure the sound level.
- Zinc alloy with black powder coated locks and hinges and proven to withstand corrosive conditions.

Easy Commissioning and Maintenance

- Separate & Standing control room at end side, easy reachable electrical power connections board.
- Side doors allowing 180° opening rotation .
- Radiator fill access through cover in canopy roof.
- Lube oil drain and radiator drain.
- Manual lube oil pump provided.

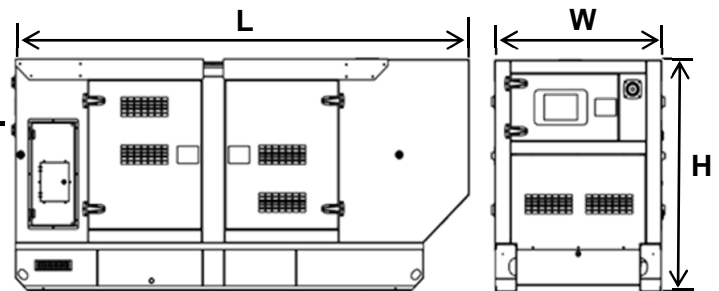
Security and Safety

- Earth leakage protection.
- 40-50mm non-inflammable sponge inside.
- Control panel viewing window in a lockable access door.
- Emergency stop button mounted on canopy exterior.
- Fuel fill and battery can only be reached via lockable access doors.
- Exhaust silencing system enclosed for operator safety
- Efficient management of cooling air to avoid high water temperature, reliable operation under harshest conditions.



Transportability

- Lifting points on top to move genset easily.
- Fork lift legs provided and easy to loose to fix the genset.



Overall Dimensions & Weight & Noice				
Dimensions	Weight	Noice Level	Base Tank @100% Load	
(L x W x H) mm	kg	dB(A) at 7m	Hours	Litres
2250x1000x1200	1100	65-78	10	100

Tide Power offers not only a changeover switch but also an integrated mains detection and switch system for your 24 Hour Power Protection. The system enables automatic start-up and operation of the generating set in the event of a mains power failure, overvoltage or loss of a mains automatic re-transfer once it come back.

System Advantages

- Automatically transfer and re-transfer load from main power to gen-power without operator intervention.operation (Both automatic and manual).
- ATS Controller (AMF function), seamless integration with AMF25
- Available from 32 – 4000A, better protection for 4 pole switch.
- Available in standard, bypass isolation and service-entrance configurations.
- Configurable in open, closed and programmed transition operating modes.
- Designed to interface seamlessly with TIDE POWER generators and switchgear.
- Drip proof IP42 enclosure.
- Easy installation: wall-mounted & floor standing
- Comes fully loaded with the technology to do the job.



50/60 Hz, 32-4000 Amps

Rated Current	Amps	32	63	80	100	125	160	200	250	300	315	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000A
Breaker Type	Chinese	x	A	x	A	x	B	x	C	x	x	C	C	D	D	D	D	E	E	E	x
	ABB	B	B	x	B	B	B	B	B	x	C	C	D	D	D	D	D	E	E	x	x
	Socomec	x	B	B	B	B	B	x	B	x	x	C	D	D	D	D	E	E	E	E	E

Dimensions : mm

A: 400x200x500 B: 500x300x650 C: 600x400x1200 D: 800x600x1400 E: 1000x800x1600

Optionals (All depends)

Custom-Made solutions

Genset:

Materials & Miscellaneous

- Marine class painting and other special painting
- Standard accoustic enclosure genset
- Extended warranty
- Extended factory test
- Additional sensors
- Off road trailer type
- Standard ATS
- Mounted fire extinguisher
- Additional vibration isolation
- Wooden case packaging
- Tide Power tool kit
- Additional operation manual
- Nylon canvas wrapped packaging
- Iron shelf for double stack shipping
- Water jacket heater
- Additional CE features selection.

Genset:

Materials & Miscellaneous

- On road trailer (EU) type
- Rental type genset
- Mining type genset
- Marine type genset
- High temp. Radiator for silenttype genset
- EPA series gensets

Optionals (All depends)

Diesel Engine/ Baseframe Mounted Accessories:

Cooling System

- Engine heat guards
- Low coolant level alarm & shutdown (Depends on engine series)
- High temp. & Anti-erosion radiator upgrade for open type genset
- 50% antifreeze @ -36°C

Filters

- Extra air filters for time-maintenance
- Double heavy duty air filters
- Extra fuel filters for time-maintenance
- Extra oil filters for time-maintenance

Exhaust

- Residential silencer for open type genset
- Stainless steel silencer and kits
- Heat protection guard

Fuel & Oil

- Separated / External fuel tank
- Water - fuel separator
- 3 way fuel valve
- Manual bypass valve
- Lub oil make up tank
- Lub oil drain pump
- Fuel level sensor
- Fuel cooler
- Automatic remote fuel supply with fuel level switch & low fuel level alarm shutdown.
- Coolant heater 220/240V
- Lub-oil heater for severe cold weather

Starting & Charging

- Bulk starting battery -17°C below
- Battery removal switch
- Battery heater

Control System & Power Termination:

Control System & Breakers

- Different functional modules with
- Tide Easycon refer to other table
- Mounted audible and visible lighting
- Control panel cover (80kva or below)
- Motorized circuit breaker 3 Poles
- Motorized circuit breaker 4 Poles
- ACB 3 Poles
- MCCB 4 poles
- Different breaker brands, like ABB etc
- Leakage protection switch

Custom-Made solutions

Diesel Engine/ Baseframe Mounted Accessories:

Cooling System

- Anti-erosion radiator for silent type genset
- Remote radiator with heat exchanger
- Remote cooling tower with heat exchanger

Filters

- Mounted heavy duty air filter

Exhaust

- Mounted heavy duty air filter

Fuel & Oil

- Bulk base fuel tank
- Bunded base fuel tank

Starting & Charging

- None

Control System & Power Termination:

Control System & Breakers

- Various standard sockets mounted outside the enclosure

Optionals (All depends)

Brushless Alternator:

- 12 Lead stator (change voltage depends)
- Interchangeable S.A.E flanges and drive discs
- Convenient filters on air inlets and outlets
- Coastal type [] Alternator painting color P.M.G or auxiliary
- AREP for Leroy-Somer only
- Shunt trip
- Exterior potentiometer
- Auxiliary contacts and double bearing
- Anti-condensation heater
- Stator thermal protection
- Quadrature droop kits

Enclosure & Canopy:

Weather protective & Sound proof

- R series
- ISO 20ft containerized
- ISO 40ft containerized
- Stainless steel locks and hinges

Custom-Made solutions

Brushless Alternator:

- Temperature rise class F Marine type alternator IP upgrade HV

Enclosure & Canopy:

Weather protective & Sound proof

- Super silent enclosure
- Weather proof enclosure
- Flat sponge sound absorber enclosure
- Porous sheet with rockwool sound absorber enclosure

Please refer to Tide Power sales department for full details of the above options.

Warranty

NTS Power distributor, dealer, or authorized representative performs startup within 6 months of the date of shipment from the factory, warranty coverage will begin on the startup date (Register the startup date to Tide within 6 months is essential and can be enforced). This warranty does not apply to malfunctions caused by damages, unreasonable use, misuse, repair or service by unauthorized persons, or normal wear and tear.

Warranty Coverage

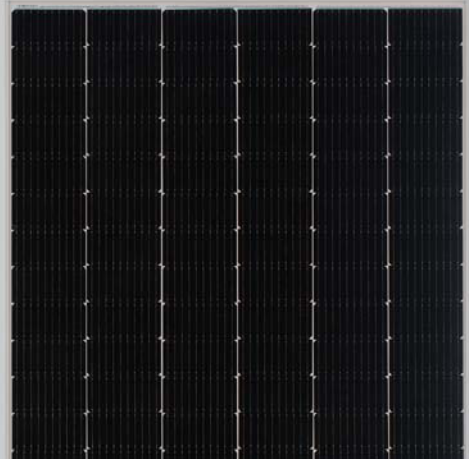
Generators used to commercial utility source:
One (1) year or 1000 hours (whichever occurs first) from date of shipment from the factory or registered startup date.

TR 78M
555-575 Watt
Mono-facial

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%

TIGER Pro



KEY FEATURES



TR technology + Half Cell

TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 21.40%)



MBB instead of 5BB

MBB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.



Higher lifetime Power Yield

2% first year degradation,
0.55% linear degradation



Best Warranty

12 year product warranty,
25 year linear power warranty



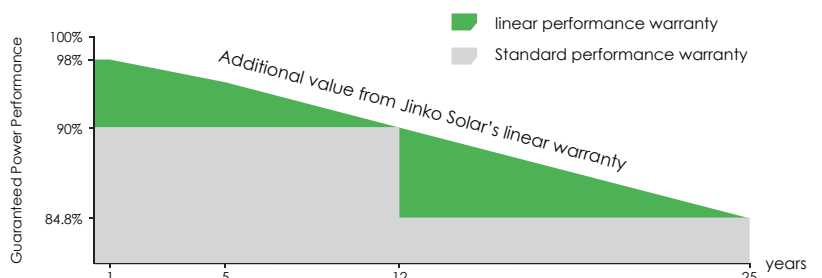
Strengthened Mechanical Support

5400 Pa snow load, 2400 Pa wind load



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

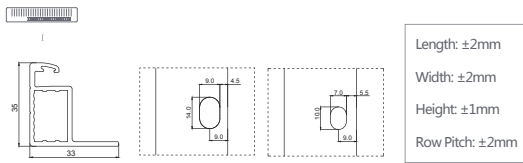
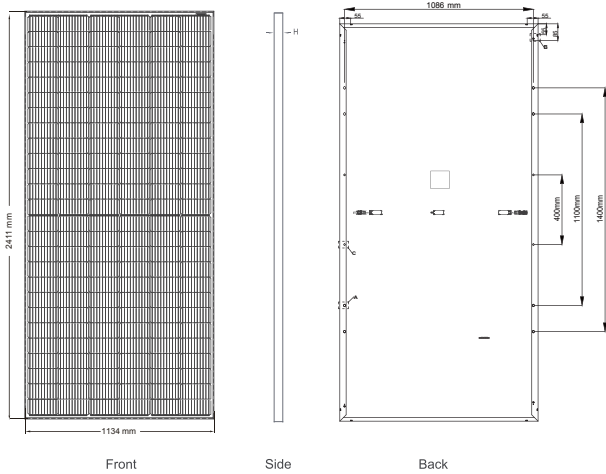
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty
0.55% Annual Degradation Over 25 years



ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory

IEC61215(2016), IEC61730(2016) certified product

Engineering Drawings

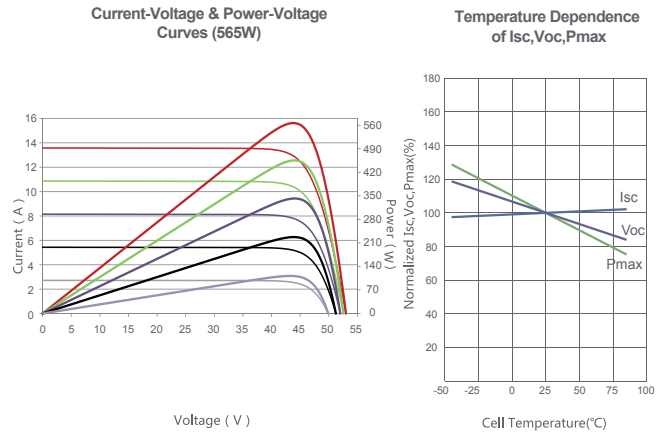


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 496pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2411×1134×35mm (94.92×44.65×1.38 inch)
Weight	30.6 kg (67.5 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM555M-7RL4-V		JKM560M-7RL4-V		JKM565M-7RL4-V		JKM570M-7RL4-V		JKM575M-7RL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	555Wp	413Wp	560Wp	417Wp	565Wp	420Wp	570Wp	424Wp	575Wp	428Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	43.95V	40.96V	44.06V	41.05V	44.18V	41.13V	44.29V	41.25V	44.40V	41.33V
Maximum Power Current (Imp)	12.63A	10.08A	12.71A	10.15A	12.79A	10.22A	12.87A	10.28A	12.95A	10.35A
Open-circuit Voltage (Voc)	53.44V	50.44V	53.54V	50.54V	53.64V	50.63V	53.74V	50.72V	53.84V	50.82V
Short-circuit Current (Isc)	13.26A	10.71A	13.35A	10.78A	13.44A	10.86A	13.52A	10.92A	13.61A	10.99A
Module Efficiency STC (%)	20.30%		20.48%		20.67%		20.85%		21.03%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📏 Cell Temperature 25°C

☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📏 Ambient Temperature 20°C

☁ AM=1.5

🌀 Wind Speed 1m/s

ANEXO 5

Smart Energy Controller SUN2000-3-10KTL-M1 (High Current Version)



Active Safety

AI Powered
Active Arcing Protection



Higher Yields

Up to 30% More Energy
with Optimizer ¹



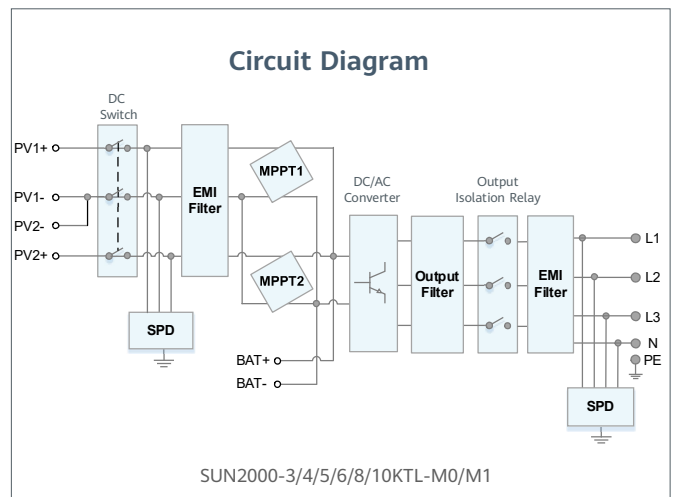
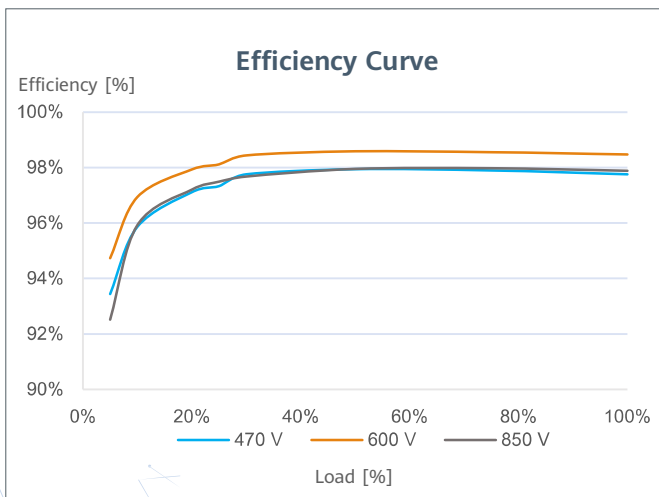
Battery Ready

Plug & Play battery interface ²



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



^{*1} Only applicable to SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1 smart energy center.
^{*2} SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0 will be compatible with HUAWEI smart string ESS in Q1, 2021

Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -3KTL-M1	SUN2000 -4KTL-M1	SUN2000 -5KTL-M1	SUN2000 -6KTL-M1	SUN2000 -8KTL-M1	SUN2000 -10KTL-M1
-------------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------

Efficiency

Max. efficiency	98.2%	98.3%	98.4%	98.6%	98.6%	98.6%
European weighted efficiency	96.7%	97.1%	97.5%	97.7%	98.0%	98.1%

Input (PV)

	4,500 Wp	6,000 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp	12,000 Wp	15,000 Wp
Recommended max. PV power ¹	4,500 Wp	6,000 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp	12,000 Wp	15,000 Wp
Max. input voltage ²	1,100 V					
Operating voltage range ³	140 V ~ 980 V					
Start-up voltage	200 V					
Rated input voltage	600 V					
Max. input current per MPPT	13.5 A					
Max. short-circuit current	19.5 A					
Number of MPP trackers	2					
Max. input number per MPP tracker	1					

Input (DC Battery)

Compatible Battery	HUAWEI Smart String ESS 5kWh – 30kWh					
Operating voltage range	600 V ~ 980 V					
Max operating current	16.7 A					
Max charge Power	10,000 W					
Max discharge Power	3,300 W	4,400 W	5,500 W	6,600 W	8,800 W	10,000 W

Output (On Grid)

	Three-phase					
Grid connection	Three-phase					
Rated output power	3,000 W	4,000 W	5,000 W	6,000 W	8,000 W	10,000 W
Max. apparent power	3,300 VA	4,400 VA	5,500 VA	6,600 VA	8,800 VA	11,000 VA ⁴
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W / N+PE					
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz					
Max. output current	5.1 A	6.8 A	8.5 A	10.1 A	13.5 A	16.9 A
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging					
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %					

Output (Off Grid)

	Backup Box – B1					
Backup Box	Backup Box – B1					
Maximum apparent power	3,000 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA
Rated output voltage	220 V / 230 V					
Maximum output current	13.6 A	15 A	15 A	15 A	15 A	15 A
Power factor range	0.8 leading ... 0.8 lagging					

Features & Protections

Input-side disconnection device	Yes
Anti-Islanding protection	Yes
DC reverse polarity protection	Yes
Insulation monitoring	Yes
DC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11
AC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11
Residual current monitoring	Yes
AC overcurrent protection	Yes
AC short-circuit protection	Yes
AC overvoltage protection	Yes
Arc fault protection	Yes
Ripple receiver control	Yes
Integrated PID recovery ⁵	Yes
Battery reverse charging from grid	Yes

General Data

Operating temperature range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)
Relative operating humidity	0 %RH ~ 100 %RH
Max. operating altitude	4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)
Cooling	Natural convection
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE; 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Weight (incl. mounting bracket)	17 kg (37.5 lb)
Dimension (incl. mounting bracket)	525 x 470 x 146.5 mm (20.7 x 18.5 x 5.8 inch)
Degree of protection	IP65
Nighttime Power Consumption	< 5.5 W ⁶

Optimizer Compatibility

DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P
------------------------------	----------------

Standard Compliance (more available upon request)

Certificate	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116
Grid connection standards	G98, G99, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, NRS 097-2-1, IEC61727, IEC62116, DEWA

^{*1} Inverter max input PV power is 20,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers.

^{*2} The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

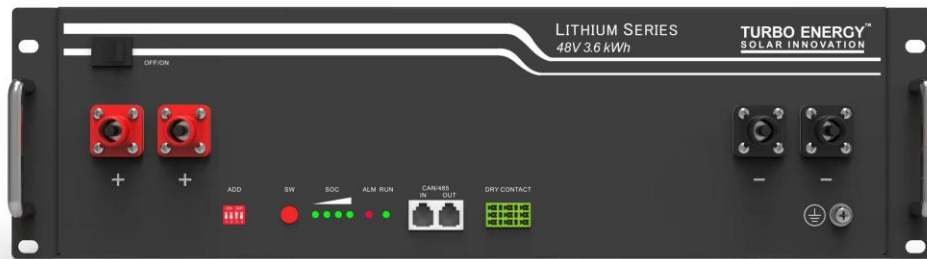
^{*3} Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating. ^{*4} C10 / 11: 10,000 VA

^{*5} SUN2000-3~10KTL-M1 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly).

^{*6} <10 W when PID recovery function is activated.

ANEXO 6

Ficha técnica Batería Lithium Series 48V 3.6 kWh



BATERÍAS DE IÓN LITIO DE LARGA DURACIÓN



MÁXIMA SATISFACCIÓN AL CLIENTE



PLUG & PLAY



Batería Lithium Series 48V 3.6 kWh

Ficha técnica

Eléctricos

Energía nominal	3.6 kWh
Capacidad nominal	75Ah
Profundidad de descarga	90%
Tensión nominal	48V
Rango de operación de tensión	42 - 54V
Ciclo de vida	6000 cycles

Físicos

Peso	30 kg
Dimensiones	400 x 360 x 133.5 mm
Clase de protección	IP20
Tipo de batería	LiFePO ₄

Operación

Corriente de carga/descarga recomendada	37.5A (0,5 C)
Corriente máxima de carga	50A
Corriente máxima de descarga	50A
Rango de operación de temperatura (carga)	0°C...50°C
Rango de operación de temperatura (descarga)	-20°C...50°C
Humedad relativa	5%...85%
Altitud máxima de operación	< 4000m

BMS

Parámetros de monitorización	Tensión del sistema, corriente, tensión y temperatura de células.
Comunicación	Compatible CAN y RS-485
Configuration	Max. 40 pcs en paralelo

PVsyst - Informe de simulación

Sistema conectado a la red

Proyecto: Diseño Estacion Experimental Jose Celestino Mutis Universidad del Rosario La Vega

Variante: Variante con Almacenamiento

Sistema de construcción

Potencia del sistema: 11.30 kWp

Estacion Experimental JCM La Vega - Aula de Clases1296 - Colombia



Proyecto: Diseño Estacion Experimental Jose Celestino Mutis Universidad del Rosario La Vega

Variante: Variante con Almacenamiento

PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
26/02/24 12:08
con v7.3.1

Resumen del proyecto

Sitio geográfico	Situación	Configuración del proyecto
Estacion Experimental JCM La Vega - Aula de Clases1296	4.96 °N	Albedo 0.20
Colombia	Longitud -74.38 °W	
	Altitud 1296 m	
	Zona horaria UTC-5	
Datos meteo		
Estacion Experimental JCM La Vega - Aula de Clases1296		
Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% (Modified by user) - Sintético		

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red	Sistema de construcción	Sombreados de objetos delgados
Orientación campo FV	Sombreados cercanos	Sombreados de objetos delgados
Plano fijo	Según las cadenas	Según las cadenas
Inclinación/Azimut 8 / 0 °	Efecto eléctrico 100 %	Efecto eléctrico 40 %
Información del sistema	Inversores	Paquete de baterías
Generador FV	Núm. de unidades 1 unidad	Estrategia de almacenamiento : Autoconsumo
Núm. de módulos 20 unidades	Pnom total 10.00 kWca	Núm. de unidades 5 unidades
Pnom total 11.30 kWp	Proporción Pnom 1.130	Voltaje 48 V
		Capacidad 387 Ah
Necesidades del usuario		
Valores mensuales		

Resumen de resultados

Energía producida 17662 kWh/año	Producción específica 1563 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR 81.08 %
Energía usada 16344 kWh/año		Fracción solar (SF) 62.61 %
Energía aparente 7430 kVAh		

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	5
Resultados principales	6
Diagrama de pérdida	7
Gráficos predefinidos	8
Evaluación P50 - P90	9
Diagrama unifilar	10
Costo del sistema	11
Análisis financiero	12
Balance de emisiones de CO ₂	15



Proyecto: Diseño Estacion Experimental Jose Celestino Mutis
 Universidad del Rosario La Vega

Variante: Variante con Almacenamiento

PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
 26/02/24 12:08
 con v7.3.1

Parámetros generales

Sistema conectado a la red		Sistema de construcción	
Orientación campo FV		Configuración de cobertizos	
Orientación		Modelos usados	
Plano fijo		Transposición Perez	
Inclinación/Azimut 8 / 0 °		Difuso Perez, Meteororm	
		Circunsolar separado	
Horizonte		Sombreados cercanos	
Horizonte libre		Según las cadenas	
		Efecto eléctrico 100 %	
Almacenamiento		Sombreados de objetos delgados	
Tipo Autoconsumo		Según las cadenas	
		Efecto eléctrico 40 %	
Estrategia de carga		Necesidades del usuario	
Cuando hay un exceso de potencia solar		Valores mensuales	
Estrategia de descarga			
Tan pronto como se necesite potencia			

Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año	
1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	16.3	MWh/mes

Punto de inyección de red	
Factor de potencia	
Cos(phi) (rezagado)	1.000

Características del generador FV

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Jinkosolar	Fabricante	Huawei Technologies
Modelo	JKM565M-7RL4-V	Modelo	SUN2000-10KTL-M1 220Vac
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	565 Wp	Unidad Nom. Potencia	10.00 kWca
Número de módulos FV	20 unidades	Número de inversores	2 * MPPT 50% 1 unidad
Nominal (STC)	11.30 kWp	Potencia total	10.0 kWca
Módulos	2 Cadenas x 10 En series	Voltaje de funcionamiento	140-980 V
En cond. de funcionam. (40°C)		Potencia máx. (=>42°C)	11.00 kWca
Pmpp	10.71 kWp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.13
U mpp	414 V	No Power sharing between MPPTs	
I mpp	26 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	11 kWp	Potencia total	10 kWca
Total	20 módulos	Número de inversores	1 unidad
Área del módulo	54.7 m²	Proporción Pnom	1.13
Almacenamiento de batería			
Batería			
Fabricante	Turbo Energy		
Modelo	Lithium Series 48V 3.6 kWh		
Paquete de baterías			
Núm. de unidades	5 en paralelo		
Descarga mín. SOC	20.0 %		
Energía almacenada	14.5 kWh		
Características del paquete de baterías			
Voltaje	48 V		
Capacidad nominal	387 Ah (C10)		
Temperatura	Temperatura ambiente exterior		



PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
 26/02/24 12:08
 con v7.3.1

Características del generador FV

Almacenamiento de batería

Cargador de entrada de batería

Modelo Genérico
 Máx. potencia de carga 6.0 kWcc
 Eficiencia máx./Euro 97.0/95.0 %

Inversor batería a red

Modelo Genérico
 Máx. potencia descarga 5.0 kWca
 Eficiencia máx./Euro 97.0/95.0 %

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del conjunto

Frac. de pérdida 2.0 %

Factor de pérdida térmica

Temperatura módulo según irradiancia
 Uc (const) 29.0 W/m²K
 Uv (viento) 0.0 W/m²K/m/s

Pérdidas de cableado CC

Res. conjunto global 98 mΩ
 Frac. de pérdida 0.6 % en STC

Pérdida diodos serie

Caída de tensión 0.7 V
 Frac. de pérdida 0.2 % en STC

LID - Degradación Inducida por Luz

Frac. de pérdida 2.0 %

Pérdida de calidad módulo

Frac. de pérdida -0.8 %

Pérdidas de desajuste de módulo

Frac. de pérdida 2.0 % en MPP

Pérdidas de desajuste de cadenas

Frac. de pérdida 0.1 %

Factor de pérdida IAM

Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Pérdidas de cableado CA

Línea de salida del inv. hasta el punto de inyección

Voltaje inversor 220 Vca tri
 Frac. de pérdida 0.26 % en STC

Inversor: SUN2000-10KTL-M1 220Vac

Sección cables (1 Inv.) Cobre 1 x 3 x 10 mm²
 Longitud de los cables 6 m



PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
26/02/24 12:08
con v7.3.1

Parámetro de sombreados cercanos

Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante

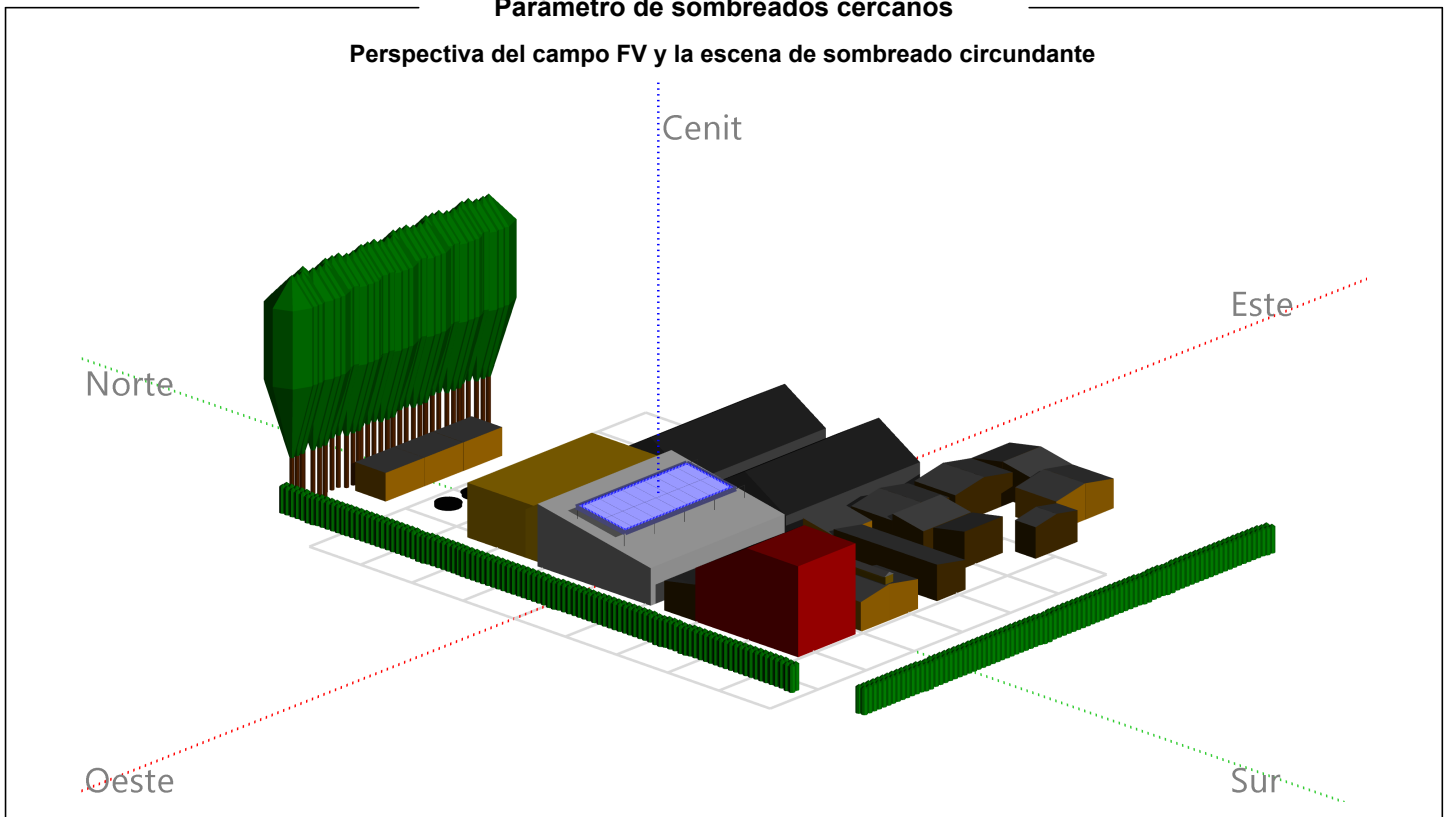
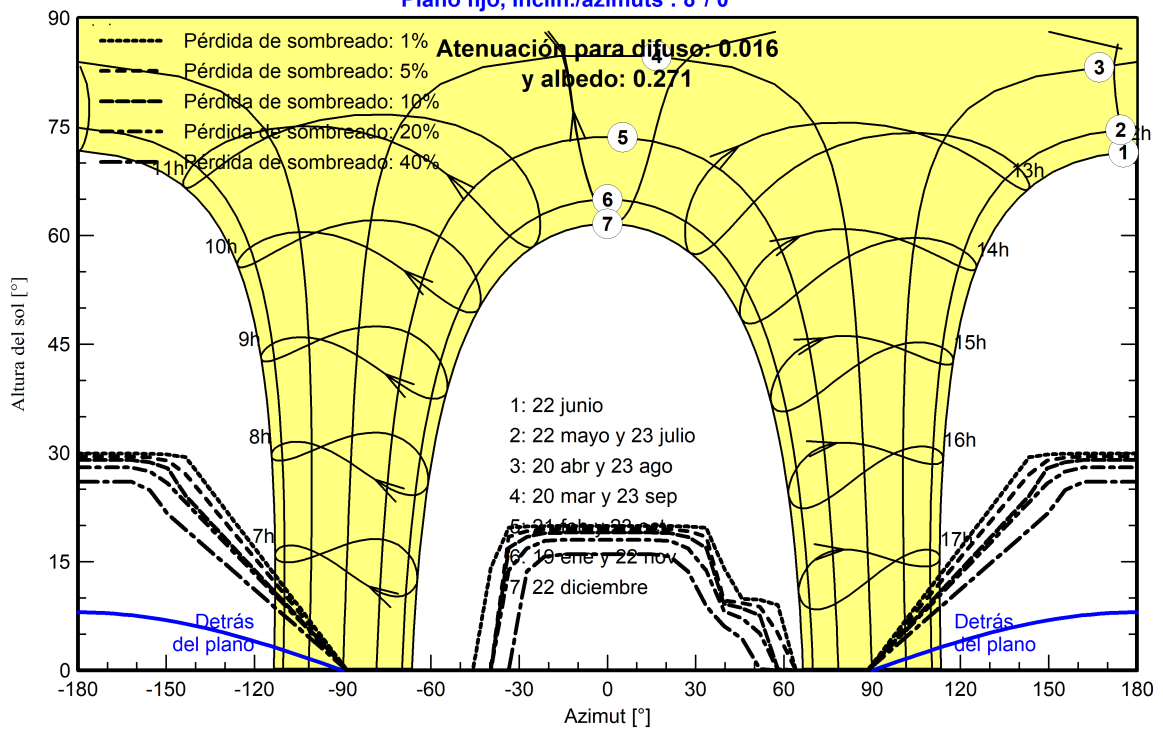


Diagrama de iso-sombreados

Orientación #1

Plano fijo, Inclín./azimuts : 8°/ 0°





Proyecto: Diseño Estacion Experimental Jose Celestino Mutis Universidad del Rosario La Vega

Variante: Variante con Almacenamiento

PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
26/02/24 12:08
con v7.3.1

Resultados principales

Producción del sistema

Energía producida	17662 kVAh/año	Producción específica	1563 kWh/kWp/año
Energía usada	16344 kVAh/año	Proporción de rendimiento (PR)	81.08 %
Energía aparente	7430 kVAh/año	Fracción solar (SF)	62.61 %

Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)

Ciclos SOW	96.4 %
SOW estático	90.0 %
Duración de vida de batería	10.0 años

Evaluación económica

Inversión

Global	75.160.824.03 COP
Específico	6651 COP/Wp

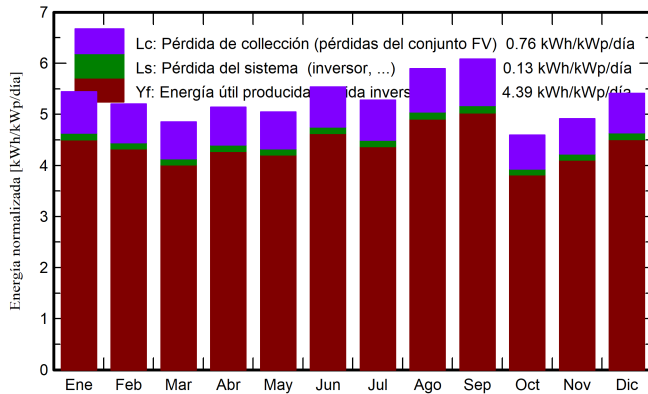
Costo anual

Anualidades	0.00 COP/año
Costos de func.	4.927.740.84 COP/año
Período de recuperación	5.5 años

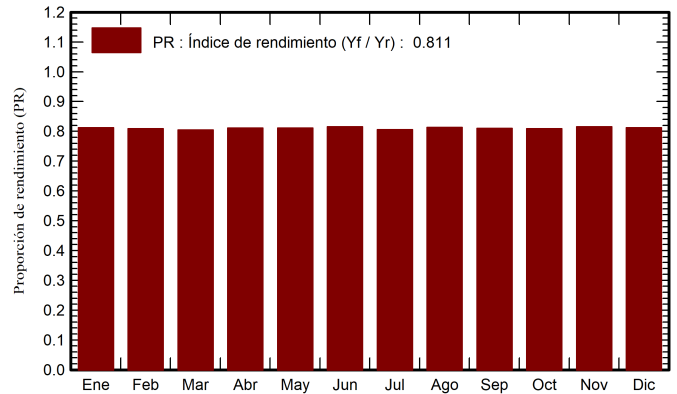
LCOE

Costo energético	449 COP/kWh
------------------	-------------

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	159.3	60.50	22.66	168.7	161.2	1625	1362	843.9	703.5	518.1
Febrero	140.7	72.00	22.67	145.7	138.7	1408	1362	845.8	484.9	516.2
Marzo	148.9	74.20	22.38	150.3	143.0	1448	1362	815.3	552.0	546.7
Abril	156.9	75.10	21.76	154.2	146.2	1493	1362	847.4	565.5	514.6
Mayo	163.4	80.10	21.94	156.5	148.0	1516	1362	874.9	559.7	487.1
Junio	176.9	59.90	21.20	166.1	157.3	1613	1362	884.0	645.9	478.0
Julio	172.4	74.50	21.80	163.6	154.5	1575	1362	878.0	611.2	484.0
Agosto	188.6	67.90	21.50	182.7	173.9	1770	1362	903.2	776.0	458.8
Septiembre	183.0	75.90	21.80	182.4	174.0	1755	1362	861.1	808.6	500.9
Octubre	139.8	78.50	21.65	142.4	135.1	1378	1362	810.0	492.2	552.0
Noviembre	140.2	64.70	21.36	147.4	140.5	1434	1362	817.0	541.6	545.0
Diciembre	157.0	58.10	22.10	167.8	160.5	1626	1362	851.9	688.4	510.1
Año	1927.1	841.40	21.90	1927.7	1833.0	18643	16344	10232.5	7429.5	6111.5

Leyendas

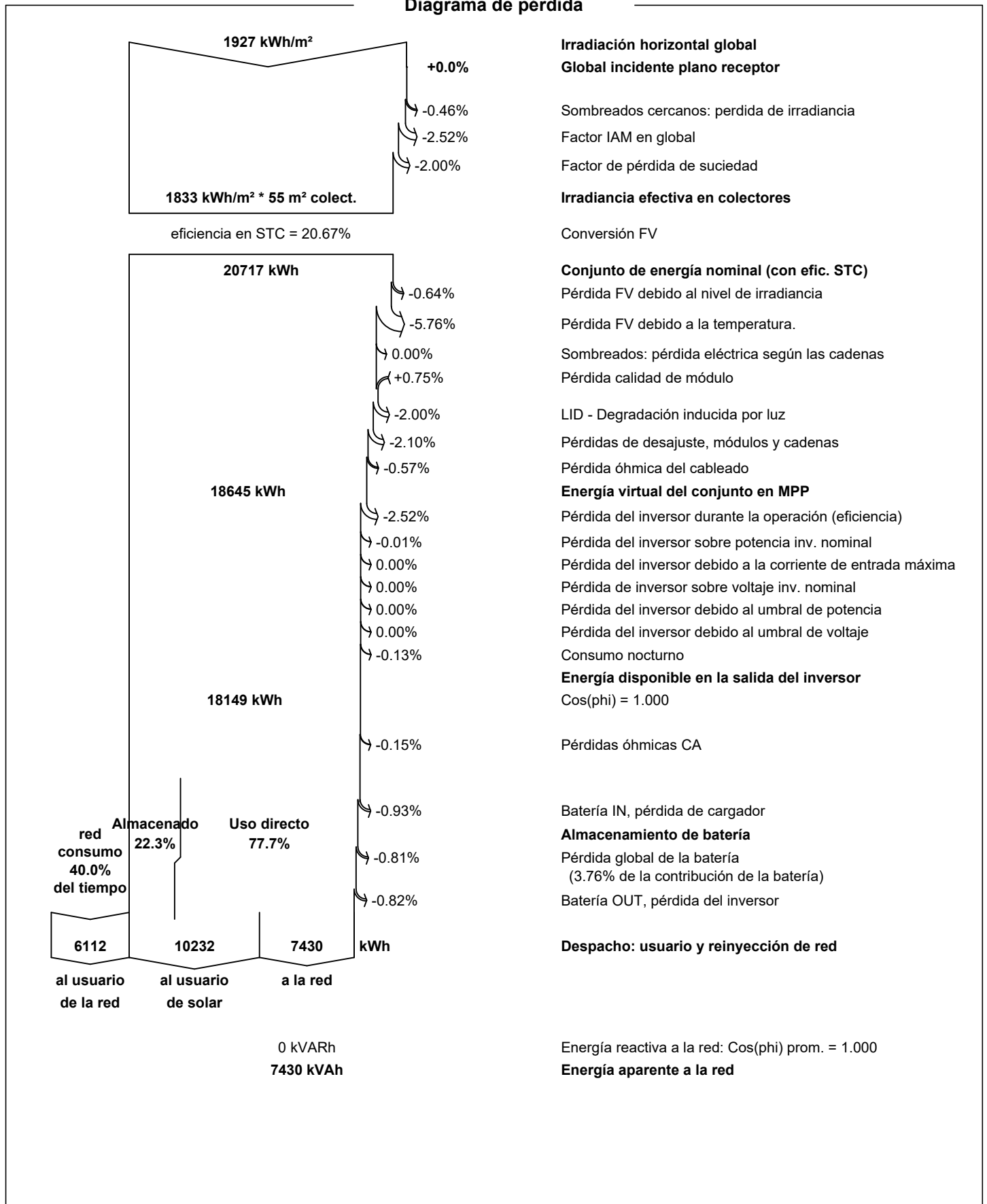
GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_User	Energía suministrada al usuario
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energía del sol
GlobInc	Global incidente plano receptor	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EFrGrid	Energía de la red



PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
 26/02/24 12:08
 con v7.3.1

Diagrama de pérdida



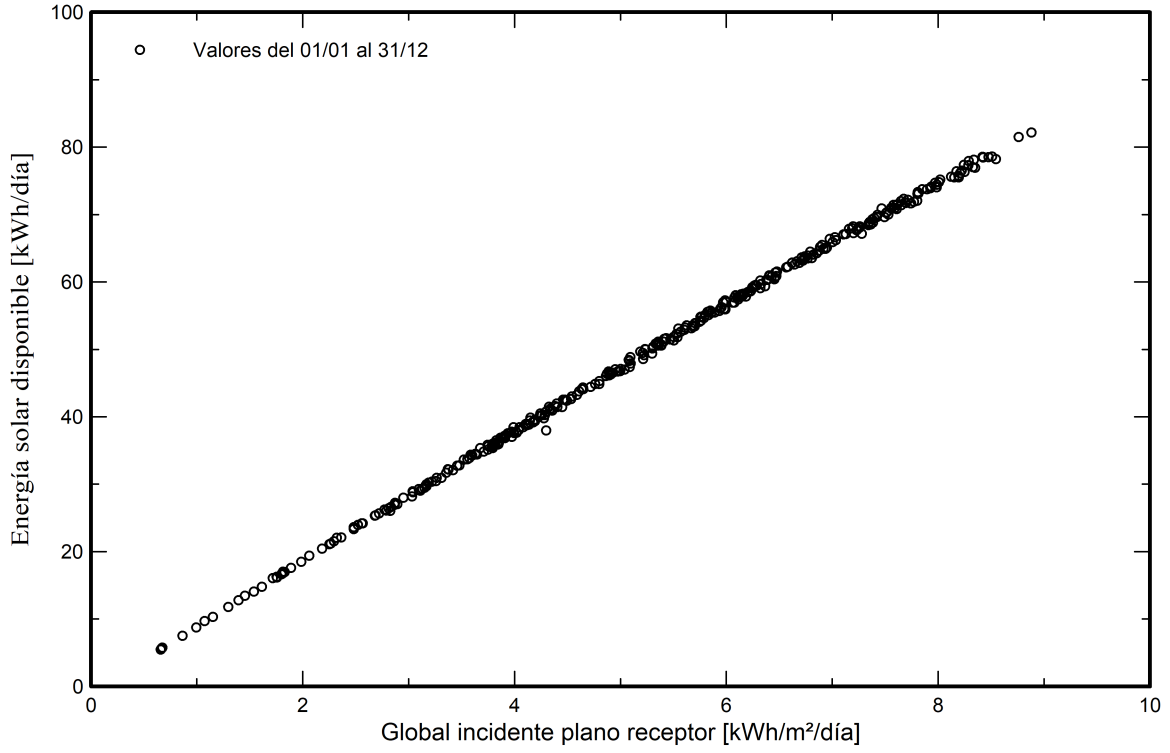


PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
26/02/24 12:08
con v7.3.1

Gráficos predefinidos

Diagrama entrada/salida diaria





PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
26/02/24 12:08
con v7.3.1

Evaluación P50 - P90

Datos meteo

Meteorología: Fuente 1 (2016-2021), Sat=100% (Modified by user)

Tipo: Promedios mensuales

Sintético - Promedio multianual

Variabilidad año a año (Varianza): 6.7 %

Desviación especificada

Cambio climático: 0.0 %

Variabilidad global (meteo y sistema)

Variabilidad (Suma cuadrática): 6.9 %

Incertidumbres sobre la simulación y los parámetros

Modelado/parámetros del módulo FV: 1.0 %

Incertidumbre eficiencia inversor: 0.5 %

Incertidumbres de suciedad y desajuste: 1.0 %

Incertidumbre de degradación: 1.0 %

Probabilidad de producción anual

Variabilidad: 1257 kWh

P50: 18122 kWh

P90: 16510 kWh

P95: 16056 kWh

Distribución de probabilidad

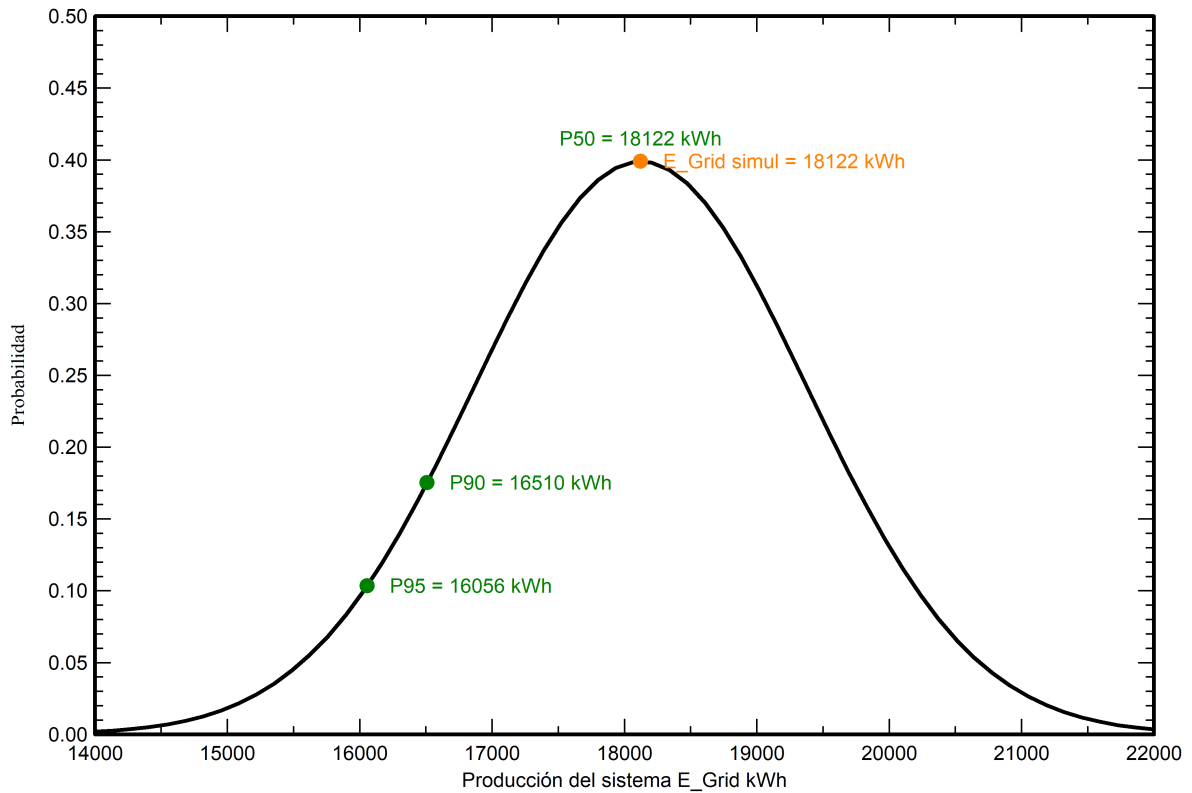
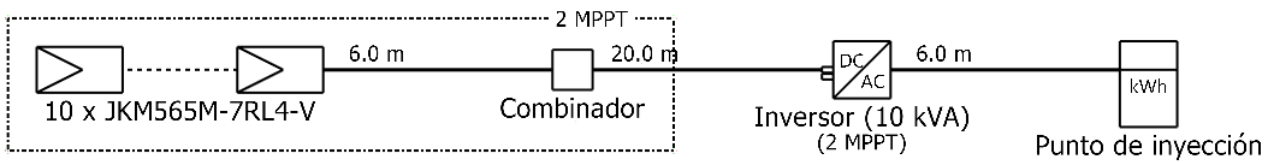




Diagrama unifilar

PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
26/02/24 12:08
con v7.3.1



Módulo FV	JKM565M-7RL4-V
Inversor	SUN2000-10KTL-M1 220Vac
Cadena	10 x JKM565M-7RL4-V

Diseño Estacion Experimental Jo
se Celestino Mutis Universidad d

VC1 : Variante con Almacenamiento

26/02/24



Proyecto: Diseño Estacion Experimental Jose Celestino Mutis
 Universidad del Rosario La Vega

Variante: Variante con Almacenamiento

PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
 26/02/24 12:08
 con v7.3.1

Costo del sistema

Costes de instalación

Artículo	Cantidad unidades	Costo COP	Total COP
Módulos FV			
JKM565M-7RL4-V	20	565.000.00	11.300.000.00
Soportes para módulos	20	162.000.00	3.240.000.00
Inversores			
SUN2000-10KTL-M1 220Vac	1	7.554.000.00	7.554.000.00
Baterías	5	5.931.000.00	29.655.000.00
Otros componentes			
Accesorios, sujetadores	1	786.293.99	786.293.99
Cableado	1	2.250.000.00	2.250.000.00
Caja de conexiones	1	802.805.24	802.805.24
Sistema de monitoreo, pantalla de visualización	1	620.000.00	620.000.00
Sistema de medición, piranómetro	1	1.070.406.99	1.070.406.99
Pararrayos	1	6.290.351.89	6.290.351.89
Estudios y análisis			
Ingeniería	1	1.887.105.57	1.887.105.57
Permisos y otras tarifas admin.	1	1.200.000.00	1.200.000.00
Estudios ambientales	1	943.552.78	943.552.78
Análisis Económico	1	1.258.070.38	1.258.070.38
Diseño Estructural	1	3.850.000.00	3.850.000.00
Instalación			
Costo de instalación global por módulo	20	31.451.76	629.035.16
Costo de instalación global por inversor	1	157.258.80	157.258.80
Costo de instalación global por batería	5	31.451.76	157.258.79
Transporte	1	880.649.26	880.649.26
Conexión a la red	1	629.035.19	629.035.19
		Total	75.160.824.03
		Activo amortizable	52.535.293.99

Costos de operación

Artículo	Total COP/año
Mantenimiento	
Provisión para el reemplazo del inversor	1.510.800.00
Reparaciones	713.604.66
Limpieza	356.802.33
Total (OPEX)	2.581.206.99
Incluyendo inflación (5.00%)	4.927.740.84

Resumen del sistema

Costo total de instalación	75.160.824.03 COP
Costos de operación (Incl. inflación 5.00%/año)	4.927.740.84 COP/año
Energía no utilizada	10.2 MWh/año
Energía vendida a la red	7.4 MWh/año
Costo de la energía producida (LCOE)	449.223 COP/kWh



PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
 26/02/24 12:08
 con v7.3.1

Análisis financiero

Período de simulación

Vida del proyecto 25 años Año de inicio 2024

Variación del ingreso a lo largo del tiempo

Inflación 5.00 %/año
 Variación de producción (envejecimiento) 0.00 %/año
 Tasa de descuento 0.00 %/año

Gastos dependientes de ingresos

Tasa de impuesto sobre la renta 0.00 %/año
 Otro impuesto sobre la renta 0.00 %/año
 Dividendos 10.00 %/año

Activos amortizables

Activo	Método de amortización	Período de amortización (años)	Valor de rescate (COP)	Amortizable (COP)
Módulos FV				
JKM565M-7RL4-V	Línea recta	25	0.00	11.300.000.00
Soportes para módulos	Línea recta	25	0.00	3.240.000.00
Inversores				
SUN2000-10KTL-M1 220Vac	Línea recta	25	0.00	7.554.000.00
Baterías	Línea recta	25	0.00	29.655.000.00
Accesorios, sujetadores	Línea recta	20	0.00	786.293.99
		Total	0.00	52.535.293.99

Financiamiento

Fondos propios 75.160.824.03 COP

Venta de electricidad

Tarifa de alimentación Tarifa horas de punta 775.0000 COP/kWh
 Tarifa hora valle 775.0000 COP/kWh 20:00-07:00
 Duración de la garantía de tarifas 1 años
 Impuesto de conexión anual 0.00 COP/kWh
 Variación de tarifa anual +8.0 %/año
 Reducción de tarifa de alimentación después de la garantía 0.00 %

Autoconsumo

Tarifa de consumo 875.0000 COP/kWh
 Evolución de tarifas +8.0 %/año

Retorno de la inversión

Período de recuperación 5.5 años
 Valor presente neto (VPN) 601.094.077.69 COP
 Tasa de rendimiento interno (TRI) 21.30 %
 Retorno de la inversión (ROI) 799.7 %
 Dividendos pagados 3.118.483.61 COP



Proyecto: Diseño Estacion Experimental Jose Celestino Mutis
 Universidad del Rosario La Vega

Variante: Variante con Almacenamiento

PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
 26/02/24 12:08
 con v7.3.1

Análisis financiero

Resultados económicos detallados (kCOP)

Año	Venta de electricidad	Fondos propios	Costos de func.	Subsidio de amortización	Ingreso imponible	Impuestos	Beneficio después de impuestos	Divid. 100%	Ahorro de autoconsumo	Cumul lucro	% amorti.
0	0	75.160.824	0	0	0	0	0	0	0	-75.160.824	0.0%
1	5.757.892	0	2.581.207	2.109.275	1.067.411	0	3.176.685	317.669	8.966.455	-63.017.684	16.2%
2	5.757.892	0	2.710.267	2.109.275	938.350	0	3.047.625	304.763	9.683.771	-50.286.287	33.1%
3	5.757.892	0	2.845.781	2.109.275	802.837	0	2.912.112	291.211	10.458.473	-36.915.703	50.9%
4	5.757.892	0	2.988.070	2.109.275	660.548	0	2.769.823	276.982	11.295.151	-22.850.729	69.6%
5	5.757.892	0	3.137.473	2.109.275	511.144	0	2.620.419	262.042	12.198.763	-8.031.547	89.3%
6	5.757.892	0	3.294.347	2.109.275	354.271	0	2.463.545	246.355	13.174.664	7.606.662	110.1%
7	5.757.892	0	3.459.064	2.109.275	189.553	0	2.298.828	229.883	14.228.637	24.134.127	132.1%
8	5.757.892	0	3.632.017	2.109.275	16.600	0	2.125.875	212.587	15.366.928	41.626.930	155.4%
9	5.757.892	0	3.813.618	2.109.275	0	0	1.944.274	194.427	16.596.282	60.167.487	180.1%
10	5.757.892	0	4.004.299	2.109.275	0	0	1.753.593	175.359	17.923.985	79.845.065	206.2%
11	5.757.892	0	4.204.514	2.109.275	0	0	1.553.378	155.338	19.357.904	100.756.346	234.1%
12	5.757.892	0	4.414.740	2.109.275	0	0	1.343.152	134.315	20.906.536	123.006.035	263.7%
13	5.757.892	0	4.635.477	2.109.275	0	0	1.122.415	112.242	22.579.059	146.707.509	295.2%
14	5.757.892	0	4.867.251	2.109.275	0	0	890.642	89.064	24.385.383	171.983.534	328.8%
15	5.757.892	0	5.110.613	2.109.275	0	0	647.279	64.728	26.336.214	198.967.027	364.7%
16	5.757.892	0	5.366.144	2.109.275	0	0	391.748	39.175	28.443.111	227.801.887	403.1%
17	5.757.892	0	5.634.451	2.109.275	0	0	123.441	12.344	30.718.560	258.643.888	444.1%
18	5.757.892	0	5.916.174	2.109.275	0	0	-158.281	0	33.176.045	291.661.652	488.1%
19	5.757.892	0	6.211.982	2.109.275	0	0	-454.090	0	35.830.129	327.037.691	535.1%
20	5.757.892	0	6.522.582	2.109.275	0	0	-764.689	0	38.696.539	364.969.541	585.6%
21	5.757.892	0	6.848.711	2.069.960	0	0	-1.090.818	0	41.792.262	405.670.984	639.7%
22	5.757.892	0	7.191.146	2.069.960	0	0	-1.433.254	0	45.135.643	449.373.374	697.9%
23	5.757.892	0	7.550.703	2.069.960	0	0	-1.792.811	0	48.746.494	496.327.057	760.4%
24	5.757.892	0	7.928.239	2.069.960	0	0	-2.170.346	0	52.646.214	546.802.925	827.5%
25	5.757.892	0	8.324.651	2.069.960	0	0	-2.566.758	0	56.857.911	601.094.078	899.7%
Total	143.947.309	75.160.824	123.193.521	52.535.294	4.540.715	0	20.753.788	3.118.484	655.501.114	601.094.078	899.7%

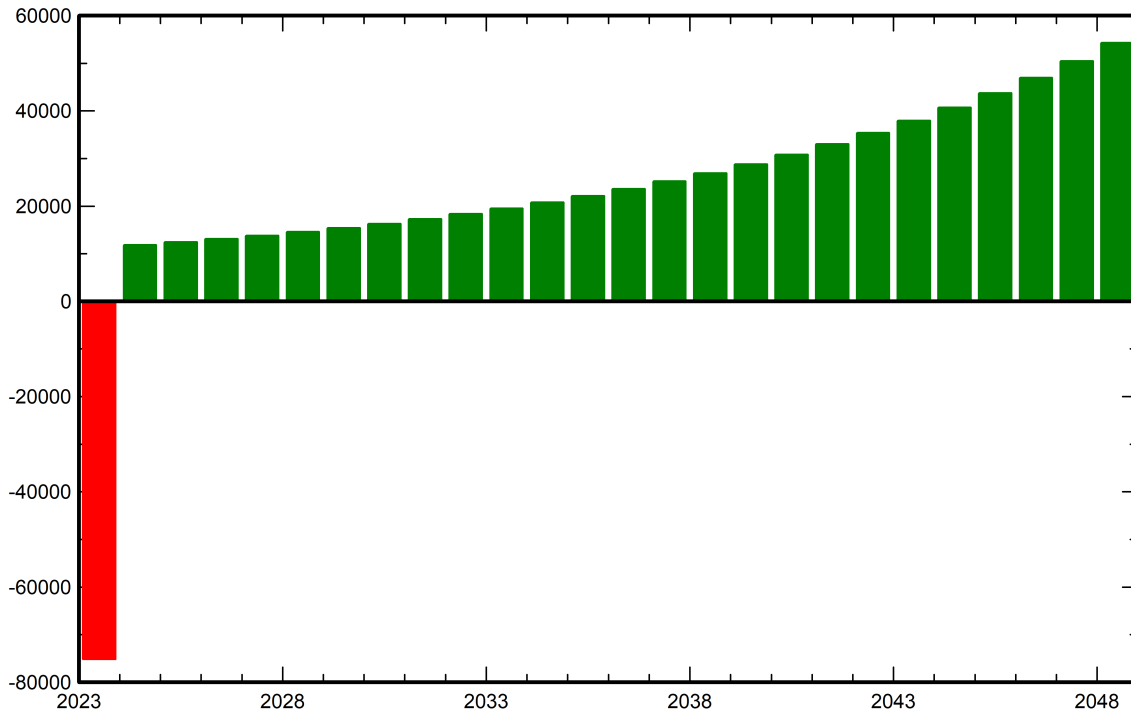


PVsyst V7.3.1

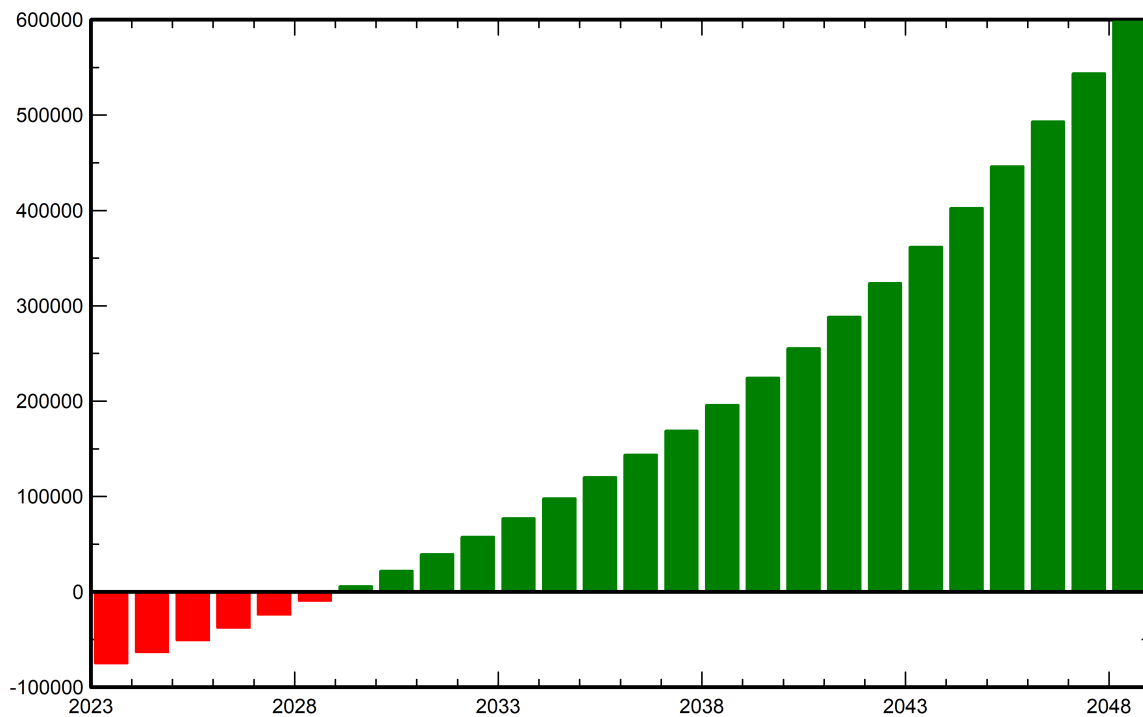
VC1, Fecha de simulación:
26/02/24 12:08
con v7.3.1

Análisis financiero

Beneficio neto anual (kCOP)



Flujo de caja acumulado (kCOP)





PVsyst V7.3.1

VC1, Fecha de simulación:
 26/02/24 12:08
 con v7.3.1

Balance de emisiones de CO₂

Total: 25.6 tCO₂

Emisiones generadas

Total: 35.96 tCO₂

Fuente: Cálculo detallado de la siguiente tabla:

Emisiones reemplazadas

Total: 69.3 tCO₂

Sistema de producción: 18.12 MWh/año

Emisiones del ciclo de vida de la red: 153 gCO₂/kWh

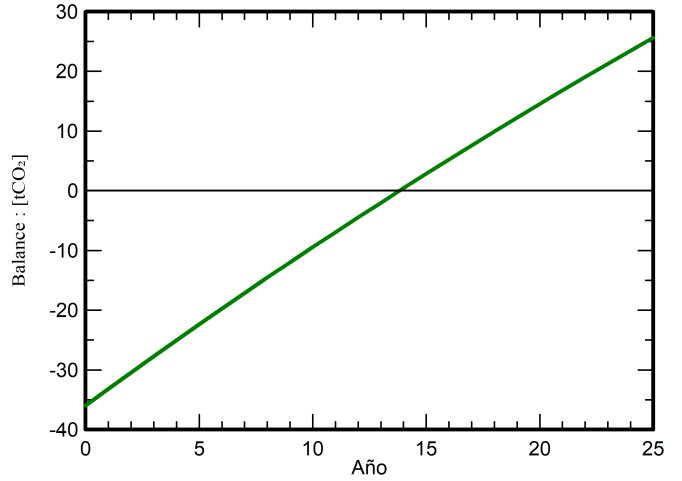
Fuente: Lista IEA

País: Colombia

Toda la vida: 25 años

Degradación anual: 1.0 %

Emisión de CO₂ ahorrada vs tiempo

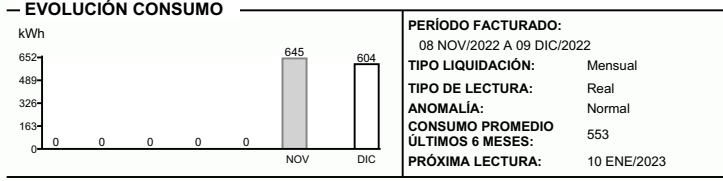


Detalles de emisiones del ciclo de vida del sistema

Artículo	LCE	Cantidad	Subtotal
			[kgCO ₂]
Módulos	1652 kgCO ₂ /kWp	21.5 kWp	35470
Soportes	1.02 kgCO ₂ /kg	380 kg	388
Inversores	101 kgCO ₂ /unidades	1.00 unidades	101

CLIENTE
COLEGIO MAYOR DE NUESTRA SENORA DEL ROSA Página 1 de 1
MP LA VEGA VD BULOCAIMA LT 5 HACIENDA EL SOCAIRE
- LA VEGA - BULOCAIMA

TOTAL A PAGAR **\$489,060** CONTRIBUTIÓN PAGO OPORTUNO **\$81,426** FECHA SUSPENSIÓN **15 DIC/2022**
 \$489,060 \$81,426 15 DIC/2022 19 DIC/2022



INFORMACIÓN DEL CONSUMO

TIPO MEDIDA	LEC. ACTUAL	LEC. ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	ENERGÍA CONS.	ENERGÍA FAC.
EAFP	1250	646	604	1	604	604
ERFP	78	38	0	1	0	0

FECHA DE EXPEDICIÓN: 09 Dic2022 TOTAL CONSUMO: (kWh) 604

CALIDAD DEL SERVICIO

Información De Interés

ESTIMADO CLIENTE:
La tarifa final es de \$674.0538 KWh.

G: 276.34	T: 47.09	D: 212.81
CV: 64.54	PR: 56.83	R: 24.98
CU: 682.63	CF: 0.00	

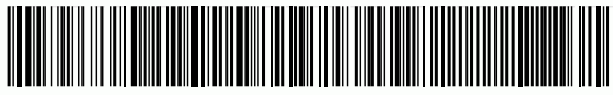
TARIFA MES NOV/2022 Valor kWh prom. \$ 674.05

INFORMACIÓN TÉCNICA

RUTA LECTURA:	4000 2 29 202 0094	NIVEL DE TENSION:	1
RUTA REPARTO:	4000 2 29 202 0092	COD. FACTURACIÓN:	ER
ESTRATO:	0	GRUPO:	202
CIRCUITO-TRAFO:	FC11D - 98296TR1	MEDIDOR No:	21122381
CARGA (KW):	45	MEDIDOR No:	21122381
SERVICIO:	Comercial		

DETALLE DE CUENTA

CONCEPTO	SUBTOTAL
CONSUMO DE ENERGÍA	
Valor kWh \$212.8134 X 0(Consumo en kWh)	\$407,128
CONTRIBUCIÓN X 20.00%	\$81,426
SUB TOTAL VALOR CONSUMO	\$488,554
INTERES MORA CONTRIBUCION (41,46-)	\$84
INTERES POR MORA (RES:6-- NORE:41,46- E	\$419
AJUSTE A LA DECENA (DEBITO)	\$3
ESTE MES LA ENERGÍA QUE DISFRUTASTE,	
TE COSTO \$15,760 DIARIOS	
SUB TOTAL VALOR OTROS	\$506
SUB TOTAL VALOR DESCUENTOS	\$0
SUB TOTAL CONCEPTOS ENERGÍA	\$489,060



(415)7707209914253(8020)01776345897050668155(3900)00000000489060

TOTAL A PAGAR
\$489,060

Número De Cuenta
7763458-9

Factura de Servicios Públicos No
705066815-5

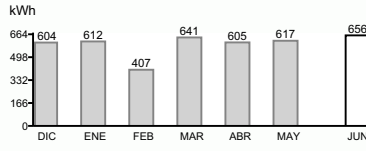
PAGO OPORTUNO
15 DIC/2022

— CLIENTE **COLEGIO MAYOR DE NUESTRA SENORA DEL ROSA** Página 1 de 1

MP LA VEGA VD BULOCAIMA LT 5 HACIENDA EL SOCAIRE
- LA VEGA - BULOCAIMA

TOTAL A PAGAR **\$581,890** CONTRIBUTIÓN PAGO OPORTUNO **\$96,981** FECHA SUSPENSIÓN **20 JUN/2023**
FECHA SUSPENSIÓN **22 JUN/2023**

— EVOLUCIÓN CONSUMO



PERÍODO FACTURADO:

08 MAY/2023 A 06 JUN/2023

TIPO LIQUIDACIÓN: Mensual

TIPO DE LECTURA: Real

ANOMALÍA: Normal

CONSUMO PROMEDIO ÚLTIMOS 6 MESES: 578

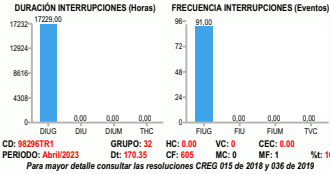
PRÓXIMA LECTURA: 10 JUL/2023

— INFORMACIÓN DEL CONSUMO

TIPO MEDIDA	LEC. ACTUAL	LEC. ANTERIOR	DIFERENCIA	FACTOR	ENERGÍA CONS.	ENERGÍA FAC.
EAFP	4788	4132	656	1	656	656
ERFP	203	160	0	1	0	0

FECHA DE EXPEDICIÓN: 06 Jun2023 TOTAL CONSUMO: (kWh) 656

— CALIDAD DEL SERVICIO



Información De Interés

ESTIMADO CLIENTE:
La tarifa final es de \$739.1872 kWh.

G: 266.64 T: 48.53 D: 208.52

CV: 72.06 PR: 54.81 R: 35.16

CU: 685.74 CF: 0.00

TARIFA MES MAY/2023 Valor kWh prom. \$ 739.18

— INFORMACIÓN TÉCNICA

RUTA LECTURA:	4000 2 29 202 0094	NIVEL DE TENSIÓN:	1
RUTA REPARTO:	4000 2 29 202 0004	COD. FACTURACIÓN:	ER
ESTRATO:	0	GRUPO:	202
CIRCUITO-TRAFO:	FC11D - 98296TR1	MEDIDOR No:	21122381
CARGA (KW):	45	MEDIDOR No:	21122381
SERVICIO:	Comercial		

— DETALLE DE CUENTA

CONCEPTO	SUBTOTAL
CONSUMO DE ENERGÍA	
Valor kWh \$739.1872 X 656(Consumo en kWh)	\$484,907
CONTRIBUCIÓN X 20.00%	\$96,981
SUB TOTAL VALOR CONSUMO	\$581,888
AJUSTE A LA DECENA (DEBITO)	\$2
ESTE MES LA ENERGÍA QUE DISFRUTASTE,	
TE COSTO \$20,065 DIARIOS	
SUB TOTAL VALOR OTROS	\$2
SUB TOTAL VALOR DESCUENTOS	\$0
SUB TOTAL CONCEPTOS ENERGÍA	\$581,890



(415)7707209914253(8020)01776345897276133871(3900)0000000581890

TOTAL A PAGAR
\$581,890

Número De Cuenta
7763458-9 Factura de Servicios Públicos No
727613387-1

PAGO OPORTUNO
20 JUN/2023

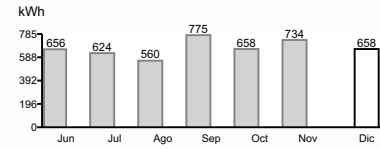
— CLIENTE
COLEGIO MAYOR DE NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO 1 de 1
MP LA VEGA VD BULOCAIMA LT 5 HACIENDA EL SOCAIRE
SASAIMA LIMONAL



FECHA DE EXPEDICIÓN: 13 DIC/2023

TOTAL A PAGAR \$640.460 **DÍAS FACTURADOS** 33 **PAGO OPORTUNO** 21 DIC /2023 **FECHA SUSPENSIÓN** 25 DIC/2023

— EVOLUCIÓN CONSUMO

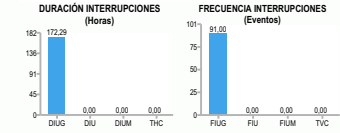


PERÍODO FACTURADO: 11 NOV/2023 A 13 DIC/2023
PRÓXIMA LECTURA: 13 ENE /2024
TIPO DE LECTURA: Real
ANOMALÍA: Normal
CONSUMO PROMEDIO ÚLTIMOS 6 MESES: 668
CONSUMO PERIODO: 658 kWh

— INFORMACIÓN DEL CONSUMO

MEDIDOR	TIPO MEDIDA	LEC. ACTUAL	LEC. ANTERIOR	FACTOR	ENERGÍA CONS.	ENERGÍA FAC.
21122381	EAFP	8.946	8.288	1	658	658
21122381	ERFP	3.142	3.142	1	0	0

— CALIDAD DEL SERVICIO



— Información De Interés

CONSUMO PROMEDIADO: Se presenta una inconsistencia en la toma de la lectura; estamos revisando dicha situación con el fin de garantizarle una facturación correcta.

CD: 98296TR1 GRUPO: 32 HC: 0,00 VC: 0,00 CEC: 0,00
PERIODO: 2023/10 Dt: 169,45 CF: 658,00000 MC: 0,00 MF: 1,00 0,16 %:
Para mayor detalle consultar las resoluciones CREG 015 de 2018 y 038 de 2019

— INFORMACIÓN TÉCNICA

RUTA LECTURA: 42292020094
RUTA REPARTO: 40002292020004
TIPO LIQUIDACIÓN: Mensual
SERVICIO - ESTRATO: Comercial - 0
CIRCUITO-TRAF0: FC11D-98296TR1
NIVEL DE TENSIÓN: 1 **CARGA (KW):** 45,00

— INFORMACIÓN TARIFARIA

G: \$375,83 **T:** \$46,25 **D:** \$215,30 **CV:** \$68,92
PR: \$71,33 **R:** \$2,51 **CF:** 0,00 **CU:** \$780,14
TARIFA MES NOV/2023
Valor kWh aplicado: \$811,1199
La tarifa final es de 20,00 kWh.

— DETALLE DE CUENTA

CONCEPTO	SUBTOTAL
CONSUMO DE ENERGÍA	
Valor kWh \$811,1199 X 658,00(Consumo en kWh)	\$533.717
CONTRIBUCION COMERCIAL SENCILL	\$106.743
SUB TOTAL VALOR CONSUMO	\$640.460
ESTE MES LA ENERGÍA QUE DISFRUTASTE,	
TE COSTO \$19.408 DIARIOS	
SUB TOTAL VALOR OTROS	\$0
SUB TOTAL CONCEPTOS ENERGÍA	\$640.460
SUB TOTAL PORTAFOLIO	\$0
SUB TOTAL ASEO	\$0



(415)7707209914253(8020)01776345891201023227(3900)0000000640460

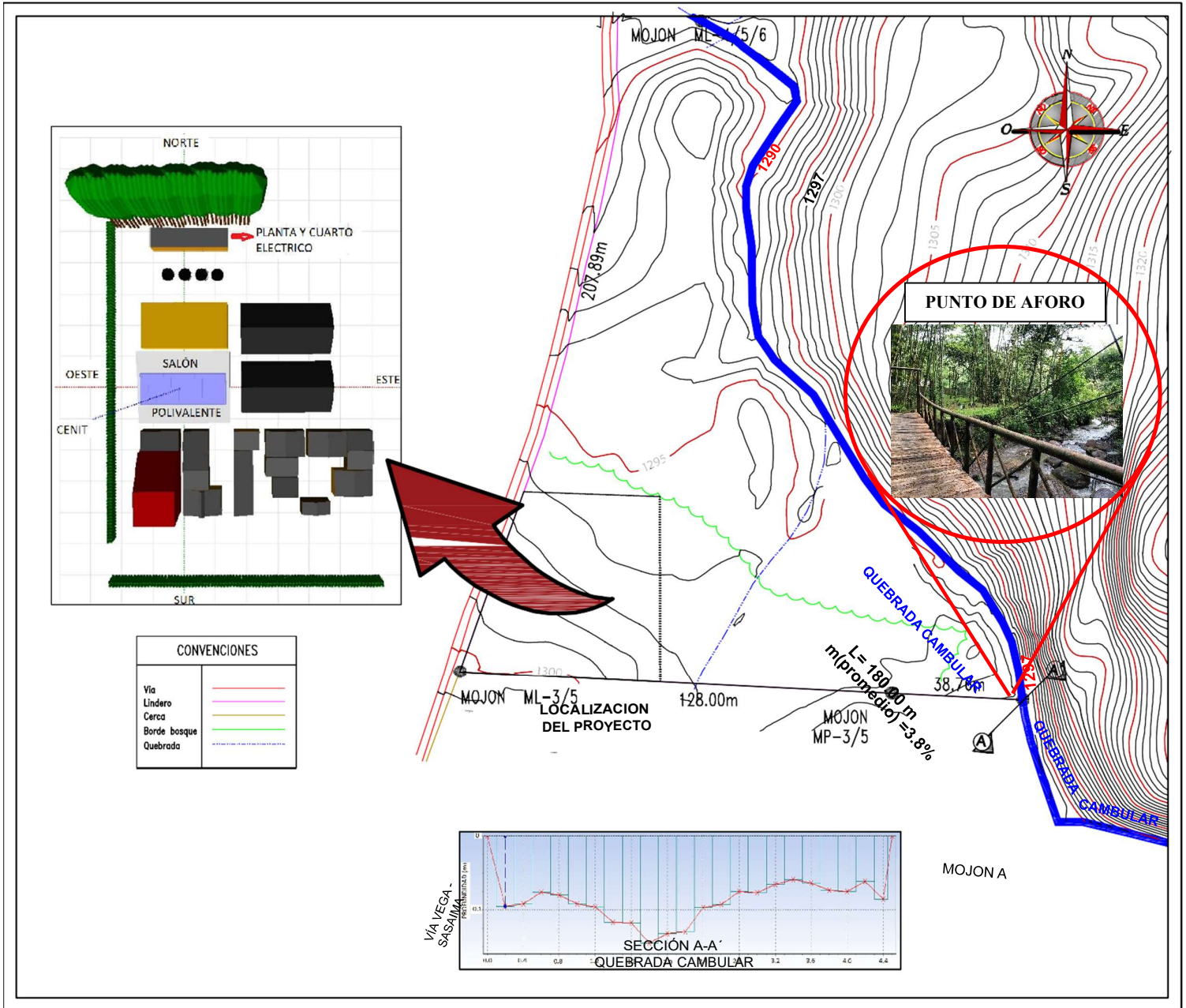
TOTAL A PAGAR
\$640.460

Número De Cuenta
7763458-9

Factura de Servicios Públicos No
120102322-7

PAGO OPORTUNO
21 DIC /2023

ANEXO 9. PLANO IMPLANTACIÓN ESTACIÓN EXPERIMENTAL JCM



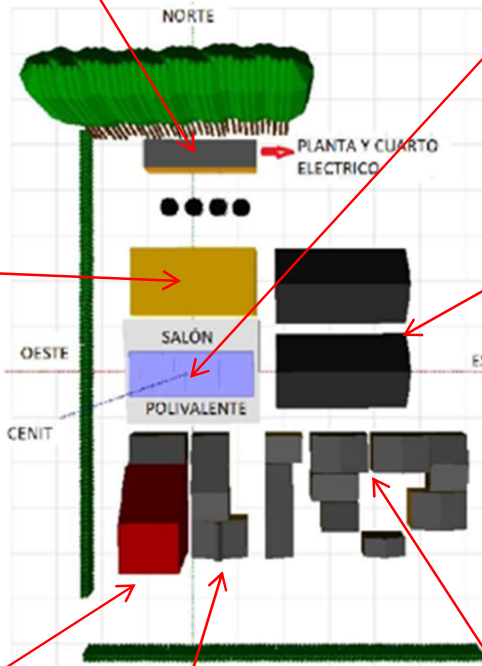
REFERENCIAS FOTOGRAFICAS



CUARTO ELÉCTRICO Y PLANTA ELÉCTRICA



SALÓN POLIVALENTE



SEMILLERO



MARIPOSARIOS



LABORATORIO

CAFETERIA



CABAÑAS ALOJAMIENTO ESTUDIANTIL

analisis_data

March 1, 2024

0.0.1 Anexo 10. Análisis de Datos Estación Meteorológica

Data: Adquirida por Estacion Albedo Instalada en el campo Experimental JCM

Agradecimiento a: Ecologic Ingenieria SAS por el prestamo de la Estación Meteorologica

Año 2023

1 Importacion Librerias

```
[6]: import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import datetime
import tensorflow as tf
import math
import numpy as np
import seaborn as sns
!pip install windrose openpyxl
from windrose import WindroseAxes
import matplotlib.cm as cm
from tensorflow import keras
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive', force_remount=True)
```

Requirement already satisfied: windrose in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (1.9.0)

Requirement already satisfied: openpyxl in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (3.1.2)

Requirement already satisfied: matplotlib>=3 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from windrose) (3.7.1)

Requirement already satisfied: numpy>=1.21 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from windrose) (1.25.2)

Requirement already satisfied: et-xmlfile in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from openpyxl) (1.1.0)

Requirement already satisfied: contourpy>=1.0.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3->>windrose) (1.2.0)

Requirement already satisfied: cyclor>=0.10 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3->windrose) (0.12.1)
Requirement already satisfied: fonttools>=4.22.0 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3->windrose) (4.49.0)
Requirement already satisfied: kiwisolver>=1.0.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3->windrose) (1.4.5)
Requirement already satisfied: packaging>=20.0 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3->windrose) (23.2)
Requirement already satisfied: pillow>=6.2.0 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3->windrose) (9.4.0)
Requirement already satisfied: pyparsing>=2.3.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3->windrose) (3.1.1)
Requirement already satisfied: python-dateutil>=2.7 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3->windrose) (2.8.2)
Requirement already satisfied: six>=1.5 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from python-dateutil>=2.7->matplotlib>=3->windrose) (1.16.0)
Mounted at /content/drive

```
[7]: #from mpl_toolkits.axes_grid.inset_locator import inset_axes
      #!apt-get install cartopy
      !pip install cartopy
      import cartopy
      import cartopy.crs as ccrs
      import cartopy.io.img_tiles as cimgt
      import windrose
```

Requirement already satisfied: cartopy in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (0.22.0)
Requirement already satisfied: numpy>=1.21 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from cartopy) (1.25.2)
Requirement already satisfied: matplotlib>=3.4 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from cartopy) (3.7.1)
Requirement already satisfied: shapely>=1.7 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from cartopy) (2.0.3)
Requirement already satisfied: packaging>=20 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from cartopy) (23.2)
Requirement already satisfied: pyshp>=2.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from cartopy) (2.3.1)
Requirement already satisfied: pyproj>=3.1.0 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from cartopy) (3.6.1)
Requirement already satisfied: contourpy>=1.0.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.4->cartopy) (1.2.0)
Requirement already satisfied: cyclor>=0.10 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.4->cartopy) (0.12.1)
Requirement already satisfied: fonttools>=4.22.0 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.4->cartopy) (4.49.0)
Requirement already satisfied: kiwisolver>=1.0.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.4->cartopy) (1.4.5)

Requirement already satisfied: pillow>=6.2.0 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.4->cartopy) (9.4.0)
Requirement already satisfied: pyparsing>=2.3.1 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.4->cartopy) (3.1.1)
Requirement already satisfied: python-dateutil>=2.7 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from matplotlib>=3.4->cartopy) (2.8.2)
Requirement already satisfied: certifi in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from pyproj>=3.1.0->cartopy) (2024.2.2)
Requirement already satisfied: six>=1.5 in /usr/local/lib/python3.10/dist-packages (from python-dateutil>=2.7->matplotlib>=3.4->cartopy) (1.16.0)

2 DataFrame- Importacion Datos

```
[8]: # Definición del lugar para identificar los datos
place = "JCM"

# Ruta del archivo CSV que contiene los datos crudos (Raw Data)
file = "/content/drive/MyDrive/TESIS UROSARIO/DATA_JCM_CSV.csv"

# Carga del archivo CSV en un DataFrame de Pandas.
# Se especifica el delimitador y la codificación del archivo.
df = pd.read_csv(file, delimiter=';', encoding='ISO-8859-1')

# Reinicio del índice del DataFrame para asegurar una correcta organización de
↳ los datos.
df.reset_index(inplace=True)

# Conversión de los valores de las columnas a tipo float.
# Se reemplaza la coma por punto en los valores numéricos y se convierten a
↳ float.
for col in ["GHI (W/m2)", "Temperatura Aire 2m (°C)", "Humedad Relativa 2m
↳ (%)", "RHI (W/m2)"]:
    df[col] = df[col].str.replace(',', '.').astype(float)

# Creación de una columna 'Datetime' combinando las columnas 'Date' y 'Time'.
# Se utiliza un formato específico para el datetime.
df['Datetime'] = pd.to_datetime(df['Date'] + ' ' + df['Time'], format="%d/%m/%Y
↳ %H:%M:%S")

# Selección y renombramiento de las columnas relevantes.
# Se conservan solo las columnas de interés y se renombran para mayor claridad.
df = df[["Datetime", "GHI (W/m2)", "Temperatura Aire 2m (°C)", "Humedad Relativa
↳ 2m (%)", "RHI (W/m2)"]]
df.columns = ["Datetime", "GHI", "Temp", "HR", "RHI"]
```

```
# Establecimiento de la columna 'Datetime' como índice del DataFrame.
df.set_index("Datetime", inplace=True)

# Mostrar el DataFrame resultante.
df
```

```
[8]:
```

	GHI	Temp	HR	RHI
Datetime				
2023-05-27 00:00:00	0.0	18.36	95.98	0.0
2023-05-27 00:05:00	0.0	18.36	95.99	0.0
2023-05-27 00:10:00	0.0	18.36	95.99	0.0
2023-05-27 00:15:00	0.0	18.36	95.96	0.0
2023-05-27 00:20:00	0.0	18.32	95.99	0.0
...
2023-10-18 10:50:00	434.6	25.74	68.34	75.4
2023-10-18 10:55:00	412.7	25.09	73.14	74.0
2023-10-18 11:00:00	465.6	25.40	69.41	83.8
2023-10-18 11:05:00	453.7	25.63	68.01	81.7
2023-10-18 11:10:00	374.0	25.21	67.67	65.6

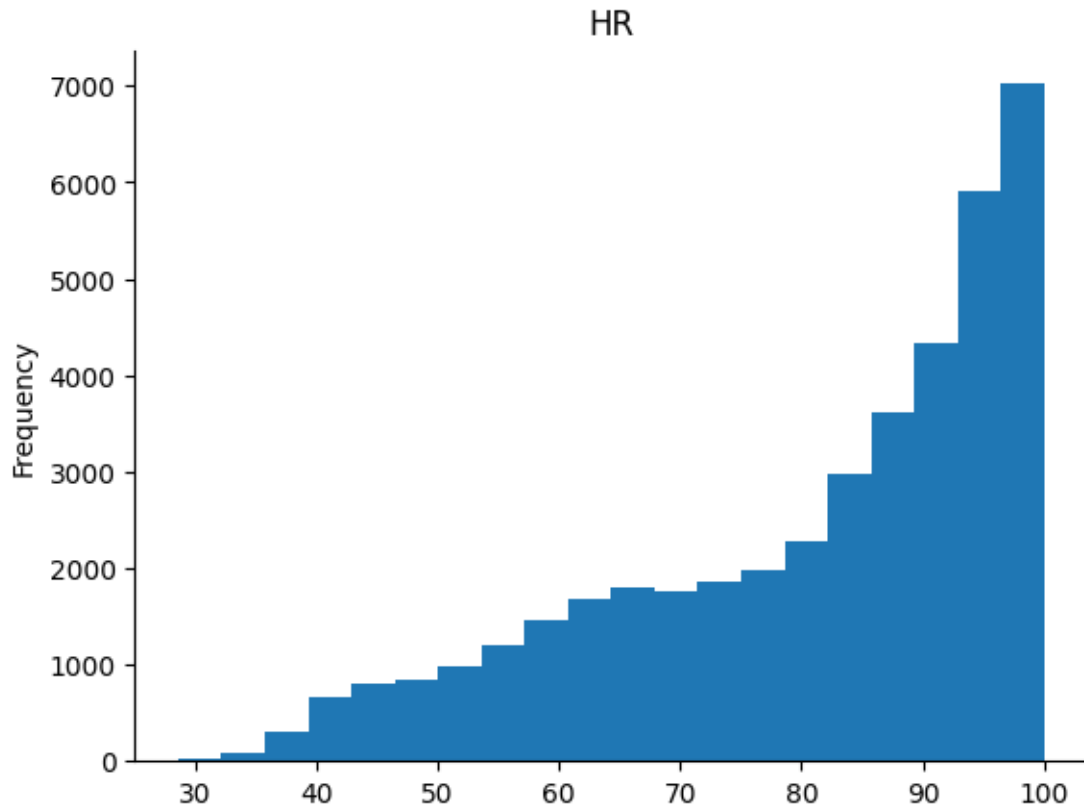
[41607 rows x 4 columns]

3 Histogramas

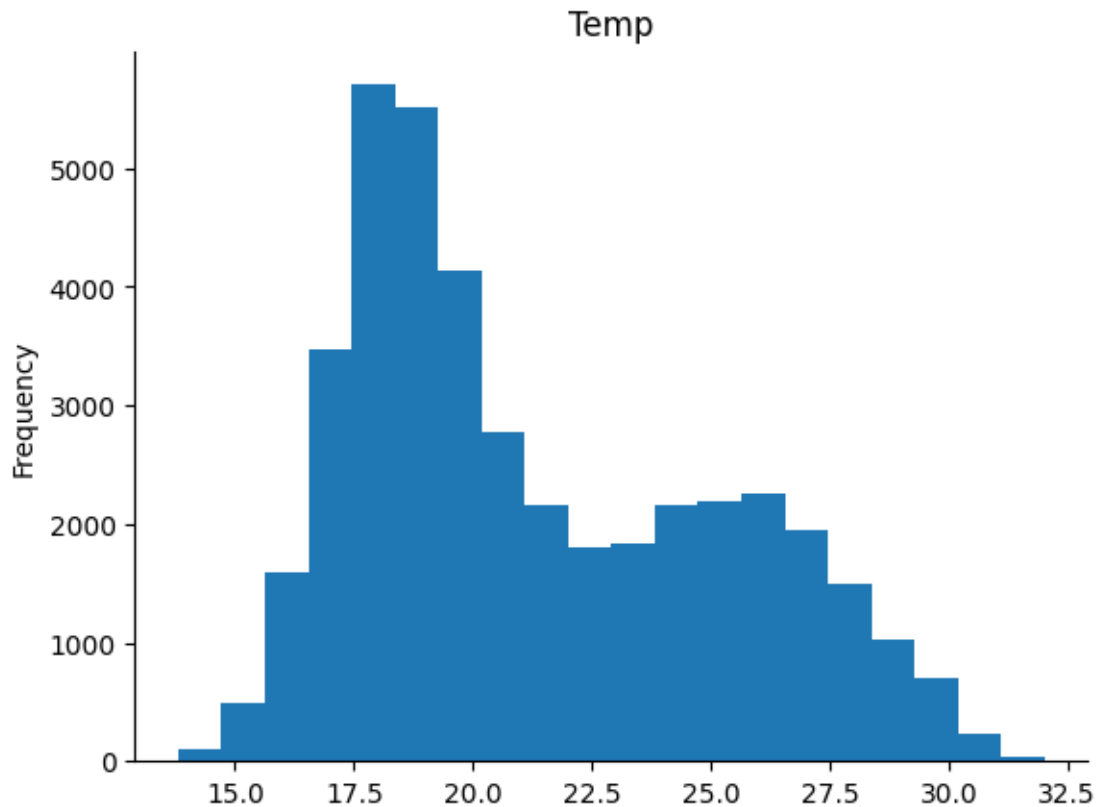
```
[9]: # Importa pyplot de matplotlib para la creación de gráficos.
from matplotlib import pyplot as plt

# Crea un histograma para la columna 'HR' del DataFrame 'df' con 20 bins y un
↳ título.
df['HR'].plot(kind='hist', bins=20, title='HR')

# Oculta las espigas superiores y derechas del gráfico para un diseño más
↳ limpio.
plt.gca().spines[['top', 'right']].set_visible(False)
```



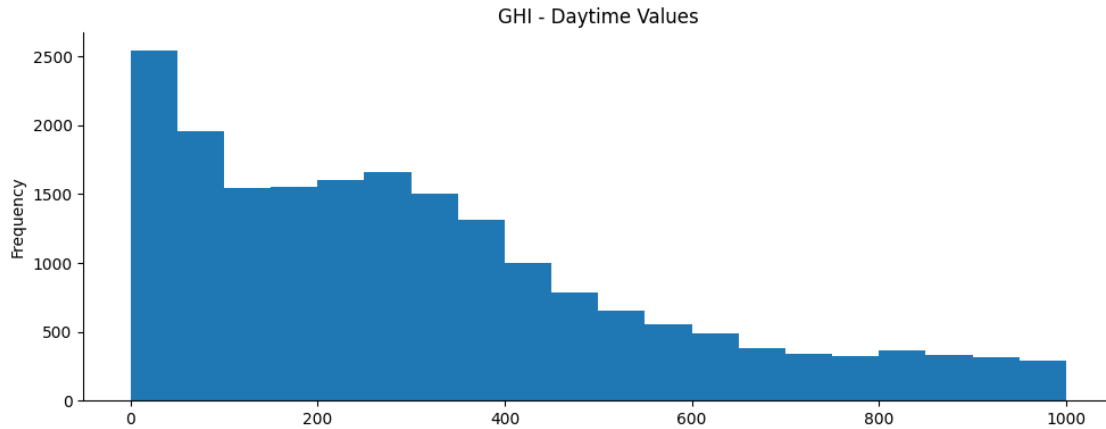
```
[10]: # Importa pyplot de matplotlib para la creación de gráficos.
from matplotlib import pyplot as plt
# Crea un histograma para la columna 'Temp' del DataFrame 'df' con 20 bins y un
  ↳ título.
df['Temp'].plot(kind='hist', bins=20, title='Temp')
# Oculta las espinas superiores y derechas del gráfico para un diseño más
  ↳ limpio.
plt.gca().spines[['top', 'right']].set_visible(False)
```



```
[11]: # Filtra para incluir solo las horas fuera del rango 18:00:00 a 06:00:00.
df_daytime = df.between_time('06:01', '17:59')
# Adicionalmente, filtra para incluir solo los valores de 'gHI' menores o
↳ iguales a 1000.
df_daytime_filtered = df_daytime[df_daytime['GHI'] <= 1000]
# Configura una figura para el histograma
fig, ax = plt.subplots(figsize=(10, 4))

# Histograma de valores 'GHI' filtrados por hora, para todos los valores
df_daytime_filtered['GHI'].plot(kind='hist', bins=20, title='GHI - Daytime_
↳ Values', ax=ax)
ax.spines[['top', 'right']].set_visible(False) # Oculta espinas superiores y
↳ derechas

# Ajusta el layout para evitar la superposición de elementos
plt.tight_layout()
plt.show()
```



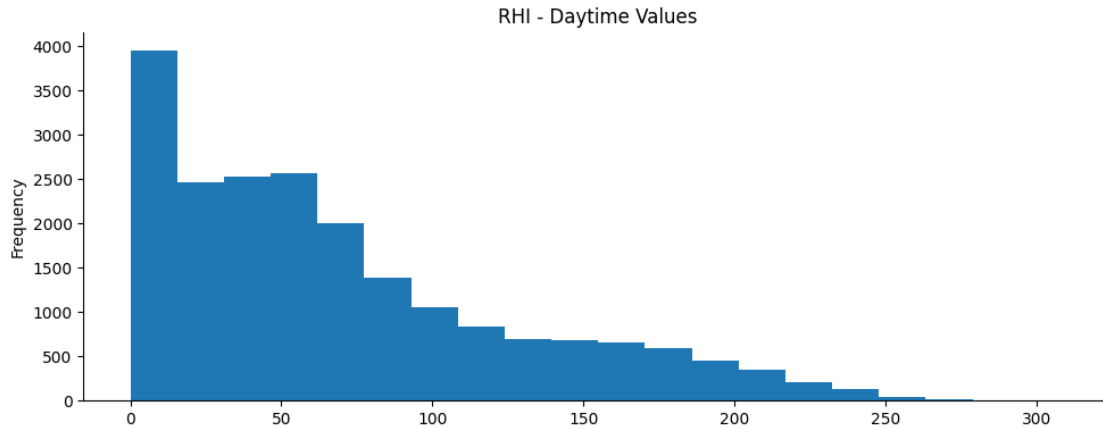
```
[12]: # Filtra para incluir solo las horas fuera del rango 18:00:00 a 06:00:00.
df_daytime = df.between_time('06:01', '17:59')

# Adicionalmente, filtra para incluir solo los valores de 'RHI' menores o
# iguales a 1000.
df_daytime_filtered = df_daytime[df_daytime['RHI'] <= 1000]

# Configura una figura para el histograma.
fig, ax = plt.subplots(figsize=(10, 4))

# Histograma de valores 'GHI' filtrados por hora, para todos los valores.
df_daytime_filtered['RHI'].plot(kind='hist', bins=20, title='RHI - Daytime
# Values', ax=ax)
ax.spines[['top', 'right']].set_visible(False) # Oculta espigas superiores y
# derechas.

# Ajusta el layout para evitar la superposición de elementos.
plt.tight_layout()
plt.show()
```



4 Resumen Estadístico

```
[13]: # La función describe() genera un resumen estadístico de las columnas numéricas
      ↪ del DataFrame 'df'.
      # Por defecto, proporciona el conteo, la media, la desviación estándar, el
      ↪ mínimo,
      # el primer cuartil (25%), la mediana (50%), el tercer cuartil (75%) y el
      ↪ máximo de los datos en cada columna.
      # Es una manera rápida de obtener una visión general de las propiedades
      ↪ estadísticas de los datos.
df_filtered = df[df['GHI'] <= 1000]
df_filtered.describe()
```

```
[13]:
```

	GHI	Temp	HR	RHI
count	40460.000000	40460.000000	40460.000000	40460.000000
mean	152.228381	21.146995	81.348889	29.852491
std	233.319925	3.733605	15.991001	46.039207
min	0.000000	13.810000	28.640000	0.000000
25%	0.000000	18.180000	70.627500	0.100000
50%	2.000000	19.970000	86.440000	0.800000
75%	255.800000	24.152500	94.750000	49.100000
max	999.800000	32.020000	100.000000	248.100000

5 Promedios Mensuales

```
[14]: # Calcula el promedio mensual de las columnas "GHI", "RHI", "Temp", "HR"
mensual_avg = df.resample("M")[["GHI", "RHI", "Temp", "HR"]].mean()

# Muestra la tabla de promedios mensuales en la consola.
```

```
print(mensual_avg)
```

	GHI	RHI	Temp	HR
Datetime				
2023-05-31	171.969792	34.033819	20.470813	88.192910
2023-06-30	176.993819	37.025127	21.172113	80.986737
2023-07-31	172.393817	35.693840	21.083426	81.659866
2023-08-31	188.677576	35.641163	21.546081	77.843325
2023-09-30	182.950556	33.260324	21.784297	76.010170
2023-10-31	170.569589	30.542735	21.099513	88.650759

```
[15]: # Calcula la relación de albedo utilizando los promedios mensuales de 'RHI' y
      ↪ 'GHI'.
      # Evitamos la división por cero asegurándonos de que no hay valores de 'GHI'
      ↪ iguales a cero.
      mensual_avg['Albedo_avg'] = mensual_avg['RHI'] / mensual_avg['GHI'].replace(0,
      ↪ pd.NA)

      # Muestra la tabla de promedios mensuales, incluyendo albedo, en la consola.
      print(mensual_avg)
```

	GHI	RHI	Temp	HR	Albedo_avg
Datetime					
2023-05-31	171.969792	34.033819	20.470813	88.192910	0.197906
2023-06-30	176.993819	37.025127	21.172113	80.986737	0.209189
2023-07-31	172.393817	35.693840	21.083426	81.659866	0.207048
2023-08-31	188.677576	35.641163	21.546081	77.843325	0.188900
2023-09-30	182.950556	33.260324	21.784297	76.010170	0.181800
2023-10-31	170.569589	30.542735	21.099513	88.650759	0.179063

6 Graficas Mensuales GHI

```
[16]: # Crear una columna 'Month' basada en el índice del DataFrame 'df'.
      df_filtered["Month"] = df_filtered.index.month

      # Configura una figura y subplots para cada uno de los meses.
      fig, axs = plt.subplots(4, 1, sharey=True, figsize=(12, 18)) # 6 filas para
      ↪ mayo a octubre.

      # Los meses de junio a octubre corresponden a los números 6, 7, 8, 9 y 10.
      meses = { 6: "Junio", 7: "Julio", 8: "Agosto", 9: "Septiembre"}

      # Graficar 'GHI' para cada mes.
      for i, (mes_num, mes_name) in enumerate(meses.items()):
          mes_data = df_filtered[df_filtered.Month == mes_num]
          axs[i].plot(mes_data["GHI"])
```

```

    axs[i].set_title(mes_name)
    axs[i].set_ylabel("GHI (W/m2)")
    #axs[i].set_xticks([]) # Opcional: Ocultar etiquetas en el eje X si se
    ↪desea.

# Ajusta los títulos y muestra la figura completa.
fig.suptitle(f"GHI mensual en 2023 para {place}")
plt.tight_layout(rect=[0, 0.03, 1, 0.95]) # Ajusta el layout para evitar la
    ↪superposición de títulos.
plt.show()

```

```

<ipython-input-16-5786997de734>:2: SettingWithCopyWarning:
A value is trying to be set on a copy of a slice from a DataFrame.
Try using .loc[row_indexer,col_indexer] = value instead

```

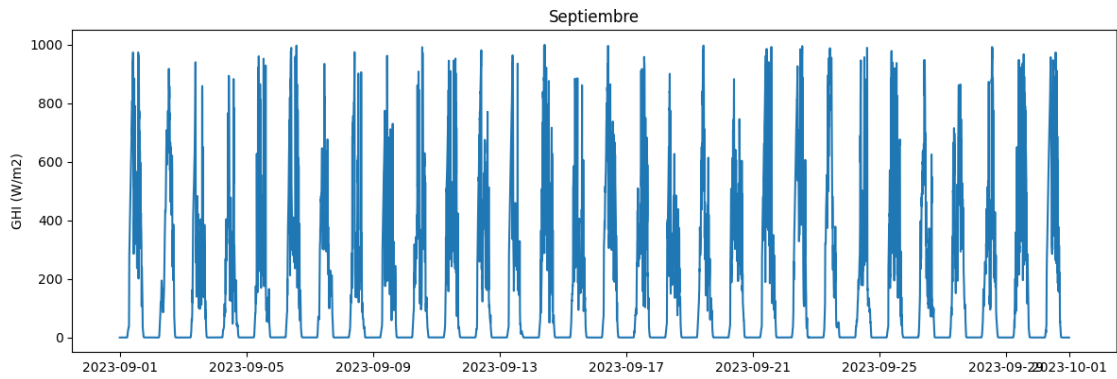
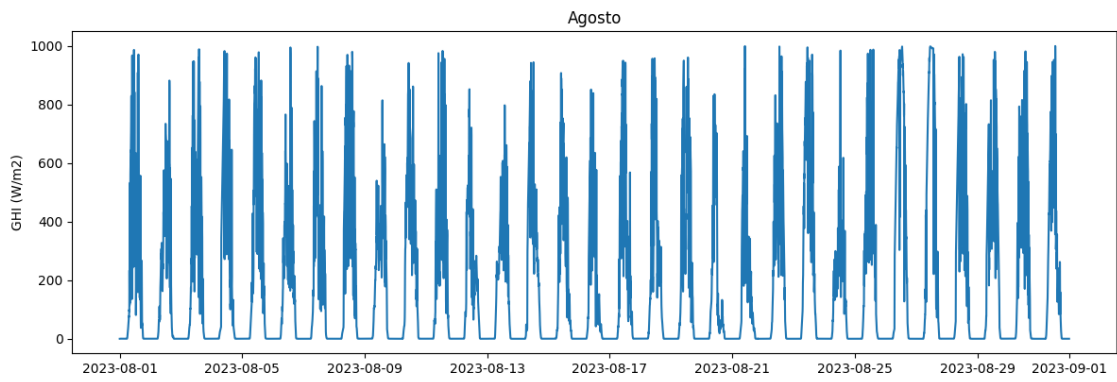
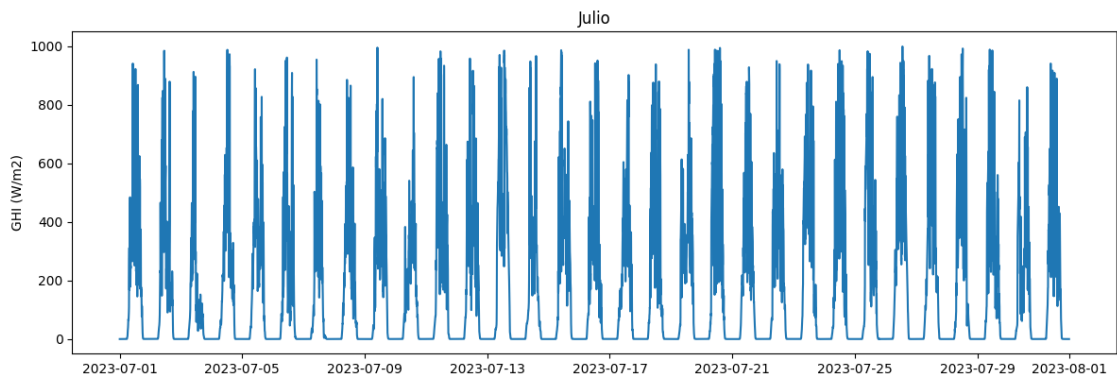
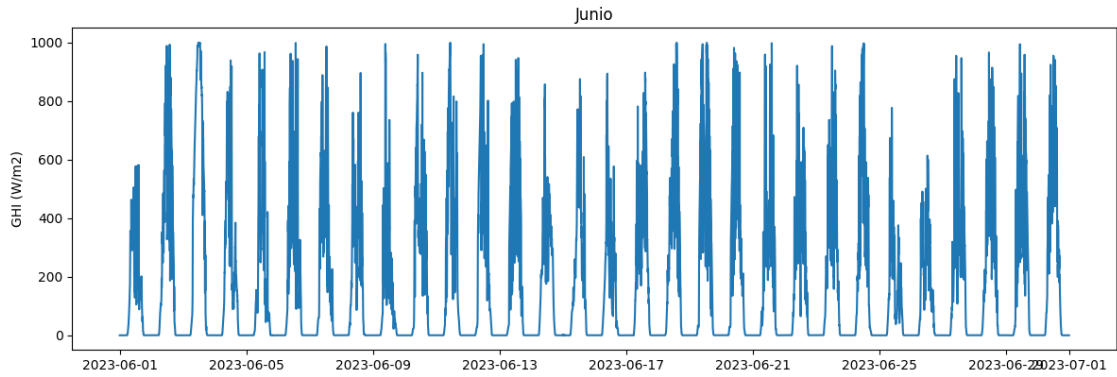
See the caveats in the documentation: https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user_guide/indexing.html#returning-a-view-versus-a-copy

```

df_filtered["Month"] = df_filtered.index.month

```

GHI mensual en 2023 para JCM



7 Graficas Mensuales RHI

```
[18]: # Crear una columna 'Month' basada en el índice del DataFrame 'df', si aún no
      ↪ está creada.
if "Month" not in df.columns:
    df["Month"] = df.index.month

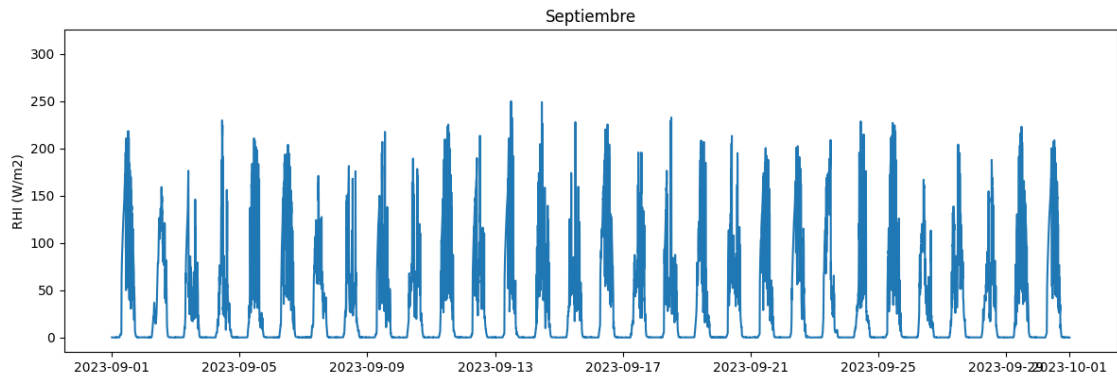
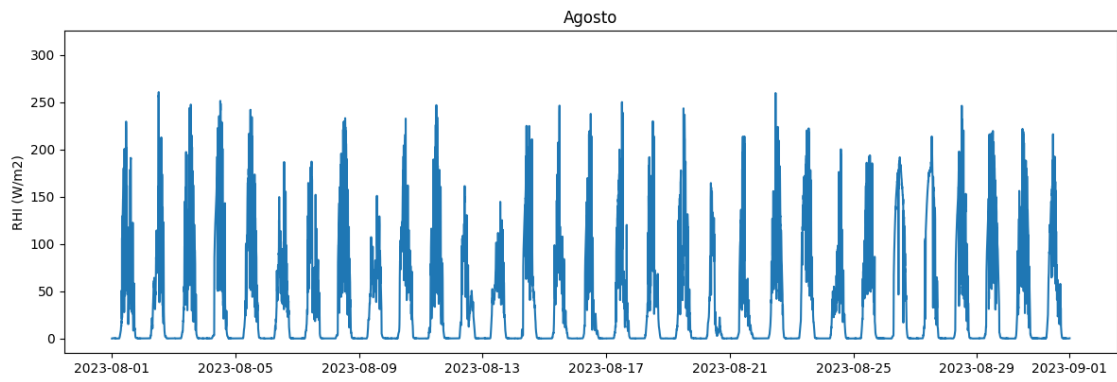
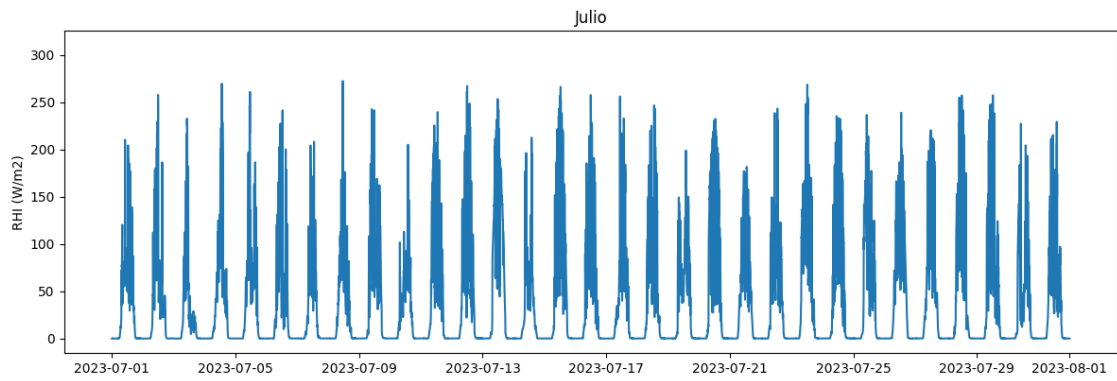
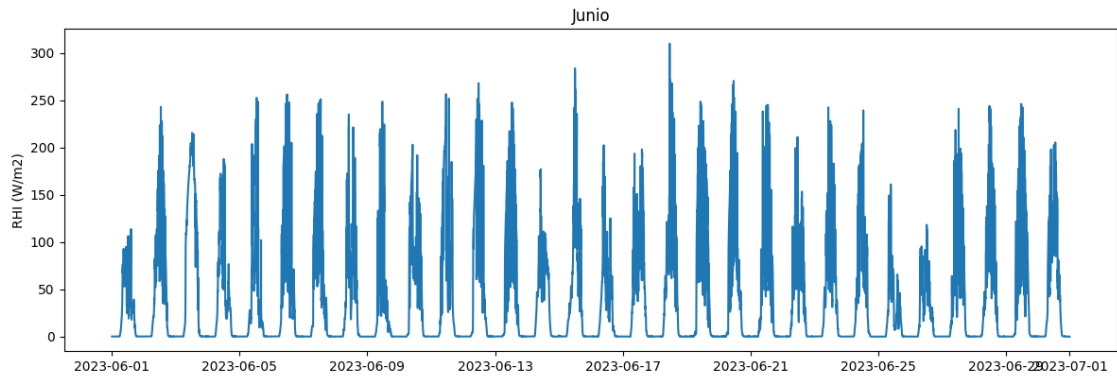
# Configura una figura y subplots para cada uno de los meses.
fig, axs = plt.subplots(4, 1, sharey=True, figsize=(12, 18)) # 6 filas para
      ↪ mayo a octubre.

# Los meses de junio a octubre corresponden a los números 6, 7, 8, 9 y 10.
meses = { 6: "Junio", 7: "Julio", 8: "Agosto", 9: "Septiembre"}

# Graficar 'RHI' para cada mes.
for i, (mes_num, mes_name) in enumerate(meses.items()):
    mes_data = df[df.Month == mes_num]
    axs[i].plot(mes_data["RHI"])
    axs[i].set_title(mes_name)
    axs[i].set_ylabel("RHI (W/m2)")
    #axs[i].set_xticks([]) # Opcional: Ocultar etiquetas en el eje X si se
      ↪ desea.

# Ajusta los títulos y muestra la figura completa.
fig.suptitle(f"RHI mensual en 2023 para {place}")
plt.tight_layout(rect=[0, 0.03, 1, 0.95]) # Ajusta el layout para evitar la
      ↪ superposición de títulos.
plt.show()
```

RHI mensual en 2023 para JCM



8 Graficas Mensuales Temp

```
[19]: # Crear una columna 'Month' basada en el índice del DataFrame 'df', si aún no
      ↪ está creada.
if "Month" not in df.columns:
    df["Month"] = df.index.month

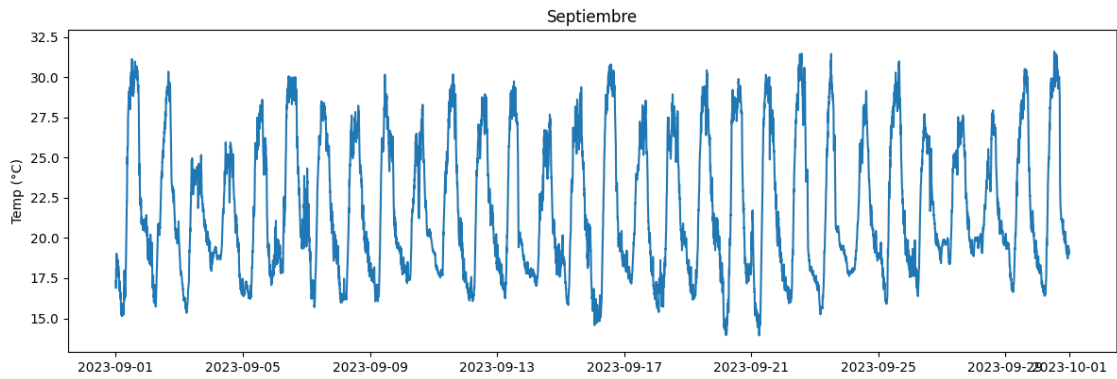
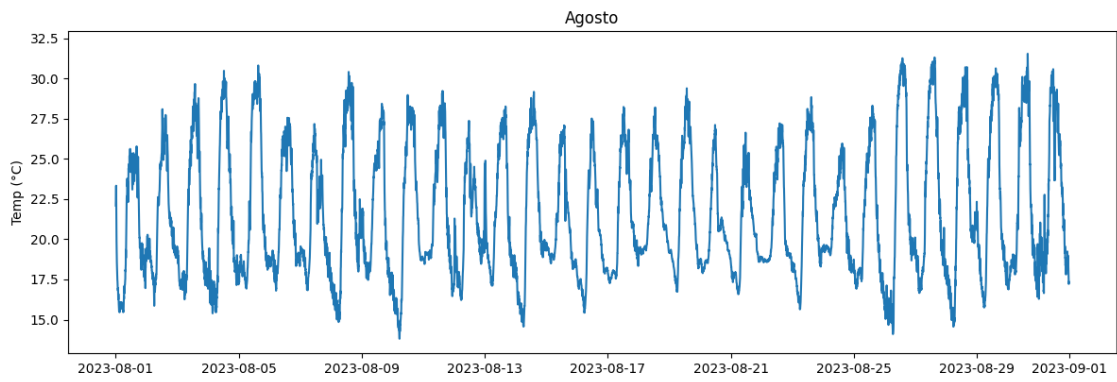
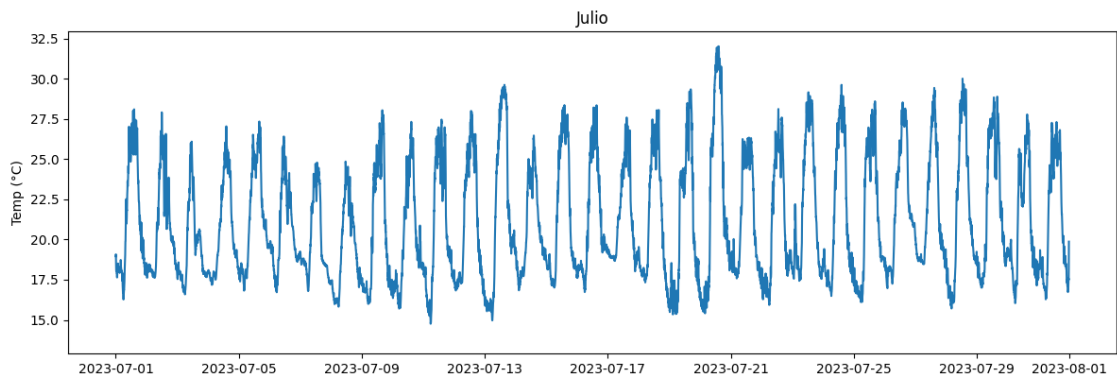
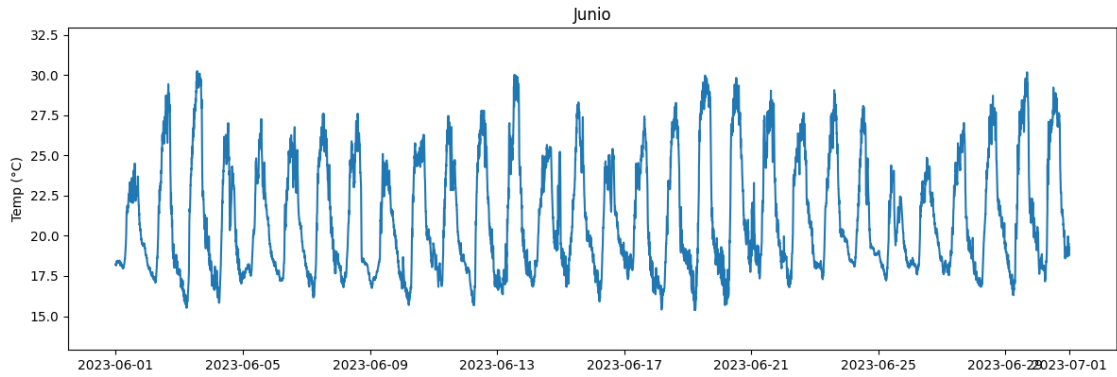
# Configura una figura y subplots para cada uno de los meses.
fig, axs = plt.subplots(4, 1, sharey=True, figsize=(12, 18)) # 6 filas para
      ↪ mayo a octubre.

# Los meses de junio a octubre corresponden a los números 6, 7, 8, 9 y 10.
meses = { 6: "Junio", 7: "Julio", 8: "Agosto", 9: "Septiembre"}

# Graficar 'Temp' para cada mes.
for i, (mes_num, mes_name) in enumerate(meses.items()):
    mes_data = df[df.Month == mes_num]
    axs[i].plot(mes_data["Temp"])
    axs[i].set_title(mes_name)
    axs[i].set_ylabel("Temp (°C)")
    #axs[i].set_xticks([]) # Opcional: Ocultar etiquetas en el eje X si se
    ↪ desea.

# Ajusta los títulos y muestra la figura completa.
fig.suptitle(f"Temperatura mensual en 2023 para {place}")
plt.tight_layout(rect=[0, 0.03, 1, 0.95]) # Ajusta el layout para evitar la
      ↪ superposición de títulos.
plt.show()
```

Temperatura mensual en 2023 para JCM



9 Graficas Mensuales HR

```
[20]: # Crear una columna 'Month' basada en el índice del DataFrame 'df', si aún no
      ↪ está creada.
if "Month" not in df.columns:
    df["Month"] = df.index.month

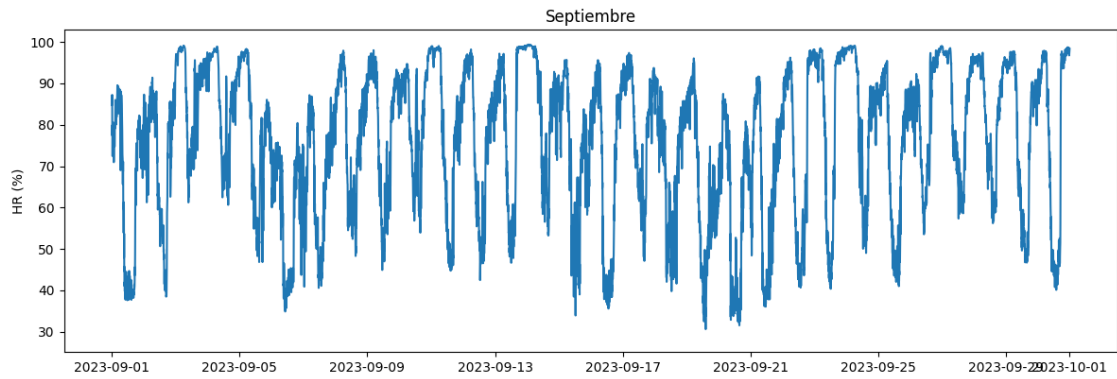
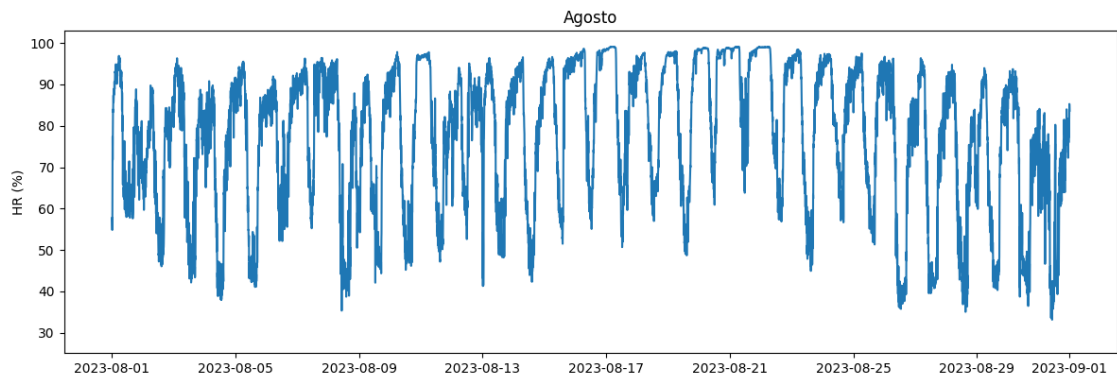
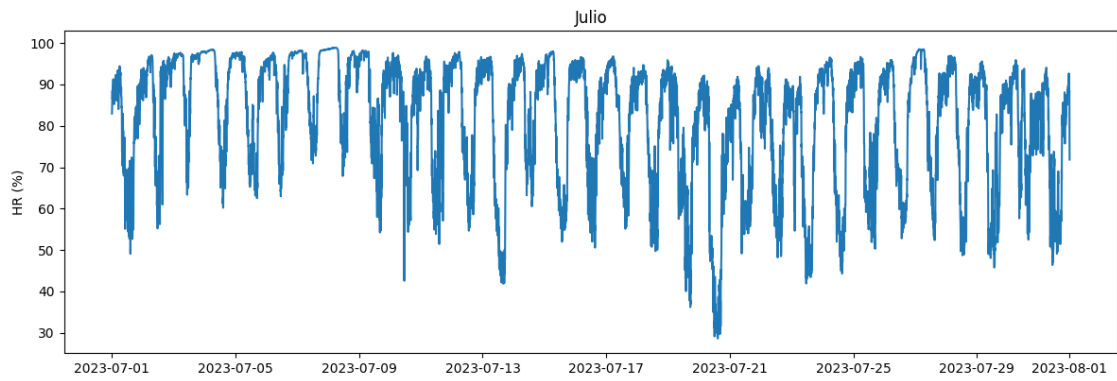
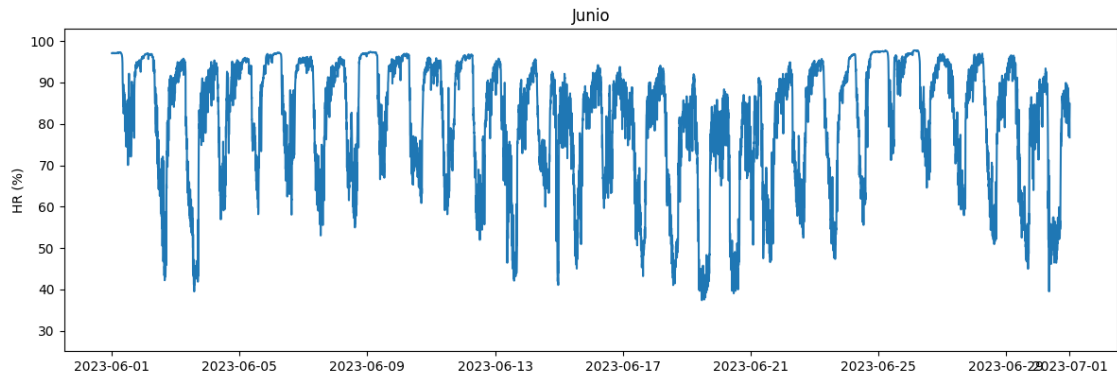
# Configura una figura y subplots para cada uno de los meses.
fig, axs = plt.subplots(4, 1, sharey=True, figsize=(12, 18)) # 6 filas para
      ↪ mayo a octubre.

# Los meses de junio a octubre corresponden a los números 6, 7, 8, 9 y 10.
meses = {6: "Junio", 7: "Julio", 8: "Agosto", 9: "Septiembre"}

# Graficar 'HR' (Humedad Relativa) para cada mes.
for i, (mes_num, mes_name) in enumerate(meses.items()):
    mes_data = df[df.Month == mes_num]
    axs[i].plot(mes_data["HR"])
    axs[i].set_title(mes_name)
    axs[i].set_ylabel("HR (%)")
    #axs[i].set_xticks([]) # Opcional: Ocultar etiquetas en el eje X si se
    ↪ desea.

# Ajusta los títulos y muestra la figura completa.
fig.suptitle(f"Humedad Relativa mensual en 2023 para {place}")
plt.tight_layout(rect=[0, 0.03, 1, 0.95]) # Ajusta el layout para evitar la
      ↪ superposición de títulos.
plt.show()
```

Humedad Relativa mensual en 2023 para JCM



10 Impresion en Latex - Script

```
[ ]: !apt-get update
!apt-get install texlive-xetex texlive-fonts-recommended_
↳texlive-generic-recommended
!apt-get install texlive-xetex texlive-fonts-recommended texlive-plain-generic
!jupyter nbconvert --to pdf "/content/drive/MyDrive/TESIS UROSARIO/
↳analisis_data.ipynb"
```

```
Get:1 https://cloud.r-project.org/bin/linux/ubuntu jammy-cran40/ InRelease
[3,626 B]
Hit:2 https://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/repos/ubuntu2204/x86_64
InRelease
Hit:3 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy InRelease
Get:4 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy-updates InRelease [119 kB]
Get:5 http://security.ubuntu.com/ubuntu jammy-security InRelease [110 kB]
Hit:6 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy-backports InRelease
Hit:7 https://ppa.launchpadcontent.net/c2d4u.team/c2d4u4.0+/ubuntu jammy
InRelease
Get:8 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy-updates/main amd64 Packages [1,796
kB]
Hit:9 https://ppa.launchpadcontent.net/deadsnakes/ppa/ubuntu jammy InRelease
Hit:10 https://ppa.launchpadcontent.net/graphics-drivers/ppa/ubuntu jammy
InRelease
Hit:11 https://ppa.launchpadcontent.net/ubuntugis/ppa/ubuntu jammy InRelease
Get:12 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy-updates/universe amd64 Packages
[1,346 kB]
Get:13 http://security.ubuntu.com/ubuntu jammy-security/universe amd64 Packages
[1,074 kB]
Get:14 http://security.ubuntu.com/ubuntu jammy-security/main amd64 Packages
[1,517 kB]
Fetched 5,967 kB in 2s (2,542 kB/s)
Reading package lists... Done
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
Reading state information... Done
E: Unable to locate package texlive-generic-recommended
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
Reading state information... Done
The following additional packages will be installed:
  dvisvgm fonts-droid-fallback fonts-lato fonts-lmodern fonts-noto-mono fonts-
texgyre
  fonts-urw-base35 libapache-pom-java libcommons-logging-java libcommons-parent-
java
  libfontbox-java libfontenc1 libgs9 libgs9-common libidn12 libijs-0.35
libjbig2dec0 libkpathsea6
```

```

libpdfbox-java libptexenc1 libruby3.0 libsynchronet2 libteckit0 libtexlua53
libtexluajit2 libwoff1
libzip-0-13 lmodern poppler-data preview-latex-style rake ruby ruby-net-
telnet ruby-rubygems
ruby-webrick ruby-xmlrpc ruby3.0 rubygems-integration t1utils teckit tex-
common tex-gyre
texlive-base texlive-binaries texlive-latex-base texlive-latex-extra texlive-
latex-recommended
texlive-pictures tipa xfonts-encodings xfonts-utils
Suggested packages:
fonts-noto fonts-freefont-otf | fonts-freefont-ttf libavalon-framework-java
libcommons-logging-java-doc libexcalibur-logkit-java liblog4j1.2-java poppler-
utils ghostscript
fonts-japanese-mincho | fonts-ipafont-mincho fonts-japanese-gothic | fonts-
ipafont-gothic
fonts-arphic-ukai fonts-arphic-uming fonts-nanum ri ruby-dev bundler debhelper
gv
| postscript-viewer perl-tk xpdf | pdf-viewer xzdec texlive-fonts-recommended-
doc
texlive-latex-base-doc python3-pygments icc-profiles libfile-which-perl
libspreadsheet-parseexcel-perl texlive-latex-extra-doc texlive-latex-
recommended-doc
texlive-luatex texlive-pstricks dot2tex prerex texlive-pictures-doc vprerex
default-jre-headless
tipa-doc
The following NEW packages will be installed:
dvisvgm fonts-droid-fallback fonts-lato fonts-lmodern fonts-noto-mono fonts-
texgyre
fonts-urw-base35 libapache-pom-java libcommons-logging-java libcommons-parent-
java
libfontbox-java libfontenc1 libgs9 libgs9-common libidn12 libijs-0.35
libjbig2dec0 libkpathsea6
libpdfbox-java libptexenc1 libruby3.0 libsynchronet2 libteckit0 libtexlua53
libtexluajit2 libwoff1
libzip-0-13 lmodern poppler-data preview-latex-style rake ruby ruby-net-
telnet ruby-rubygems
ruby-webrick ruby-xmlrpc ruby3.0 rubygems-integration t1utils teckit tex-
common tex-gyre
texlive-base texlive-binaries texlive-fonts-recommended texlive-latex-base
texlive-latex-extra
texlive-latex-recommended texlive-pictures texlive-plain-generic texlive-xetex
tipa
xfonts-encodings xfonts-utils
0 upgraded, 54 newly installed, 0 to remove and 36 not upgraded.
Need to get 182 MB of archives.
After this operation, 571 MB of additional disk space will be used.
Get:1 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy/main amd64 fonts-droid-fallback all
1:6.0.1r16-1.1build1 [1,805 kB]

```

Get:2 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 fonts-lato all 2.0-2.1 [2,696 kB]
Get:3 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 poppler-data all 0.4.11-1 [2,171 kB]
Get:4 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 tex-common all 6.17 [33.7 kB]
Get:5 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 fonts-urw-base35 all 20200910-1 [6,367 kB]
Get:6 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 libgs9-common all 9.55.0~dfsg1-0ubuntu5.6 [751 kB]
Get:7 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 libidn12 amd64 1.38-4ubuntu1 [60.0 kB]
Get:8 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 libijs-0.35 amd64 0.35-15build2 [16.5 kB]
Get:9 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 libjbig2dec0 amd64 0.19-3build2 [64.7 kB]
Get:10 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 libgs9 amd64 9.55.0~dfsg1-0ubuntu5.6 [5,031 kB]
Get:11 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 libkpathsea6 amd64 2021.20210626.59705-1ubuntu0.1 [60.3 kB]
Get:12 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 libwoff1 amd64 1.0.2-1build4 [45.2 kB]
Get:13 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 dvisvgm amd64 2.13.1-1 [1,221 kB]
Get:14 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 fonts-lmodern all 2.004.5-6.1 [4,532 kB]
Get:15 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 fonts-noto-mono all 20201225-1build1 [397 kB]
Get:16 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 fonts-texgyre all 20180621-3.1 [10.2 MB]
Get:17 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 libapache-pom-java all 18-1 [4,720 B]
Get:18 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 libcommons-parent-java all 43-1 [10.8 kB]
Get:19 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 libcommons-logging-java all 1.2-2 [60.3 kB]
Get:20 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 libfontenc1 amd64 1:1.1.4-1build3 [14.7 kB]
Get:21 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 libptexenc1 amd64 2021.20210626.59705-1ubuntu0.1 [39.1 kB]
Get:22 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 rubygems-integration all 1.18 [5,336 B]
Get:23 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 ruby3.0 amd64 3.0.2-7ubuntu2.4 [50.1 kB]
Get:24 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 ruby-rubygems all 3.3.5-2 [228 kB]
Get:25 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 ruby amd64 1:3.0~exp1 [5,100 B]

Get:26 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 rake all 13.0.6-2 [61.7 kB]
Get:27 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 ruby-net-telnet all 0.1.1-2 [12.6 kB]
Get:28 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 ruby-webrick all 1.7.0-3 [51.8 kB]
Get:29 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 ruby-xmlrpc all 0.3.2-1ubuntu0.1 [24.9 kB]
Get:30 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 libruby3.0 amd64 3.0.2-7ubuntu2.4 [5,113 kB]
Get:31 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 libsyntax2 amd64 2021.20210626.59705-1ubuntu0.1 [55.5 kB]
Get:32 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 libteckit0 amd64 2.5.11+ds1-1 [421 kB]
Get:33 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 libtexlua53 amd64 2021.20210626.59705-1ubuntu0.1 [120 kB]
Get:34 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/main amd64 libtexluajit2 amd64 2021.20210626.59705-1ubuntu0.1 [267 kB]
Get:35 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 libzip-0-13 amd64 0.13.72+dfsg.1-1.1 [27.0 kB]
Get:36 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 xfonts-encodings all 1:1.0.5-0ubuntu2 [578 kB]
Get:37 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 xfonts-utils amd64 1:7.7+6build2 [94.6 kB]
Get:38 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 lmodern all 2.004.5-6.1 [9,471 kB]
Get:39 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 preview-latex-style all 12.2-1ubuntu1 [185 kB]
Get:40 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/main amd64 t1utils amd64 1.41-4build2 [61.3 kB]
Get:41 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 teckit amd64 2.5.11+ds1-1 [699 kB]
Get:42 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 tex-gyre all 20180621-3.1 [6,209 kB]
Get:43 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy-updates/universe amd64 texlive-binaries amd64 2021.20210626.59705-1ubuntu0.1 [9,848 kB]
Get:44 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 texlive-base all 2021.20220204-1 [21.0 MB]
Get:45 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 texlive-fonts-recommended all 2021.20220204-1 [4,972 kB]
Get:46 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 texlive-latex-base all 2021.20220204-1 [1,128 kB]
Get:47 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 libfontbox-java all 1:1.8.16-2 [207 kB]
Get:48 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 libpdfbox-java all 1:1.8.16-2 [5,199 kB]
Get:49 <http://archive.ubuntu.com/ubuntu> jammy/universe amd64 texlive-latex-recommended all 2021.20220204-1 [14.4 MB]

```
Get:50 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy/universe amd64 texlive-pictures
all 2021.20220204-1 [8,720 kB]
Get:51 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy/universe amd64 texlive-latex-extra
all 2021.20220204-1 [13.9 MB]
Get:52 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy/universe amd64 texlive-plain-
generic all 2021.20220204-1 [27.5 MB]
Get:53 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy/universe amd64 tipa all 2:1.3-21
[2,967 kB]
Get:54 http://archive.ubuntu.com/ubuntu jammy/universe amd64 texlive-xetex all
2021.20220204-1 [12.4 MB]
Fetched 182 MB in 5s (38.4 MB/s)
Extracting templates from packages: 100%
Preconfiguring packages ...
Selecting previously unselected package fonts-droid-fallback.
(Reading database ... 121749 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../00-fonts-droid-fallback_1%3a6.0.1r16-1.1build1_all.deb
...
Unpacking fonts-droid-fallback (1:6.0.1r16-1.1build1) ...
Selecting previously unselected package fonts-lato.
Preparing to unpack .../01-fonts-lato_2.0-2.1_all.deb ...
Unpacking fonts-lato (2.0-2.1) ...
Selecting previously unselected package poppler-data.
Preparing to unpack .../02-poppler-data_0.4.11-1_all.deb ...
Unpacking poppler-data (0.4.11-1) ...
Selecting previously unselected package tex-common.
Preparing to unpack .../03-tex-common_6.17_all.deb ...
Unpacking tex-common (6.17) ...
Selecting previously unselected package fonts-urw-base35.
Preparing to unpack .../04-fonts-urw-base35_20200910-1_all.deb ...
Unpacking fonts-urw-base35 (20200910-1) ...
Selecting previously unselected package libgs9-common.
Preparing to unpack .../05-libgs9-common_9.55.0~dfsg1-0ubuntu5.6_all.deb ...
Unpacking libgs9-common (9.55.0~dfsg1-0ubuntu5.6) ...
Selecting previously unselected package libidn12:amd64.
Preparing to unpack .../06-libidn12_1.38-4ubuntu1_amd64.deb ...
Unpacking libidn12:amd64 (1.38-4ubuntu1) ...
Selecting previously unselected package libijs-0.35:amd64.
Preparing to unpack .../07-libijs-0.35_0.35-15build2_amd64.deb ...
Unpacking libijs-0.35:amd64 (0.35-15build2) ...
Selecting previously unselected package libjbig2dec0:amd64.
Preparing to unpack .../08-libjbig2dec0_0.19-3build2_amd64.deb ...
Unpacking libjbig2dec0:amd64 (0.19-3build2) ...
Selecting previously unselected package libgs9:amd64.
Preparing to unpack .../09-libgs9_9.55.0~dfsg1-0ubuntu5.6_amd64.deb ...
Unpacking libgs9:amd64 (9.55.0~dfsg1-0ubuntu5.6) ...
Selecting previously unselected package libkpathsea6:amd64.
Preparing to unpack .../10-libkpathsea6_2021.20210626.59705-1ubuntu0.1_amd64.deb
...

```

Unpacking libkpathsea6:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Selecting previously unselected package libwoff1:amd64.
Preparing to unpack .../11-libwoff1_1.0.2-1build4_amd64.deb ...
Unpacking libwoff1:amd64 (1.0.2-1build4) ...
Selecting previously unselected package dvisvgm.
Preparing to unpack .../12-dvisvgm_2.13.1-1_amd64.deb ...
Unpacking dvisvgm (2.13.1-1) ...
Selecting previously unselected package fonts-lmodern.
Preparing to unpack .../13-fonts-lmodern_2.004.5-6.1_all.deb ...
Unpacking fonts-lmodern (2.004.5-6.1) ...
Selecting previously unselected package fonts-noto-mono.
Preparing to unpack .../14-fonts-noto-mono_20201225-1build1_all.deb ...
Unpacking fonts-noto-mono (20201225-1build1) ...
Selecting previously unselected package fonts-texgyre.
Preparing to unpack .../15-fonts-texgyre_20180621-3.1_all.deb ...
Unpacking fonts-texgyre (20180621-3.1) ...
Selecting previously unselected package libapache-pom-java.
Preparing to unpack .../16-libapache-pom-java_18-1_all.deb ...
Unpacking libapache-pom-java (18-1) ...
Selecting previously unselected package libcommons-parent-java.
Preparing to unpack .../17-libcommons-parent-java_43-1_all.deb ...
Unpacking libcommons-parent-java (43-1) ...
Selecting previously unselected package libcommons-logging-java.
Preparing to unpack .../18-libcommons-logging-java_1.2-2_all.deb ...
Unpacking libcommons-logging-java (1.2-2) ...
Selecting previously unselected package libfontenc1:amd64.
Preparing to unpack .../19-libfontenc1_1%3a1.1.4-1build3_amd64.deb ...
Unpacking libfontenc1:amd64 (1:1.1.4-1build3) ...
Selecting previously unselected package libptexenc1:amd64.
Preparing to unpack .../20-libptexenc1_2021.20210626.59705-1ubuntu0.1_amd64.deb
...
Unpacking libptexenc1:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Selecting previously unselected package rubygems-integration.
Preparing to unpack .../21-rubygems-integration_1.18_all.deb ...
Unpacking rubygems-integration (1.18) ...
Selecting previously unselected package ruby3.0.
Preparing to unpack .../22-ruby3.0_3.0.2-7ubuntu2.4_amd64.deb ...
Unpacking ruby3.0 (3.0.2-7ubuntu2.4) ...
Selecting previously unselected package ruby-rubygems.
Preparing to unpack .../23-ruby-rubygems_3.3.5-2_all.deb ...
Unpacking ruby-rubygems (3.3.5-2) ...
Selecting previously unselected package ruby.
Preparing to unpack .../24-ruby_1%3a3.0~exp1_amd64.deb ...
Unpacking ruby (1:3.0~exp1) ...
Selecting previously unselected package rake.
Preparing to unpack .../25-rake_13.0.6-2_all.deb ...
Unpacking rake (13.0.6-2) ...
Selecting previously unselected package ruby-net-telnet.

```

Preparing to unpack .../26-ruby-net-telnet_0.1.1-2_all.deb ...
Unpacking ruby-net-telnet (0.1.1-2) ...
Selecting previously unselected package ruby-webrick.
Preparing to unpack .../27-ruby-webrick_1.7.0-3_all.deb ...
Unpacking ruby-webrick (1.7.0-3) ...
Selecting previously unselected package ruby-xmlrpc.
Preparing to unpack .../28-ruby-xmlrpc_0.3.2-1ubuntu0.1_all.deb ...
Unpacking ruby-xmlrpc (0.3.2-1ubuntu0.1) ...
Selecting previously unselected package libruby3.0:amd64.
Preparing to unpack .../29-libruby3.0_3.0.2-7ubuntu2.4_amd64.deb ...
Unpacking libruby3.0:amd64 (3.0.2-7ubuntu2.4) ...
Selecting previously unselected package libsyntax2:amd64.
Preparing to unpack .../30-libsyntax2_2021.20210626.59705-1ubuntu0.1_amd64.deb
...
Unpacking libsyntax2:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Selecting previously unselected package libteckit0:amd64.
Preparing to unpack .../31-libteckit0_2.5.11+ds1-1_amd64.deb ...
Unpacking libteckit0:amd64 (2.5.11+ds1-1) ...
Selecting previously unselected package libtexlua53:amd64.
Preparing to unpack .../32-libtexlua53_2021.20210626.59705-1ubuntu0.1_amd64.deb
...
Unpacking libtexlua53:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Selecting previously unselected package libtexluajit2:amd64.
Preparing to unpack
.../33-libtexluajit2_2021.20210626.59705-1ubuntu0.1_amd64.deb ...
Unpacking libtexluajit2:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Selecting previously unselected package libzip-0-13:amd64.
Preparing to unpack .../34-libzip-0-13_0.13.72+dfsg.1-1.1_amd64.deb ...
Unpacking libzip-0-13:amd64 (0.13.72+dfsg.1-1.1) ...
Selecting previously unselected package xfonts-encodings.
Preparing to unpack .../35-xfonts-encodings_1%3a1.0.5-0ubuntu2_all.deb ...
Unpacking xfonts-encodings (1:1.0.5-0ubuntu2) ...
Selecting previously unselected package xfonts-utils.
Preparing to unpack .../36-xfonts-utils_1%3a7.7+6build2_amd64.deb ...
Unpacking xfonts-utils (1:7.7+6build2) ...
Selecting previously unselected package lmodern.
Preparing to unpack .../37-lmodern_2.004.5-6.1_all.deb ...
Unpacking lmodern (2.004.5-6.1) ...
Selecting previously unselected package preview-latex-style.
Preparing to unpack .../38-preview-latex-style_12.2-1ubuntu1_all.deb ...
Unpacking preview-latex-style (12.2-1ubuntu1) ...
Selecting previously unselected package t1utils.
Preparing to unpack .../39-t1utils_1.41-4build2_amd64.deb ...
Unpacking t1utils (1.41-4build2) ...
Selecting previously unselected package teckit.
Preparing to unpack .../40-teckit_2.5.11+ds1-1_amd64.deb ...
Unpacking teckit (2.5.11+ds1-1) ...
Selecting previously unselected package tex-gyre.

```

Preparing to unpack .../41-tex-gyre_20180621-3.1_all.deb ...
Unpacking tex-gyre (20180621-3.1) ...
Selecting previously unselected package texlive-binaries.
Preparing to unpack .../42-texlive-binaries_2021.20210626.59705-1ubuntu0.1_amd64.deb ...
Unpacking texlive-binaries (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Selecting previously unselected package texlive-base.
Preparing to unpack .../43-texlive-base_2021.20220204-1_all.deb ...
Unpacking texlive-base (2021.20220204-1) ...
Selecting previously unselected package texlive-fonts-recommended.
Preparing to unpack .../44-texlive-fonts-recommended_2021.20220204-1_all.deb ...
Unpacking texlive-fonts-recommended (2021.20220204-1) ...
Selecting previously unselected package texlive-latex-base.
Preparing to unpack .../45-texlive-latex-base_2021.20220204-1_all.deb ...
Unpacking texlive-latex-base (2021.20220204-1) ...
Selecting previously unselected package libfontbox-java.
Preparing to unpack .../46-libfontbox-java_1%3a1.8.16-2_all.deb ...
Unpacking libfontbox-java (1:1.8.16-2) ...
Selecting previously unselected package libpdfbox-java.
Preparing to unpack .../47-libpdfbox-java_1%3a1.8.16-2_all.deb ...
Unpacking libpdfbox-java (1:1.8.16-2) ...
Selecting previously unselected package texlive-latex-recommended.
Preparing to unpack .../48-texlive-latex-recommended_2021.20220204-1_all.deb ...
Unpacking texlive-latex-recommended (2021.20220204-1) ...
Selecting previously unselected package texlive-pictures.
Preparing to unpack .../49-texlive-pictures_2021.20220204-1_all.deb ...
Unpacking texlive-pictures (2021.20220204-1) ...
Selecting previously unselected package texlive-latex-extra.
Preparing to unpack .../50-texlive-latex-extra_2021.20220204-1_all.deb ...
Unpacking texlive-latex-extra (2021.20220204-1) ...
Selecting previously unselected package texlive-plain-generic.
Preparing to unpack .../51-texlive-plain-generic_2021.20220204-1_all.deb ...
Unpacking texlive-plain-generic (2021.20220204-1) ...
Selecting previously unselected package tipa.
Preparing to unpack .../52-tipa_2%3a1.3-21_all.deb ...
Unpacking tipa (2:1.3-21) ...
Selecting previously unselected package texlive-xetex.
Preparing to unpack .../53-texlive-xetex_2021.20220204-1_all.deb ...
Unpacking texlive-xetex (2021.20220204-1) ...
Setting up fonts-lato (2.0-2.1) ...
Setting up fonts-noto-mono (20201225-1build1) ...
Setting up libwoff1:amd64 (1.0.2-1build4) ...
Setting up libtexlua53:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Setting up libijs-0.35:amd64 (0.35-15build2) ...
Setting up libtexluajit2:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Setting up libfontbox-java (1:1.8.16-2) ...
Setting up rubygems-integration (1.18) ...
Setting up libzip-0-13:amd64 (0.13.72+dfsg.1-1.1) ...

```

Setting up fonts-urw-base35 (20200910-1) ...
Setting up poppler-data (0.4.11-1) ...
Setting up tex-common (6.17) ...
update-language: texlive-base not installed and configured, doing nothing!
Setting up libfontenc1:amd64 (1:1.1.4-1build3) ...
Setting up libjbig2dec0:amd64 (0.19-3build2) ...
Setting up libteckit0:amd64 (2.5.11+ds1-1) ...
Setting up libapache-pom-java (18-1) ...
Setting up ruby-net-telnet (0.1.1-2) ...
Setting up xfonts-encodings (1:1.0.5-0ubuntu2) ...
Setting up t1utils (1.41-4build2) ...
Setting up libidn12:amd64 (1.38-4ubuntu1) ...
Setting up fonts-texgyre (20180621-3.1) ...
Setting up libkpathsea6:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Setting up ruby-webrick (1.7.0-3) ...
Setting up fonts-lmodern (2.004.5-6.1) ...
Setting up fonts-droid-fallback (1:6.0.1r16-1.1build1) ...
Setting up ruby-xmlrpc (0.3.2-1ubuntu0.1) ...
Setting up libsyntax2:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Setting up libgs9-common (9.55.0~dfsg1-0ubuntu5.6) ...
Setting up teckit (2.5.11+ds1-1) ...
Setting up libpdfbox-java (1:1.8.16-2) ...
Setting up libgs9:amd64 (9.55.0~dfsg1-0ubuntu5.6) ...
Setting up preview-latex-style (12.2-1ubuntu1) ...
Setting up libcommons-parent-java (43-1) ...
Setting up dvisvgm (2.13.1-1) ...
Setting up libcommons-logging-java (1.2-2) ...
Setting up xfonts-utils (1:7.7+6build2) ...
Setting up libptexenc1:amd64 (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
Setting up texlive-binaries (2021.20210626.59705-1ubuntu0.1) ...
update-alternatives: using /usr/bin/xdvi-xaw to provide /usr/bin/xdvi.bin
(xdvi.bin) in auto mode
update-alternatives: using /usr/bin/bibtex.original to provide /usr/bin/bibtex
(bibtex) in auto mode
Setting up lmodern (2.004.5-6.1) ...
Setting up texlive-base (2021.20220204-1) ...
/usr/bin/ucfr
/usr/bin/ucfr
/usr/bin/ucfr
/usr/bin/ucfr
mktexlsr: Updating /var/lib/texmf/ls-R-TEXLIVEDIST...
mktexlsr: Updating /var/lib/texmf/ls-R-TEXMFMAIN...
mktexlsr: Updating /var/lib/texmf/ls-R...
mktexlsr: Done.
tl-paper: setting paper size for dvips to a4:
/var/lib/texmf/dvips/config/config-paper.ps
tl-paper: setting paper size for dvipdfmx to a4:
/var/lib/texmf/dvipdfmx/dvipdfmx-paper.cfg

```

```
tl-paper: setting paper size for xdvi to a4: /var/lib/texmf/xdvi/XDvi-paper
tl-paper: setting paper size for pdftex to a4: /var/lib/texmf/tex/generic/tex-
ini-files/pdftexconfig.tex
Setting up tex-gyre (20180621-3.1) ...
Setting up texlive-plain-generic (2021.20220204-1) ...
Setting up texlive-latex-base (2021.20220204-1) ...
Setting up texlive-latex-recommended (2021.20220204-1) ...
Setting up texlive-pictures (2021.20220204-1) ...
Setting up texlive-fonts-recommended (2021.20220204-1) ...
Setting up tipa (2:1.3-21) ...
Setting up texlive-latex-extra (2021.20220204-1) ...
Setting up texlive-xetex (2021.20220204-1) ...
Setting up rake (13.0.6-2) ...
Setting up libruby3.0:amd64 (3.0.2-7ubuntu2.4) ...
Setting up ruby3.0 (3.0.2-7ubuntu2.4) ...
Setting up ruby (1:3.0~exp1) ...
Setting up ruby-rubygems (3.3.5-2) ...
Processing triggers for man-db (2.10.2-1) ...
Processing triggers for fontconfig (2.13.1-4.2ubuntu5) ...
Processing triggers for libc-bin (2.35-0ubuntu3.4) ...
```



GIRSOL

**ESTACION EXPERIMENTAL
JOSE CELESTINO MUTIS
Oferta Comercial**



GIRSOL

Tecnología verde

Proyecto Fotovoltaico On Grid

Sres.

UNIVERSIDAD NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO

De **GIRSOL SAS**
Teléfono **+57321 4518801**
Correo electrónico **maira.parra@girsol.com.co**
Oferta No. **GS-043-23**
Fecha **19/09/2023**
Asunto **Propuesta técnica comercial sistema Fotovoltaico On Grid**

Señor(a) Sr(a),

Agradecemos su invitación para participar en este importante proyecto y adjuntamos nuestra propuesta técnica y comercial para el suministro e instalación de los equipos requeridos conforme a las especificaciones acordadas con ustedes.

Para el proyecto en referencia, nos complace presentarle los productos que se indican en la siguiente oferta.

El concepto On Grid hace referencia al tipo de instalación que se encuentra conectado a la red de distribución, permitiendo que los clientes puedan generar y consumir energía solar, pero con el respaldo de la red eléctrica en casos de que su empresa o residencia consuma más energía de la generada por los paneles.

Cordial saludo

Resumen

Cliente	Nombre del Cliente	UNIVERSIDAD NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO
	Persona de contacto	
	Teléfono	
	Correo electrónico	
Proyecto	Nombre del Proyecto	ESTACION EXPERIMENTAL JOSE CELESTINO MUTIS
	Dirección del Proyecto	La Vega - Cundinamarca
	Segmento del edificio	
	Empresa	Girsol SA
	Persona contacto	Maira Parra
	Teléfono	+573214518801
	Correo electrónico	maira.parra@girsol.com.co

Índice de nuestra propuesta	Resumen	2
	Descripción del Proyecto	3
	Especificación Técnica	6
	Resumen de Precios	7
	Términos y Condiciones Generales	8

Proyecto Fotovoltaico On Grid

Descripción del Proyecto



Ubicación Lafallete

Para determinar el periodo de retorno de la inversión del proyecto y el beneficio económico que obtendrá el cliente durante todo el tiempo de vida útil del proyecto, se ha consultado una fuente oficial de la UPME y el histórico de los costos del kWh de la energía en los últimos años. Se ha tomado el histórico y a partir de ahí se establece una fórmula de proyección lineal que puede determinar con gran precisión el costo promedio de la energía en los próximos 25 años (tiempo estimado de vida útil del proyecto).

Proyecto Fotovoltaico On Grid

Descripción del Proyecto

Implementar un sistema solar fotovoltaico conectado a la red (On Grid) que permita reducir los costos de la factura de energía eléctrica de una vivienda ubicada en la ciudad de Barranquilla en el departamento del Atlántico, promoviendo el uso de las energías renovables.

Última tecnología y mayor comodidad,

Los paneles usados en los proyectos SSFV representa una alta confiabilidad.

Diseño flexible,

El dimensionamiento de este proyecto se realizó buscando la mayor comodidad y aprovechamiento de los espacios disponibles.

Innovación en tecnología,

Con el aprovechamiento del potencial solar que cubre la zona de La Vega - Cundinamarca, se busca convertir esta propuesta en un proyecto de energía verde.

Ambientalmente sano,

Este proyecto establece compromisos ecológicos desde su diseño hasta su implementación.



Modelo de sistema On Grid

Proyecto Fotovoltaico On Grid

Descripción del Proyecto

Características principales

Características detalladas

Valor seleccionado

Ubicación

La Vega - Cundinamarca

Coordenadas

4.9559, -74.3818

Conectado a la red

Si

Potencial Solar

4.7 kWh/m²*día

Tarifa energética OR

≤ 732 COP/kWh



#	Descripción	Área (m2)
1	Área Útil	40

Proyecto Fotovoltaico On Grid

Descripción del Proyecto

Opción 1. Reducción de consumo del operador de red (45%)

Características principales

Características principales

Valor seleccionado

Proyecto

Fotovoltaico On Grid

Categoría del proyecto

Proyecto de generación eléctrica a partir de solución fotovoltaica

Grupo de económico

Residencial

Número de Paneles (530 Wp)

4

Capacidad instalada KWp

2,12 KWp

Número de inversores (2 KW)

1

Área requerida

10 m²

Dimensiones del area

2 m x 5 m

Tipo de instalación

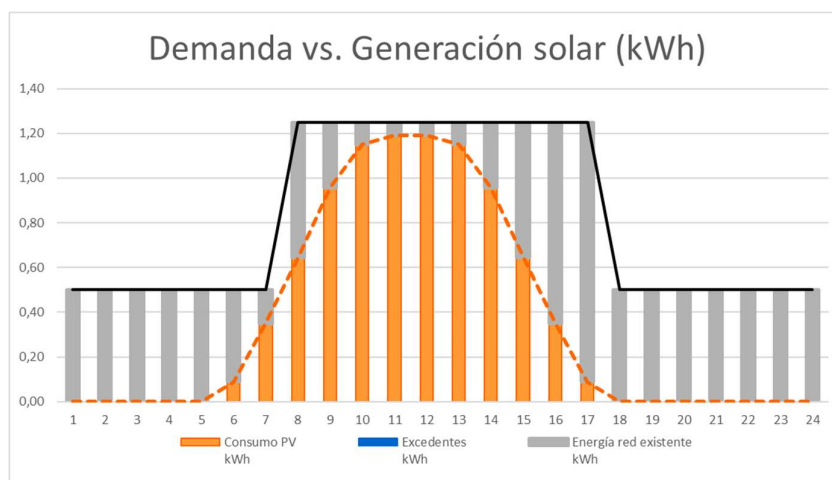
Residencia

elevación de la instalación

0.5 m

Conectado a la red

Autoconsumo



Proyecto Fotovoltaico On Grid

Descripción del Proyecto

Opción 2. Almacenamiento en banco de baterías - Reducción (70%)

Características principales

Características principales

Valor seleccionado

Proyecto

Fotovoltaico On Grid

Categoría del proyecto

Proyecto de generación eléctrica a partir de solución fotovoltaica

Grupo de económico

Residencial

Número de Paneles (545 Wp)

8

Capacidad instalada KWp

3,27 KWp

Número de inversores (3 KW)

1

Baterías tipo Gel 120 Ah

4

Área requerida

20 m²

Dimensiones del área

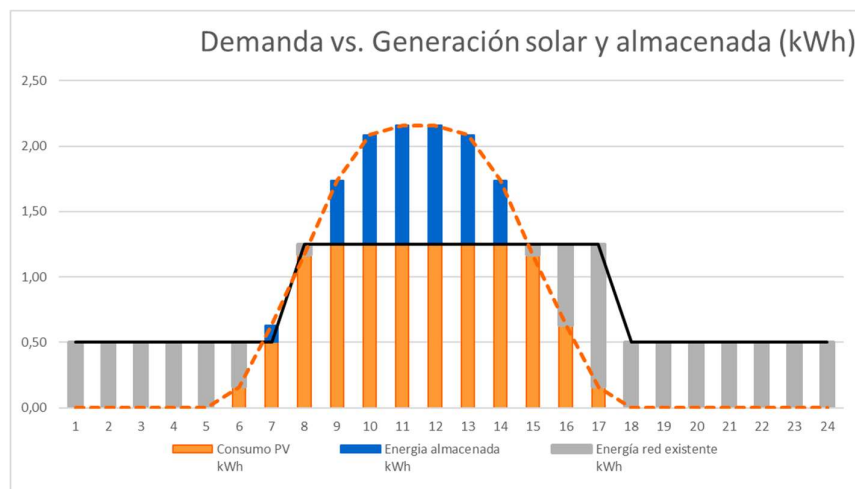
4 m x 5 m

Elevación de la instalación

0.5 m

Conectado a la red

Autoconsumo



Proyecto Fotovoltaico On Grid

Resumen de Precios

Opción 1. Reducción de consumo del operador de red (45%)

Costo directo		\$ 14.726.677
A	14%	\$ 2.061.735
I	1%	\$ 147.267
U	5%	\$ 736.334
IVA Sobre U	19%	\$ 139.903
TOTAL		\$ 17.811.916

El material importado se calculará, con la TRM correspondiente al día en el que se realice el pago del material. Se calculo con la TRM correspondiente al día de presentación de la oferta.

El impuesto a las ventas (IVA) se determinará en el momento de la emisión de la factura y a la tarifa vigente incluso por modificaciones introducidas por una reforma tributaria, a partir de la fecha que tenga vigencia la nueva tarifa.

AHORRO EN FACTURA CONVENCIONAL POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA GENERADA					
ENERGÍA SOLAR kWh/añual	TARIFA PAGADA DE ENERGÍA kWh/añual	AHORRO POR ENERGÍA SOLAR ANUAL COP/añual	AHORRO POR CONTRIBUCIÓN (20%)	AHORRO TOTAL PRIMER AÑO	
3195	731,1	\$ 2.336.172	\$ 467.234	\$ 2.803.407	AÑO 1
				\$ 3.504.258	AÑO 2
				\$ 4.275.195	AÑO 3
				\$ 5.215.738	AÑO 4
				\$ 6.363.201	AÑO 5 - RETORNO INVERSIÓN
				\$ 19.358.393	

- Para el dimensionamiento del sistema solar es necesario el perfil de demanda horario o la demanda diaria, para así determinar el sistema óptimo para el cliente. En este caso se supone un consumo constante, tanto de día como de noche. Este perfil deberá ser verificado con analizador de red instrumento similar para sintonizar sistema solar
- En este caso se estima de acuerdo con demanda promedio mensual y se sobrepone son sistema propuesta, el cual mitiga demanda en 45%.

Proyecto Fotovoltaico On Grid

Resumen de Precios

Opción 2. Almacenamiento en banco de baterías reducción (70%)

Costo directo		\$ 31.773.562
A	14%	\$ 4.448.299
I	1%	\$ 317.736
U	5%	\$ 1.588.678
IVA Sobre U	19%	\$ 301.849
TOTAL		\$ 38.430.123

El material importado se calculará, con la TRM correspondiente al día en el que se realice el pago del material. Se calculo con la TRM correspondiente al día de presentación de la oferta.

El impuesto a las ventas (IVA) se determinará en el momento de la emisión de la factura y a la tarifa vigente incluso por modificaciones introducidas por una reforma tributaria, a partir de la fecha que tenga vigencia la nueva tarifa.

AHORRO EN FACTURA CONVENCIONAL POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA GENERADA					
ENERGÍA SOLAR kWh/añual	TARIFA PAGADA DE ENERGÍA kWh/añual	AHORRO POR ENERGÍA SOLAR ANUAL COP/añual	AHORRO POR CONTRIBUCIÓN (20%)	AHORRO TOTAL PRIMER AÑO	
5797	731,1	\$ 4.238.751	\$ 847.750	\$ 5.086.501	AÑO 1
				\$ 6.358.127	AÑO 2
				\$ 7.756.914	AÑO 3
				\$ 9.463.436	AÑO 4
				\$ 11.545.392	AÑO 5
				\$ 13.854.470	AÑO 6 - RETORNO INVERSIÓN
				\$ 48.978.338	

- Esta opción contempla un banco de baterías con 4 unidades en serie, 8 paneles solares de 530Wp, capaz de respaldar las cargas críticas o esenciales durante 6 horas aproximadamente.
-
- Además de proporcionar un respaldo para cargas esenciales durante 4 -6 horas, también mitiga el consumo de la demanda promedio en casi 70% aproximadamente.

Proyecto Fotovoltaico On Grid

Términos y Condiciones Generales

Se suministra los equipos y materiales de acuerdo con un dimensionamiento estándar con parámetros básicos iniciales de insumo. Cualquier cambio que se derive por la ingeniería de detalle del proyecto que modifique la cantidad de equipos, disposición y ubicación de estos en sitio, instalación y obra civil adicional que no haya sido contemplada, tiempos de ejecución, entre otros aspectos, serán concertados previamente entre la Empresa Contratante y el proveedor de los servicios, lo cual cambiarían las condiciones comerciales de la propuesta presentada

Condiciones comerciales de la oferta

1. Validez de la oferta

30 días a partir de la fecha de la presente propuesta.

2. Forma de pago

Factura. Cada hito de pago será facturado con su valor correspondiente

Plan de pagos

Material Importado - Nacional

60.00 %	Firma del contrato
30.00 %	Pago a los 30 días de la firma del contrato
10.00 %	Pago a los 90 días de la firma del contrato

3. Garantías

- Paneles Solares:

Los paneles solares se garantizan por un periodo de 12 años a partir de la puesta en servicio. Los tiempos de atraso en la instalación del sistema solar que sean imputables al cliente serán contados como tiempo de garantía.

- Equipos auxiliares:

Los equipos auxiliares como microinversores, transferencias y sistemas de sincronismo, cuentan con 2 años de garantía por defectos en la fabricación de estos, contados a partir de la puesta en servicio o 2 años contados desde la fecha de entrega en las instalaciones del cliente, lo que primero ocurra.

La garantía no incluirá daños que se generan por actividades de operación inadecuada por parte del cliente, fluctuaciones de energía del operador de red del área local o la mala manipulación de los equipos por parte cliente.

Proyecto Fotovoltaico On Grid

Términos y Condiciones Generales

Aceptación de la Oferta

Aceptación de la Oferta

1. Consentimiento de lectura y aceptación de la Oferta

Al firmar las partes en común acuerdo manifiestan que conocen y aceptan en su totalidad el contenido de la presente Oferta.

2. Direcciones del contratante

El contratante deberá indicar al momento de la firma de la Oferta, la dirección de entrega de los materiales y la dirección para el envío de la facturación. En el caso de tener que hacer algún cambio, este debe ser notificado con un periodo no inferior a 15 días calendario al correo electrónico maira.parra@girsol.com.co con el fin de no afectar los plazos del contrato.

Dirección entrega de materiales: _____

Dirección entrega de facturación: _____

Firma del Contratista:

Fecha de firma:

.....

Firma del Contratante:

Fecha de firma:

Atentamente,



Maira Johana Parra Polanco
Gerente General
GIRSOL S.A.S.

www.girsol.com.co



Calle 18a # 69f 36
+57 321 451 88 01
Bogotá, Colombia

 /girsolsas

 /girsol

 /girsol_sas





R&R Ingeniería y Redes S.A.S

Bogotá D.C., 3 de enero de 2024

**Señores
Universidad del Rosario
Ing. Camilo Andrés Salamanca
La Ciudad**

**Ref. COT_202401 INSTALACION, SUMINISTRO Y PUESTA EN MARCHA DE
PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 10 kW**

Reciba un cordial saludo.

De acuerdo con su gentil solicitud. estamos enviando a ustedes la propuesta completa referente a:

“INSTALACION, SUMINISTRO Y PUESTA EN MARCHA DE PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 10 kW”

Todo nuestro personal Administrativo. Técnico y Operativo. agradece a ustedes la confianza depositada en nosotros.

Estaremos siempre comprometidos con ustedes para realizar todo nuestro trabajo con diligencia y profesionalismo. Esperamos cumplir con sus expectativas.

Atentamente.

ING. REIMILER SANTIESTEBAN GERRERO
Gerente Administrativo
R&R Ingeniería y Redes S.A.S
Cel: 320-3062508

1. PROPUESTA ECONOMICA

INSTALACION, SUMINISTRO Y PUESTA EN MARCHA DE PLANTA SOLAR DE 10 Kw					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VALOR VENTA	VALOR TOTAL
1	Suministro de modulo Jinko Solar 565Wp 37V Ref: JKM565M-7RL 4-V monocristalino línea residencial.	Und	20	\$ 491.833	\$ 9.836.665
2	Suministro de Inversor Huawei Technoogies de 10 kW Ref: SUN2000-10KTL-M1 trifásico 220Vac	Und	1	\$ 7.554.020	\$ 7.554.020
3	Suministro de batería Turbo Energy de lithium 48V 3.6kWh 75-77 Ah	Und	5	\$ 5.931.276	\$ 29.656.378
4	Soportes e infraestructura para módulos	Und	20	\$ 82.390	\$ 1.647.794
5	Accesorios y sujetadores	Glb	1	\$ 862.528	\$ 862.528
6	Cableado fotovoltaico calibre 3X10+1X10 mm2 para conexiones eléctricas	Mts	120	\$ 14.678	\$ 1.761.300
7	Caja de conexiones eléctricas	Und	1	\$ 880.650	\$ 880.650
8	Sistema de monitoreo S2-WL-ST SOLIS	Und	1	\$ 383.572	\$ 383.572
9	Sistema de medición con piranómetro	Und	1	\$ 1.174.200	\$ 1.174.200
10	Sistema de protección con para rayos. Incluye maya de puesta a tierra y bajantes en aluminio	Glb	1	\$ 6.900.304	\$ 6.900.304
11	Estudios de ingeniería, diseño, análisis económico, estudios ambientales y permisos de conexión al Operador de Red	Glb	1	\$ 6.442.209	\$ 6.442.209
12	Mano de obra para instalación de paneles, inversor, baterías e infraestructura. Incluye transporte y conexión a red.	Glb	1	\$ 2.691.110	\$ 2.691.110
13	Mantenimiento anual. Incluye revisión y ajuste de contactos y limpieza de módulos solares	Glb	1	\$ 2.685.004	\$ 2.685.004
				Sub-total	\$ 72.475.734
				Iva 19%	\$ 5.634.712
				Retefuente 2,5%	\$ 1.811.893
				TOTAL	\$ 76.298.552

2. CONDICIONES COMERCIALES

Forma de Pago:

50% Anticipo
40% Avances de obra
10% Contra entrega

Notas:

- ▣ Se debe validar disponibilidad de unidades antes de realizar orden de compra y consignación del anticipo.
- ▣ Una vez cancelado el anticipo la entrega de paneles e inversor se hará 20 días hábiles después de la confirmación del anticipo. Tener en cuenta por favor estos tiempos para el inicio del proyecto.
- ▣ La garantía sobre la instalación será de 1 año
- ▣ Confirmar capacidad de los equipos previo a la compra porque una vez entregados no se hacen cambios por capacidad.
- ▣ Para cambios por defecto de fabricación por favor remitirse a las políticas de cambios y garantías de la compañía
- ▣ Oferta valida por 8 días debido a la volatilidad del mercado y los precios internacionales.
- ▣ El anticipo se debe girar a la cuenta de Ahorros Bancolombia # 28181118956

Orden de Compra:

Para la aprobación de esta cotización por parte de ustedes. favor enviar orden de compra. vía mail a nombre de:

R&R Ingeniería y Redes S.A.S
Nit: 900.502.387-4
PEDRO GUSTAVO GUERRERO MORENO
Gerente Comercial
Email: ingenieriayredesas@gmail.com
Web site: ingenieriayredes.wix.com/ryingenieria

EMPRESA: MAYORGA ESCOBAR RONALD ANDRES

SEÑOR(ES):

CIUDAD: BOGOTA

CARGO:

Es grato para **GRUPO SOLAIRE SAS**, tener la oportunidad de ofrecerle nuestros productos, con la seguridad de contar con la capacidad, equipo y conocimientos técnicos para suministrarle soluciones que aumenten su confort.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANT.	PRECIO UNT.	DTO. %	PRECIO CON DCTO.	TOTAL
NFES0001	ALURACK ESTRUCTURA MRAIL 4.15 METROS	4	\$ 118.000	0%	\$ 118.000	\$ 472.000
NFES0019	ALURACK ESTRUCTURA MRAIL 4.30 METROS	4	\$ 124.200	0%	\$ 124.200	\$ 496.800
NFES0037	ALURACK ESTRUCTURA MRAIL 4.70 METROS	4	\$ 137.000	0%	\$ 137.000	\$ 548.000
NFES0011	ALURACK ESTRUCTURA ECLAMP 3.5 CM	8	\$ 4.600	0%	\$ 4.600	\$ 36.800
NFES0003	ALURACK ESTRUCTURA UNION PERFIL DE 20 CENTIMETROS	8	\$ 4.500	0%	\$ 4.500	\$ 36.000
NFES0016	ALURACK ESTRUCTURA TORNILLO M8 X 30	16	\$ 840	0%	\$ 840	\$ 13.440
NFES0012	ALURACK ESTRUCTURA MCLAMP 3.5 CM	40	\$ 4.600	0%	\$ 4.600	\$ 184.000
NFES0007	ALURACK ESTRUCTURA L	36	\$ 5.300	0%	\$ 5.300	\$ 190.800
NFES0021	ALURACK ESTRUCTURA GROUND CLAMP	2	\$ 5.500	0%	\$ 5.500	\$ 11.000
NFPA0014	JINKO MODULO FOTOVOLTAICO MONOPERC TIGER JINKO 565 Wp NEO	22	\$ 498.500	0%	\$ 498.500	\$ 10.967.000
NFCA0002	PROCABLE REF10 NEGRO C PV 6MM CU(FLEX) XLPE SR 1800V 90°C PVC	80	\$ 5.000	0%	\$ 5.000	\$ 400.000
NFIN0091	HUAWEI SUN2000-10K-LC0	1	\$ 7.550.000	0%	\$ 7.550.000	\$ 7.550.000
NFAC0038	HUAWEI DTSU666-H 250A/50MA SMART POWER SENSOR	1	\$ 390.000	0%	\$ 390.000	\$ 390.000

Vigencia: valido por tres (3) días calendario o hasta agotar inventario. La reserva de equipos se realiza con orden de compra y/o confirmación de anticipo según lo pactado

1. Instalación y montaje por cuenta del cliente.
2. Precios puestos en nuestra planta de Yumbo (Valle - Colombia). Los fletes corren por cuenta del cliente.
3. Transferencias o consignaciones efectuarlas a nombre de **GRUPO SOLAIRE SAS** Nit: 900.385.084-5 en la cuenta corriente N° 061-63572064 de Bancolombia, en la cuenta corriente N° 016-069996524 de Davivienda o en la cuenta corriente N° 0813000100024361 de BBVA
4. Es importante que el cliente verifique que los artículos cotizados en la oferta estén conforme a la solicitud realizada antes de ser aprobada.
5. El despacho se realizará hasta 4 días hábiles posterior al envío de la orden de compra y/o comprobante de pago.

La información aportada se considera confidencial. Ninguna de las partes podrá revelar a una tercera persona la información aquí contenida, sin autorización expresa de la otra parte.

GRUPO SOLAIRE SAS agradece la invitación a presentar esta oferta y está a su disposición para resolver cualquier inquietud técnica o comercial que pueda

Cordialmente,

CAMILO MORALES
 Coordinador de Ingeniería
 coordinadoringenieria@solaire.com.co
 Móvil: 317-6400497



EMPRESA: MAYORGA ESCOBAR RONALD ANDRES

SEÑOR(ES):

CIUDAD: BOGOTA

CARGO:

Es grato para **GRUPO SOLAIRE SAS**, tener la oportunidad de ofrecerle nuestros productos, con la seguridad de contar con la capacidad, equipo y conocimientos técnicos para suministrarle soluciones que aumenten su confort.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANT.	PRECIO UNT.	DTO. %	PRECIO CON DCTO.	TOTAL
NFAC0041	HUAWEI SDONGLEA-05 INVERTER EXTERNAL WLAN-FE DONGLE	1	\$ 250.000	0%	\$ 250.000	\$ 250.000
NFAC0051	HUAWEI BACKUP BOX-B0 (SINGLE PHASE)	1	\$ 4.500.000	0%	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000

OBSERVACIONES:

-Forma de Pago: Contado

PUESTO EN BODEGA CALI.

SUB-TOTAL	\$	26.045.840
DES. GLOBAL	0 % \$	0
VALOR ANTES IVA	\$	26.045.840
IVA	\$	1.430.479,60
VALOR TOTAL	\$	27.476.319,60

Vigencia: valido por tres (3) días calendario o hasta agotar inventario. La reserva de equipos se realiza con orden de compra y/o confirmación de anticipo según lo pactado

1. Instalación y montaje por cuenta del cliente.
2. Precios puestos en nuestra planta de Yumbo (Valle - Colombia). Los fletes corren por cuenta del cliente.
3. Transferencias o consignaciones efectuarlas a nombre de **GRUPO SOLAIRE SAS** Nit: 900.385.084-5 en la cuenta corriente N° 061-63572064 de Bancolombia, en la cuenta corriente N° 016-069996524 de Davivienda o en la cuenta corriente N° 0813000100024361 de BBVA
4. Es importante que el cliente verifique que los artículos cotizados en la oferta estén conforme a la solicitud realizada antes de ser aprobada.
5. El despacho se realizará hasta 4 días hábiles posterior al envío de la orden de compra y/o comprobante de pago.

La información aportada se considera confidencial. Ninguna de las partes podrá revelar a una tercera persona la información aquí contenida, sin autorización expresa de la otra parte.

GRUPO SOLAIRE SAS agradece la invitación a presentar esta oferta y está a su disposición para resolver cualquier inquietud técnica o comercial que pueda

Cordialmente,

CAMILO MORALES
Coordinador de Ingeniería
coordinadoringenieria@solaire.com.co
Móvil: 317-6400497



Datos del Cliente /

Razón Social COLEGIO MAYOR DE NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO
NIT 860007759-3
Contacto Compras UROSARIO
Correo
Dirección Carrera 24 N° 63C-69
Ciudad Bogotá
Teléfono 314 333 9076

Número de Cotización

COT1012024

Fecha /

5/01/2024

Item	Descripción del producto	Imagen	Cantidad	Entrega	Valor Unitario	Total
1	Suministro de modulo Jinko Solar 565Wp 37V Ref: JKM565M-7RL 4-V monocristalino línea residencial.		20	2 -3 Semanas	\$ 557.800	\$ 11.156.000
2	Suministro de Inversor Huawei Technooogies de 10 kW Ref: SUN2000-10KTL-M1 trifásico 220Vac		1	2 -3 Semanas	\$ 7.556.600	\$ 7.556.600
3	Suministro de batería Turbo Energy de lithium 48V 3.6kWh 75-77 Ah		5	2 -3 Semanas	\$ 6.126.500	\$ 30.632.500
4	Soportes e infraestructura para módulos		20	2 -3 Semanas	\$ 93.435	\$ 1.868.700
5	Accesorios y sujetadores		1	2 -3 Semanas	\$ 862.368	\$ 862.368
6	Cableado fotovoltaico calibre 3X10+1X10 mm2 para conexiones eléctricas		120	2 -3 Semanas	\$ 14.678	\$ 1.761.360
7	Caja de conexiones eléctricas		1	2 -3 Semanas	\$ 880.476	\$ 880.476
8	Sistema de monitoreo S2-WL-ST SOLIS		1	2 -3 Semanas	\$ 383.572	\$ 383.572
9	Sistema de medición con piranómetro valor Unitario por mes		1	Mensual	\$ 1.173.968	\$ 1.173.968
10	Sistema de protección con para rayos. Incluye maya de puesta a tierra y bajantes en aluminio		1	2 -3 Semanas	\$ 6.898.941	\$ 6.898.941
11	Estudios de ingeniería, diseño, análisis económico, estudios ambientales y permisos de conexión al Operador de Red		1	2 -3 Semanas	\$ 6.442.209	\$ 6.442.209
12	Mano de obra para instalación de paneles, inversor, baterías e infraestructura. Incluye transporte y conexión a red.		1	2 -3 Semanas	\$ 3.073.978	\$ 3.073.978
13	Mantenimiento anual. Incluye revisión y ajuste de contactos y limpieza de módulos solares		1	2 -3 Semanas	\$ 2.860.963	\$ 2.860.963
CONDICIONES COMERCIALES					SUB TOTAL	\$ 75.551.635
- RAZÓN SOCIAL: ECOLOGIC INGENIERIA S.A.S. - NIT: 901.370.333-2 - Dirección: Calle 9C Bis # 68G - 29, Torre 5 Of 303. Bogotá D.C., Colombia. - Teléfonos: 321 489 9966 / 316 821 7548 - No. y Clase de Cuenta: Cuenta de Ahorros No. 462600067211. Banco Davivienda. - LUGAR DE ENTREGA: a convenir.					IVA 19%	\$ 5.820.175
					TOTAL	\$ 81.371.810

FORMA DE PAGO / 30 DÍAS

VALIDEZ DE LA OFERTA / 30 DÍAS

Somos distribuidores autorizados

Esperamos que nuestra propuesta se adapte a sus necesidades y podamos trabajar juntos



Cordialmente,

Jhony Cifuentes

Key Account Managment

(+57) 316 018 3970

ihonv.c@ecoloaicinaenieria.com



[Contácteme via whatsapp](#)