

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de un sistema de bombeo usando energía renovable para la enseñanza
universitaria en el Ecuador.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Luis Andrés Naranjo Chiluiza

Jhoffer Eduardo Ramírez Sanabria

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2023

DEDICATORIA

A mis padres, que, con un apoyo incansable, sacrificio y esfuerzo, se logró alcanzar esta instancia en mi vida. También, agradezco el apoyo de los profesores de la facultad y a los amigos que se convirtieron en compañeros de estudio, brindando su amistad incondicional para ayudarme a alcanzar mis metas. Por último, dedicamos nuestro trabajo a la tarea de educar y colaborar con el medio ambiente, con el propósito de reducir los niveles de contaminación en el planeta.

Jhoffre Eduardo Ramírez Sanabria

Dedico este logro a mis queridos padres y amigos, cuyo amor inquebrantable y apoyo constante han iluminado mi camino en esta travesía académica. A mis padres, que, con su sacrificio y guía, han sido para mí una inspiración constante; cada éxito es un reflejo de su amor. A mis amigos, su compañía y aliento han sido mi fuente de fortaleza en momentos desafiantes. Esta tesis lleva impresas las huellas de su afecto y confianza en mí. Con gratitud infinita, dedico este logro a quienes han sido mi faro en las aguas tempestuosas de la educación superior.

Luis Andrés Naranjo Chiluza

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mis padres y hermana, quienes me brindaron apoyo moral a lo largo de todo este camino. Además, agradezco al MSc. Gonzalo Zabala Ortiz, quien desde el primer momento nos permitió colaborar en su idea de la materia integradora. También, expreso mi gratitud al PhD. Juan Peralta y al Ing. José Reinoso, quienes nos proporcionaron una visión más clara para avanzar nuestro trabajo. Finalmente, agradezco a mi compañero por su contribución, ya que por su dedicación y esfuerzo y, nuestro proyecto no se habría culminado con el éxito, que hemos tenido.

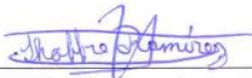
Jhoffre Eduardo Ramírez Sanabria

Quiero extender mi más sincero agradecimiento a mis amados padres, cuyo inquebrantable apoyo y amor han sido el cimiento de mi camino hacia este logro. Su sacrificio y aliento constante han sido mi inspiración. A mis amigos, gracias por compartir risas, consejos y momentos inolvidables a lo largo de este viaje; su amistad ha hecho que cada paso sea significativo. A mis respetados profesores, su sabiduría compartida y orientación han iluminado mi camino académico. Cada desafío que he superado ha sido en parte gracias a su dedicación. Este logro no solo es mío; sino también de todos ustedes que han sido pilares en mi recorrido.

Luis Andrés Naranjo Chiluza

Declaración Expresa

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jhoffre Eduardo Ramírez Sanabria y Luis Andrés Naranjo Chiluita damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Jhoffre Ramírez



Luis Naranjo

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
GONZALO RODOLFO
ZABALA ORTIZ

Miguel Ángel Quilambaqui, PhD

PROFESOR DE LA MATERIA

Gonzalo Zabala Ortiz, MSc

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El propósito de esta investigación es crear y analizar un sistema de riego en conjunto con el uso de **energía** renovable para abordar los desafíos de la agricultura en áreas con acceso limitado a la energía eléctrica. El Laboratorio de Termofluidos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) busca integrar la energía solar a través de paneles fotovoltaicos con un motor de corriente continua para analizar la interacción entre la energía eléctrica generada y la radiación solar. Además, se nota la falta de directrices para diseñar sistemas de bombeo que se adapten a las necesidades de caudal y presión en la agricultura familiar y en zonas remotas.

La provincia de Santa Elena en Ecuador es idónea por la cantidad de energía solar, donde se seleccionó una posible área de aplicación del proyecto. Se eligió esta provincia ya que cuenta con condiciones que son de gran utilidad, como es el agua disponible en canales, la cantidad de lluvia que hay durante el año en esta zona y la radiación solar promedio alrededor de esta provincia. El sistema propuesto tuvo un doble propósito: servir como herramienta educativa en el Laboratorio de Termofluidos de la ESPOL y proporcionar riego a las comunidades costeras. La tesis destaca la relevancia de la sostenibilidad y la adaptación tecnológica en el laboratorio y en áreas agrícolas con limitaciones de energía eléctrica.

Los objetivos del presente estudio fueron el de hacer el diseño detallado de un sistema de riego con paneles solares, la capacitación en simulación de sistemas solares y de riego, y la creación de material pedagógico. La metodología abarca la definición de requerimientos, la identificación de factores clave, la selección de soluciones, y el diseño del sistema y sus componentes. Se hace constancia en el uso de las ecuaciones de Manning y software especializado como PVSyst y EPANET para modelar y optimizar el sistema.

Las conclusiones destacan el potencial del sistema de riego solar para mejorar la sostenibilidad y el acceso energético en la agricultura, aumentando la producción y mejorando las condiciones socioeconómicas. La tesis resalta la oportunidad educativa e investigativa al combinar tecnologías solares y simulación. También

se hacen recomendaciones para implementar sistemas solares eficaces, considerando incentivos locales y el uso adecuado de herramientas de simulación hidráulica y fotovoltaica.

En conjunto, esta tesis propone una solución integral para implementar un sistema de riego, usando fuente energética, los rayos solares en contextos agrícolas con limitaciones de energía, resaltando su impacto en sostenibilidad, educación y desarrollo local.

Palabras Clave: Riego, Agricultura, Energía eléctrica, Paneles solares, Sostenibilidad.

ABSTRACT

The purpose of this research is to create and analyze an irrigation system in conjunction with the use of renewable energy to address the challenges of agriculture in areas with limited access to electrical power. The Thermo-Fluid Laboratory of the Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) aims to integrate solar energy through photovoltaic panels with a direct current motor to analyze the interaction between generated electrical energy and solar radiation. Furthermore, it is noted that there is a lack of guidelines for designing pumping systems that adapt to the flow and pressure needs in family agriculture and remote areas.

The province of Santa Elena in Ecuador is ideal due to the abundance of solar energy, where a potential project application area was selected. This province was chosen because it has conditions that are highly useful, such as available water in channels, the amount of rainfall during the year in this area, and the average solar radiation around this province. The proposed system had a dual purpose: to serve as an educational tool in the Thermo-Fluid Laboratory of ESPOL and to provide irrigation to coastal communities. The thesis highlights the relevance of sustainability and technological adaptation in the laboratory and in agricultural areas with electricity limitations.

The objectives of this study were to develop a detailed design of a solar panel irrigation system, provide training in solar and irrigation system simulation, and create educational materials. The methodology encompasses requirements definition, identification of key factors, solution selection, and system and component design. Emphasis is placed on the use of Manning's equations and specialized software such as PVSyst and EPANET for modeling and optimizing the system.

The conclusions highlight the potential of solar irrigation systems to improve sustainability and energy access in agriculture, increasing production and enhancing socio-economic conditions. The thesis emphasizes the educational and research

opportunity in combining solar technologies and simulation. Recommendations are also made for implementing effective solar systems, considering local incentives and the proper use of hydraulic and photovoltaic simulation tools.

Overall, this thesis proposes a comprehensive solution for implementing an irrigation system using solar energy sources in agricultural contexts with energy limitations, emphasizing its impact on sustainability, education, and local development.

Keywords: Irrigation, Agriculture, Electrical energy, Solar panels, Sustainability.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE PLANOS	XV
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	2
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Justificación del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Marco teórico.....	5
1.4.1 Distribución de radiación solar en el Ecuador.	5
1.4.2 Paneles solares fotovoltaicos.	7
1.4.3 Tipos de motores y bombas eléctricas.	8
1.4.4 Tipos de riego	9
1.4.5 Agricultura familiar.	11
1.4.6 Componentes del sistema de riego.....	12
CAPÍTULO 2	14
2. Metodología	15

2.1	Metodología de diseño	15
2.2	Especificaciones del sistema de bombeo.....	16
2.3	Normativas utilizadas para los sistemas de riego y energía fotovoltaica.	16
2.4	Consideraciones de diseño.	18
2.5	Determinación y selección de la mejor propuesta de solución.....	19
2.6	Alternativa de diseño	24
2.6.1	Objetivos y ponderación	28
2.6.2	Matriz de decisión.....	29
2.7	Comparación y selección de diseño final	30
2.8	Diseño de forma del sistema y sus componentes	31
2.9	Diseño de forma detallado de los diferentes componentes	34
2.9.1	Selección de paneles fotovoltaicos	34
2.9.2	Selección de la bomba solar.....	35
2.9.3	Diseño del sistema de energía fotovoltaica.....	36
2.10	Metodología de simulación.	36
2.10.1	Simulación del sistema fotovoltaico.....	37
2.10.2	Simulación del sistema de bombeo.....	37
CAPÍTULO 3		39
3.	Resultados y análisis de resultados.	40
3.1	Resultados de las simulaciones en el software PVSyst	40
3.2	Comparación de los resultados de la simulación y los datos teóricos del sistema de bombeo.	45
3.3	Características del diseño	49
3.4	Análisis de la estructura del tanque elevado.....	49
3.5	Costos del prototipo.....	51

3.6	Análisis de viabilidad del uso de energía renovable para bombeo de agua para riego.	52
3.7	Resultados de la eficiencia y la instalación hidráulica	54
	CAPÍTULO 4	56
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	57
	Conclusiones	57
	Recomendaciones.....	59
	BIBLIOGRAFÍA.....	61
	APÉNDICES	62
	Apéndice A: Informes de PVSyst de cada una de las zonas de estudio	62
	Apéndice B: Guía de estudio de riego con las ecuaciones de Manning y uso del software EPANET	105
	Apéndice C: Guía de estudio del uso de PVSyst.....	120

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

NTE Norma Técnica Ecuatoriana

INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización

FIMCP Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción

SIMBOLOGÍA

mca	Metros de columna de agua
m	Metro
in	Pulgadas
m ³ /s	Metros cúbicos sobre segundo
lph	Litros por minuto
RPM	Revoluciones por minuto

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 <i>Insolación en el mes de enero: directa, difusa, global. (Vaca, 2018)</i>	6
Figura 1.2 <i>Paneles solares fotovoltaicos en funcionamiento. (Etap,2012)</i>	8
Figura 1.3 <i>Motor eléctrico. (SectorEletricidad,2015)</i>	9
Figura 1.4 <i>Sistema de riego por goteo con su respectiva distribución. (ICID, 2022)</i> 10	
Figura 1.5 <i>Riego por microaspersión en cultivos de hortalizas. (AFKO, 2021)</i>	10
Figura 1.8 <i>Sistema de riego por goteo a través de tuberías secundarias. (AFKO, 2021)</i>	13
Figura 2.1 <i>Diagrama de flujo del diseño del sistema de riego (Shigley, 2012)</i>	16
Figura 2.2 <i>Propuesta 1 del diseño</i>	19
Figura 2.3 <i>Segunda propuesta de diseño</i>	21
Figura 2.4 <i>Tercera propuesta de diseño</i>	23
Figura 2.5 <i>Cinta con goteros de 16mm C/50 cm. (Riego Ecuador, 2023)</i>	32
Figura 2.6 <i>Conectores para tubo de PVC a la cinta de goteo. (Riego Ecuador, 2023)</i>	32
Figura 2.7 <i>Tubería principal de PVC de ¾ in. (Plastigama, 2023)</i>	33
Figura 2.8 <i>Filtro de malla con entrada y salida de ¾ in. (Riego Ecuador, 2023)</i>	33
Figura 2.9 <i>Temporizador mecánico utilizado en riego por goteo. (Orbit, 2023)</i>	34
Figura 2.10 <i>Tanque cónico standard de 1000 Lts. (Plastigama, 2023)</i>	34
Figura 2.11 <i>Dimensiones del panel solar seleccionado. (Proviento, 2023)</i>	34
Figura 2.12 <i>Bomba solar seleccionada para el sistema de bombeo (Proviento, 2023).</i>	35
Figura 2.13 <i>Diseño del circuito de la energía fotovoltaica.</i>	36
Figura 3.1 <i>Simulación de la propuesta 3 en el software EPANET.</i>	46
Figura 3.2 <i>Simulación de la propuesta 1 EPANET</i>	47

Figura 3.3 <i>Simulación de la propuesta 2 en EPANET.</i>	48
Figura 3.4 <i>Simulación de estructura para sostener el tanque de 1000 Lts y ver su deformación total.</i>	50
Figura 3.5 <i>Simulación de estructura para sostener el tanque de 1000 Lts y ver su dirección de deformación.</i>	50
Figura 3.6 <i>Diseño de la estructura analizada en Ansys en la sección de estructura estática.</i>	51
Figura 3.7 <i>Curva de operación de caudal en relación con la potencia (Proviento, 2023).</i>	54
Figura 3.8 <i>Curva de eficiencia de la bomba (Proviento, 2023).</i>	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 <i>Caudal empleado en algunos cultivos</i>	11
Tabla 2.1 <i>Matriz de consideraciones del diseño</i>	18
Tabla 2.2 <i>Características de goteros y pérdidas</i>	19
Tabla 2.3	20
Tabla 2.4 <i>Características de tubería del tanque</i>	20
Tabla 2.6 <i>Características de goteros</i>	21
Tabla 2.7 <i>Características de tubería principal del sistema</i>	22
Tabla 2.8 <i>Características de tubería del tanque</i>	22
Tabla 2.9 <i>Características de goteros</i>	23
Tabla 2.10 <i>Características de tubería principal</i>	24
Tabla 2.11 <i>Características de tubería del tanque</i>	24
Tabla 2.12	28
Tabla 2.13 <i>Criterios de funcionamiento y selección del sistema</i>	29
Tabla 2.14 <i>Comparación del criterio de fiabilidad frente a las diferentes propuestas</i>	29
Tabla 2.15 <i>Comparación del criterio de Mantenimiento frente a las diferentes propuestas</i>	29
Tabla 2.16 <i>Comparación del criterio de Mantenimiento frente a las diferentes propuestas</i>	29
Tabla 2.17 <i>Comparación del criterio de Costo frente a las diferentes propuestas</i>	30
Tabla 2.18 <i>Comparación del criterio de Funcionalidad frente a las diferentes propuestas</i>	30
Tabla 2.19	35
Tabla 3.1 <i>Resumen del sistema fotovoltaico en Zapotal.</i>	41

Tabla 3.2	<i>Producción de energía en periodo de un año en el sector de Zapotal</i>	41
Tabla 3.3	<i>Resumen del sistema fotovoltaico en Tres Postes.....</i>	41
Tabla 3.4	<i>Producción de energía en periodo de un año en el sector de Tres Postes .</i>	42
Tabla 3.5	<i>Resumen del sistema fotovoltaico en Santa Lucia.</i>	42
Tabla 3.6	<i>Producción de energía en periodo de un año en el sector de Santa Lucia.</i>	42
Tabla 3.7	<i>Resumen del sistema fotovoltaico en Naranjal.</i>	42
Tabla 3.8	<i>Producción de energía en periodo de un año en el sector de Naranjal.</i>	43
Tabla 3.9	<i>Resumen del sistema fotovoltaico en ESPOL.....</i>	43
Tabla 3.10	<i>Producción de energía en periodo de un año en el sector de ESPOL.....</i>	43
Tabla 3.11	<i>Resumen del sistema fotovoltaico en Zapotal con datos de Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Sucre de Guayaquil</i>	43
Tabla 3.12	<i>Producción de energía en periodo de un año en el sector de Naranjal, con información de la Estación Meteorológica de Aeropuerto Mariscal Sucre de Guayaquil</i>	44
Tabla 3.13	<i>Error porcentual de energía útil, producción específica de energía eléctrica en el sector de Zapotal y la energía disponible en el sector durante un año.....</i>	45
Tabla 3.14	<i>Resumen de los datos más importantes y comparaciones en las diferentes ubicaciones.</i>	45
Tabla 3.15	<i>Tabla resumen de los datos teóricos y prácticos con su respectivo error porcentual.....</i>	46
Tabla 3.16	<i>Tabla resumen de los datos teóricos y prácticos con su respectivo error porcentual.....</i>	47
Tabla 3.17	<i>Tabla resumen de los datos teóricos y prácticos con su respectivo error porcentual.....</i>	48
Tabla 3.18	<i>Componentes del Sistema de agua de riego con energía renovable.....</i>	49
Tabla 3.19	<i>Costos en el mercado local de los componentes para el sistema.</i>	51
Tabla 3.20	<i>Precios de diferentes tipos de bombas para cada sistema.....</i>	52

Tabla 3.21	<i>Precios de diferentes tipos de bombas para cada sistema.....</i>	53
-------------------	---	----

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Sistema de Riego con energía renovable.

PLANO 2 Torre elevada de tanque de agua de 1000 Lts.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En el laboratorio de Termofluidos de la ESPOL, se disponen de mecanismos para medir parámetros como el caudal, la potencia, el torque y la temperatura, entre otros, muchos de los cuales se relacionan en la práctica con mecanismos usados en la agricultura familiar. Lo que ha generado la necesidad de contar con el diseño de un sistema que incorpore paneles solares directamente acoplados a un motor de corriente continua (DC), con el fin de llevar a cabo pruebas de laboratorio que analicen la variación de la energía eléctrica y su relación con la intensidad de la radiación solar (Rodríguez, 2018). Actualmente, no se cuenta con una guía para utilizar diferentes softwares para poder diseñar prototipos de sistemas de bombeo de agua de riego en base a los requerimientos de caudal y presión dado que son muy usados en la agricultura familiar para la producción de cultivos de ciclo corto y perennes. También, dependiendo del sistema de riego a diseñar, puede ser útil en zonas agrícolas, que se encuentran alejadas. Para este caso, se visitó varias zonas agrícolas, con la problemática que se encuentran alejadas de fuentes de agua de riego, como la Península de Santa Elena en Ecuador, donde es necesario el uso de equipos de bombeo para captar y transportar el agua necesaria. No obstante, los mismos suelen ser costosos, lo que representa un desafío para los agricultores dedicados a la agricultura familiar. Por tal razón, resulta importante buscar alternativas sostenibles que resuelvan esta problemática con el menor costo posible (Herrera & Mendoza, 2012).

La provincia de Santa Elena, ubicada en Ecuador, presenta condiciones favorables para la generación de energía solar, gracias a una alta radiación solar, un clima estable y una infraestructura adecuada para proyectos solares (Redacción Interempresas, 2010). Estas condiciones ofrecen un entorno propicio para la expansión y aprovechamiento de la energía solar en la región.

Uno de los objetivos de estas iniciativas es el apoyo a las familias, mediante la generación de ingresos adicionales por medio de la agricultura familiar, permitiéndoles satisfacer sus necesidades alimentarias y, en caso de contar con

excedentes, comercializar sus productos (Herrera & Mendoza, 2012). Finalmente, con este propósito, se ha desarrollado esta propuesta que busca diseñar un sistema de riego con paneles solares acoplados directamente a un motor de corriente continua (DC), a fin de suplir las necesidades del laboratorio de FIMCP y también ofrecer una alternativa de riego a las zonas costeras del Ecuador, como es la Provincia de Santa Elena. (Redacción Interempresas, 2010)

1.1 Descripción del problema

El Laboratorio de Termofluidos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) fue creado hace 32 años con el propósito de brindar una formación académica adecuada a los estudiantes de diversas carreras de ingeniería en la institución. Su objetivo principal es llevar a cabo prácticas que complementen y permitan comprender conceptos y adquirir conocimientos fundamentales en las áreas como: Termodinámica, Termofluidos, Mecánica de Fluidos, Transferencia de calor, entre otras (Laboratorio de Termofluidos, 2007).

En la actualidad, el laboratorio cuenta con equipos que permiten realizar las prácticas necesarias. Sin embargo, debido a la creciente demanda de implementación de tecnologías modernas y sostenibles, es imprescindible contar con un sistema demostrativo de bombeo de agua que utilice un motor eléctrico de corriente continua alimentado por energía solar. Esta necesidad nace con el propósito de adaptarse a las últimas tendencias en el campo de las energías renovables y aprovechar de manera eficiente los recursos disponibles (Laboratorio de Termofluidos, 2007.).

Estos sistemas demostrativos de bombeo de agua impulsados por energía solar también pueden extrapolarse a una escala mayor para atender las necesidades de ciertas poblaciones en el Litoral ecuatoriano, como en el caso de la provincia de Santa Elena. En estas localidades, la disponibilidad de energía eléctrica convencional puede ser limitada o costosa, la implementación de sistemas de bombeo de agua basados en energía solar representa una solución viable y

sostenible para garantizar el suministro de agua potable y fomentar el desarrollo de actividades agrícolas (Autoridad de Regulación y Control de Electricidad, 2019).

1.2 Justificación del problema

En el Laboratorio de Termofluidos de la ESPOL, se dispone de una amplia variedad de equipos que permiten realizar prácticas relacionadas con diferentes parámetros ingenieriles. Estos incluyen el banco de bombas, el túnel de viento, la caldera, el motor diésel, entre otros. Su utilización posibilita el estudio de variables como el caudal, el cabezal, las pérdidas hidráulicas, la velocidad del flujo, así como el análisis de accesorios y materiales (Laboratorio de Termofluidos, 2007.).

En estos artefactos se realizan prácticas en las que se utiliza un motor y, dependiendo de las RPM, se pueden observar las variaciones en el caudal, las pérdidas, la potencia y la eficiencia (Laboratorio de Termofluidos, 2007.). Aun así, se ha identificado la posibilidad de contar con un equipo que permita el estudio y comprensión del funcionamiento de las energías renovables, específicamente la energía solar, en el contexto de una bomba eléctrica de corriente continua (DC).

La implementación de este equipo en el Laboratorio de Termofluidos no solo brindará la oportunidad de investigar y analizar el comportamiento de la energía solar en una bomba eléctrica, sino que también se tendrá la capacidad de dimensionar y adaptar dicho equipo para aplicaciones a mayor escala, como en el ámbito rural agrícola. La agricultura familiar se refiere a una metodología que permite a las familias obtener alimentos complementarios y otros productos, como plantas medicinales, aromáticas, condimentos, flores, entre otros, además de generar ingresos económicos adicionales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de bombeo de agua de riego acoplado directamente a un motor de corriente continua para fines didácticos en laboratorio y aplicaciones en zonas de siembras familiares

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar un sistema de bombeo de agua de riego con paneles solares que permita el aprovechamiento de la energía limpia y renovable.
2. Capacitar a los usuarios en el uso efectivo de software de simulación para sistemas de paneles solares y riego, con el fin de mejorar la eficiencia en el diseño y funcionamiento de estos.
3. Preparar material didáctico para fines universitarios y para capacitación agrícola.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Distribución de radiación solar en el Ecuador.

La distribución de la radiación solar en Ecuador está influenciada por su ubicación geográfica en la zona ecuatorial. Esta región presenta características climáticas y geográficas que resultan en una alta incidencia de radiación solar a lo largo del año. Según estudios realizados, se ha determinado que el Ecuador tiene una radiación solar promedio anual de aproximadamente 4,8 kWh/m²/día (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, 2016). Esta radiación solar se distribuye de manera bastante uniforme en todo el territorio ecuatoriano, aunque existen variaciones locales debido a factores como la altitud, la topografía y la cobertura de nubes.

En la región costera de Ecuador, se registra una mayor disponibilidad de radiación solar debido a su cercanía al ecuador geográfico. Se estima que la misma puede alcanzar valores superiores a 5 kWh/m²/día, especialmente

durante los meses de mayor insolación (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, 2016).

Por otro lado, en la región interandina, está caracterizada por su relieve montañoso y mayor altitud, la radiación solar puede presentar variaciones más significativas debido a la influencia de la topografía y las condiciones climáticas locales. Se estima que la radiación solar promedio en esta región se sitúa alrededor de 4,5 kWh/m²/día (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, 2016).

Estos datos evidencian el significativo potencial solar con el que cuenta Ecuador en todo su territorio, lo que lo convierte en país con una ubicación favorable para el aprovechamiento de la energía solar mediante tecnologías como los paneles solares fotovoltaicos.

En la Figura 1.1 se muestra la distribución de la radiación solar en función de la presencia o ausencia de nubes. Esta representación gráfica permite observar de manera visual cómo varía la radiación solar en diferentes condiciones atmosféricas.

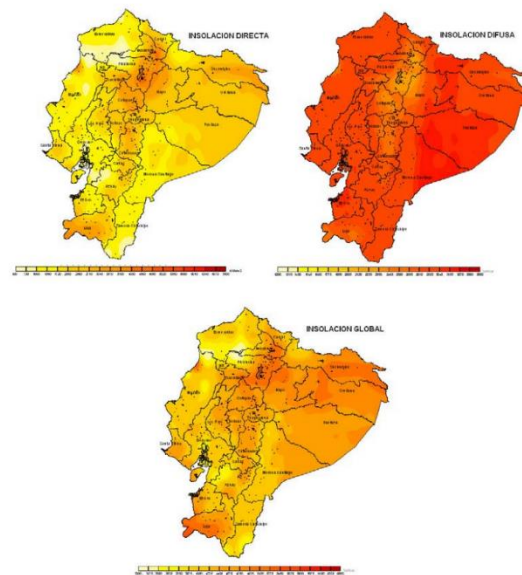


Figura 1.1 Insolación en el mes de enero: directa, difusa, global. (Vaca, 2018)

1.4.2 Paneles solares fotovoltaicos.

Son dispositivos diseñados para captar la energía solar, la cual se transmite a través de los rayos solares. Estos paneles están equipados con celdas que, al recibir calor, experimentan una agitación que desencadena una reacción capaz de inducir el movimiento de electrones en la célula fotovoltaica. Con la generación de electrones, se establece un flujo de corriente a través de las celdas fotovoltaicas, lo que resulta en la producción de electricidad mediante el panel solar.

Cuando se emplean paneles solares fotovoltaicos, se asume que el panel se encuentra en carga, es decir, suministrando energía a algún equipo. Por lo general, se espera que un solo panel genere un voltaje de alrededor de 14 a 16 voltios. En cambio, al medir el voltaje del panel en ausencia de carga mediante un voltímetro, se pueden obtener lecturas de entre 20 y 22 voltios. En caso de requerir una mayor potencia para una aplicación específica, es posible trabajar con múltiples paneles para incrementar el voltaje. Al conectar los paneles en serie, se puede obtener un voltaje superior, generalmente en un rango de 24 a 48 voltios.

Los paneles solares tienen una potencia promedio de 270 vatios. Debido a esto, se deben diseñar arreglos de paneles solares, como se ilustra en la Figura 1.2, para aplicaciones que demanden un funcionamiento continuo y la potencia necesaria para alimentar equipos, como en el caso de una bomba que mueve un fluido (Al-Badi & Yousef, 2016).

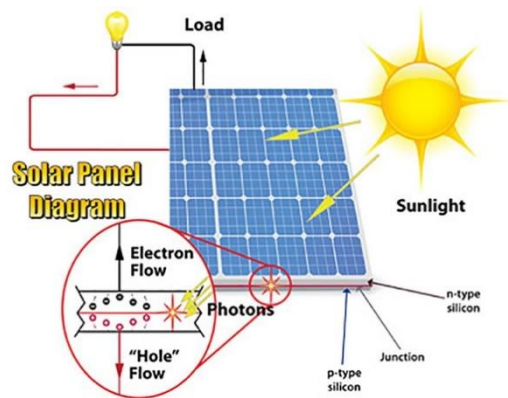


Figura 1.2 Paneles solares fotovoltaicos en funcionamiento. (Etap,2012)

1.4.3 Tipos de motores y bombas eléctricas.

Los motores y bombas utilizados en el riego desempeñan un papel fundamental en el transporte de fluidos, en este caso, el agua hacia los cultivos. La fuente de agua puede encontrarse a distancias considerables, incluso de varios metros o kilómetros, por lo que existen diferentes tipos de bombas. Una de ellas es la bomba centrífuga, que se utiliza para aumentar la presión del fluido a transportar. Este equipo cuenta con un impulsor en forma de espiral que, gracias al motor y al eje conectados directamente al impulsor, genera un movimiento centrífugo en el fluido. Estos componentes se pueden apreciar en la Figura 1.3. Al aplicar trabajo al fluido, este aumenta su presión, lo que impulsa su movimiento a través de tuberías y accesorios, según las necesidades de la aplicación.

En el caso de los cultivos agrícolas que requieren una cantidad moderada de agua de manera regular, se emplea el sistema de riego por goteo. Este método se utiliza, por ejemplo, en plantaciones como uvas, pitahayas o sábanas. Es muy útil, ya que no requiere sistemas complejos que trabajen con altas presiones o transporte de fluidos a largas distancias. Solo es necesario considerar el tipo de aspersor utilizado para regular el goteo y mantener una

presión mínima para asegurar el flujo constante en la tubería (Abu-Aligah, 2011).

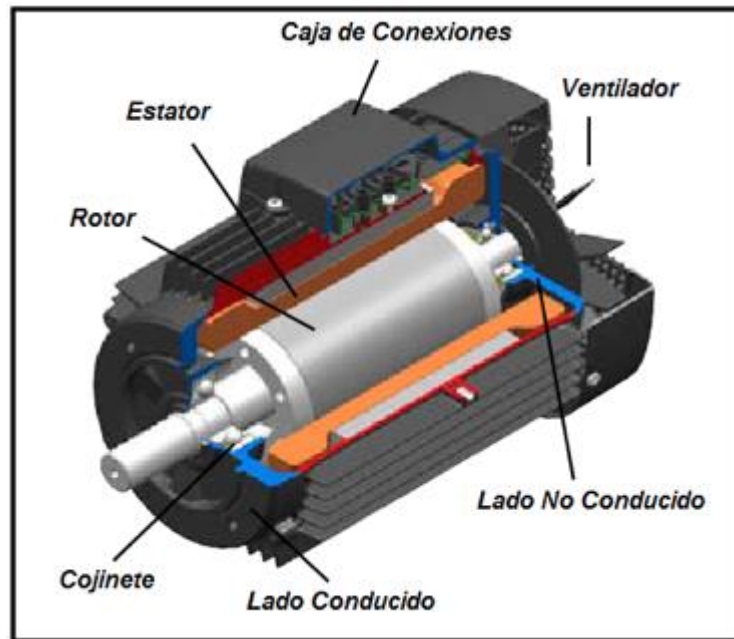


Figura 1.3 Motor eléctrico. (SectorElectricidad,2015)

1.4.4 Tipos de riego

1.4.4.1 Riego por goteo

El riego por goteo es un método que consiste en utilizar tuberías o cintas con orificios para permitir el paso controlado de agua y humedecer el área del suelo donde se encuentran las raíces de los cultivos. Para ello, se utiliza una bomba que trabaja a una presión determinada, suficiente para impulsar el agua a través de la cinta o tubería, como se muestra en la Figura 1.4, y así suministrar el líquido necesario a las plantas.

Este tipo de riego requiere de diversos componentes que permiten regular el caudal de agua que se libera hacia las plantas. Para lograr una regulación adecuada, se deben considerar diferentes parámetros, como la frecuencia de riego, la radiación fotosintéticamente activa (PAR), la profundidad efectiva de las raíces, la lámina neta, la lámina bruta, entre otros aspectos (Solís, 2021).

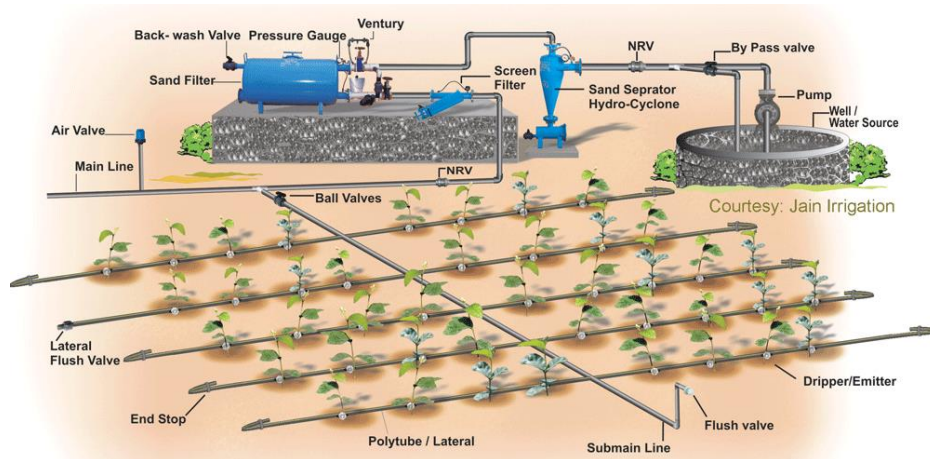


Figura 1.4 Sistema de riego por goteo con su respectiva distribución. (ICID, 2022)

1.4.4.2 Riego por microaspersión.

El riego por microaspersión es un método que se utiliza cuando se necesita suministrar una cantidad reducida de agua a los cultivos. Su objetivo principal es proporcionar agua a las plantas en forma de gotas de tamaño reducido, evitando dañar las hojas y manteniendo el suelo correctamente húmedo. En la Figura 1.5 se muestra cómo se reduce el tamaño de las gotas que caen sobre las plantas (Solís, 2021).



Figura 1.5 Riego por microaspersión en cultivos de hortalizas. (AFKO, 2021)

1.4.5 Agricultura familiar.

La agricultura familiar se caracteriza por ser una forma de producción agrícola realizada por núcleos familiares, donde se busca preservar la biodiversidad y los recursos naturales mediante prácticas que minimizan el uso de fertilizantes (Redacción Interempresas, 2010). Este enfoque agrícola ha demostrado ser una solución relevante para abordar el problema del hambre en la región latinoamericana. En el marco de este proyecto, se ha seleccionado la provincia de Santa Elena como área de estudio debido a sus características favorables, como suelos áridos y un clima relativamente estable a lo largo del año, lo cual facilita una mejor comprensión de las demandas hídricas de los cultivos (Redacción Interempresas, 2010).

En Santa Elena, se han obtenido resultados exitosos en el cultivo de pitahaya, uva y otros productos, lo cual sirve como referencia para el desarrollo de la agricultura familiar en poblaciones como El Azúcar y algunas áreas de Cerecita, en la provincia del Guayas (Redacción Interempresas, 2010).

Estos ejemplos específicos de cultivos, como la pitahaya y la uva, ilustran las necesidades de caudal requeridas para sistemas de riego por goteo, tanto en invernaderos, cultivos hidropónicos, hortícolas y frutales de alta densidad, así como en árboles frutales en general (Luna Herrera & Pérez Mendoza, 2012). La Tabla 1.1 detalla estas demandas hídricas de los diferentes cultivos que se pueden realizar.

Tabla 1.1 Caudal empleado en algunos cultivos

Caudal(l/h)	Cultivos
<2	Invernaderos , Hidropónicos
2-4	Hortícolas y frutales en marcos Intensivos
8	Frutales en general

1.4.6 Componentes del sistema de riego.

Los componentes principales del riego por goteo que utilizaremos son los siguientes:

- Tubería principal: conduce el agua hasta el sistema de riego.
- Filtro: elimina las partículas que podrían obstruir los goteros y evitar deterioros o taponamientos.
- Tubería maestra: abastece la tubería secundaria que va perpendicular a la dirección de las hileras de los cultivos.
- Tubería secundaria: se coloca en la dirección de los cultivos y abastece a los goteros.
- Goteros: suministran el agua a las raíces de las plantas, distribuyéndola por todo el terreno. Hay dos tipos: regulares e irregulares. Los regulares tienen la función de regular el gasto de agua dentro de un rango determinado, mientras que los irregulares entregan un gasto fijo dependiendo de la presión a la que estén sometidos.

Las tuberías y goteros utilizados son de polietileno y PVC. Las especificaciones necesarias para las tuberías son las siguientes:

- Tuberías secundarias: diámetro de entre 10 y 20 mm.
- Tuberías maestras: diámetro de entre 25 y 75 mm.
- Presión de trabajo de los goteros: entre 0.7 y 1.5 atm.
- Caudal de los goteros: entre 1 y 60 l/hora.

En la Figura 1.8 se puede observar un ejemplo de la distribución de un riego por goteo.

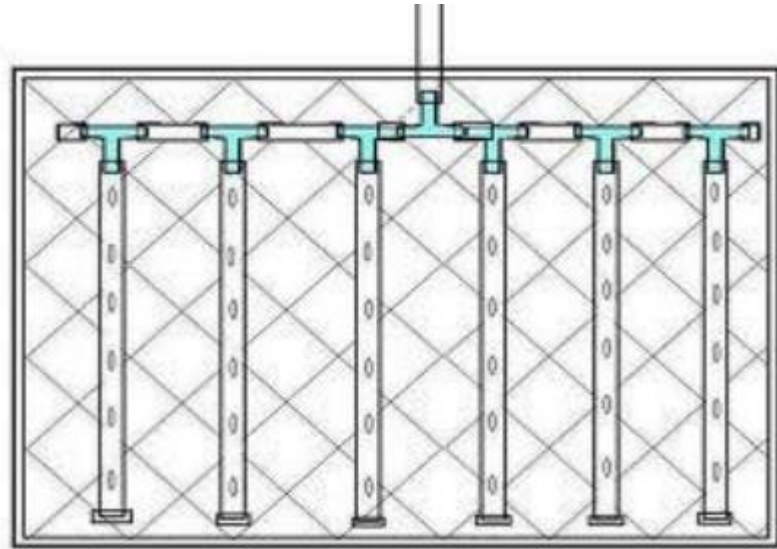


Figura 1.8 Sistema de riego por goteo a través de tuberías secundarias. (AFKO, 2021)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El propósito de este capítulo consiste en establecer una metodología para el diseño de los diversos componentes del sistema de bombeo directamente acoplado, donde se busca presentar la información pertinente de manera ordenada y sistemática, para proponer posibles soluciones de acuerdo con los objetivos planteados. La estructura de este capítulo abarcará las siguientes etapas: definición de los requisitos, identificación de los factores influyentes, selección de la mejor alternativa de solución, diseño preliminar del equipo y diseño detallado de los componentes del equipo.

2.1 Metodología de diseño

El proceso de diseño no sigue una línea recta, sino que implica la identificación de un problema, la generación de soluciones, la selección de consideraciones de diseño relevantes (tales como funcionabilidad, resistencia, seguridad, confiabilidad, costo, control, comercialización y mantenimiento), las cuales son evaluadas en una matriz de decisiones para determinar la propuesta más apropiada. A continuación, se plantea el diseño en términos de su forma, y se realiza una memoria de cálculo que identifica la potencia de la bomba, el caudal y factores de seguridad.

El libro "Diseño en ingeniería mecánica" de Shigley 2012 presenta las fases del proceso de diseño, como el reconocimiento de la necesidad, la definición del problema, la síntesis, el análisis y la optimización, la evaluación y la presentación.

Así mismo, se presenta en la Figura 2.1 los pasos que se siguió al momento de iniciar la investigación.

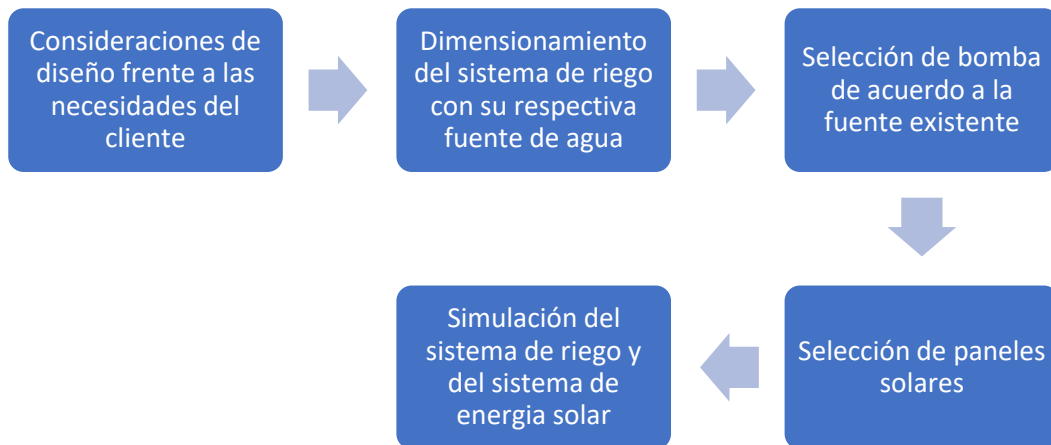


Figura 2.1 *Diagrama de flujo del diseño del sistema de riego (Shigley, 2012)*

2.2 Especificaciones del sistema de bombeo.

Se desea diseñar un sistema de bombeo de agua utilizando energía fotovoltaica. Los parámetros principales a considerar son:

Cabecal geométrico requerido, caudal, potencia, pérdidas hidráulicas, selección de accesorios hidráulicos conexos para la conducción del fluido. Cabe mencionar que el sistema a diseñar debe contener un alto porcentaje de materiales disponibles en el mercado local.

2.3 Normativas utilizadas para los sistemas de riego y energía fotovoltaica.

En Ecuador, el empleo de paneles solares y los sistemas de riego están sujetos a diversas normativas y reglamentos. A continuación, se enumeran algunas de las más relevantes:

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3107: Esta norma establece los requisitos para la instalación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica en edificaciones. Define aspectos como la capacidad de carga del techo, la ubicación de los paneles, los requisitos eléctricos y las medidas de seguridad

Código de Electricidad de Ecuador 2018: Regula el sistema eléctrico en el país y establece los procedimientos y requisitos para la conexión de sistemas de generación distribuida, incluyendo los paneles solares. Establece los estándares de seguridad eléctrica y los requisitos para la interconexión a la red eléctrica.

Normativa del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable 2018: Emite regulaciones específicas relacionadas con la generación de energía renovable, incluyendo la energía solar. Estas regulaciones establecen los requisitos técnicos, administrativos y legales para la instalación y conexión de sistemas solares.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2767: Establece los requisitos y especificaciones técnicas para los sistemas de riego por aspersión y por goteo en Ecuador. Incluye aspectos como la selección y diseño de los componentes del sistema, las características de los emisores de agua, los criterios de eficiencia y uniformidad de riego, y los parámetros de diseño hidráulico.

Norma Técnica de Diseño y Construcción para el Uso de Aguas Subterráneas en Riego 2012: Fue emitida por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador, establece los lineamientos técnicos para el diseño y la construcción de sistemas de riego que utilizan aguas subterráneas como fuente de abastecimiento. Incluye aspectos como la perforación de pozos, la instalación de equipos de bombeo, la distribución del agua y los requerimientos de calidad del agua para riego.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2822: Se enfoca en los sistemas de riego por aspersión en áreas verdes, como parques, jardines y campos deportivos. Establece los requisitos técnicos para la selección y diseño de los

equipos de aspersión, la distribución del agua, la uniformidad de riego y la eficiencia del sistema

2.4 Consideraciones de diseño.

En la tabla 2.1 se realizó una lista de las consideraciones que se necesitan en el proyecto por parte del cliente. En las tablas 2.2 a 2.11 se observa, en las propuestas, las características de tuberías, goteros y tanque.

Tabla 2.1 *Matriz de consideraciones del diseño*

Diseño de un sistema de bombeo de agua de riego acoplado directamente a un motor de corriente continua para fines didácticos en laboratorio y aplicaciones en zonas de siembras familiares.				
Concepto	Propone	R/D	Descripción	
Caudal	D	R	Transporta 8L/hora	
		D	Tiene una presión de hasta 1 Bar	
		R	Transporta agua a toda la tubería	
Dimensión	D	R	Cubre un área de al menos 100 m ²	
		D	Tiene tuberías de dimensiones bajas	
		D	Usar válvulas para seccionar por cultivos	
fabricación	D	D	Manual de fabricación	
	D	R	Manual de uso	
		R	Sistema de paneles y bomba móvil	
vida útil y mantenimiento	D	D	Vida útil 10 años	
	D	D	Mantenimientos preventivos programados	
		D	Modularidad para posibles adaptaciones	
		D	Uso de válvulas para prevenir mal uso del agua	
Seguridad ergonomía	D	D	Fácil acceso a panel de control del sistema	
		D		
Costos y plazo		R	No pasar los \$600	

Donde D: Diseño y R: Requerimiento.

2.5 Determinación y selección de la mejor propuesta de solución.

Propuesta #1

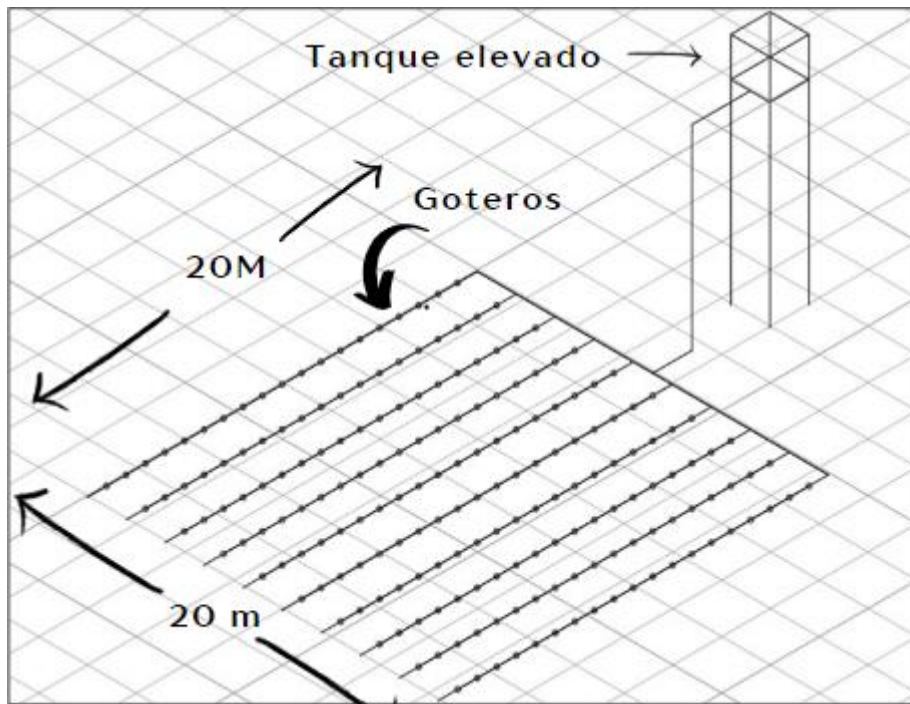


Figura 2.2 Propuesta 1 del diseño

Tabla 2.2 Características de góteros y pérdidas

Góteros		
Q	2	lph
Q gotero	2.11E-05	m3/s
N (número de góteros)	38	
F	3.60E-01	
K	6.59E-04	
L	19	m
D	1.60E-02	m
m	5.33	
n	8.00E-03	
Hft sin caudal	1.68E+07	
Hft	7.50E-03	mca
Hf ultimo gotero	2.80	mca

Hf filtro	2.00	mca
Hf Válvula	5.00E-01	mca

mca: metros de columna de agua

Tabla 2.3 *Características de tubería del sistema*

Tubería principal del sistema		
PVC	0.75	in
Q	2.11E-04	m ³ /s
L	20	m
F	0.385	
K	8.34E-04	
D	0.01905	
Hft sin caudal	9.46E+06	
Hft	0.42	mca

Tabla 2.4 *Características de tubería del tanque*

Tubería al tanque		
PVC	0.75	in
Q	2.11E-04	m ³ /s
L	20	m
K	8.34E-04	
D	0.01905	
Hft sin caudal	5.55E-02	
Hf	1.11	mca
Hf total	6.8	mca
hf corregido	8.5	

Propuesta #2

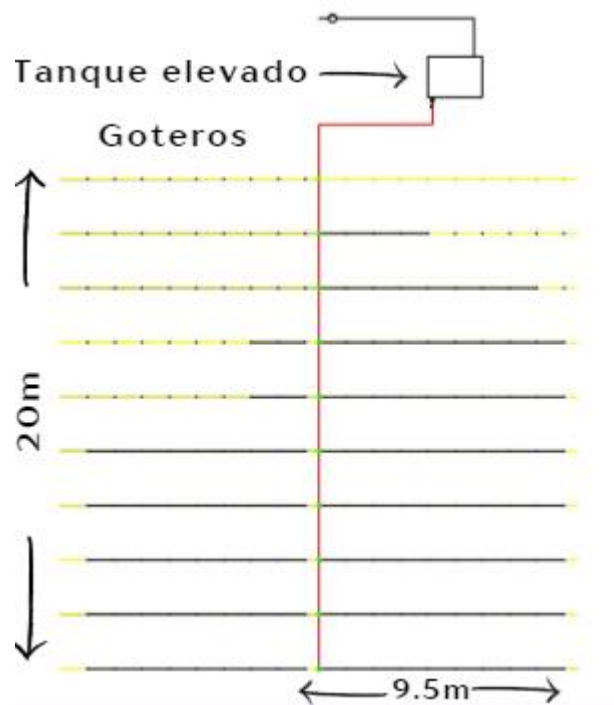


Figura 2.3 Segunda propuesta de diseño

Tabla 2.6 Características de goteros

Gotos		
Q	2	lph
Q gotero	1.06E-05	m ³ /s
N (número de goteros)	19	
F	3.60E-01	
K	6.59E-04	
L	9.5	m
D	1.60E-02	m
M	5.33	
N	8.00E-03	
Hft sin caudal	8.41E+06	
Hft	9.37E-04	mca
Hf ultimo gotero	2.80	mca
Hf filtro	2.00	mca
Hf Válvula	5.00E-01	mca

Tabla 2.7 *Características de tubería principal del sistema*

Tubería principal del sistema		
PVC	0.75	in
Q	2.11E-04	m ³ /s
L	20	m
F	0.385	
K	8.34E-04	
D	0.01905	
Hft sin caudal	9.46E+06	
Hft	0.42	mca

Tabla 2.8 *Características de tubería del tanque*

Tubería al tanque		
PVC	0.75	in
Q	2.11E-04	m ³ /s
L	20	m
K	8.34E-04	
D	0.01905	
Hft sin caudal	5.55E-02	
Hf	1.11	mca
Hf total	6.83	
Hf total corregido	7.9	mca

Propuesta #3

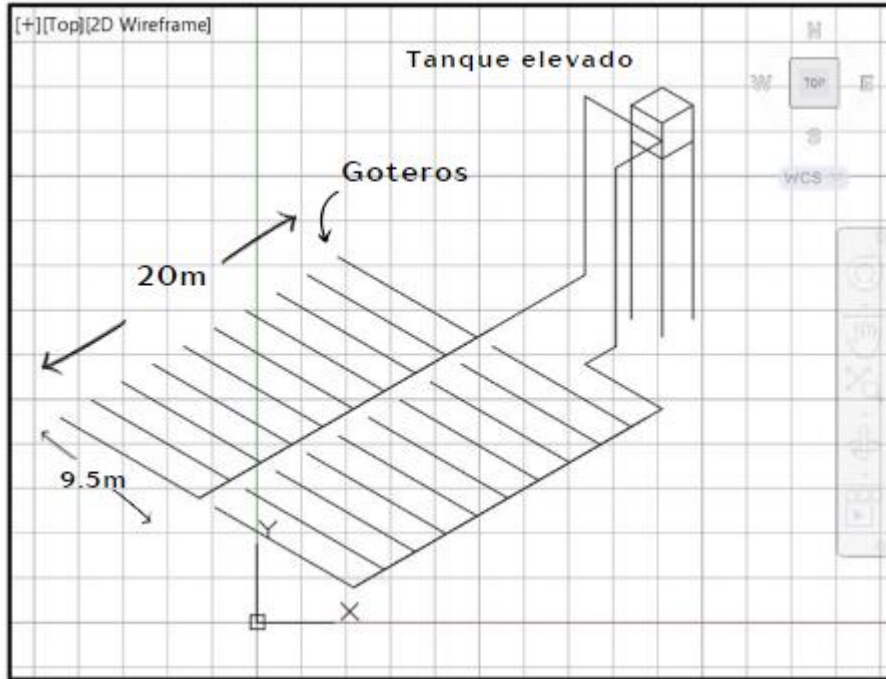


Figura 2.4 Tercera propuesta de diseño

Tabla 2.9 Características de goteros

Goteros		
Q	2	Lph
Q gotero	1.06E-05	m3/s
N (número de goteros)	19	
F	3.60E-01	
K	6.59E-04	
L	9.5	m
D	1.60E-02	m
m	5.33	
n	8.00E-03	
Hft sin caudal	8.41E+06	
Hft	9.37E-04	mca
Hf ultimo gotero	2.80	mca
Hf filtro	2.00	mca
Hf Válvula	5.00E-01	Mca

Tabla 2.10 *Características de tubería principal*

Tubería principal del sistema		
PVC	0.75	in
Q	1.06E-04	m ³ /s
L	20	m
F	0.385	
K	8.34E-04	
D	0.01905	m
Hft sin caudal	9.46E+06	
Hft	0.11	mca

Tabla 2.11 *Características de tubería del tanque*

Tubería al tanque		
PVC	0.75	in
Q	2.11E-04	m ³ /s
L	20	m
K	8.34E-04	
D	0.01905	
Hft sin caudal	5.55E-02	m
Hf	1.11	mca
Hf total	7	mca
Hf total corregido	7	mca

Se otorgó una prioridad destacada a las variables relacionadas con el costo de la implementación del sistema y su subsiguiente mantenimiento. Con el propósito de obtener los valores correspondientes a las tablas previamente mencionadas, se recurrió al empleo de las ecuaciones de Manning identificadas como 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7, las cuales se describen de manera más detallada a continuación.

2.6 Alternativa de diseño

La selección de un sistema de riego adecuado es un proceso fundamental para garantizar una gestión eficiente y sostenible del agua en la agricultura.

Existen varios criterios significativos que deben considerarse al elegir un sistema de riego, ya que cada método tiene sus propias ventajas y limitaciones. A continuación, se presentarán algunos de los criterios clave que se deben tener en cuenta al tomar decisiones informadas sobre la selección del sistema de riego más adecuado.

En primer lugar, la eficiencia del sistema de riego es un criterio esencial que considerar. Un sistema de riego eficiente minimiza las pérdidas de agua debido a la evaporación, la escorrentía superficial y la percolación excesiva. La selección de un sistema que proporcione una distribución uniforme y precisa del agua, como el riego por goteo o el riego localizado, puede ayudar a optimizar el uso del agua y reducir el desperdicio.

Además de la eficiencia, es importante evaluar la capacidad del sistema de riego para adaptarse a las características específicas del área de cultivo. Factores como el tipo de suelo, la topografía, el tamaño del terreno y los requisitos hídricos de los cultivos deben tenerse en cuenta al seleccionar un sistema de riego. Algunos métodos de riego, como el riego por aspersión, pueden ser más adecuados para áreas extensas y terrenos irregulares, mientras que el riego por goteo puede ser más adecuado para cultivos específicos o áreas con restricciones de agua.

Otros criterios para tener en cuenta incluyen la disponibilidad de recursos financieros y energéticos, la facilidad de operación y mantenimiento del sistema de riego, así como los aspectos ambientales y la sostenibilidad a largo plazo. La selección de un sistema de riego adecuado requiere un análisis cuidadoso de estos criterios y la evaluación de las opciones disponibles en función de las necesidades específicas de cada situación.

En resumen, la selección de un sistema de riego eficiente y adecuado implica considerar criterios significativos como la eficiencia del agua, la adaptabilidad al área de cultivo, la disponibilidad y calidad del agua, los recursos financieros y energéticos, la facilidad de operación y mantenimiento, así como los aspectos ambientales y la sostenibilidad. Al evaluar estos criterios de manera

integral, los agricultores y profesionales del riego pueden tomar decisiones fundamentadas y optimizar el uso del agua en la agricultura.

Al momento de seleccionar se evalúa los criterios más significativos, como los costos, el diseño, el tiempo de construcción, la facilidad de montaje, la operación, el mantenimiento, la seguridad, entre otros, para elegir las opciones más destacadas.

Para realizar la selección con análisis contrastados, se dividió en dos elementos utilizando las siguientes ecuaciones para poder optimizar el sistema:

Sistema de bombeo

La ecuación de energía de Bernoulli es una herramienta fundamental en la mecánica de fluidos para el análisis de flujos de fluidos incompresibles. Esta ecuación se basa en el principio de conservación de la energía y se aplica a lo largo de una línea de corriente para relacionar las variables de presión, velocidad y altura en un sistema fluido. A continuación, se presenta la importancia de utilizar la ecuación de energía de Bernoulli:

Descripción y análisis del flujo, predicción de variaciones en las variables del flujo, diseño de sistemas.

En conclusión, la ecuación de energía de Bernoulli desempeña un papel fundamental en la mecánica de fluidos al proporcionar una herramienta para describir, analizar y predecir el comportamiento de los flujos de fluidos incompresibles en diferentes sistemas. Su uso es crucial en ingeniería, diseño de sistemas y verificación experimental, permitiendo un mejor entendimiento y control de los flujos de fluidos y asegurando la eficiencia y seguridad de los sistemas en los que se aplica.

Ecuación de potencia Hidráulica

$$\begin{aligned} P_H &= \rho g Q H \\ P_H &= 620 \text{ W} \end{aligned} \tag{2.1}$$

Ecuación de eficiencia de bomba

$$n_b = \frac{P_H}{P_{eje}} \quad (2.2)$$

$$75\% = \frac{P_H}{P_{eje}}$$

$$P_{eje} = \frac{620}{75\%}$$

$$P_{eje} = 826.67 \text{ W}$$

- Tipo de riego

Para tubería múltiple

$$Q = N * Q_{got} \quad (2.3)$$

$$Hft = \frac{F * K * L}{D^m} * Q^2 \quad (2.4)$$

$$K = 10.2936 * n^2 \quad (2.5)$$

Donde:

K: Coeficiente de Rugosidad de la tubería.

F: Factor de corrección de Christiansen - Adimensional.

L: Longitud de la Tubería - metros.

D: Diámetro interno – metros

Q: Caudal – m³/s.

m: 5.33

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

- Tubería simple

$$Hf = \frac{K * Q^2 * L}{D^{\frac{16}{3}}} \quad (2.6)$$

Donde:

Hf: Pérdida por fricción en la tubería.

K: Coeficiente de Rugosidad de la tubería.

L: Longitud de la Tubería - metros.

D: Diámetro interno – metros

Q: Caudal – m³/s.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

$$H_{ftotal} = H_{ft1} + H_{ft2} + H_f + H_{fgot} \quad (2.7)$$

Tabla 2.12 Coeficientes de rugosidad de Manning dependiendo del material

Material	PVC	PE (cintillas)
n	0.009	0.008

2.6.1 Objetivos y ponderación

- **Fiabilidad**, El sistema debe completar el sistema de riego realizando todo el proceso requerido sin ningún problema.
- **Costo**, El producto ofrecido tiene un valor competitivo en el mercado nacional.
- **Funcionalidad**, El sistema tiene un desempeño de acuerdo con los estándares nacionales.
- **Adquisición**, El producto es fácil de comprar por los canales tradiciones y redes sociales.
- **Mantenimiento**, Se toma que el producto tengo un mantenimiento fácil y de bajo costo que los agricultores lo podrían realizar.

En las tablas 2.12 – 2.17 se evalúan las soluciones con los parámetros antes mencionados dándoles una ponderación a cada uno de ellos.

Tabla 2.13 *Criterios de funcionamiento y selección del sistema*

Criterios	Funcionalidad	Adquisición	Costo	Fiabilidad	Mantenimiento	Sumatoria +1	Ponderación
Funcionalidad		1	0	1	0	3	0.17
Adquisición	0		1	0	1	3	0.17
Costo	1	1		1	1	5	0.28
Fiabilidad	0	1	0		1	3	0.17
Mantenimiento	1	0	1	1		4	0.22
Total						18	1

2.6.2 Matriz de decisión

Tabla 2.14 *Comparación del criterio de fiabilidad frente a las diferentes propuestas*

Criterio de fiabilidad					
Criterios	Propuesta #1	Propuesta #2	Propuesta #3	Sumatoria +1	Ponderación
Propuesta #1		0.5	0.5	2	0.31
Propuesta #2	0.5		0.5	2	0.31
Propuesta #3	1	0.5		2.5	0.38
Total				6.5	1

Tabla 2.15 *Comparación del criterio de Mantenimiento frente a las diferentes propuestas*

Criterio de Mantenimiento					
Criterios	Propuesta #1	Propuesta #2	Propuesta #3	Sumatoria +1	Ponderación
Propuesta #1		0.5	0.5	2	0.31
Propuesta #2	0.5		0.5	2	0.31
Propuesta #3	1	1		3	0.46
Total				7	1

Tabla 2.16 *Comparación del criterio de Mantenimiento frente a las diferentes propuestas*

Criterio de Adquisición					
Criterios	Propuesta #1	Propuesta #2	Propuesta #3	Sumatoria +1	Ponderación
Propuesta #1		0.5	0.5	2	0.31
Propuesta #2	0.5		0.5	2	0.31
Propuesta #3	1	1		3	0.46
Total				7	1

Tabla 2.17 Comparación del criterio de Costo frente a las diferentes propuestas

Criterio de Costo					
Criterios	Propuesta #1	Propuesta #2	Propuesta #3	Sumatoria +1	Ponderación
Propuesta #1		0.5	0.5	2	0.31
Propuesta #2	0.5		0.5	2	0.31
Propuesta #3	1	0.75		2.75	0.42
Total				6.75	1

Tabla 2.18 Comparación del criterio de Funcionalidad frente a las diferentes propuestas

Criterio de Funcionalidad					
Criterios	Propuesta #1	Propuesta #2	Propuesta #3	Sumatoria +1	Ponderación
Propuesta #1		0.5	0.5	2	0.31
Propuesta #2	0.5		0.5	2	0.31
Propuesta #3	1	1		3	0.46
Total				7	1

2.7 Comparación y selección de diseño final

En primer lugar, un sistema de riego con mejores prestaciones se destaca por su mayor eficiencia en la provisión de agua a las plantas. Esto implica la minimización de las pérdidas de agua debido a fugas, evaporación o infiltración en el suelo. El sistema eficiente puede hacer uso de tecnologías como el riego por goteo o el riego por aspersión de alta precisión, que aseguran una distribución uniforme del agua, optimizando así su aprovechamiento y reduciendo el desperdicio.

En cuanto a la capacidad de riego, un sistema con mejores prestaciones posee la habilidad de cubrir áreas más extensas o cultivos con mayores necesidades hídricas. Puede contar con una capacidad de almacenamiento de agua más amplia, sistemas de bombeo más potentes o una red de distribución eficiente que permite abastecer múltiples puntos de riego de manera simultánea.

En resumen, un sistema de riego con mejores prestaciones se caracteriza por su eficiencia en la provisión de agua, su capacidad para abarcar áreas extensas

o cultivos con mayor demanda, y su versatilidad y adaptabilidad a diferentes condiciones. Estas características se traducen en un uso más eficiente de los recursos hídricos, un mayor rendimiento de los cultivos y una mayor flexibilidad en la gestión del riego.

Con base en lo anteriormente expuesto, resulta evidente que la opción 3 de la propuesta sobresale como la preferencia principal entre las alternativas presentadas, tal como se ilustra en la Figura 2.4. Esto se debe a su consideración tanto del costo del sistema como de su mantenimiento y adquisición. Además, se realizaron análisis exhaustivos de las presiones regidas por las ecuaciones previamente expuestas, así como de los gastos asociados a la implementación debido a la estructura requerida para el tanque elevado. Además, es necesario recalibrar la potencia de la bomba en función de la carga hidráulica que debemos superar, lo cual implicaría costos más substanciales. En virtud de lo mencionado, la alternativa 3 se posiciona como la elección más adecuada.

2.8 Diseño de forma del sistema y sus componentes

Para los diseños se tomará en cuenta un terreno de 20 m x 20 m ya que es un promedio de tamaño de los terrenos que se encuentran en las poblaciones donde se utiliza la agricultura familiar por lo cual se realizó las siguientes propuestas para los sistemas de bombeo.

Además, que en estos sistemas se utilizará los componentes mostrados en las figuras 2.5 a 2.10, y serán usados en todos los diseños que se están proponiendo a continuación.

- Manguera de goteo de 16mm Junior de 35MIL C/50 cm. (190m)



Figura 2.5 Cinta con goteros de 16mm C/50 cm. (Riego Ecuador, 2023)

- Conector de cinta/ manguera 16mm. (20)



Figura 2.6 Conectores para tubo de PVC a la cinta de goteo. (Riego Ecuador, 2023)

- Tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ para la tubería principal. (47 m)



Figura 2.7 Tubería principal de PVC de $\frac{3}{4}$ in. (Plastigama, 2023)

- Filtro en línea. (1 unidad)



Figura 2.8 Filtro de malla con entrada y salida de $\frac{3}{4}$ in. (Riego Ecuador, 2023)

- Temporizador de riego mecánico. (1 unidad)



Figura 2.9 Temporizador mecánico utilizado en riego por goteo. (Orbit, 2023)

- Tanque de 1000 de capacidad de 1000 L. (1 unidad)



Figura 2.10 Tanque cónico standard de 1000 Lts. (Plastigama, 2023)

2.9 Diseño de forma detallado de los diferentes componentes

2.9.1 Selección de paneles fotovoltaicos

Panel Solar 450Wp Monocristalino RESUN RS7I-M-450 HC

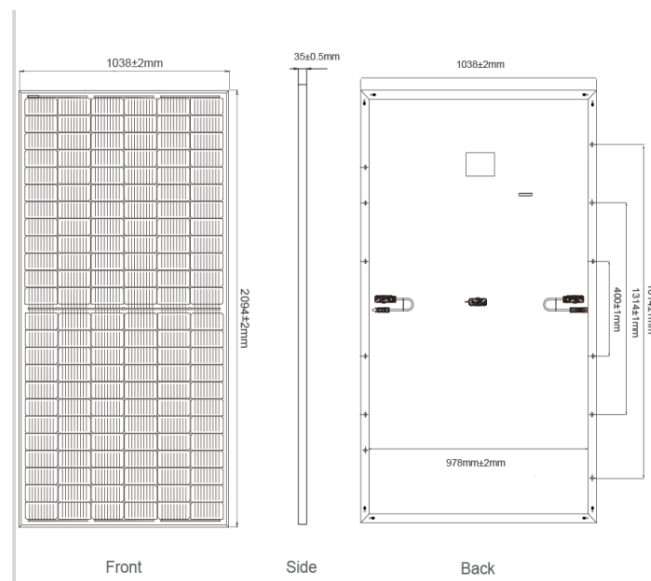
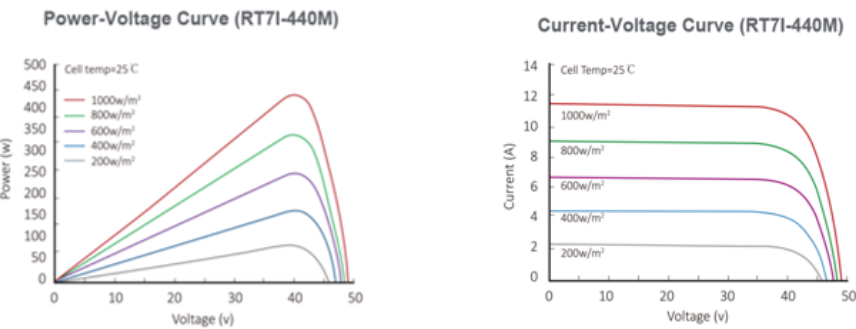


Figura 2.11 Dimensiones del panel solar seleccionado. (Proviento, 2023)

Tabla 2.19 Especificaciones técnicas del panel solar. (Proviento, 2023)

MECHANICAL DATA	
Solar cells	Mono Half-Cell 166x83mm, 9 Bus bars
Cell configuration	144 Cells (6x24)
Module dimensions	2094x1038*35mm
Weight	25KGS
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP68, 3 Diodes
Cable	4mm2(IEC)/12AWG(UL), 300mm or customized
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging	31pcs/pallet



2.9.2 Selección de la bomba solar.

Bomba sumergible NERA 06/04 para tanques elevados NASTEC

Bomba Centrifuga

BOMBA CENTRIFUGA.

- Impulsores y difusores en acero inoxidable AISI 304.

ELECTRÓNICA ENCAPSULADA.

- Sensor encapsulado de alta eficiencia, 3T para caudal máximo en cualquier condición atmosférica, protección contra sobrecarga, sobrepotencia y funcionamiento en seco.
- Cable de poder removible.
- Sensor de nivel de agua.

Figura 2.12 Bomba solar seleccionada para el sistema de bombeo (Proviento, 2023).

2.9.3 Diseño del sistema de energía fotovoltaica.

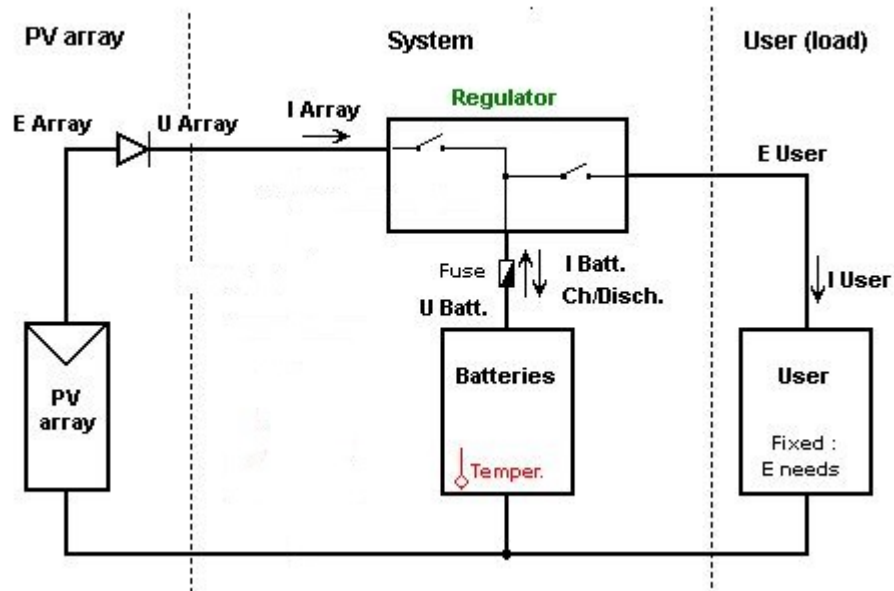


Figura 2.13 *Diseño del circuito de la energía fotovoltaica.*

En esta etapa del diseño se emplearán dos paneles solares, los cuales se presentan en la figura 2.10, junto con sus especificaciones técnicas detalladas en la tabla 2.18. Estos paneles solares se conectarán en serie y se utilizará un regulador de carga para mantener la potencia regulada y prevenir problemas con la bomba. Además, se contará con una batería de 24V, la cual operará de manera sincronizada con la bomba.

2.10 Metodología de simulación.

La metodología de simulación de EPANET involucra la definición del modelo, el ingreso de datos, la configuración de la simulación, la ejecución de esta y el análisis de los resultados. Esta metodología, según las investigaciones de, se presenta como una herramienta valiosa para el diseño, la operación y la optimización de sistemas de abastecimiento de agua.

2.10.1 Simulación del sistema fotovoltaico.

- I. Recopilación de datos: Recolecta los datos necesarios para realizar la simulación, como la ubicación geográfica del sistema solar, la radiación solar promedio, la temperatura ambiente y otros parámetros climáticos relevantes.
- II. Selección del modelo de paneles solares: Elige el modelo de paneles solares que se ajuste mejor a tu proyecto. Asegúrate de contar con los datos técnicos y características eléctricas de los paneles seleccionados.
- III. Configuración del sistema: Define los parámetros del sistema solar, incluyendo la disposición de los paneles, la capacidad del inversor, la orientación e inclinación de los paneles, entre otros factores.
- IV. Uso de PVSyst: Utiliza el software de simulación PVSyst para realizar el análisis. Ingresa los datos recopilados y configura adecuadamente el software.
- V. Simulación y análisis: Ejecuta la simulación en PVSyst para obtener resultados sobre la producción de energía esperada, el rendimiento del sistema y otros datos relevantes.
- VI. Validación: Compara los resultados obtenidos de la simulación con datos reales, si es posible, para validar la precisión de la simulación.
- VII. Análisis de sensibilidad: Realiza análisis de sensibilidad para evaluar cómo ciertos cambios en los parámetros pueden afectar el rendimiento del sistema solar.
- VIII. Informe y conclusiones: Presenta los resultados de la simulación en un informe, junto con tus conclusiones y recomendaciones.

2.10.2 Simulación del sistema de bombeo.

La simulación de riego por goteo en el programa EPANET ha demostrado ser una herramienta valiosa en el diseño y manejo de sistemas de riego. Según

estudios realizados, la metodología de simulación en EPANET permite evaluar de manera precisa el rendimiento hidráulico de la red de distribución, asegurando una distribución uniforme y eficiente del agua a través de los emisores de goteo (Smith, 2018). Además, investigaciones recientes han evidenciado que la simulación en EPANET facilita la optimización de parámetros cruciales, como la presión de operación, el caudal y la ubicación de los emisores, lo que resulta en un uso más eficiente del agua y una reducción en los costos de operación y mantenimiento del sistema de riego (Johnson & Brown, 2020).

En consecuencia, la aplicación de la metodología de simulación de riego por goteo en el programa EPANET se considera fundamental para la toma de decisiones informadas en la planificación y gestión sostenible de los recursos hídricos en el ámbito agrícola.

Usando los siguientes pasos para poder obtener los valores exactos o aproximados a los teóricos.

1. Construcción del sistema de riego.
2. Incluir especificaciones técnicas del sistema.
3. Realizar la simulación para corroborar datos.
4. Comparación de los datos teóricos Vs los simulados.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En previos capítulos, se llevaron a cabo cálculos, así como investigaciones con el propósito de efectuar la selección de los componentes necesarios, así como para realizar comparaciones técnicas que involucren los distintos parámetros esenciales en estos sistemas.

Se recolectaron datos de las simulaciones realizadas tanto mediante el uso de PVSyst como de EPANET. El primer software mencionado proporcionó informes acerca del comportamiento de la radiación solar en cinco localizaciones diversas, mientras que el segundo software será empleado para contrastar estos resultados con los datos teóricos, con el fin de evaluar la confiabilidad de estos.

3.1 Resultados de las simulaciones en el software PVSyst

De manera evidente en las tablas 3.1; 3.3; 3.5; 3.7 y 3.9, se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en la simulación en las ubicaciones de ESPOL, Naranjal, Santa Lucía, Zapotal y Tres Postes. Este conjunto de datos permite la comparativa del comportamiento de la radiación solar en múltiples localidades a lo largo de la costa ecuatoriana. Adicionalmente, los registros de ESPOL resultan valiosos para posibles implementaciones prototipo dentro de la universidad.

Por otro lado, con el propósito de validar los resultados derivados del software PVSyst, el cual dispone de una base de datos proporcionada por la NASA que permite simular situaciones inherentes a la zona específica de estudio, como es el caso de Zapotal, se ha procedido a realizar un análisis mediante la utilización de los datos provistos por la Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Sucre de Guayaquil. Este enfoque busca conferir mayor precisión a los resultados obtenidos y, simultáneamente, propiciar que el software opere en consonancia con condiciones que guardan mayor similitud con la realidad observada.

En congruencia con lo anteriormente expuesto, es posible apreciar en la Tabla 3.11 la coincidencia de las condiciones iniciales de trabajo, contemplando los requisitos establecidos. Posteriormente, en la Tabla 3.12 se exhiben los

resultados obtenidos mediante la aplicación de los datos provenientes del Aeropuerto de Guayaquil. Dichos resultados se caracterizan por reflejar valores inferiores a aquellos previamente presentados en la Tabla 3.2.

Tabla 3.1 *Resumen del sistema fotovoltaico en Zapotal.*

Resumen del sistema		
PV Orientación del panel		Sistema autónomo con baterías
Plano fijo	Norte	Necesidades del usuario
Inclinación	2 / 180°	Consumo constante 0.4 kWh/día promedio durante el año
Información del sistema		
Matriz Fotovoltaica		
Nb. de módulos	2 unidades	
Pnom total	900 Wp	

Tabla 3.2 *Producción de energía en periodo de un año en el sector de Zapotal*

Resumen de los resultados					
Energía Útil	129.3	kWh/año	Producción especificada	144	kWh/año
Energía perdida	0	kWh/año	Energía disponible	1514	kWh/año
Exceso	1255	kWh/año	Relación de calidad	7.25	%

Tabla 3.3 *Resumen del sistema fotovoltaico en Tres Postes.*

Resumen del sistema		
PV Orientación del panel		Sistema autónomo con baterías
Plano fijo	Norte	Necesidades del usuario
Inclinación	2 / 180°	Consumo constante 0.8 kWh/día promedio durante el año
Información del sistema		
Matriz Fotovoltaica		
Nb. de módulos	1 unidad	
Pnom total	850 Wp	

Tabla 3.4 Producción de energía en periodo de un año en el sector de Tres Postes

Resumen de los resultados					
Energía Útil	300.7	kWh/año	Producción especificada	668	kWh/año
Energía perdida	0	kWh/año	Energía disponible	584	kWh/año
Exceso	261.9	kWh/año	Relación de calidad	43.5	%

Tabla 3.5 Resumen del sistema fotovoltaico en Santa Lucia.

Resumen del sistema			
PV Orientación del panel	Sistema autónomo con baterías		
Plano fijo	Norte	Necesidades del usuario	
Inclinación	2 / 180°	Consumo constante	0.8 kWh/día promedio durante el año
Información del sistema			
Matriz Fotovoltaica			
Nb. de módulos	1 unidad		
Pnom total	850 Wp		

Tabla 3.6 Producción de energía en periodo de un año en el sector de Santa Lucia.

Resumen de los resultados					
Energía Útil	300.76	kWh/año	Producción especificada	668	kWh/año
Energía perdida	0	kWh/año	Energía disponible	583	kWh/año
Exceso	261.73	kWh/año	Relación de calidad	43.53	%

Tabla 3.7 Resumen del sistema fotovoltaico en Naranjal.

Resumen del sistema			
PV Orientación del panel	Sistema autónomo con baterías		
Plano fijo	Norte	Necesidades del usuario	
Inclinación	3 / 180°	Consumo constante	0.8 kWh/día promedio durante el año
Información del sistema			
Matriz Fotovoltaica			
Nb. de módulos	1 unidad		
Pnom total	900 Wp		

Tabla 3.8 Producción de energía en periodo de un año en el sector de Naranjal.

Resumen de los resultados					
Energía Útil	300.7	kWh/año	Producción especificada	668	kWh/año
Energía perdida	0	kWh/año	Energía disponible	631.51	kWh/año
Exceso	309.1	kWh/año	Relación de calidad	40.11	%

Tabla 3.9 Resumen del sistema fotovoltaico en ESPOL.

Resumen del sistema			
PV Orientación del panel	Sistema autónomo con baterías		
Plano fijo	Norte	Necesidades del usuario	
Inclinación	2 / 180°	Consumo constante	0.8 kWh/día promedio durante el año
Información del sistema			
Matriz Fotovoltaica			
Nb. de módulos	1 unidad		
Pnom total	900 Wp		

Tabla 3.10 Producción de energía en periodo de un año en el sector de ESPOL.

Resumen de los resultados					
Energía Útil	300.76	kWh/año	Producción especificada	668	kWh/año
Energía perdida	0	kWh/año	Energía disponible	745.94	kWh/año
Exceso	422.9	kWh/año	Relación de calidad	33.71	%

Tabla 3.11 Resumen del sistema fotovoltaico en Zapotal con datos de Estación Meteorológica del Aeropuerto Mariscal Sucre de Guayaquil

Resumen del sistema			
PV Orientación del panel	Sistema autónomo con baterías		
Plano fijo	Norte	Necesidades del usuario	
Inclinación	2 / 180°	Consumo constante	0.4 kWh/día promedio durante el año
Información del sistema			
Matriz Fotovoltaica			
Nb. de módulos	2 unidad		
Pnom total	900 Wp		

Tabla 3.12 *Producción de energía en periodo de un año en el sector de Naranjal, con información de la Estación Meteorológica de Aeropuerto Mariscal Sucre de Guayaquil*

Resumen de los resultados					
Energía Útil	120.48	kWh/año	Producción especificada	138	kWh/año
Energía perdida	0	kWh/año	Energía disponible	1506	kWh/año
Exceso	1220	kWh/año	Relación de calidad	6.85	%

Tras la ejecución de una validación que involucró la utilización de los registros de radiación difusa procedentes de la estación meteorológica localizada en el Aeropuerto de Guayaquil, se procedió a llevar a cabo una meticulosa confrontación de los errores porcentuales. Estos surgieron al someter al análisis el desempeño del sistema de paneles fotovoltaicos, utilizando tanto la información emanada de la NASA como los datos originados en la mencionada estación aeroportuaria. Este procedimiento se efectuó con el propósito de obtener un discernimiento más acucioso acerca de la exactitud de las simulaciones efectuadas por PVSyst, cuando se vale de bases de datos de diversa procedencia.

La tabla 3.13 evidencia un grado de error admisible en lo concerniente a la producción de energía útil, obtenida al emplear datos de mayor precisión provenientes de fuentes más fidedignas. En este contexto, el índice de error asociado a la producción exhibe una tendencia descendente. De igual manera, los resultados revelan que la energía disponible por año registra un margen de error prácticamente marginal, lo que robustece aún más la fiabilidad de la simulación.

En resumen, los resultados señalan que la aplicación de datos más precisos, provenientes de fuentes altamente confiables como la NASA y la estación meteorológica del Aeropuerto de Guayaquil, incide positivamente en la calidad de las predicciones generadas por PVSyst en relación con el rendimiento de sistemas fotovoltaicos.

Tabla 3.13 *Error porcentual de energía útil, producción específica de energía eléctrica en el sector de Zapotal y la energía disponible en el sector durante un año*

Error porcentual de energía útil	
Energía útil Zapotal	56%
Producción específica	78%
Energía disponible	52%

En la Tabla 3.14 se recopilaron todos los datos correspondientes a las cinco simulaciones realizadas en diversos lugares, con el propósito de validar la información obtenida. Este enfoque facilita la lectura y la comparación de datos, permitiendo analizar los valores de radiación solar, la disponibilidad energética y la calidad de las relaciones específicas en cada uno de los lugares de estudio de manera más efectiva. Así mismo, se puede observar más información en el Apéndice A.

Tabla 3.14 *Resumen de los datos más importantes y comparaciones en las diferentes ubicaciones.*

Paneles fotovoltaicos necesarios por ubicación					
	Zapotal	Tres Postes	Santa Lucia	Naranjal	ESPOL
Numero de paneles	2	1	1	1	1
Radiación solar [Wh/m²]	5873	5940	5852	5764	5617
Energía disponible [kWh/año]	1506	584	583	631.51	745.54
Relación de calidad [%]	7.25	43.5	43.53	40.11	33.71

3.2 Comparación de los resultados de la simulación y los datos teóricos del sistema de bombeo.

En las tablas 2.9-2.11, se encuentran plasmados los resultados derivados de las ecuaciones de Manning previamente mencionadas. En esta sección, analizaron los parámetros de mayor relevancia, a sabiendo, la altura de la columna de agua (cabezal) y el caudal de los dispositivos de goteo. Adicionalmente, se presentan más detalles en el apéndice correspondiente.

Asimismo, en la tabla 3.15 se efectúa una comparación entre los valores teóricos y experimentales, revelando un error porcentual del 18% en el cabezal y un 7% en el caudal de cada gotero.

En la Figura 3.1 se muestra como el software EPANET simuló el flujo que se obtiene cuando se pone a trabajar el sistema de riego por gravedad.

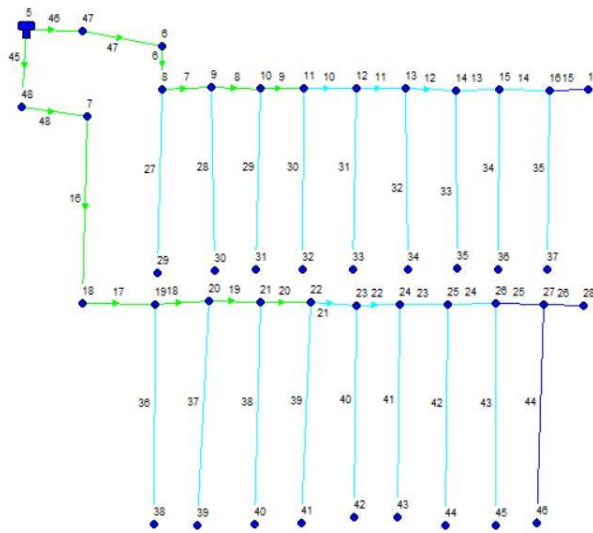


Figura 3.1 Simulación de la propuesta 3 en el software EPANET.

Tabla 3.15 Tabla resumen de los datos teóricos y prácticos con su respectivo error porcentual

Resultados Epanet		Resultados Teóricos		Error Porcentual	
Head (m)	Flow (lps)	Head (m)	Flow (lps)	Head	Flow
7.5	0.00065	7	0.00055	18%	7%

Además de llevar a cabo las modificaciones sugeridas en la sección de diseño, con el propósito de corroborar que la propuesta 3 prevalezca como la alternativa óptima y de mayor eficacia, se busca evaluar las disparidades presentes y determinar el grado de utilidad que el programa EPANET aporta en la implementación de dichas modificaciones.

Propuesta 1

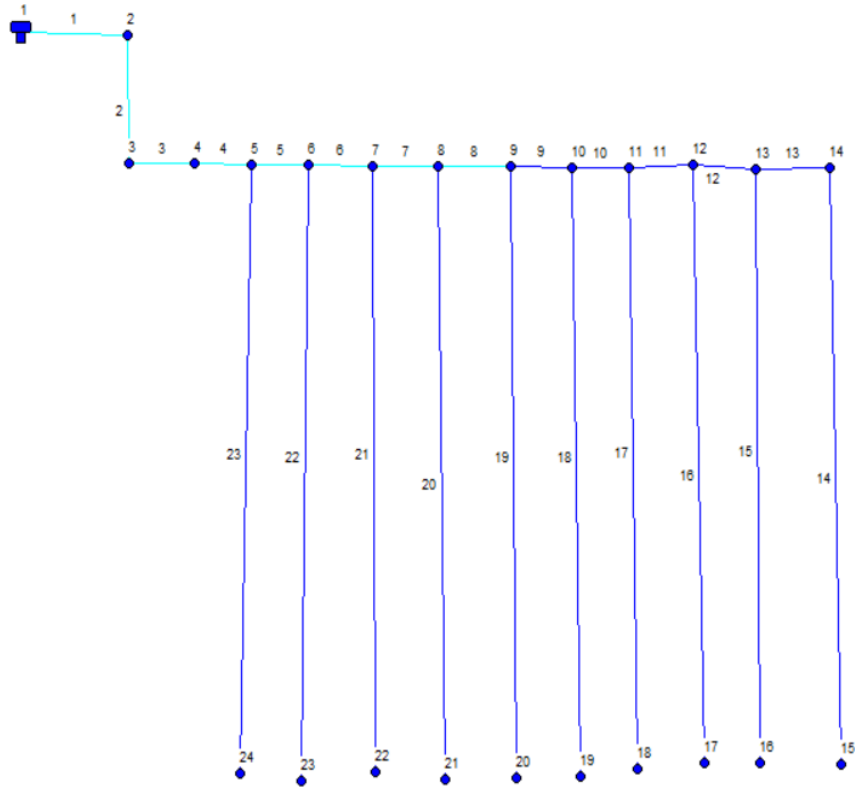


Figura 3.2 Simulación de la propuesta 1 EPANET.

Tabla 3.16 Tabla resumen de los datos teóricos y prácticos con su respectivo error porcentual

Resultados Epanet		Resultados Teóricos		Error Porcentual	
Head (m)	Flow (lps)	Head (m)	Flow (lps)	Flow	Head
9.2	0.000045	8.5	0.00055	92%	8%

A partir de los datos suministrados, se evidencia que el flujo proporcionado por el gotero resulta insuficiente para satisfacer la demanda requerida de caudal. Esta constatación se reafirma al analizar detenidamente la representación visual presentada en la Figura 3.2, la cual demuestra que el flujo alcanza únicamente hasta el punto 8 de la tubería principal, quedando los demás

puntos desprovistos de caudal alguno. Este fenómeno revela una discrepancia significativa, calculada en un 92%, la cual podría estar influenciada por variables de configuración. Adicionalmente, se detecta un desajuste del 8% en la medición del cabezal hidrodinámico. En vista de estos hallazgos, se concluye que el sistema en consideración no ostenta viabilidad

Propuesta 2

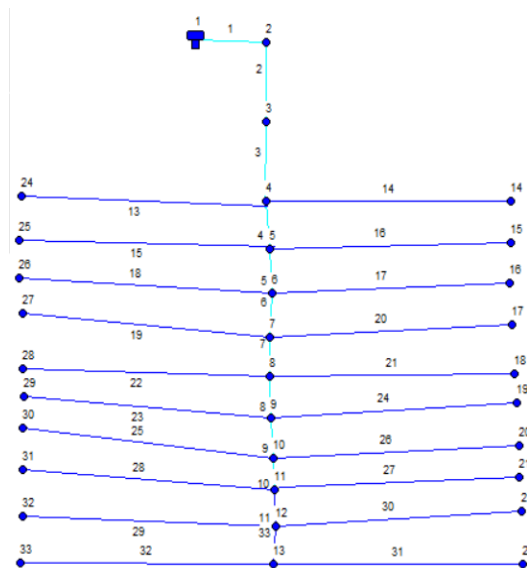


Figura 3.3 Simulación de la propuesta 2 en EPANET.

Tabla 3.17 Tabla resumen de los datos teóricos y prácticos con su respectivo error porcentual

Resultados Epanet		Resultados Teóricos		Error Porcentual	
Head (m)	Flow (lps)	Head (m)	Flow (lps)	Flow	Head
8.2	0.000045	8.5	0.00055	78%	10%

Con base en los datos proporcionados, se puede constatar que el flujo de líquido dispensado por el gotero resulta insuficiente para atender la demanda requerida. Este inconveniente es evidenciado aún más en la representación gráfica presentada en la Figura 3.3, la cual exhibe que dicho flujo únicamente alcanza la tubería principal hasta el punto 10; en contraste, en los demás puntos

no se registra caudal alguno. Esta disparidad conlleva un margen de error considerable, estimado en un 78%, susceptible de estar asociado a aspectos de configuración. Adicionalmente, se identifica un desvío del 10% en la medición del cabezal hidrodinámico. A la luz de estos resultados, es pertinente descartar la viabilidad del sistema en cuestión.

3.3 Características del diseño

En la elaboración del diseño se emplearon los elementos enlistados en la tabla 3.18, los cuales están disponibles en el ámbito local. Esto se realizó con el propósito de brindar una mayor comodidad a aquellos interesados en aplicar nuestro diseño.

Tabla 3.18 *Componentes del Sistema de agua de riego con energía renovable.*

Componentes del diseño		
Manguera de gotero	190	m
PVC 3/4 in	60	m
Conector de cinta de goteo	20	unidades
Filtro en línea	1	unidad
Temporizador mecánico	1	unidad
Tanque elevado 1000 Lts	1	unidad
Paneles solares	2	unidades
Bomba solar	1	unidad
Baterías	2	unidades

3.4 Análisis de la estructura del tanque elevado.

En este apartado, se realizó un examen minucioso de la disposición necesaria, tal como se representa en la figura 3.6, con el fin de sustentar una carga de 1 tonelada a una distancia de 7 metros sobre el nivel del suelo. Esta altitud reviste importancia fundamental en nuestro planteamiento, dado que engendra la presión imperativa para el funcionamiento adecuado del

sistema de riego. Adicionalmente, en la figura 3.4 se aprecia que la deformación máxima apenas alcanza los 0.00039 metros, una magnitud sumamente reducida. Este desenlace ratifica la pertinencia de la estructura ideada, que hace uso de perfiles L50x50x5 y L70x70x7. Es de relevancia destacar que la dirección de la deformación yace en la coordenada Y, presentando un desplazamiento de 0.00013 metros, tal como se ilustra en la figura 3.18.

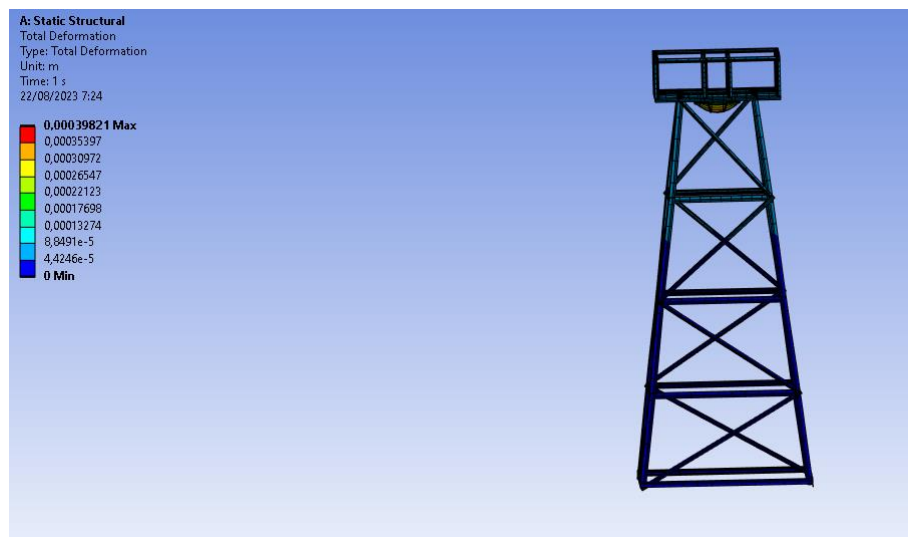


Figura 3.4 Simulación de estructura para sostener el tanque de 1000 Lts y ver su deformación total.

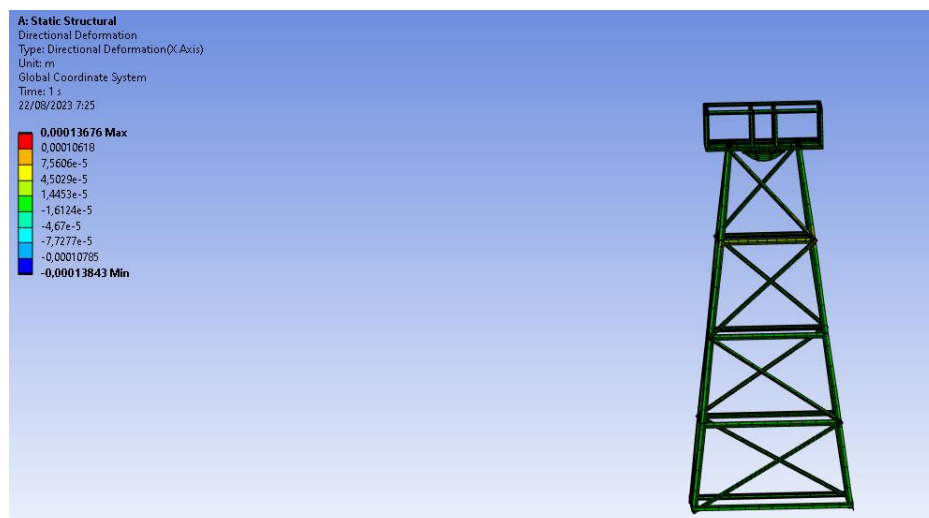


Figura 3.5 Simulación de estructura para sostener el tanque de 1000 Lts y ver su dirección de deformación.

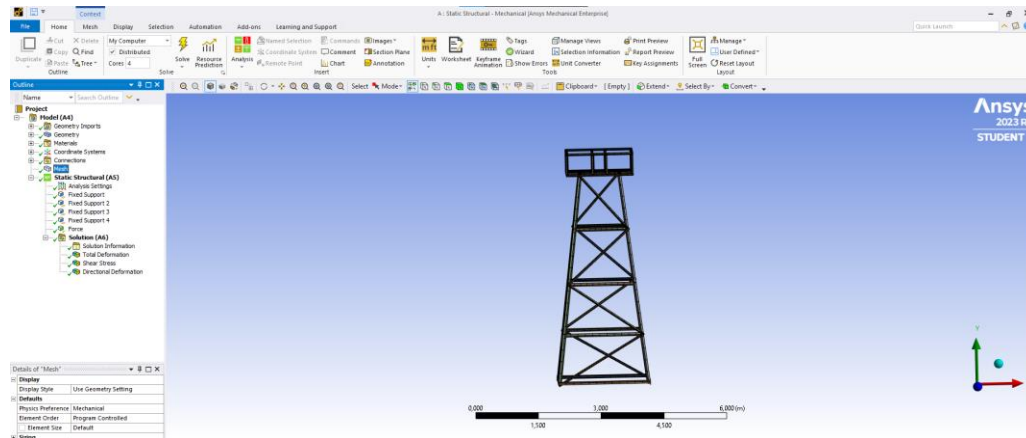


Figura 3.6 *Diseño de la estructura analizada en Ansys en la sección de estructura estática.*

3.5 Costos del prototipo

En el presente apartado, se expondrán los gastos concernientes a los elementos que conforman el sistema de irrigación impulsado por fuentes renovables, excluyendo el costo correspondiente a la infraestructura que albergará el depósito elevado. Igualmente, se procederá a detallar los costos específicos a nivel local.

Tabla 3.19 *Costos en el mercado local de los componentes para el sistema.*

Lista de precio	
Manguera de gotero	\$57.00
PVC 3/4 in	\$112.40
Conector de cinta de goteo	\$4.40
Filtro en línea	\$40.00
Temporizador mecánico	\$34.00
Tanque elevado 1000 Lts	\$233.00
Paneles solares	\$440.00
Bomba solar	\$1893.00
Baterías (opcional)	\$600.00
Total	\$3413.80

Se realizó un análisis importando la misma bomba necesaria para nuestro prototipo, la cual tiene un tiempo de importación de 15 días. Además, el costo del

prototipo disminuye en aproximadamente \$1,400 como se muestra en la tabla 3.20, lo que nos posiciona en una posición competitiva en comparación con los sistemas mencionados en la siguiente sección. Esto se reflejará en la siguiente tabla, donde se mostrará el precio con la inclusión de la importación de la bomba.

Tabla 3.20 *Precios de diferentes tipos de bombas para cada sistema.*

Lista de precio	
Manguera de gotero	\$57.00
PVC 3/4 in	\$112.40
Conector de cinta de goteo	\$4.40
Filtro en línea	\$40.00
Temporizador mecánico	\$34.00
Tanque elevado 1000 Lts	\$233.00
Paneles solares	\$440.00
Bomba solar	\$400.00
Baterías (opcional)	\$600.00
Total	\$1920.80

3.6 Análisis de viabilidad del uso de energía renovable para bombeo de agua para riego.

En esta sección, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de los requisitos planteados desde el inicio del proyecto. En primer lugar, se realizaron cálculos teóricos esenciales para lograr un entendimiento preciso de los dispositivos necesarios para la exitosa ejecución del emprendimiento. Una vez que se obtuvieron los parámetros de caudal requeridos y se tomaron en consideración las condiciones del sitio donde se implementará el proyecto, se procedió a llevar a cabo simulaciones detalladas y se examinaron minuciosamente las alternativas disponibles en términos de dispositivos. Es importante destacar que, entre las distintas opciones de equipos disponibles, algunas presentan limitaciones específicas en cuanto a su aplicabilidad, lo que generó la necesidad de evaluar de manera cuidadosa su idoneidad.

La tecnología escogida para este propósito tiene una trayectoria en el mercado internacional de más de siete décadas. Su origen se remonta a su implementación inicial en uno de los primeros satélites enviados al espacio. Cabe resaltar que, durante el año 2010, la producción de paneles solares experimentó un crecimiento exponencial, lo que condujo a la introducción de esta tecnología en el país.

Además de incluir tablas que presentan los costos y comparativas con sistemas de bombeo de características similares, aunque estos carecen de la capacidad de generación de energía proporcionada por los paneles solares, se evidencia en la tabla 3.21 que el sistema impulsado por energía solar implica un costo promedio aproximado de \$800 a \$1000 mayor. Sin embargo, las ventajas sostenibles a largo plazo que este enfoque brinda a una comunidad, junto con la demostración de las capacidades intrínsecas de esta modalidad de energía limpia y libre de contaminantes, así como su potencial para ser utilizada en entornos domésticos sin cargos mensuales recurrentes, llevan a la conclusión de que la inversión inicial en energía solar justifica su desembolso. Esto no solo resalta la viabilidad de su implementación, sino que también demuestra su utilidad y sostenibilidad potencial a largo plazo.

Tabla 3.21 *Precios de diferentes tipos de bombas para cada sistema.*

Lista de precio con motobomba		Lista de precio con bomba eléctrica	
Manguera de gotero	\$57.0	Manguera de gotero	\$57.00
PVC 3/4 in	\$112.40	PVC 3/4 in	\$112.40
Conector de cinta de goteo	\$ 4.40	Conector de cinta de goteo	\$4.40
Filtro en línea	\$40.00	Filtro en línea	\$40.00
Temporizador mecánico	\$34.00	Temporizador mecánico	\$34.00
Tanque elevado 1000 Lts	\$233.00	Tanque elevado 1000 Lts	\$233.00
Bomba gasolina	\$400.00	Generador eléctrico 1000w	\$560.00
Gasolina x 1 mes	\$6.08	Bomba eléctrica	\$100.00
Aceite	\$5.00	Gasolina x 1 mes	\$34.56
Total	\$891.88	Total	\$1175.36

3.7 Resultados de la eficiencia y la instalación hidráulica

En el momento de llevar a cabo el análisis de la bomba, se determinó que la mejor opción era la bomba NERA 06/04. Como se puede apreciar en la Figura 3.7, esta bomba presenta una variación en el caudal de aproximadamente $2 \text{ m}^3/\text{h}$ cuando se varían 10 voltios de entrada a la misma. Además, se llevó a cabo un análisis de la eficiencia de la bomba con el fin de identificar el rango de flujo volumétrico en el cual opera de manera óptima, como se muestra en la Figura 3.8.

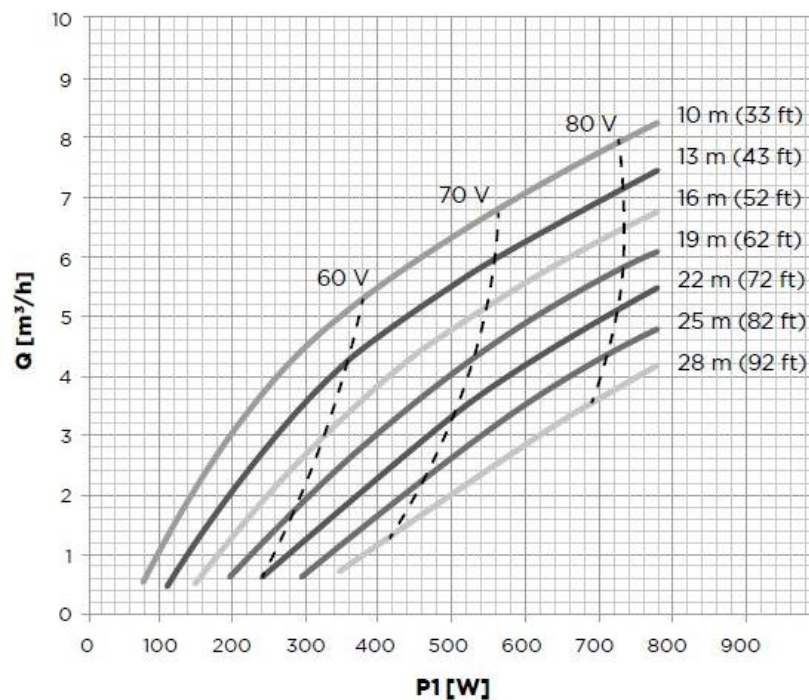


Figura 3.7 Curva de operación de caudal en relación con la potencia (Proviento, 2023).

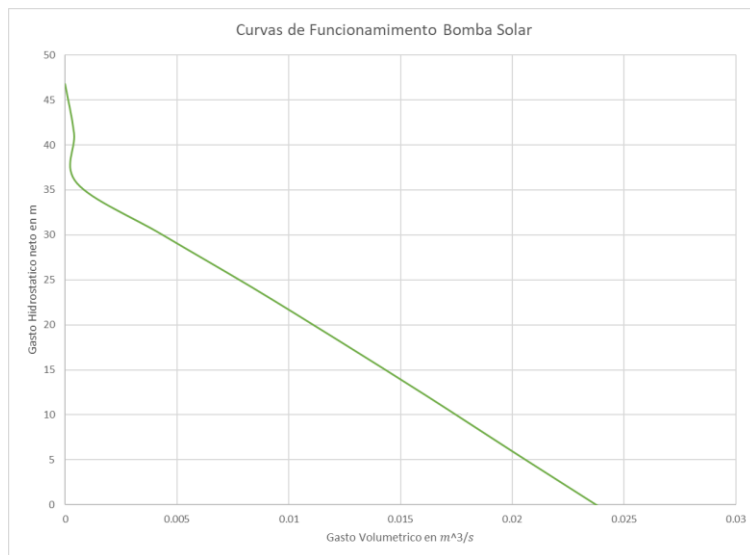


Figura 3.8 *Curva de eficiencia de la bomba (Proviento, 2023).*

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La introducción de un sistema de riego basado en la utilización de paneles solares en una población caracterizada por un limitado acceso a la red eléctrica presenta la perspectiva favorable de impulsar la mejora en la sostenibilidad y la accesibilidad energética en el sector agrario. Mediante el aprovechamiento de la energía solar, se atenúa la dependencia de las fuentes tradicionales de suministro eléctrico, las cuales podrían hallarse sujetas a restricciones en su disponibilidad o resultar económicamente onerosas en contextos de áreas geográficamente remotas o dotadas de infraestructuras eléctricas precarias. Consecuentemente, esta iniciativa capacita a los agricultores para acceder a una fuente energética caracterizada por una mayor fiabilidad y costos más asequibles. Esta reconfiguración de las fuentes energéticas disponible, a su vez, engendra un estímulo al progreso de la actividad agrícola a nivel local y abona a la consolidación de la seguridad alimentaria en dicha comunidad.

La implementación de un sistema de riego impulsado por energía solar en una localidad con limitado acceso a la electricidad podría conllevar un notable incremento en la producción agrícola y, consecuentemente, en la mejora de las condiciones socioeconómicas de la comunidad en cuestión. El enfoque de riego basado en energía solar confiere a los agricultores la capacidad de mantener un suministro ininterrumpido de agua destinada a sus cultivos, lo cual ostenta el potencial de incrementar la productividad agrícola y diversificar las alternativas de cultivo. No sólo se traduce esto en cosechas más abundantes, sino que también puede originar excedentes para la comercialización en los mercados locales, generando ingresos suplementarios para los cultivadores y aportando al progreso económico holístico de la población en su conjunto.

El desarrollo de un sistema de riego que integre paneles solares en una comunidad con un enfoque centrado en la enseñanza académica, respaldado por

herramientas informáticas como PVSyst y EPANET, brinda una oportunidad sumamente propicia para enriquecer la educación y la investigación en diversas disciplinas. Al amalgamar la tecnología de energía solar con recursos de simulación tales como PVSyst, se dota a estudiantes y docentes con la capacidad de profundizar su comprensión en los aspectos técnicos y operativos de la energía solar, así como en su incorporación en los sistemas de riego. Adicionalmente, la aplicación del software EPANET para modelar la distribución del recurso hídrico puede conllevar un aporte formativo en campos de la ingeniería y la administración del agua, facultando a los estudiantes para explorar la optimización de la eficiencia hídrica en los sistemas de riego.

La incorporación de un sistema de riego propulsado por medio de paneles solares, juntamente con la utilización de aplicaciones informáticas especializadas como PVSyst y EPANET, fomenta la instauración de una mentalidad orientada hacia la innovación y la adaptación tecnológica dentro de la población enarbolando la educación académica. Esta confluencia provee a estudiantes y profesionales la ocasión de sondear nuevas aproximaciones para afrontar los retos inherentes a la agricultura sostenible y la administración de los recursos hídricos en contextos caracterizados por un acceso limitado a la energía eléctrica. Mediante proyectos de índole investigativa y de desarrollo, los partícipes se hallan capacitados para engendrar soluciones ingeniosas con el propósito de optimizar tanto la producción agrícola como la eficacia en la utilización del agua, contribuyendo, de esta manera, al progreso tecnológico y al fomento del desarrollo sostenible en la demarcación geográfica. Por lo cual, se puede encontrar una guía de estudios de los 2 softwares antes mencionados en el Apéndice B.

La sección 3.2 proporciona una visión reveladora, evidenciando cómo los datos derivados tanto de la teoría como del software EPANET contribuye al entendimiento integral del sistema. Esta sinergia, en consecuencia, valida la pertinencia del sistema en desarrollo para su aplicación en las ubicaciones

previamente especificadas en el marco de la investigación. Con una tasa de error inferior al 18% en el caudal y un 5% en la elevación, tal y como se desprende de la evaluación de la propuesta elegida, se satisface no solo los aspectos técnicos cruciales, sino también las exigencias del cliente, abordando de manera íntegra las prerrogativas vinculadas a este proyecto.

El análisis llevado a cabo en PVSyst se revela de considerable utilidad en tanto se suministren los datos y condiciones adecuadas desde el comienzo del proceso. Al seleccionar los datos de radiación solar para efectuar la simulación del funcionamiento de un sistema fotovoltaico, resulta imperativo valerse de la información suministrada por las estaciones meteorológicas más próximas a la región de interés, dado que estas fuentes de datos más cercanas aseguran una mayor precisión en los resultados, que, a su vez, se aproximan de manera más fidedigna a la realidad.

Recomendaciones

Realiza una investigación exhaustiva sobre los incentivos y subvenciones ofrecidos en tu área geográfica con el propósito de respaldar la implementación de sistemas solares. En ciertos lugares, se presenta la oportunidad de acceder a beneficios de índole tributaria, líneas de crédito o subsidios otorgados por las autoridades gubernamentales, los cuales inciden directamente en la reducción de los costos iniciales relacionados con la adquisición y la instalación de infraestructuras fotovoltaicas.

Previo a la instalación de sistemas solares, resulta imperativo alcanzar una comprensión cabal de tu consumo energético vigente. A través del análisis detallado de las facturas eléctricas, es factible discernir la cuantía de energía que se consume mensualmente. Dicha información constituye un elemento esencial para establecer las dimensiones y el número apropiado de paneles solares requeridos con miras a satisfacer las necesidades energéticas y, a su vez, aprovechar el excedente de energía que pueda generarse en el sistema.

Con el fin de emplear de manera efectiva el software PVSyst, se recomienda iniciar el proceso mediante la precisa inserción de datos específicos inherentes a la ubicación en consideración, englobando coordenadas geográficas y variables climáticas autóctonas. Posteriormente, lleva a cabo una exhaustiva evaluación de los parámetros de diseño, abarcando la disposición de los módulos fotovoltaicos, inversores y la disposición de los conductores. Es imperativo garantizar la utilización de información fidedigna concerniente a la radiación solar y el factor de sombreado, con el propósito de alcanzar resultados de alta precisión. Una vez finalizada la configuración, procede a ejecutar simulaciones con distintos escenarios, a fin de evaluar tanto el rendimiento energético como el aspecto económico del sistema fotovoltaico bajo una gama diversa de condiciones. Finalmente, efectúa la interpretación de los informes generados por el software, con el objetivo de adoptar decisiones informadas en relación con el diseño y a la materialización del sistema solar.

Para lograr un empleo eficaz del software EPANET, se sugiere inicialmente proceder con el establecimiento detallado de la infraestructura de distribución hidráulica, mediante la introducción precisa de los datos relativos a las conducciones, nodos, demandas y parámetros hidráulicos pertinentes. Posteriormente, es esencial verificar la precisión de la información ingresada y llevar a cabo simulaciones hidráulicas que permitan la evaluación del comportamiento del sistema en distintas condiciones operativas. En el análisis, resulta imperativo contemplar variables tales como la presión, el caudal y la calidad del recurso hídrico. Las utilidades de visualización y los informes generados por el software deben ser utilizados con miras a la identificación de posibles problemáticas, propiciando la toma de decisiones informadas en lo concerniente a la optimización de la red de distribución hidráulica.

BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Aligah, M. (2011). Design of Photovoltaic Water Pumping System and Compare it with Diesel Powered Pump. En *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering* (Vol. 5, Número 3).
- Al-Badi, A., & Yousef, H. (2016). Design of photovoltaic water pumping system as an alternative to grid network in Oman. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 1(14), 11–15. <https://doi.org/10.24084/repqj14.203>
- CULTESA RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL CULTIVO DE PITAYA ROJA.* (2013).
- Fernando Enrique Luna Herrera, & Erasmo José Pérez Mendoza. (2012). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Tecnología de la Construcción Carrera de Ingeniería Agrícola.*
- Orlando H, Álvarez Hernández, Thuesman Montaña, Emmanuelle Quentin, Jorge Maldonado, & Juan C Solano. (2014). *La radiación solar global en las provincias El Oro, Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. Utilización de datos de reanálisis de la nubosidad diurna.*
- Pujols Osle Pedro, Tornos Torres Norge, & Machado Castillo Juan Pedro. (2018). Efecto de diferentes frecuencias y dosis deriego por goteo en el cultivo de sábila en elMunicipio Colina del estado Falcón. *Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía.*
- Redacción Interempresas. (2010). Las necesidades hídricas de la vid. *Canales sectoriales.*
- Solís Solís Jessica. (2021). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSIÓN PARA EL CULTIVO DE RAMBUTÁN (Nephelium lappaceum L.) EN FINCA LA AURORA UBICADA EN SAN PEDRO DE PÉREZ ZELEDÓN, SAN JOSÉ, COSTA RICA.*

APÉNDICES

Apéndice A: Informes de PVSyst de cada una de las zonas de estudio



Version 7.4.0

PVsyst - Simulation report

Standalone system

Project: Zapotal int

Variant: New simulation variant

Standalone system with batteries

System power: 900 Wp

Zapotal - Ecuador

| Author



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
07/26/23 22:02
with v7.4.0

Project: Zapotal int

Variant: New simulation variant

Project summary

Geographical Site

Zapotal
Ecuador

Situation

Latitude -2.31 °S
Longitude -80.55 °W
Altitude 17 m
Time zone UTC-5

Project settings

Albedo 0.20

Meteo data

Zapotal
NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Synthetic

System summary

Standalone system

PV Field Orientation

Fixed plane
Tilt/Azimuth 2 / 180 °

Standalone system with batteries

User's needs

Daily household consumers
Constant over the year
Average 0.4 kWh/Day

System information

PV Array

Nb. of modules 2 units
Pnom total 900 Wp

Battery pack

Technology Lead-acid, sealed, Gel
Nb. of units 2 units
Voltage 24 V
Capacity 160 Ah

Results summary

Useful energy from solar	129.37 kWh/year	Specific production	144 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	7.25 %
Missing Energy	0.00 kWh/year	Available solar energy	1514.34 kWh/year	Solar Fraction SF	100.00 %
Excess (unused)	1255.00 kWh/year				

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Predf. graphs	7

**PVsyst V7.4.0**

VC0, Simulation date:
07/26/23 22:02
with v7.4.0

Project: Zapotal int

Variant: New simulation variant

General parameters**Standalone system****PV Field Orientation****Orientation**

Fixed plane

Tilt/Azimuth 2 / 180 °

Standalone system with batteries**Sheds configuration**

No 3D scene defined

Models used

Transposition

Diffuse Perez, Meteorom

Circumsolar separate

User's needs

Daily household consumers

Constant over the year

Average 0.4 kWh/Day

PV Array Characteristics**PV module**

Manufacturer

Generic

Model

RS71-450M

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

450 Wp

Number of PV modules

2 units

Nominal (STC)

900 Wp

Modules

1 String x 2 in series

At operating cond. (50°C)

Pmpp

814 Wp

U mpp

74 V

I mpp

11 A

Controller

Manufacturer

Generic

Model

SmartSolar MPPT 150/35 24V

Technology

MPPT converter

Temp coeff.

-2.7 mV/°C/Elem.

Converter

Maxi and EURO efficiencies

98.0 / 96.0 %

Total PV power

Nominal (STC)

0.900 kWp

Total

2 modules

Module area

4.4 m²

Cell area

3.9 m²

Battery

Manufacturer

Generic

Model

Solar 12V / 160 Ah

Technology

Lead-acid, sealed, Gel

Nb. of units

2 in series

Discharging min. SOC

10.0 %

Stored energy

3.5 kWh

Battery Pack Characteristics

Voltage

24 V

Nominal Capacity

160 Ah (C10)

Temperature

Fixed 20 °C

Battery Management control

Threshold commands as

Battery voltage

Charging

30.8 / 25.2 V

Corresp. SOC

0.96 / 0.80

Discharging

22.1 / 24.2 V

Corresp. SOC

0.07 / 0.35

Array losses**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance

Uc (const)

20.0 W/m²K

Uv (wind)

0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.

111 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Series Diode Loss

Voltage drop

0.7 V

Loss Fraction

0.9 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.8 %

Module mismatch losses

Loss Fraction

0.5 % at MPP

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

07/26/23

PVsyst Evaluation mode

Page 3/7



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
07/26/23 22:02
with v7.4.0

Project: Zapotal int
Variant: New simulation variant

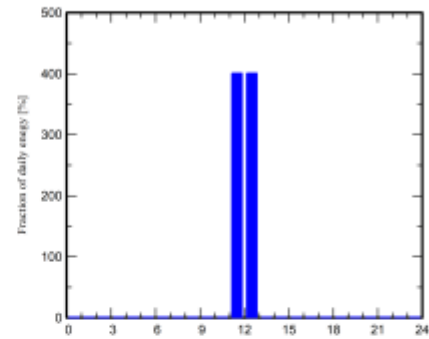
Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.4 kWh/day

Annual values

Use 3 days a week	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Other uses	1	800 tot	1.0	800
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				824

Hourly distribution





PVsyst V7.4.0

VC0: Simulation date:
07/26/23 22:02
with v7.4.0

Project: Zapotal int
Variant: New simulation variant

Main results

System Production

Useful energy from solar 129.37 kWh/year
Available solar energy 1514.34 kWh/year
Excess (unused) 1255.00 kWh/year

Perf. Ratio PR 7.25 %
Solar Fraction SF 100.00 %

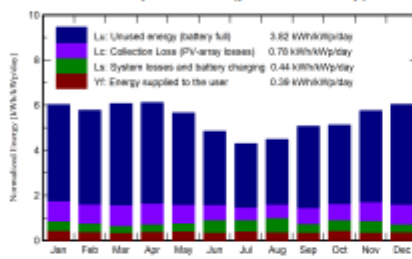
Loss of Load

Time Fraction 0.0 %
Missing Energy 0.00 kWh/year

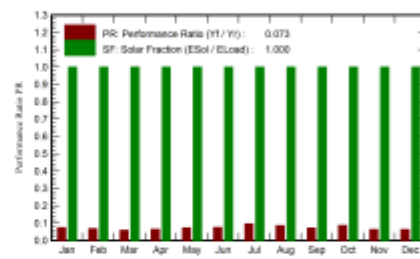
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 99.9 %
Static SOW 90.0 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	184.1	181.5	142.1	118.8	0.000	12.36	12.36	1.000
February	160.4	157.4	123.1	104.6	0.000	9.89	9.89	1.000
March	188.2	183.2	142.6	125.1	0.000	9.89	9.89	1.000
April	185.1	178.7	139.2	120.4	0.000	10.71	10.71	1.000
May	177.9	170.0	133.9	113.0	0.000	11.54	11.54	1.000
June	147.9	140.4	111.4	87.7	0.000	9.89	9.89	1.000
July	135.2	128.6	102.9	78.6	0.000	11.54	11.54	1.000
August	140.1	134.7	106.6	79.9	0.000	10.71	10.71	1.000
September	152.4	147.9	116.6	97.4	0.000	9.89	9.89	1.000
October	157.8	154.2	121.5	97.1	0.000	12.36	12.36	1.000
November	170.4	167.8	131.5	108.9	0.000	9.89	9.89	1.000
December	184.1	182.2	142.9	123.5	0.000	10.71	10.71	1.000
Year	1983.7	1926.7	1514.3	1255.0	0.000	129.37	129.37	1.000

Legends

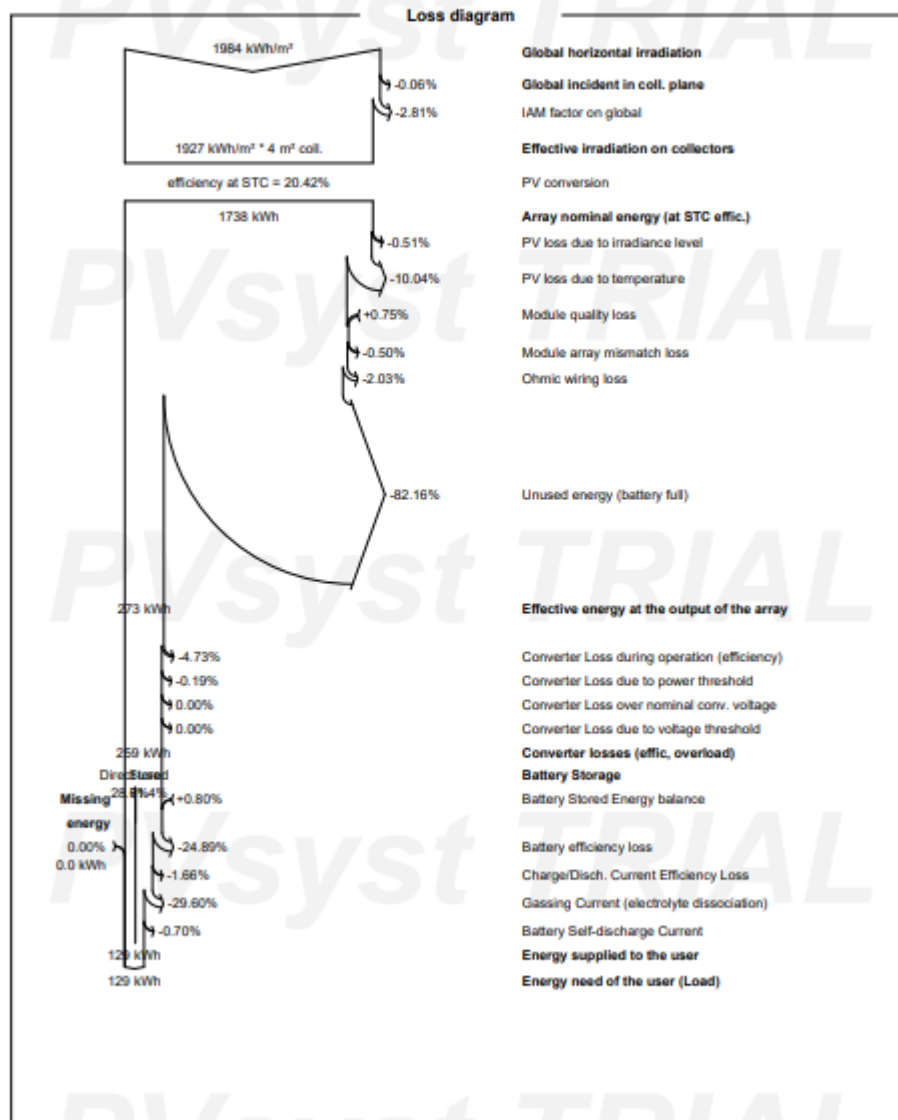
GlobHor Global horizontal irradiation
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
E_Avail Available Solar Energy
EUnused Unused energy (battery full)
E_Miss Missing energy

E_User Energy supplied to the user
E_Load Energy need of the user (Load)
SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)



PVsyst V7.4.0
VCO, Simulation date:
07/26/23 22:02
with v7.4.0

Project: Zapotal int
Variant: New simulation variant



07/26/23

PVsyst Evaluation mode

Page 6/7

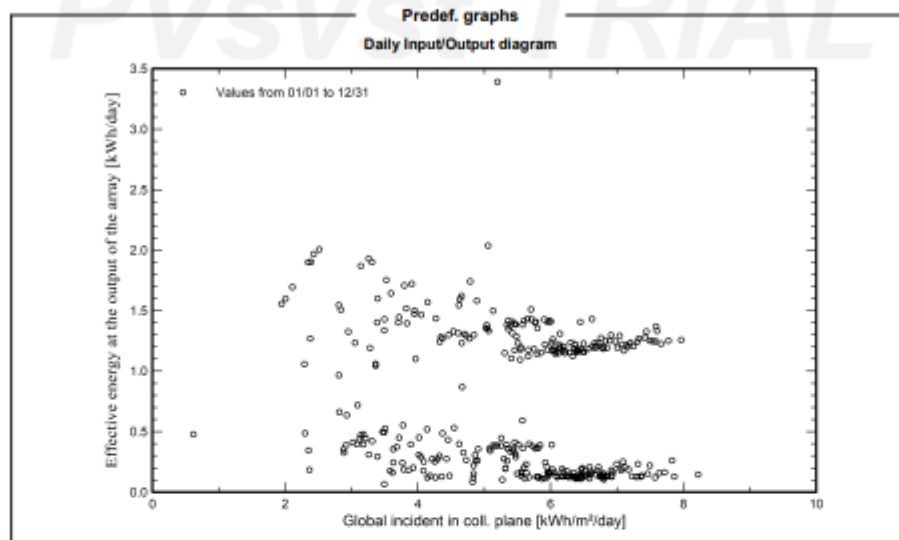


PVsyst V7.4.0

VC0, Simulation date:
07/26/23 22:02
with v7.4.0

Project: Zapotal int

Variant: New simulation variant



07/26/23

PVsyst Evaluation mode

Page 7/7

Informe de PVsyst de ESPOL con datos de la NASA

PVsyst - Simulation report

Standalone system

Project: Zapotal int

Variant: New simulation variant

Standalone system with batteries

System power: 450 Wp

Zapotal - Ecuador

| Author



PVsyst V7.4.0

VC1, Simulation date:
07/26/23 22:13
with v7.4.0

Project: Zapotal int

Variant: New simulation variant

Project summary

Geographical Site

Zapotal
Ecuador

Situation

Latitude -2.31 °S
Longitude -80.55 °W
Altitude 17 m
Time zone UTC-5

Project settings

Albedo 0.20

Meteo data

Zapotal
NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Synthetic

System summary

Standalone system

PV Field Orientation

Fixed plane
Tilt/Azimuth 2 / 180 °

System information

PV Array

Nb. of modules 1 unit
Pnom total 450 Wp

Standalone system with batteries

User's needs

Daily household consumers
Constant over the year
Average 0.8 kWh/Day

Battery pack

Technology Lead-acid, sealed, Gel
Nb. of units 2 units
Voltage 12 V
Capacity 320 Ah

Results summary

Useful energy from solar	300.76 kWh/year	Specific production	668 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	33.71 %
Missing Energy	0.00 kWh/year	Available solar energy	745.94 kWh/year	Solar Fraction SF	100.00 %
Excess (unused)	422.96 kWh/year				

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Pref. graphs	7

**PVsyst V7.4.0**

VC1, Simulation date:
07/26/23 22:13
with v7.4.0

Project: Zapotal int

Variant: New simulation variant

General parameters**Standalone system****PV Field Orientation**

Orientation
Fixed plane
Tilt/Azimuth 2 / 180 °

Standalone system with batteries

Sheds configuration
No 3D scene defined

Models used

Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteonorm
Circumsolar separate

User's needs

Daily household consumers
Constant over the year
Average 0.8 kWh/Day

PV Array Characteristics**PV module**

Manufacturer Generic
Model RST1-450M
(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power 450 Wp
Number of PV modules 1 unit
Nominal (STC) 450 Wp
Modules 1 String x 1 In series
At operating cond. (50°C)
Pmpp 407 Wp
U mpp 37 V
I mpp 11 A

Controller

Universal controller
Technology MPPT converter
Temp coeff. -5.0 mV/°C/Elem.

Converter

Maxi and EURO efficiencies 97.0 / 95.0 %

Total PV power

Nominal (STC) 0.450 kWp
Total 1 modules
Module area 2.2 m²
Cell area 2.0 m²

Battery

Manufacturer Generic
Model Solar 12V / 160 Ah
Technology Lead-acid, sealed, Gel
Nb. of units 2 in parallel
Discharging min. SOC 20.0 %
Stored energy 3.1 kWh

Battery Pack Characteristics

Voltage 12 V
Nominal Capacity 320 Ah (C10)
Temperature Fixed 20 °C

Battery Management control

Threshold commands as SOC calculation
Charging SOC = 0.90 / 0.75
approx. 13.3 / 12.5 V
Discharging SOC = 0.20 / 0.45
approx. 11.8 / 12.2 V

Array losses**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

Module Quality Loss

Loss Fraction -0.8 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

DC wiring losses

Global array res. 56 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module mismatch losses

Loss Fraction 0.0 % at MPP

Serie Diode Loss

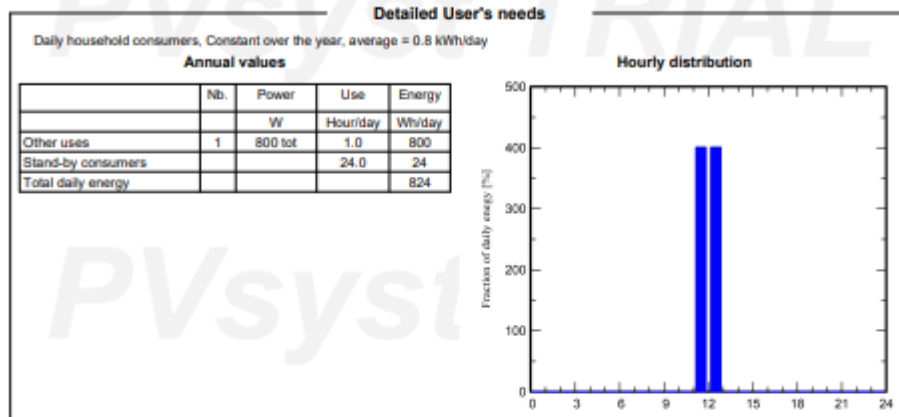
Voltage drop 0.7 V
Loss Fraction 1.7 % at STC

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



PVsyst V7.4.0
VC1, Simulation date:
07/26/23 22:13
with v7.4.0

Project: Zapotal int
Variant: New simulation variant





PVsyst V7.4.0
VC1, Simulation date:
07/26/23 22:13
with v7.4.0

Project: Zapotal int
Variant: New simulation variant

Main results

System Production

Useful energy from solar 300.76 kWh/year
Available solar energy 745.94 kWh/year
Excess (unused) 422.96 kWh/year

Perf. Ratio PR 33.71 %
Solar Fraction SF 100.00 %

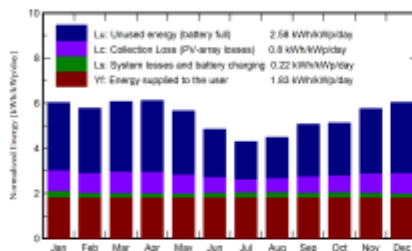
Loss of Load

Time Fraction 0.0 %
Missing Energy 0.00 kWh/year

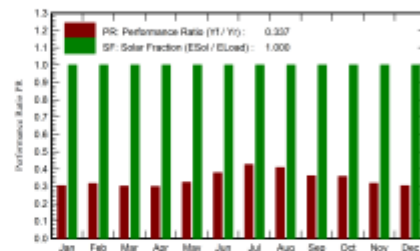
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 97.0 %
Static SOW 90.0 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	184.1	181.5	69.98	41.48	0.000	25.54	25.54	1.000
February	160.4	157.4	60.62	35.94	0.000	23.07	23.07	1.000
March	188.2	183.2	70.22	43.05	0.000	25.54	25.54	1.000
April	185.1	178.7	68.62	42.41	0.000	24.72	24.72	1.000
May	177.9	170.0	65.98	38.96	0.000	25.54	25.54	1.000
June	147.9	140.4	54.88	28.39	0.000	24.72	24.72	1.000
July	135.2	128.6	50.57	22.95	0.000	25.54	25.54	1.000
August	140.1	134.7	52.53	24.79	0.000	25.54	25.54	1.000
September	152.4	147.9	57.35	30.88	0.000	24.72	24.72	1.000
October	157.8	154.2	59.83	32.13	0.000	25.54	25.54	1.000
November	170.4	167.8	64.88	38.45	0.000	24.72	24.72	1.000
December	184.1	182.2	70.49	43.54	0.000	25.54	25.54	1.000
Year	1983.7	1926.7	745.94	422.96	0.000	300.76	300.76	1.000

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
E_Avail Available Solar Energy
EUnused Unused energy (battery full)
E_Miss Missing energy

E_User Energy supplied to the user
E_Load Energy need of the user (Load)
SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)

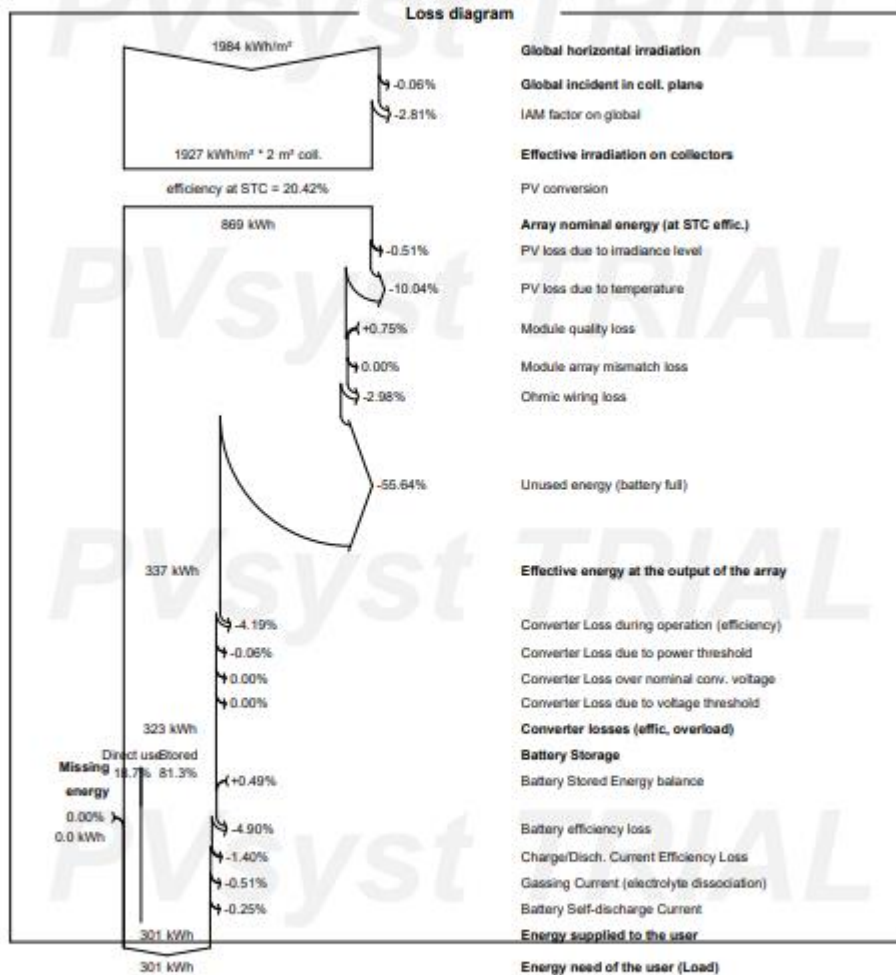


PVsyst V7.4.0

VC1, Simulation date:
07/26/23 22:13
with v7.4.0

Project: Zapotal int

Variant: New simulation variant





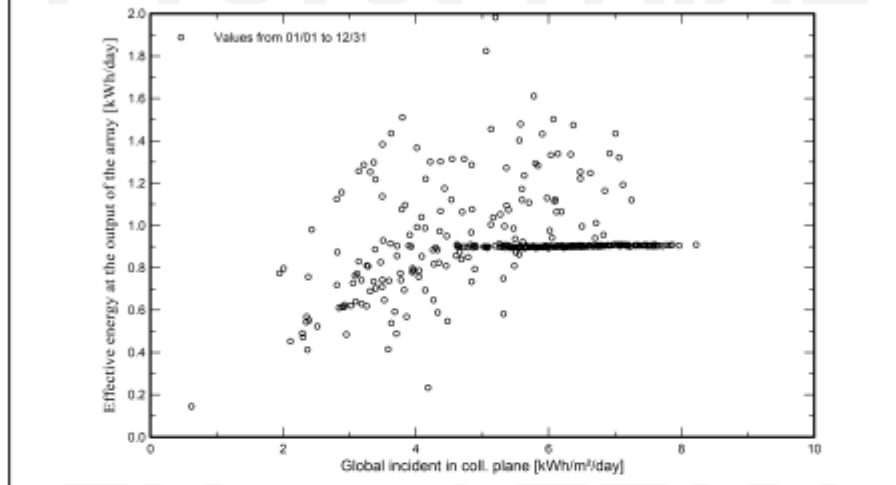
PVsyst V7.4.0
VC1, Simulation date:
07/26/23 22:13
with v7.4.0

Project: Zapotal int

Variant: New simulation variant

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



07/26/23

PVsyst Evaluation mode

Page 7/7

Informe de PVSyst de Tres Postes con datos de la NASA

PVsyst - Simulation report

Standalone system

Project: Integradora Tres Postes

Variant: New simulation variant

Standalone system with batteries

System power: 450 Wp

Tres Postes - Ecuador

| Author

**PVsyst V7.4.0**

VC0, Simulation date:
08/07/23 15:35
with v7.4.0

Project: Integradora Tres Postes

Variant: New simulation variant

Project summary			
Geographical Site Tres Postes Ecuador	Situation		
	Latitude	-1.99 °S	
	Longitude	-79.61 °W	
	Altitude	10 m	
Meteo data Tres Postes NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Synthetic	Time zone	UTC-5	
		Project settings	
		Albedo	0.20

System summary			
Standalone system		Standalone system with batteries	
PV Field Orientation		User's needs	
Fixed plane		Daily household consumers	
Tilt/Azimuth		Constant over the year	
2 / 180 °		Average	
		0.8 kWh/Day	
System information		Battery pack	
PV Array		Technology	
Nb. of modules		Lithium-ion, LFP	
Prom total		Nb. of units	
		1 unit	
		Voltage	
		25 V	
		Capacity	
		180 Ah	

Results summary			
Useful energy from solar	300.76 kWh/year	Specific production	668 kWh/kWp/year
Missing Energy	0.00 kWh/year	Perf. Ratio PR	43.54 %
Excess (unused)	261.92 kWh/year	Available solar energy	584.08 kWh/year
		Solar Fraction SF	100.00 %

Table of contents	
Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Predif. graphs	7



Project: Integradora Tres Postes

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.4.0

VC0, Simulation date:
08/07/23 15:35
with v7.4.0

General parameters

Standalone system

PV Field Orientation

Orientation
Fixed plane
Tilt/Azimuth 2 / 180 °

User's needs

Daily household consumers
Constant over the year
Average 0.8 kWh/Day

Standalone system with batteries

Sheds configuration
No 3D scene defined

Models used

Transposition Perez
Diffuse Perez, Meteorom
Circumsolar separate

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer Generic
Model RS71-450M
(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power 450 Wp
Number of PV modules 1 unit
Nominal (STC) 450 Wp
Modules 1 String x 1 in series
At operating cond. (50°C)
Pmpp 407 Wp
U mpp 37 V
I mpp 11 A

Controller

Universal controller
Technology MPPT converter
Temp. coeff. -5.0 mV/°C/Elem.

Converter

Maxi and EURO efficiencies 97.0 / 95.0 %

Total PV power

Nominal (STC) 0.450 kWp
Total 1 modules
Module area 2.2 m²
Cell area 2.0 m²

Battery

Manufacturer Generic
Model Battery module Li-Ion, 26V 180 Ah
Technology Lithium-Ion, LFP
Nb. of units 1 Unit
Discharging min. SOC 10.0 %
Stored energy 4.0 kWh

Battery Pack Characteristics

Voltage 26 V
Nominal Capacity 180 Ah (C10)
Temperature Fixed 20 °C

Battery Management control

Threshold commands as SOC calculation
Charging SOC = 0.96 / 0.80
Discharging SOC = 0.10 / 0.35

Array losses

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

Module Quality Loss

Loss Fraction -0.8 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

DC wiring losses

Global array res. 56 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module mismatch losses

Loss Fraction 0.0 % at MPP

Series Diode Loss

Voltage drop 0.7 V
Loss Fraction 1.7 % at STC

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/07/23 15:35
with v7.4.0

Project: Integradora Tres Postes

Variant: New simulation variant

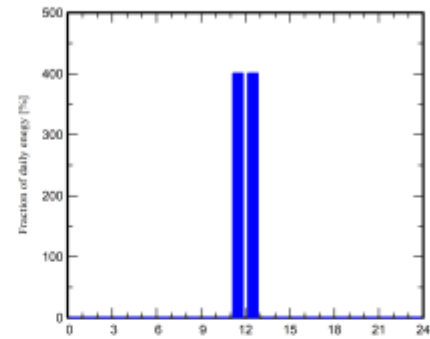
Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.8 kWh/day

Annual values

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Other uses	1	800 tot	1.0	800
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				824

Hourly distribution





PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/07/23 15:35
with v7.4.0

Project: Integradora Tres Postes

Variant: New simulation variant

Main results

System Production

Useful energy from solar 300.76 kWh/year
Available solar energy 584.08 kWh/year
Excess (unused) 261.92 kWh/year

Perf. Ratio PR 43.54 %
Solar Fraction SF 100.00 %

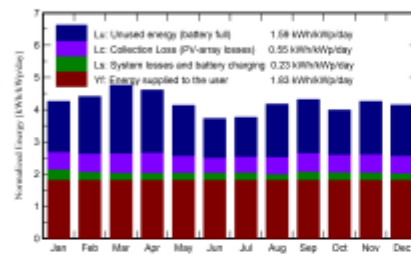
Loss of Load

Time Fraction 0.0 %
Missing Energy 0.00 kWh/year

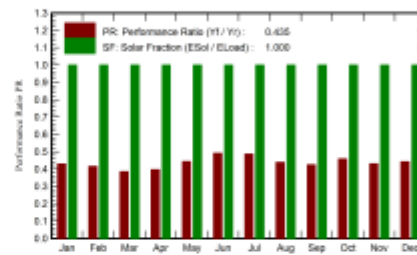
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 96.2 %
Static SOW 90.0 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	130.5	127.7	50.38	21.74	0.000	25.54	25.54	1.000
February	122.6	119.7	47.12	22.15	0.000	23.07	23.07	1.000
March	147.6	143.3	56.59	29.31	0.000	25.54	25.54	1.000
April	139.2	134.0	52.45	26.10	0.000	24.72	24.72	1.000
May	129.6	123.6	48.78	21.57	0.000	25.54	25.54	1.000
June	113.4	107.7	42.67	16.32	0.000	24.72	24.72	1.000
July	118.1	112.4	44.02	16.84	0.000	25.54	25.54	1.000
August	130.5	125.1	49.52	22.74	0.000	25.54	25.54	1.000
September	129.6	125.4	49.03	22.19	0.000	24.72	24.72	1.000
October	123.1	119.9	46.35	19.14	0.000	25.54	25.54	1.000
November	126.3	123.5	48.33	21.98	0.000	24.72	24.72	1.000
December	126.8	124.3	48.84	21.84	0.000	25.54	25.54	1.000
Year	1537.3	1486.7	584.08	261.92	0.000	300.76	300.76	1.000

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
E_Avail Available Solar Energy
EUnused Unused energy (battery full)
E_Miss Missing energy

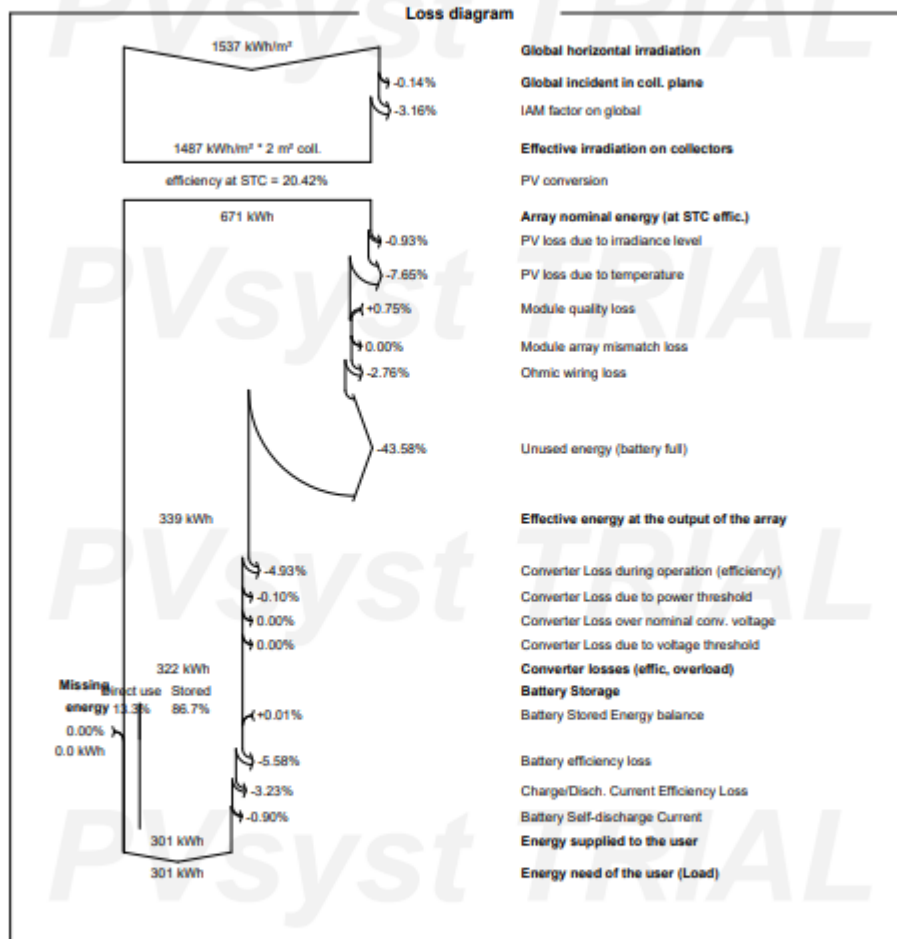
E_User Energy supplied to the user
E_Load Energy need of the user (Load)
SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/07/23 15:35
with v7.4.0

Project: Integradora Tres Postes

Variant: New simulation variant





PVsyst V7.4.0

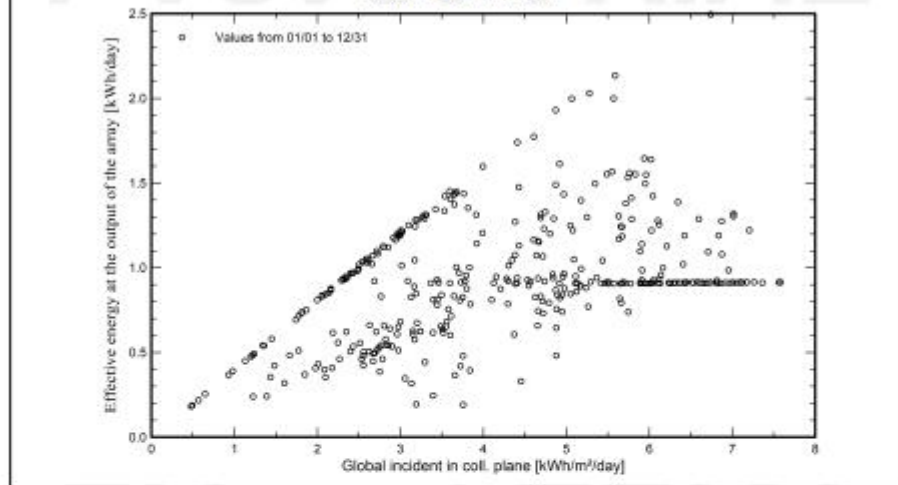
VC0, Simulation date:
08/07/23 15:35
with v7.4.0

Project: Integradora Tres Postes

Variant: New simulation variant

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



08/07/23

PVsyst Evaluation mode

Page 7/7

Informe de PVSyst de Santa Lucía con datos de la NASA



Version 7.4.0

PVsyst - Simulation report

Standalone system

Project: Integradora Santa Lucia

Variant: New simulation Tres postes

Standalone system with batteries

System power: 450 Wp

Santa Lucia - Ecuador

| Author



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/07/23 16:02
with v7.4.0

Project: Integradora Santa Lucia

Variant: New simulation Tres postes

Project summary

Geographical Site

Santa Lucia
Ecuador

Situation

Latitude -1.72 °S
Longitude -79.99 °W
Altitude 15 m
Time zone UTC-5

Project settings

Albedo 0.20

Meteo data

Santa Lucia
NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Synthetic

System summary

Standalone system

PV Field Orientation

Fixed plane
Tilt/Azimuth 2 / 180 °

Standalone system with batteries

User's needs

Daily household consumers
Constant over the year
Average 0.8 kWh/Day

System information

PV Array

Nb. of modules 1 unit
Pnom total 450 Wp

Battery pack

Technology Lithium-ion, LFP
Nb. of units 1 unit
Voltage 26 V
Capacity 180 Ah

Results summary

Useful energy from solar	300.76 kWh/year	Specific production	668 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	43.53 %
Missing Energy	0.00 kWh/year	Available solar energy	583.98 kWh/year	Solar Fraction SF	100.00 %
Excess (unused)	261.73 kWh/year				

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Pred. graphs	7

**PVsyst V7.4.0**

VC0, Simulation date:
08/07/23 16:02
with v7.4.0

Project: Integradora Santa Lucia

Variant: New simulation Tres postes

General parameters**Standalone system****PV Field Orientation****Orientation**

Fixed plane

Tilt/Azimuth 2 / 180 °

User's needs

Daily household consumers

Constant over the year

Average 0.8 kWh/Day

Standalone system with batteries**Sheds configuration**

No 3D scene defined

Models used

Transposition Perez

Diffuse Perez, Meteonorm

Circumsolar separate

PV Array Characteristics**PV module**

Manufacturer

Generic

Model

RS71-450M

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

450 Wp

Number of PV modules

1 unit

Nominal (STC)

450 Wp

Modules

1 String x 1 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp

407 Wp

U mpp

37 V

I mpp

11 A

Controller

Universal controller

Technology

MPPT converter

Temp. coeff.

-5.0 mV/°C/Elem.

Converter

Maxi and EURO efficiencies

97.0 / 95.0 %

Total PV power

Nominal (STC)

0.450 kWp

Total

1 modules

Module area

2.2 m²

Cell area

2.0 m²

Battery

Manufacturer

Generic

Model

Battery module Li-Ion, 26V 180 Ah

Technology

Lithium-Ion, LFP

Nb. of units

1 Unit

Discharging min. SOC

10.0 %

Stored energy

4.0 kWh

Battery Pack Characteristics

Voltage

26 V

Nominal Capacity

180 Ah (C10)

Temperature

Fixed 20 °C

Battery Management control

Threshold commands as

SOC calculation

Charging

SOC = 0.96 / 0.80

Discharging

SOC = 0.10 / 0.35

Array losses**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance

Uc (const)

20.0 W/m²K

Uv (wind)

0.0 W/m²K/m/s

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.8 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.892	0.776	0.636	0.403	0.000

DC wiring losses

Global array res.

56 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Series Diode Loss

Voltage drop

0.7 V

Loss Fraction

1.7 % at STC

Module mismatch losses

Loss Fraction

0.0 % at MPP



PVsyst V7.4.0

VC0, Simulation date:
08/07/23 16:02
with v7.4.0

Project: Integradora Santa Lucia

Variant: New simulation Tres postes

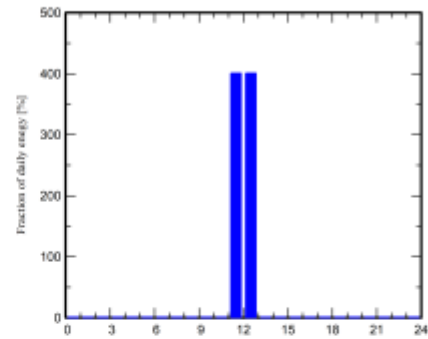
Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.8 kWh/day

Annual values

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Other uses	1	800 tot	1.0	800
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				824

Hourly distribution





PVsyst V7.4.0

VC0, Simulation date:
08/07/23 16:02
with v7.4.0

Project: Integradora Santa Lucia

Variant: New simulation Tres postes

Main results

System Production

Useful energy from solar 300.76 kWh/year
Available solar energy 583.98 kWh/year
Excess (unused) 261.73 kWh/year

Perf. Ratio PR 43.53 %
Solar Fraction SF 100.00 %

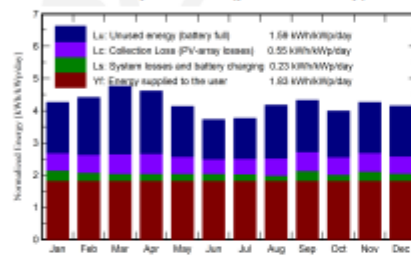
Loss of Load

Time Fraction 0.0 %
Missing Energy 0.00 kWh/year

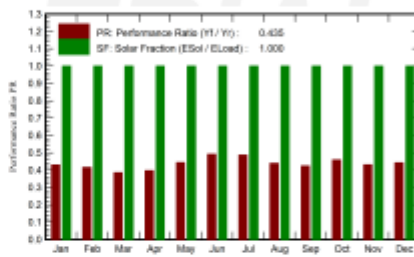
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 96.2 %
Static SOW 90.0 %
Battery lifetime 10.0 years

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUnused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	ratio
January	130.5	127.7	50.42	21.80	0.000	25.54	25.54	1.000
February	122.6	119.7	47.18	22.26	0.000	23.07	23.07	1.000
March	147.6	143.4	56.56	29.29	0.000	25.54	25.54	1.000
April	139.2	134.0	52.49	26.11	0.000	24.72	24.72	1.000
May	129.6	123.7	48.83	21.64	0.000	25.54	25.54	1.000
June	113.4	107.8	42.72	16.46	0.000	24.72	24.72	1.000
July	118.1	112.3	44.33	17.33	0.000	25.54	25.54	1.000
August	130.5	125.1	49.32	22.87	0.000	25.54	25.54	1.000
September	129.6	125.6	48.80	21.44	0.000	24.72	24.72	1.000
October	123.1	119.9	46.34	19.80	0.000	25.54	25.54	1.000
November	126.3	123.7	48.12	21.03	0.000	24.72	24.72	1.000
December	126.8	124.4	48.86	21.68	0.000	25.54	25.54	1.000
Year	1537.3	1487.3	583.98	261.73	0.000	300.76	300.76	1.000

Legends

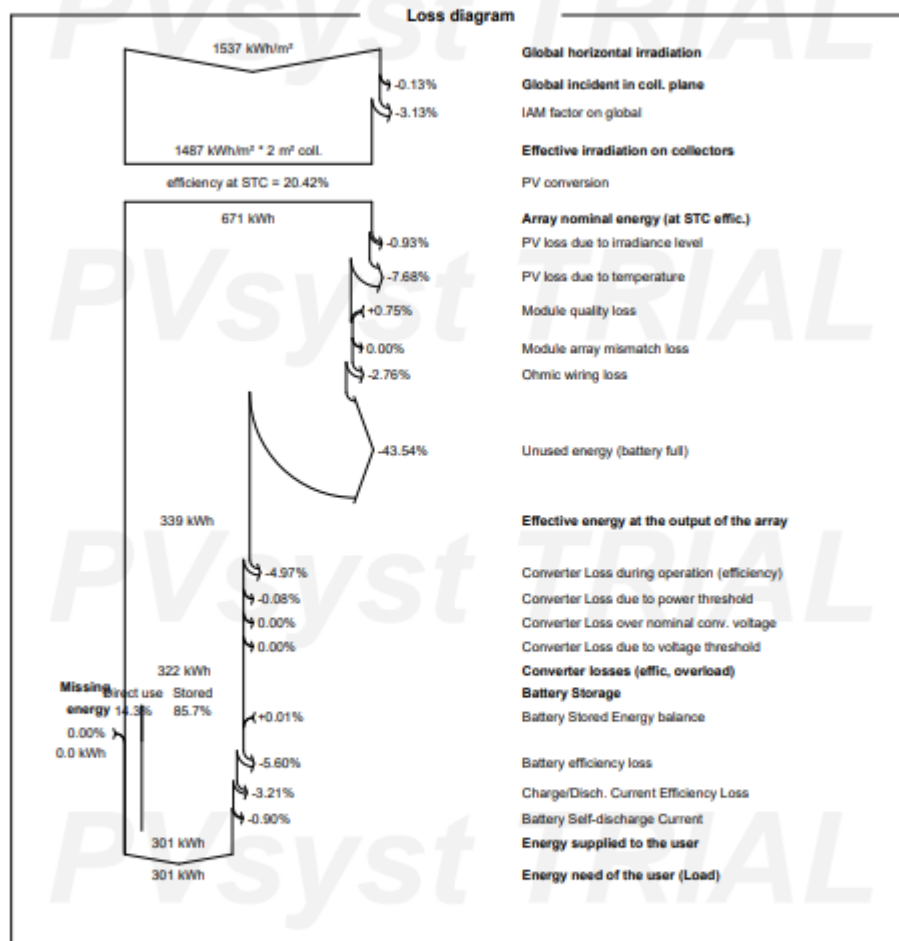
GlobHor Global horizontal irradiation
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
E_Avail Available Solar Energy
EUnused Unused energy (battery full)
E_Miss Missing energy

E_User Energy supplied to the user
E_Load Energy need of the user (Load)
SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/07/23 16:02
with v7.4.0

Project: Integradora Santa Lucia
Variant: New simulation Tres postes

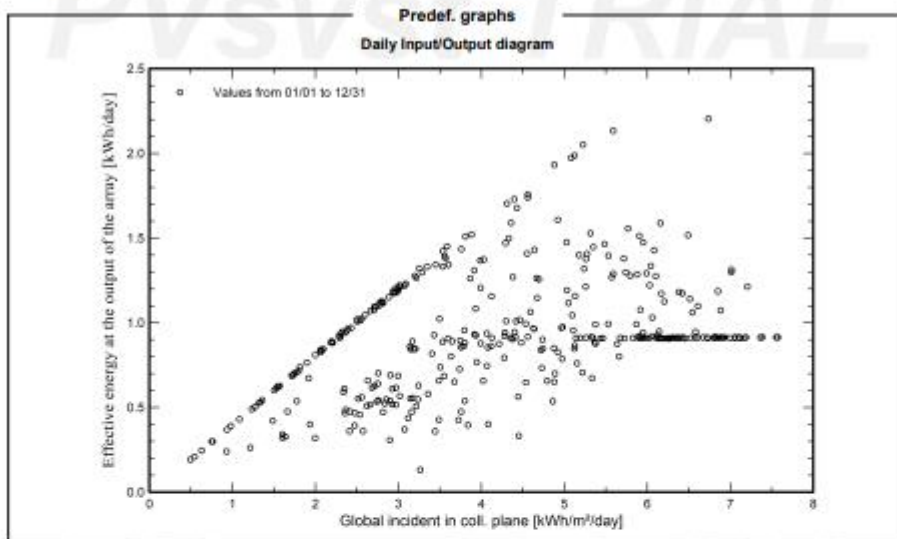




PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/07/23 16:02
with v7.4.0

Project: Integradora Santa Lucia

Variant: New simulation Tres postes



Informe de PVSyst de Naranjal con datos de la NASA

PVsyst - Simulation report

Standalone system

Project: Naranjal

Variant: New simulation variant

Standalone system with batteries

System power: 450 Wp

Naranjal - Ecuador

| Author

**PVsyst V7.4.0**

VC0, Simulation date:
08/07/23 16:12
with v7.4.0

Project: Naranjal

Variant: New simulation variant

Project summary

Geographical Site		Situation	Project settings
Naranjal		Latitude	-2.68 °S
Ecuador		Longitude	-79.62 °W
		Altitude	30 m
		Time zone	UTC-5
Meteo data			
Naranjal			
NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Synthetic			

System summary

Standalone system		Standalone system with batteries	
PV Field Orientation		User's needs	
Fixed plane		Daily household consumers	
Tilt/Azimuth		Constant over the year	
3 / 180 °		Average	
		0.8 kWh/Day	
System information		Battery pack	
PV Array		Technology	
Nb. of modules		Lithium-ion, LFP	
Prom total		Nb. of units	
		1 unit	
		Voltage	
		25 V	
		Capacity	
		180 Ah	

Results summary

Useful energy from solar	300.76 kWh/year	Specific production	668 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	40.11 %
Missing Energy	0.00 kWh/year	Available solar energy	631.51 kWh/year	Solar Fraction SF	100.00 %
Excess (unused)	309.13 kWh/year				

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Pref. graphs	7

**PVsyst V7.4.0**

VC0, Simulation date:
08/07/23 16:12
with v7.4.0

Project: Naranjal

Variant: New simulation variant

General parameters**Standalone system****PV Field Orientation****Orientation**

Fixed plane

Tilt/Azimuth 3 / 180 °

User's needs

Daily household consumers

Constant over the year

Average 0.8 kWh/Day

Standalone system with batteries**Sheds configuration**

No 3D scene defined

Models used

Transposition Perez

Diffuse Perez, Meteonorm

Circumsolar separate

PV Array Characteristics**PV module**

Manufacturer

Generic

Model
(Original PVsyst database)

RS71-450M

Unit Nom. Power

450 Wp

Number of PV modules

1 unit

Nominal (STC)

450 Wp

Modules

1 String x 1 in series

At operating cond. (50°C)

Pmpp

407 Wp

U mpp

37 V

I mpp

11 A

Controller

Universal controller

Technology

MPPT converter

Temp coeff.

-5.0 mV/°C/Elem.

Converter

Maxi and EURO efficiencies

97.0 / 95.0 %

Total PV power

Nominal (STC)

0.450 kWp

Total

1 modules

Module area

2.2 m²

Cell area

2.0 m²

Battery

Manufacturer

Generic

Model

Battery module Li-Ion, 26V 180 Ah

Technology

Lithium-ion, LFP

Nb. of units

1 Unit

Discharging min. SOC

10.0 %

Stored energy

4.0 kWh

Battery Pack Characteristics

Voltage

26 V

Nominal Capacity

180 Ah (C10)

Temperature

Fixed 20 °C

Battery Management control

Threshold commands as

SOC calculation

Charging

SOC = 0.96 / 0.80

Discharging

SOC = 0.10 / 0.35

Array losses**Thermal Loss factor**

Module temperature according to irradiance

Uc (const)

20.0 W/m²K

Uv (wind)

0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.

56 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Series Diode Loss

Voltage drop

0.7 V

Loss Fraction

1.7 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.8 %

Module mismatch losses

Loss Fraction

0.0 % at MPP

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/07/23 16:12
with v7.4.0

Project: Naranjal

Variant: New simulation variant

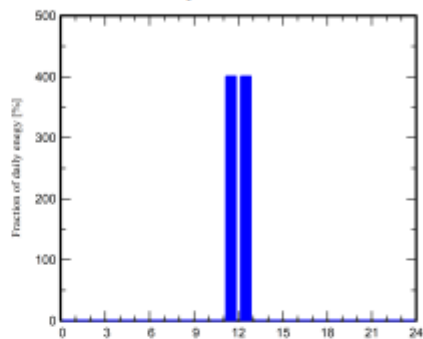
Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.8 kWh/day

Annual values

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Other uses	1	800 tot	1.0	800
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				824

Hourly distribution





PVsyst V7.4.0

VCO, Simulation date:
08/07/23 16:12
with v7.4.0

Project: Naranjal

Variant: New simulation variant

Main results

System Production

Useful energy from solar 300.76 kWh/year
Available solar energy 631.51 kWh/year
Excess (unused) 309.13 kWh/year

Perf. Ratio PR 40.11 %
Solar Fraction SF 100.00 %

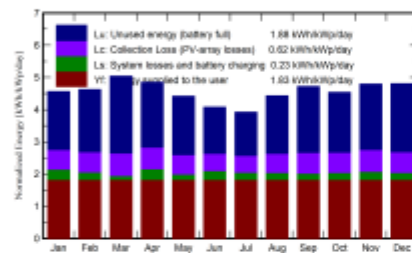
Loss of Load

Time Fraction 0.0 %
Missing Energy 0.00 kWh/year

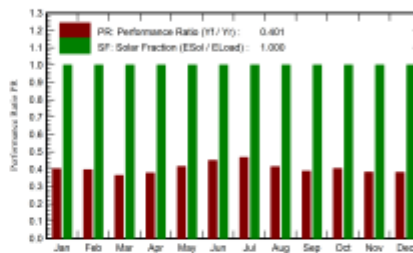
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 96.2 %
Static SOW 90.0 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	139.2	137.0	53.80	25.16	0.000	25.54	25.54	1.000
February	128.5	125.6	49.13	24.37	0.000	23.07	23.07	1.000
March	156.2	151.6	59.15	33.26	0.000	25.54	25.54	1.000
April	147.3	141.1	55.15	27.29	0.000	24.72	24.72	1.000
May	139.8	132.0	51.88	25.29	0.000	25.54	25.54	1.000
June	125.4	117.9	46.45	19.39	0.000	24.72	24.72	1.000
July	124.3	117.2	45.97	18.75	0.000	25.54	25.54	1.000
August	139.5	133.0	52.26	25.01	0.000	25.54	25.54	1.000
September	142.2	137.1	53.74	27.67	0.000	24.72	24.72	1.000
October	139.8	136.3	53.14	25.97	0.000	25.54	25.54	1.000
November	141.6	139.3	54.15	27.50	0.000	24.72	24.72	1.000
December	146.0	144.7	56.72	29.48	0.000	25.54	25.54	1.000
Year	1669.9	1612.8	631.51	309.13	0.000	300.76	300.76	1.000

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
E_Avail Available Solar Energy
EUnused Unused energy (battery full)
E_Miss Missing energy

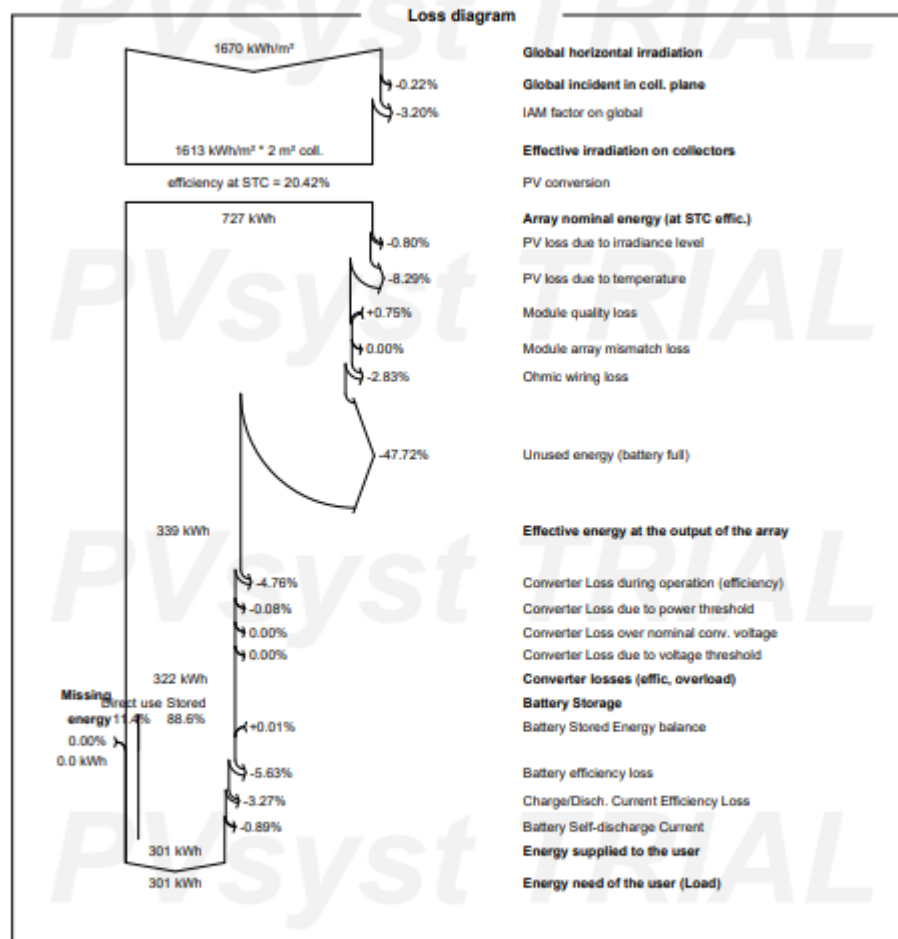
E_User Energy supplied to the user
E_Load Energy need of the user (Load)
SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/07/23 16:12
with v7.4.0

Project: Naranjal

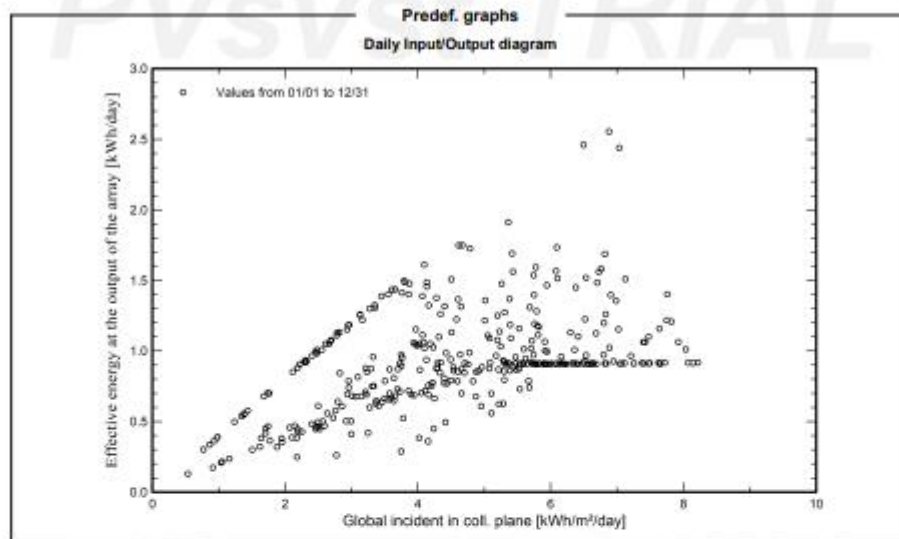
Variant: New simulation variant





PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/07/23 16:12
with v7.4.0

Project: Naranjal
Variant: New simulation variant



Informe de PVSyst de Zapotal con datos de Estación Meteorológica del
Aeropuerto Mariscal Sucre de Guayaquil



Version 7.4.0

PVsyst - Simulation report

Standalone system

Project: Naranjal upd

Variant: New simulation variant

Standalone system with batteries

System power: 440 Wp

Zapotal - Ecuador

| Author



PVsyst V7.4.0
 VCO, Simulation date:
 06/30/23 12:00
 with V7.4.0

Project: Naranjal upd

Variant: New simulation variant

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
Zapotal	Latitude -2.31 °S	Albedo 0.20
Ecuador	Longitude -80.56 °W	
	Altitude 19 m	
	Time zone UTC-5	
Meteo data		
Zapotal		
Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% - Synthetic		

System summary

Standalone system	Standalone system with batteries
PV Field Orientation	User's needs
Fixed plane	Daily household consumers
Tilt/Azimuth 2 / 180 °	Constant over the year
	Average 0.8 kWh/Day
System information	
PV Array	Battery pack
Nb. of modules 1 unit	Technology Lithium-Ion, LFP
Pnom total 440 Wp	Nb. of units 1 unit
	Voltage 26 V
	Capacity 180 Ah

Results summary

Useful energy from solar 300.76 kWh/year	Specific production 684 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 37.94 %
Missing Energy 0.00 kWh/year	Available solar energy 661.24 kWh/year	Solar Fraction SF 100.00 %
Excess (unused) 338.92 kWh/year		

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Predef. graphs	7



PVsyst V7.4.0

VC0, Simulation date:
08/30/23 12:00
with v7.4.0

Project: Naranjal upd

Variant: New simulation variant

General parameters

Standalone system

PV Field Orientation

Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth 2 / 180 °

User's needs

Daily household consumers

Constant over the year

Average 0.8 kWh/Day

Standalone system with batteries

Sheds configuration

No 3D scene defined

Models used

Transposition

Perez

Diffuse

Perez, Meteonorm

Circumsolar

separate

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer

Generic

Model Mono 440 Wp Twin 144 half-cells

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power 440 Wp

Number of PV modules 1 unit

Nominal (STC) 440 Wp

Modules 1 String x 1 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp 400 Wp

U mpp 37 V

I mpp 11 A

Controller

Universal controller

Technology

MPPT converter

Temp coeff. -5.0 mV/°C/Elem.

Converter

Maxi and EURO efficiencies 97.0 / 95.0 %

Total PV power

Nominal (STC) 0.440 kWp

Total 1 modules

Module area 2.2 m²

Cell area 2.0 m²

Battery

Manufacturer

Generic

Model Battery module Li-Ion, 26V 180 Ah

Technology Lithium-Ion, LFP

Nb. of units 1 Unit

Discharging min. SOC 10.0 %

Stored energy 4.0 kWh

Battery Pack Characteristics

Voltage 26 V

Nominal Capacity 180 Ah (C10)

Temperature Fixed 20 °C

Battery Management control

Threshold commands as SOC calculation

Charging SOC = 0.96 / 0.80

Discharging SOC = 0.10 / 0.35

Array losses

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance

Uc (const) 20.0 W/m²K

Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

Module Quality Loss

Loss Fraction -0.4 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.525, n(AR)=1.290

DC wiring losses

Global array res.

59 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Serie Diode Loss

Voltage drop

0.7 V

Loss Fraction

1.7 % at STC

Module mismatch losses

Loss Fraction 0.0 % at MPP

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



PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/30/23 12:00
with v7.4.0

Project: Naranjal upd
Variant: New simulation variant

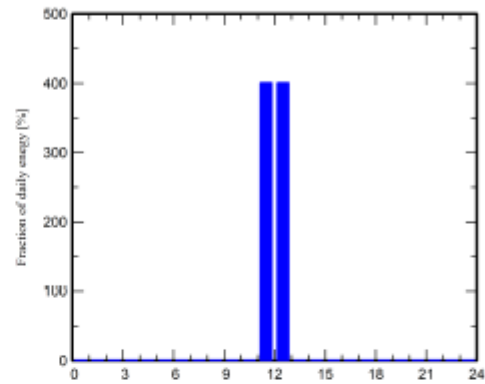
Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.8 kWh/day

Annual values

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
800	1	800 tot	1.0	800
Stand-by consumers			24.0	24
Total daily energy				824

Hourly distribution





PVsyst V7.4.0
VCO, Simulation date:
08/30/23 12:00
with v7.4.0

Project: Naranjal upd

Variant: New simulation variant

Main results

System Production

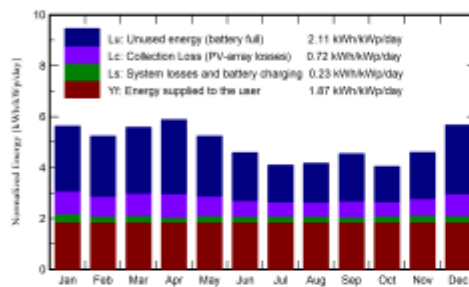
Useful energy from solar 300.76 kWh/year
Available solar energy 661.24 kWh/year
Excess (unused) 338.92 kWh/year
Loss of Load
Time Fraction 0.0 %
Missing Energy 0.00 kWh/year

Perf. Ratio PR 37.94 %
Solar Fraction SF 100.00 %

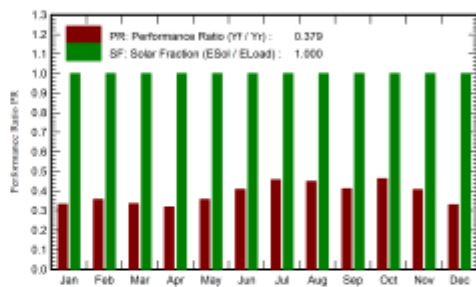
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 96.1 %
Static SOW 90.0 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUnused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	ratio
January	172.4	170.4	63.31	34.68	0.000	25.54	25.54	1.000
February	145.8	143.1	53.73	29.09	0.000	23.07	23.07	1.000
March	173.2	169.0	63.02	35.35	0.000	25.54	25.54	1.000
April	177.8	172.6	64.34	38.44	0.000	24.72	24.72	1.000
May	164.4	158.1	59.59	32.06	0.000	25.54	25.54	1.000
June	139.6	133.7	51.11	24.86	0.000	24.72	24.72	1.000
July	128.7	123.2	46.99	19.76	0.000	25.54	25.54	1.000
August	130.2	125.5	48.05	20.76	0.000	25.54	25.54	1.000
September	136.7	132.8	50.28	24.48	0.000	24.72	24.72	1.000
October	124.9	121.7	45.92	18.76	0.000	25.54	25.54	1.000
November	136.7	134.5	50.58	23.91	0.000	24.72	24.72	1.000
December	173.4	171.6	64.31	36.76	0.000	25.54	25.54	1.000
Year	1803.8	1756.3	661.24	338.92	0.000	300.76	300.76	1.000

Legends

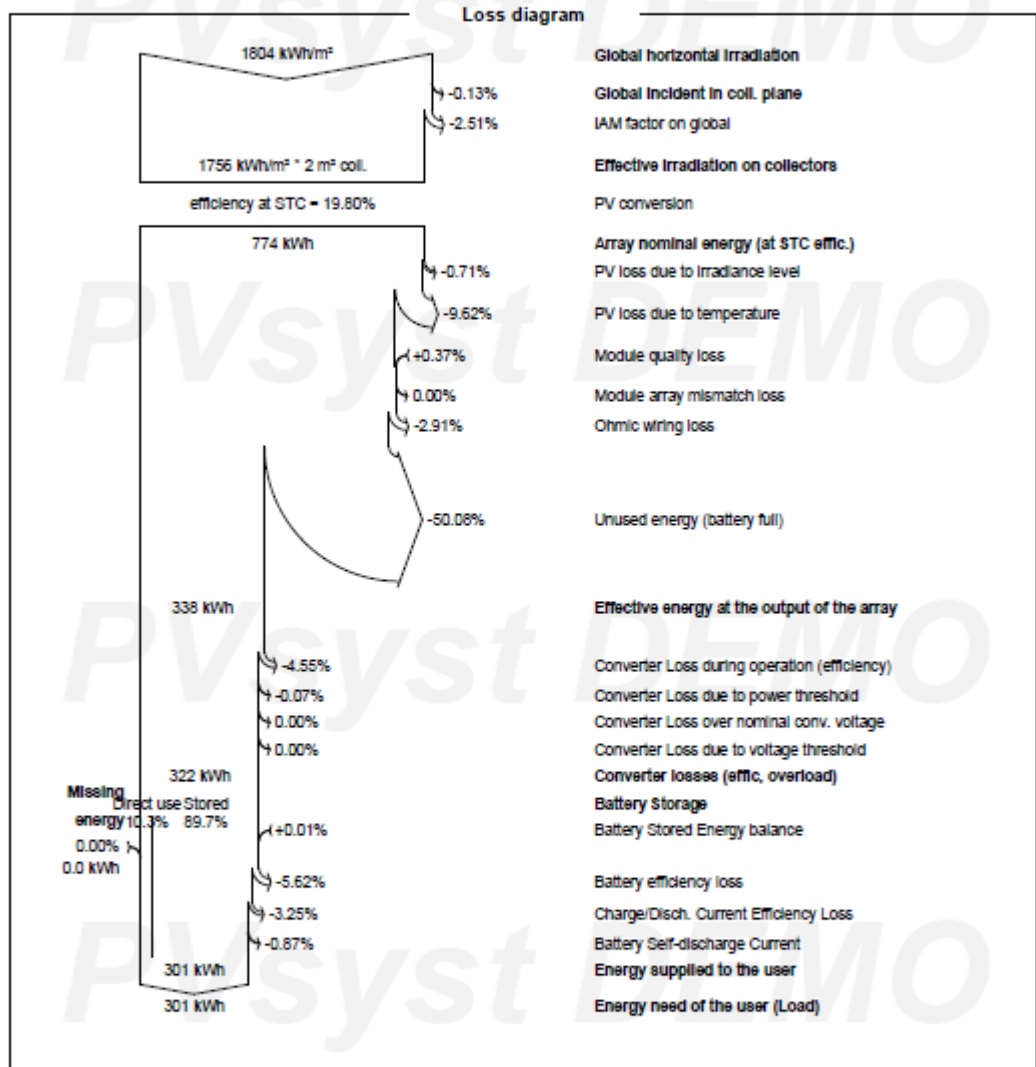
GlobHor Global horizontal irradiation
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
E_Avail Available Solar Energy
EUnused Unused energy (battery full)
E_Miss Missing energy

E_User Energy supplied to the user
E_Load Energy need of the user (Load)
SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)



PVsyst V7.4.0
VCO, Simulation date:
08/30/23 12:00
with v7.4.0

Project: Naranjal upd
Variant: New simulation variant

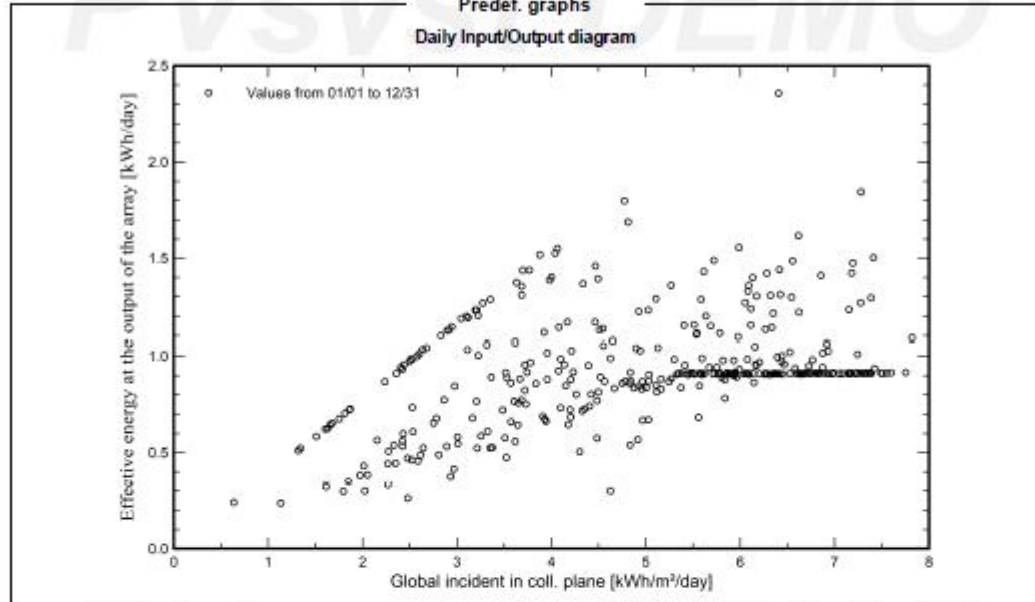




PVsyst V7.4.0
VC0, Simulation date:
08/30/23 12:00
with v7.4.0

Project: Naranjal upd
Variant: New simulation variant

Predef. graphs
Daily Input/Output diagram



Apéndice B: Guía de estudio de riego con las ecuaciones de Manning y uso del software EPANET

Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Guía de Estudio

Guía para el dimensionamiento de un sistema de riego y utilización de
softwares para paneles solares y riego:
ASPECTOS TECNICOS DEL SISTEMA DE RIEGO

OBJETIVOS:

♦ Determinar las pérdidas de presión en los puntos críticos para determinar el cabezal hidráulico a vencer para subir el agua y dependiendo de la zona usar el programa PVsist con todos los requerimientos de la bomba.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Las características de una Turbina Francis se evalúan mediante las curvas características de la misma, sobre la base de los siguientes parámetros:

□ **Caudal (Q).**- Que es el volumen de agua por unidad de tiempo que pasara por la manguera de goteo, además que de acuerdo a la necesidad se escoge el caudal que tendrá el gotero.

$$Q = N * Q_{got}$$

□ **Cabezal hidrodinámico (Hft).**- es la presión que se debe vencer para que no exista ningún problema a lo largo del sistema.

Para tubería con salidas múltiples se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$Hft = \frac{F * K * L}{D^m} * Q^2$$

Donde:

K: Coeficiente de Rugosidad de la tubería.

F: Factor de corrección de Christiansen - Adimensional.

L: Longitud de la Tubería - metros.

D: Diámetro interno – metros

Q: Caudal – m³/s.

m: 5.33

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Para tubería simple:

$$H_f = \frac{K * Q^2 * L}{D^{\frac{16}{3}}}$$

Donde:

H_f: Perdida de fricción en la tubería.

K: Coeficiente de Rugosidad de la tubería.

L: Longitud de la Tubería - metros.

D: Diámetro interno – metros

Q: Caudal – m³/s.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Tabla 1 Coeficientes de rugosidad de Manning dependiendo del material

Material	PVC	PE (cintillas)
n	0.009	0.008

□ **Cabecal Hidrodinámico total (Hftotal).** - es la suma de todas las pérdidas del sistema tomando en cuenta el ultimo gotero que está en la configuración.

$$H_{ftotal} = H_{ft1} + H_{ft2} + H_f + H_{fgot}$$

□ **Eficiencia Total (Efic).** - Que relaciona la potencia mecánica (P) con la potencia hidráulica entregada la bomba solar (P_e):

$$E_{fic} = \frac{P}{P_e} \quad (2)$$

□ **La potencia hidráulica** está dada por la energía que posee el líquido al salir del inyector y es igual a:

$$P_e = \rho g Q H_t \quad (3)$$

donde: H_t = cabeza total a la entrada de la turbina

ρ = densidad del agua

g = aceleración de la gravedad

Q = caudal

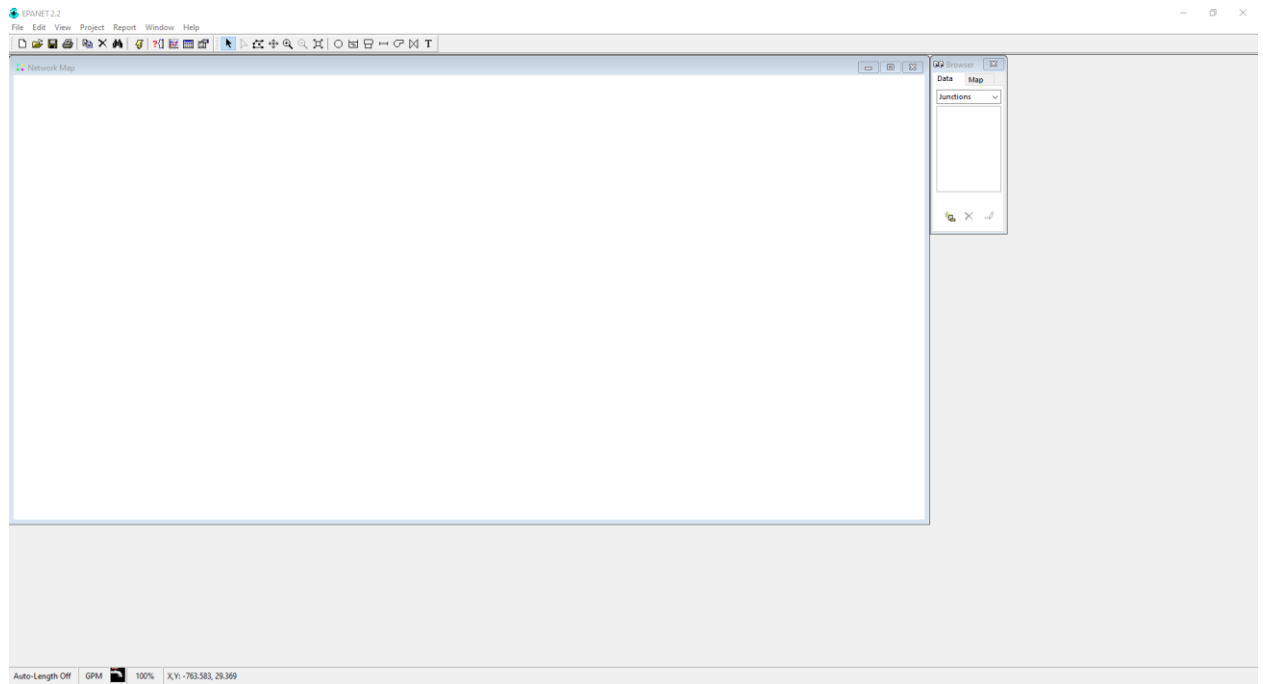
DESCRIPCIÓN:

Las ecuaciones de Manning, originalmente desarrolladas para estimar la velocidad del flujo en canales abiertos, también se emplean en el diseño y análisis de sistemas de riego por goteo. Estas ecuaciones permiten calcular la velocidad del flujo de agua a través de los emisores de riego, como los goteros, adaptando los parámetros para reflejar las condiciones específicas de este tipo de sistema. La aplicación de las ecuaciones de Manning en el riego por goteo posibilita calcular tasas de flujo adecuadas para cada emisor, optimizar la disposición espacial de los emisores y planificar las líneas de riego, lo que resulta en una distribución eficiente y uniforme del agua en los cultivos.

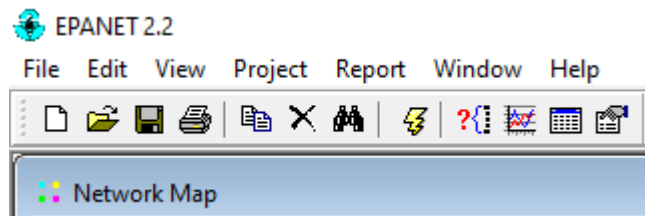
En este contexto, el conocimiento de la velocidad del flujo es esencial para evitar la sobre-irrigación o la sub-irrigación, optimizando el uso del recurso hídrico y mejorando la productividad agrícola. Al utilizar las ecuaciones de Manning de manera adaptada, los diseñadores de sistemas de riego por goteo pueden lograr una aplicación eficaz del agua, maximizando los beneficios tanto para los cultivos como para la gestión sostenible del agua.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:

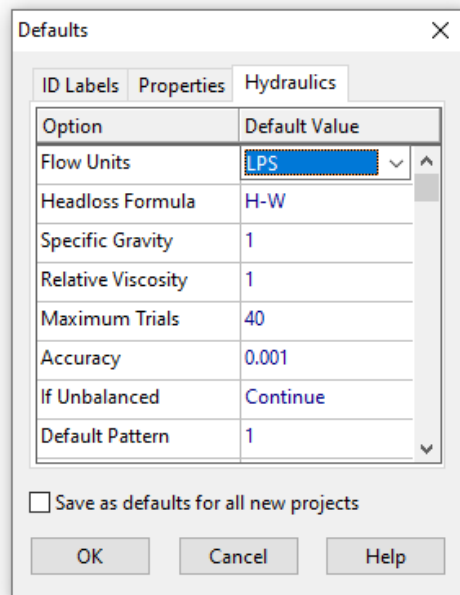
Paso 1. Abrir el software EPANET



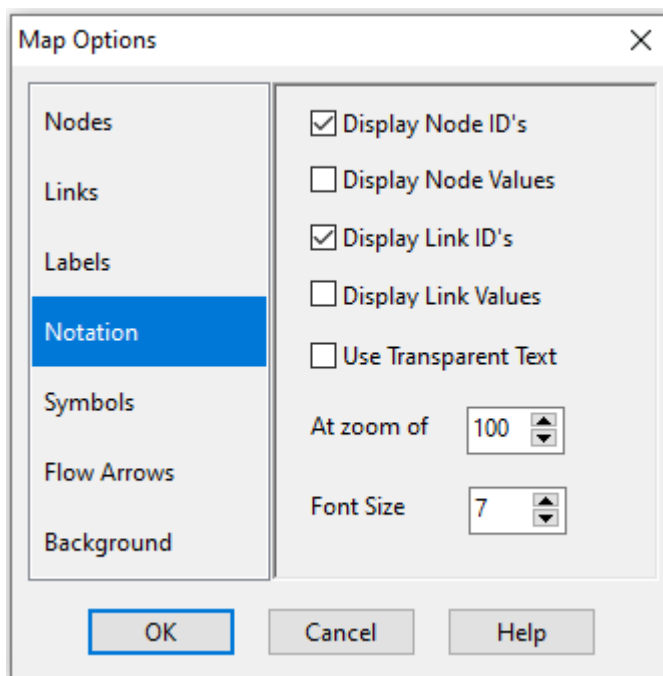
Paso 2. Ir a project y definir los predeterminados, entre esos esta la unidad de flujo que se puede trabajar como LPS, GPM. Mantener la fórmula de H-W de cabezal de perdida.



Paso 3.

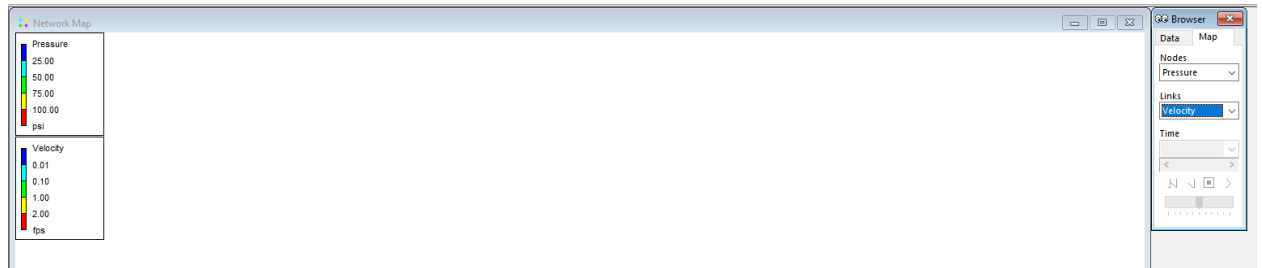


Paso 4. Ir a 'view' y dentro de ese menú escoger 'option', para configurar las ayudas visuales que son competentes para identificar el número de unión y tubería que se está trabajando.



Paso 5. Ir al lado derecho de la pantalla donde se tiene una ventana que tiene de título 'browse' donde se escoge que información se quiere mostrar al momento

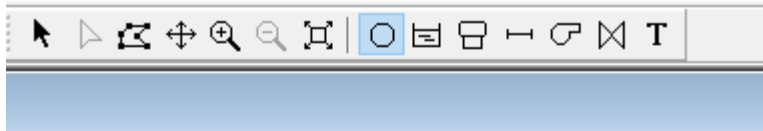
de realizar la simulación, las más útiles suelen ser presión y velocidad o presión y flujo



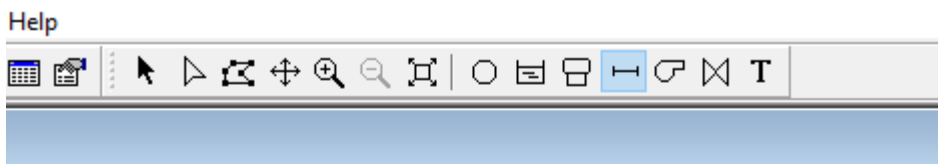
Paso 6. Para comenzar se puede trabajar con un tanque como se muestra en la figura inferior, la cual muestra la simbología del tanque y como se ve cuando ya ha sido colocado en el mapa principal.



Paso 7. Siguiente, se tiene las uniones donde se van a unir las tuberías, se muestra la simbología y como se ve al momento de ponerlas sobre el mapa principal.



Paso 8. Escoger la herramienta de tubería y comenzar a unir el tanque con las uniones y despues seguir con las uniones.



Paso 9. Después, se debe agregar las especificaciones del tanque, donde se elige el nivel al que trabaja el tanque, si este se encuentra abierto a la atmósfera, la capacidad de este tanque, elevacion del tanque, entre otras especificaciones.

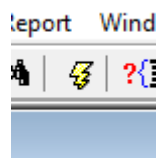
Property	Value
*Tank ID	1
X-Coordinate	-425.844
Y-Coordinate	7812.041
Description	
Tag	
*Elevation	0
*Initial Level	10
*Minimum Level	0
*Maximum Level	20
*Diameter	50
Minimum Volume	
Volume Curve	
Can Overflow	No

Paso 10. Para que exista flujo, se debe agregar las demandas que existen en las uniones finales, donde se debe dejar las uniones que se encuentran de intermediarias tal como se las ha agregado para así permitirá que fluya en fluido sin ofrecer resistencia más que la de fricción.



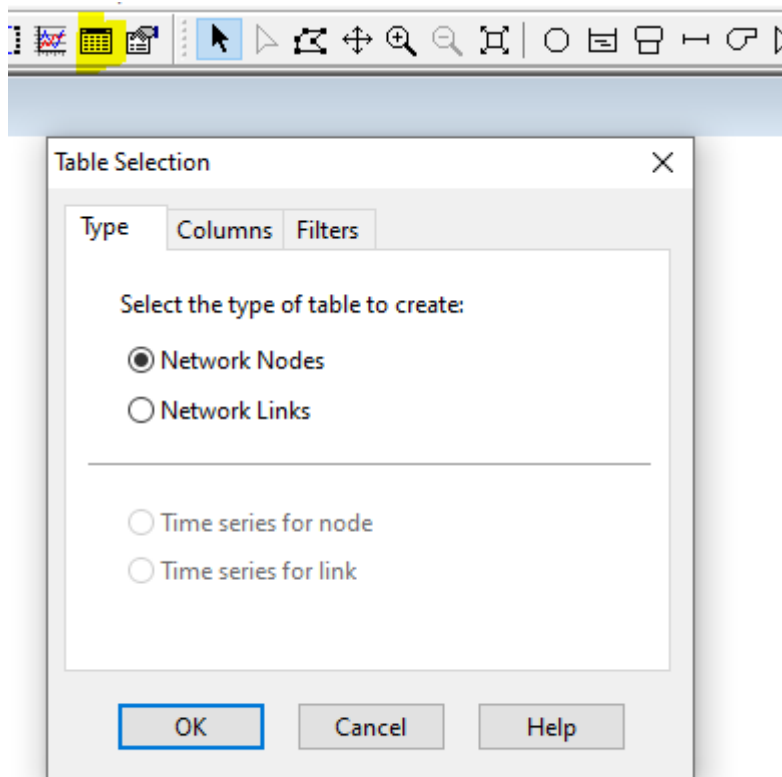
Junction 3	
Property	Value
*Junction ID	3
X-Coordinate	1218.796
Y-Coordinate	7826.725
Description	
Tag	
*Elevation	0
Base Demand	0
Demand Pattern	
Demand Category	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	#N/A

Paso 11. Para iniciar los pasos finales, se debe comenzar la simulación, esto se consigue con el rayo que se muestra en la imagen inferior.



Paso 12. Finalmente, se generan las tablas de resultados, donde se puede seleccionar que elementos se requieren analizar en la tabla, para esto se puede seleccionar las uniones o tuberías, si se requiere analizar si el flujo es el necesario al final de una tubería, se analizan las uniones, si se requiere saber el flujo y

perdida a través de una tubería se analizan las tuberías. Nodes son uniones y links son tuberías.



DATOS Y CÁLCULOS:

1. Se utiliza la ecuación 1 para poder ver el requerimiento de caudal en una fila multiplicando el número de goteros por el caudal del mismo.

$$Q = N * Q_{got}$$

2. **Cabeza Hidrodinámico, Ht (mca):** como los ramales del sistema son salidas múltiples se utiliza la ecuación 2 para poder tomar en cuenta todos los valores y sacar la presión de cada uno de los ramales siempre se saca solo del más lejano ya que este es el que necesita más presión para funcionar.

$$Hft = \frac{F * K * L}{D^m} * Q^2$$

Donde:

K: Coeficiente de Rugosidad de la tubería.

F: Factor de corrección de Christiansen - Adimensional.

L: Longitud de la Tubería - metros.

D: Diámetro interno – metros

Q: Caudal – m³/s.

m: 5.33

Así mismo usar la ecuación 3 para tubería sin salidas múltiples tomando en cuenta que se tiene que cambiar el valor de K que se utilizara dependiendo del material de la tubería, donde n se encuentra en la tabla 1.

$$K = 10.2936 * n^2$$

$$Hf = \frac{K * Q^2 * L}{D^{\frac{16}{3}}}$$

3. Cabezal total., (mca) se suman todos los cálculos de cabezal que se calculan además del cabezal que genera el ultimo gotero, se utiliza la ecuación 3.

$$Hftotal = Hft1 + Hft2 + Hf + Hfgot$$

4. **Potencia Hidráulica, Pe (W):** Mediante la ecuación 6, donde m (kg/s), H_t (mca), g (m/s²)
5. **Eficiencia total, Efic (%):** Mediante la ecuación 5.

Ejemplo usando las ecuaciones de maning:

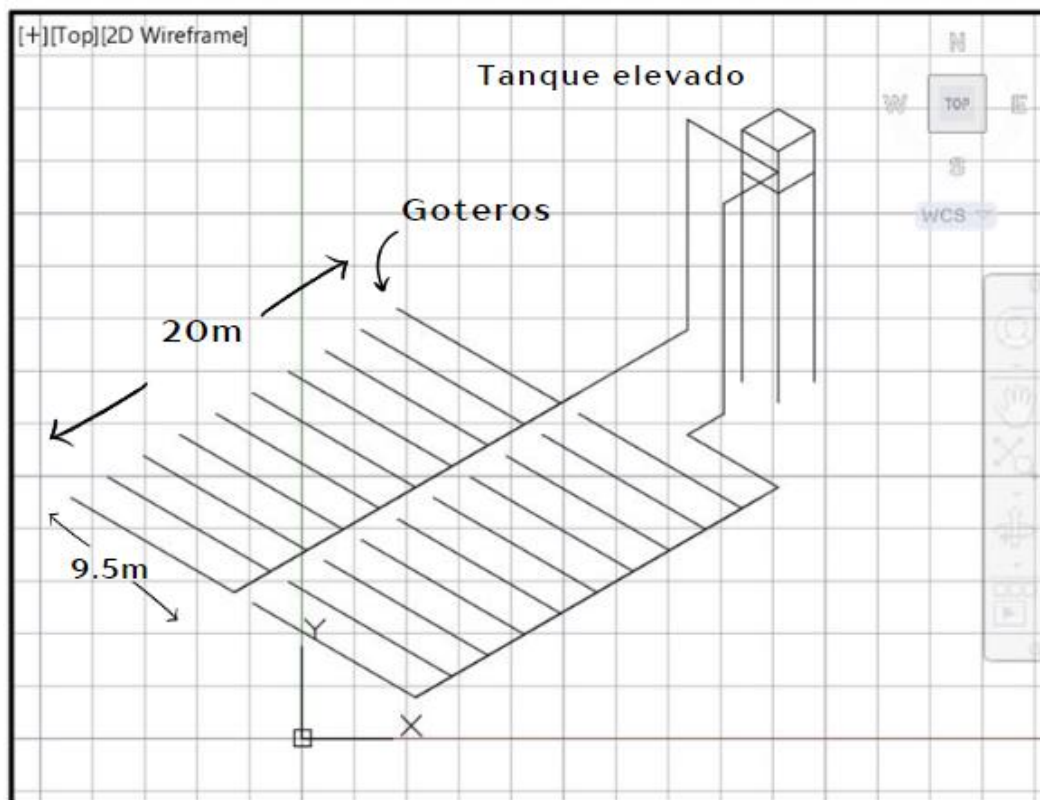


Tabla 2 Características de goteros

Goteros		
Q	2	Lph
Q gotero	1.06E-05	m3/s
N (número de goteros)	19	
F	3.60E-01	
K	6.59E-04	
L	9.5	m
D	1.60E-02	m
m	5.33	
n	8.00E-03	
Hft sin caudal	8.41E+06	
Hft	9.37E-04	mca
Hf ultimo gotero	2.80	mca
Hf filtro	2.00	mca

Hf Válvula	5.00E-01	Mca
------------	----------	-----

Tabla 3 Características de tubería principal

Tubería principal del sistema		
PVC	0.75	in
Q	1.06E-04	m ³ /s
L	20	m
F	0.385	
K	8.34E-04	
D	0.01905	m
Hft sin caudal	9.46E+06	
Hft	0.11	mca

Tabla 4 Características de tubería del tanque

Tubería al tanque		
PVC	0.75	in
Q	2.11E-04	m ³ /s
L	20	m
K	8.34E-04	
D	0.01905	
Hft sin caudal	5.55E-02	m
Hf	1.11	mca
Hf total	7	mca
Hf total corregido	7	mca

Tabla 5 Tabla resumen de los datos teóricos y prácticos con su respectivo error porcentual.

Resultados Epanet		Resultados Teóricos		Error Porcentual	
Head (m)	Flow (lps)	Head (m)	Flow (lps)	Head	Flow
7.5	0.00065	7	0.00055	18%	7%

Conclusiones

En el contexto del uso del software EPANET, se ha podido constatar la influencia del arreglo empleado y los parámetros inherentes al sistema hidráulico, tales como la presión y el caudal requerido para el mencionado arreglo bajo estudio. Esto se evidencia claramente en los registros presentados en la Tabla 5. Es importante señalar que se identifica una variación admisible en los valores del caudal y la carga hidráulica. Estos resultados subrayan la necesidad de un análisis más detenido para comprender a profundidad el comportamiento del sistema y sus posibles implicaciones en términos prácticos.

Apéndice C: Guía de estudio del uso de PVSystem.

Guía de estudio
Uso del software PVSyst para el uso de energía solar.

OBJETIVO:

El objetivo primordial de utilizar PVSyst es simplificar la planificación, diseño y evaluación de sistemas de energía solar fotovoltaica, al brindar herramientas de simulación y análisis que contribuyen a la toma de decisiones fundamentadas en relación a la configuración y mejora de los sistemas solares.

FUNDAMENTOS TEORICOS:

El fundamento principal de funcionamiento de un panel solar es el efecto fotovoltaico. Los paneles solares, también conocidos como paneles fotovoltaicos, están diseñados para convertir la luz solar directamente en energía eléctrica. Este proceso ocurre a través de la interacción de fotones, que son partículas de luz, con el material semiconductor presente en el panel

DESCRIPCIÓN:

PVSyst es un software de simulación ampliamente utilizado en la industria solar fotovoltaica. Diseñado para el análisis y la planificación de sistemas de energía solar, PVSyst proporciona herramientas para evaluar el rendimiento y la eficiencia de proyectos fotovoltaicos en diferentes ubicaciones y condiciones. El software permite a los usuarios modelar y simular sistemas solares, teniendo en cuenta una variedad de factores que influyen en la generación de energía, como la radiación solar, la inclinación y orientación de los paneles solares, las sombras, las pérdidas por cableado y conversión de energía, entre otros.

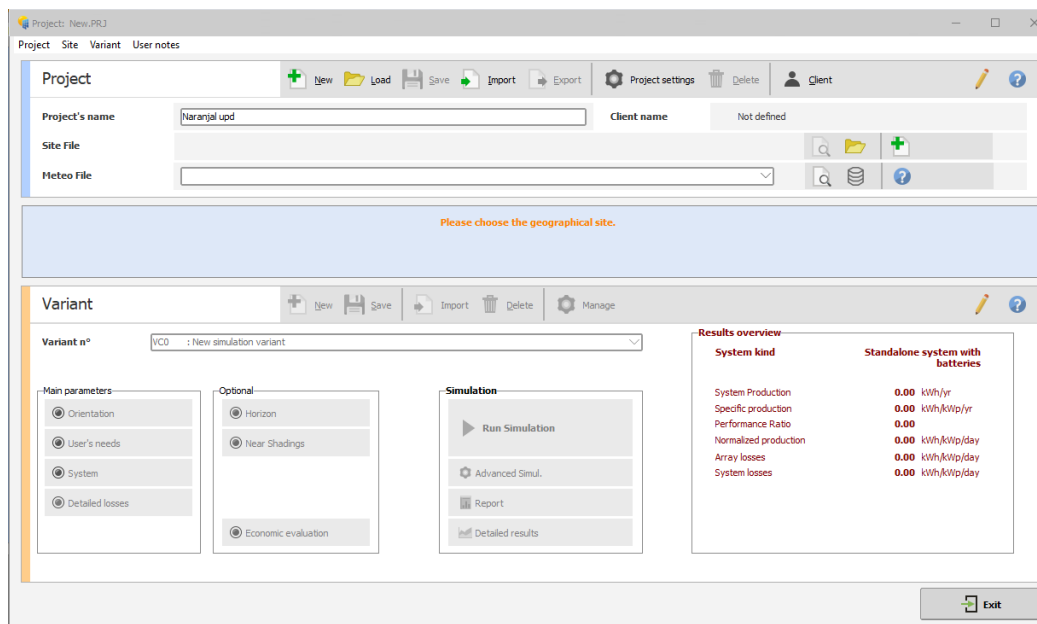
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:

Paso 1. Abrir software PVSyst, se expandirá una ventana donde se tienen varias opciones de configuración y análisis de sistemas fotovoltaicos, para la práctica que

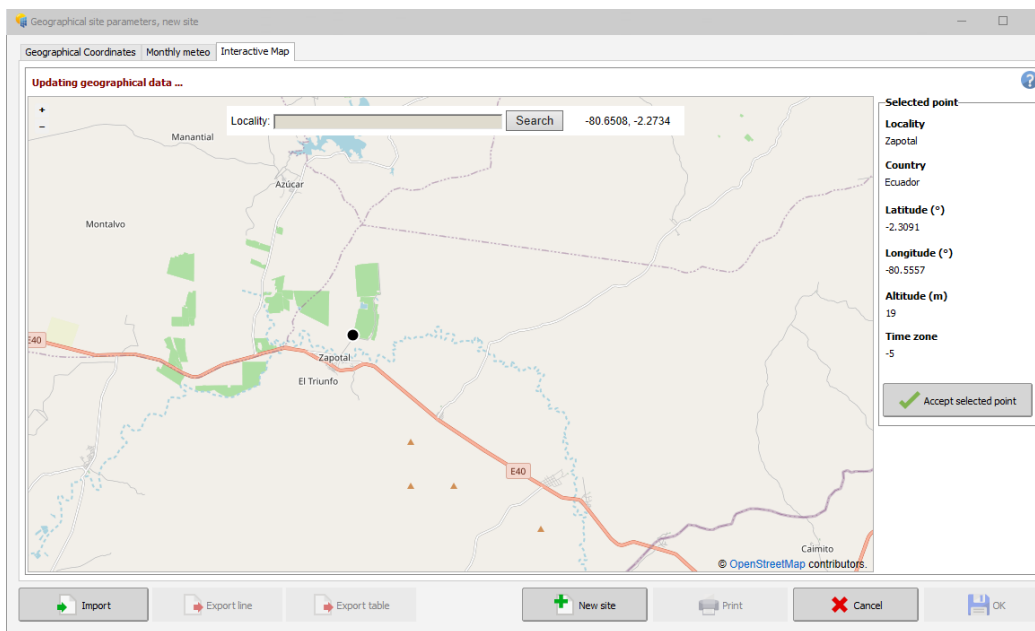
se relaciona con el sistema estudiado en el proyecto se tiene el sistema standalone, el cual no se encuentra conectada a la red de electricidad de CNEL.



Paso 2. Después, se guarda el documento con el nombre del proyecto, si no se guarda no se podrá continuar con los siguientes pasos. Dentro de esta misma ventana, si se tiene descargada la base de datos de la ubicación a analizar, también se escoge la base de datos, si no se prosigue al siguiente paso.



Paso 3. En la imagen anterior se tiene una hoja con un signo más, este permite agregar una nueva ubicación que se puede elegir en el mapa interactivo como se muestra en la parte inferior. En este mapa siempre se comienza en el punto de Viena, Suiza, después de unos segundos permite mover el cursor sobre el mapa, reducir la imagen y así mover el punto de la ubicación a otra parte en el planeta. Cuando se tenga seleccionado el punto en el mapa se debe dar al visto en la parte derecha, donde se acepta la extracción de datos de ese punto en específico y así se descarga la base de datos de dicho punto. Se da en OK y se prosigue al siguiente paso.



Paso 4. Si se requiere de información más actualizada de estaciones meteorológicas que se encuentran dentro de una zona en específico se puede ir directamente a la base de datos de la estación que se requiere analizar, en el sitio web permiten descargar una variedad de datos, desde la cantidad de lluvia hasta la velocidad promedio del viento en esa zona, para esta práctica lo más importante es enfocarse en descargar la información de la radiación solar directa y difusa. Esta información le permite al software analizar entre el rango que se encuentra la radiación solar y plantear un escenario más preciso de lo que ocurrirá

eventualmente, se trabaja con los datos del mes con menor radiación, de esta forma se valida que el sistema trabaje de forma correcta en las peores condiciones en el ámbito de la radiación, si trabaja en esas condiciones, trabajará en mejores condiciones.

Geographical site parameters, new site

Geographical Coordinates Monthly meteo Interactive Map

Site 0

Data source

Please define the site name

	Horizontal diffuse irradiation kWh/m²/day	Wind Velocity m/s	Linke turbidity [-]	Relative humidity %
January	0.00	0.00	0.000	0.0
February	0.00	0.00	0.000	0.0
March	0.00	0.00	0.000	0.0
April	0.00	0.00	0.000	0.0
May	0.00	0.00	0.000	0.0
June	0.00	0.00	0.000	0.0
July	0.00	0.00	0.000	0.0
August	0.00	0.00	0.000	0.0
September	0.00	0.00	0.000	0.0
October	0.00	0.00	0.000	0.0
November	0.00	0.00	0.000	0.0
December	0.00	0.00	0.000	0.0
Year	0.00	0.0	0.000	0.0

Paste Paste

Required Data

☐ Global horizontal irradiation

☐ Average Ext. Temperature

Extra data

☒ Horizontal diffuse irradiation

☒ Wind velocity

☒ Linke turbidity

☒ Relative humidity

Irradiation units

☒ kWh/m²/day

☐ kWh/m²/mth

☐ MJ/m²/day

☐ MJ/m²/mth

☐ W/m²

☐ Clearness Index Kit

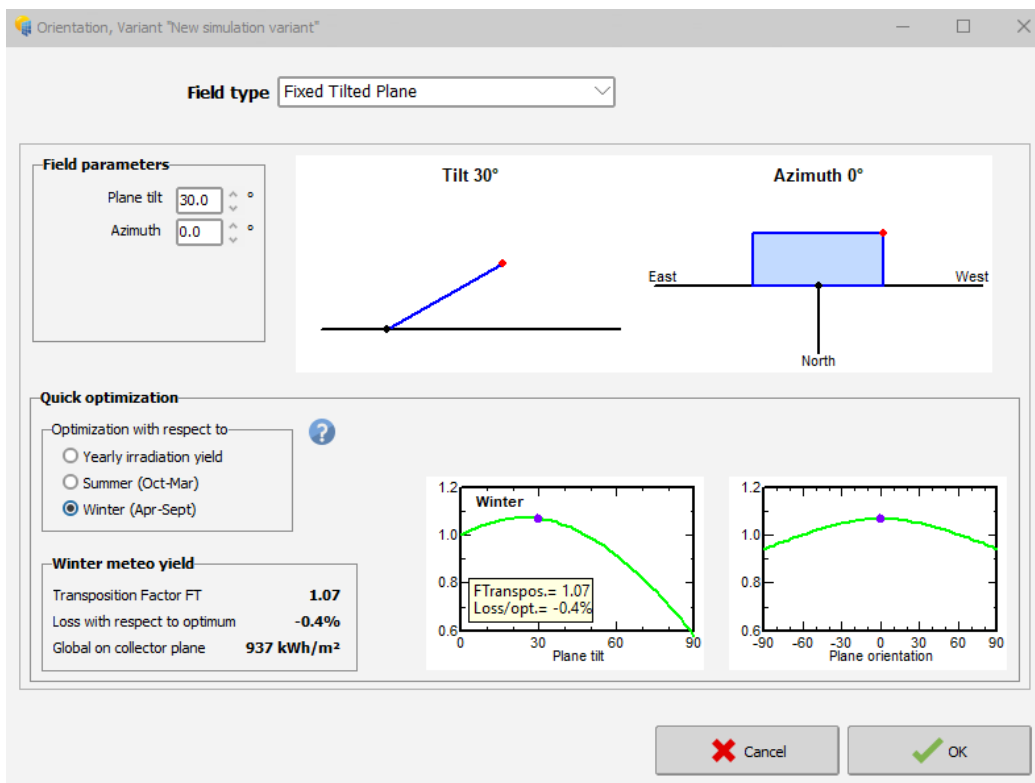
Import Export line Export table New site Print Cancel OK

Paso 5. Después de haber agregado la información mencionada previamente, se prosigue a dar importar en la ventana que se muestra en la imagen inferior, donde dice Meteo data Import, después de esto se da OK.

Paso 6. Al llegar de regreso a esta ventana mostrada en la imagen inferior, se va a meteo file y se elige el archivo recientemente importado. Se prosigue a dar click en orientación, donde se erigirá la posición en la cual se ubicará el panel solar.

Paso 7. Como se puede observar en la imagen inferior se tiene la orientación y configuración en la que se va a poner el panel solar. Se recomienda buscar la latitud de la ubicación donde se quiere realizar el análisis y ubicar el panel en el mismo

ángulo que la latitud, ya que de esta forma se maximizan las horas que capta radiación solar el panel y se aprovecha la energía solar disponible. En cuanto al ángulo azimutal, se recomienda que, si el análisis es cercano a la línea Ecuatorial, se debe poner el ángulo en 180 ya que de esta forma el panel apunta al norte y así se maximiza el área que capta la luz solar desde que amanece hasta que anochece.



Paso 8. Se regresará a la ventana principal donde se guardó el archivo, mostrada en el paso 6, donde se erigirá user needs, después de dar click se abrirá la ventana que se muestra en la imagen inferior y se podrán configurar los requerimientos del usuario.

Daily use of energy, variant "New simulation variant"

Definition of daily household consumptions for the year.

Consumption Hourly distribution

Daily consumptions

Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
0	Lamps (LED or fluo)	0 W/lamp	0.0 h/day		0 Wh
0	TV / PC / Mobile	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Domestic appliances	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Fridge / Deep-freeze	0.00 kWh/day	24.0		0 Wh
0	Dish- and Cloth-washer	0.0 W aver.	2.0 h/day		0 Wh
1	800	800 W/app	1.0 h/day	Specify hours	800 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
Stand-by consumers		1 W tot	24 h/day		24 Wh
Appliances info					
Total daily energy					824 Wh/day
Monthly energy					24.7 kWh/mth

Consumption definition by

☒ Years ?

☐ Seasons

☐ Months

Week-end or Weekly use

☐ Use only during

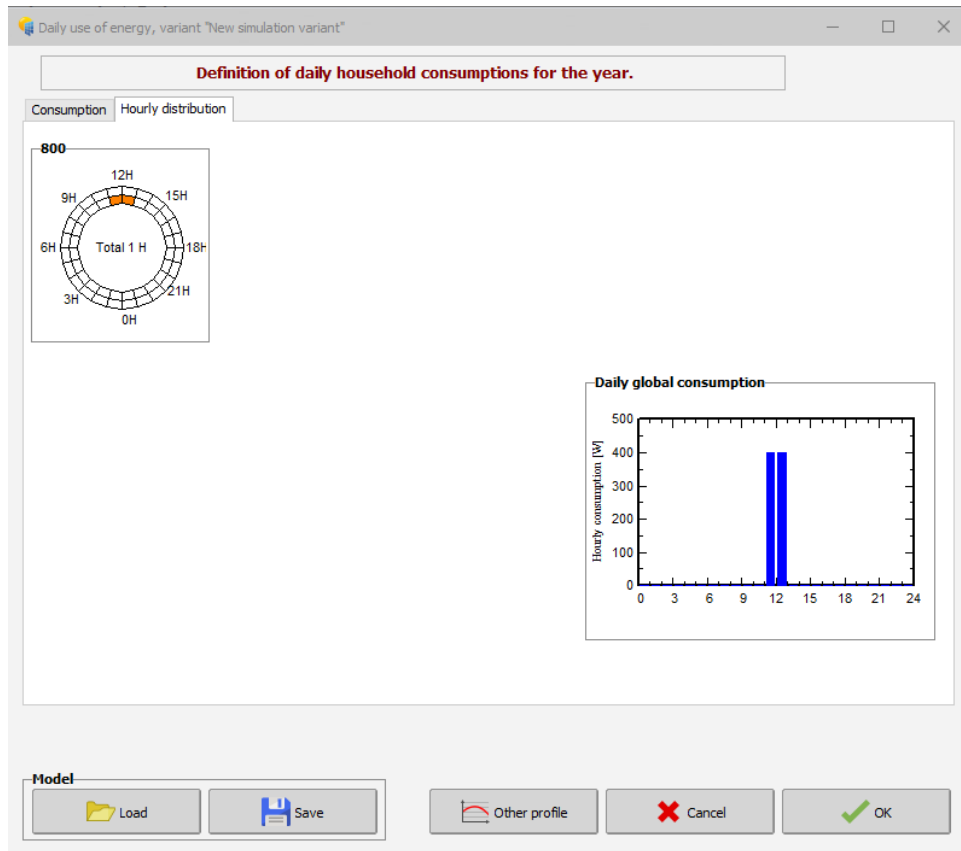
☐ 7 days in a week

Appliance no 6: Please define the hourly distribution !
(second page)

Model

Load Save Other profile Cancel OK

Paso 9. Después de haber escogido los requerimientos del usuario se debe escoger en la pestaña hourly distribution las horas a las cuales se quiere hacer el análisis, donde se abrirá un diagrama de las horas del día y se pinta cada hora que trabajará el sistema, tal como se muestra en la imagen inferior.



Paso 10. Después de haber dado OK, en la pestaña anterior, se vuelve al menú del paso 6 donde se escoger el sistema en el bloque system, dentro de esta ventana se puede escoger el modelo de panel que se utilizara, batería y método de alimentación del sistema. La alimentación que brinda el sistema puede ser por MTTP o inversor, debido a que en el proyecto se optó por no incluir un inversor se escoger un regulador de carga, conocido como MTTP, el cual es auto generado por el software después de haber escogido la batería y los paneles solares que se utilizaran.

Stand-alone system definition, Variant: "New simulation variant", Variant: "New simulation variant"

Av. daily needs: 0.8 kWh/day
 Enter accepted PLOL: 5.0 %
 Requested autonomy: 4.0 day(s)
 Battery (user) voltage: 26 V
 Suggested capacity: 151 Ah
 Suggested PV power: 271 Wp (nom.)

Storage | PV Array | Back-Up | Simplified sketch

Procedure
 The Pre-sizing suggestions are based on the Monthly meteo and the user's needs definition
 1. - Pre-sizing: Define the desired Pre-sizing conditions (PLOL, Autonomy, Battery voltage)
 2. - Storage: Define the battery pack (default checkboxes will approach the pre-sizing)
 3. - PV Array design: Design the PV array (PV module) and the control mode. You are advised to begin with a universal controller.
 4. - Back-Up: Define an eventual Genset

Specify the Battery set
 Sort batteries by: ☒ voltage ☐ capacity ☐ manufacturer
 Generic: 25.6 V 180 Ah Li LFP Battery module Li-Ion, Since 2017
 All technol.: The selected battery is a module
 1 modules in series Number of modules: 1
 1 modules in parallel Number of elements: 464
 100.0 % Initial State of Wear (nb. of cycles)
 100.0 % Initial State of Wear (static)
 Battery pack voltage: 26 V
 Global capacity: 180 Ah
 Stored energy (80% DOD): 3.7 kWh
 Total weight: 55 kg
 Nb. cycles at 80% DOD: 2000
 Total stored energy during the battery life: 7294 kWh

Operating battery temperature
 Temper. mode: Fixed (air-conditioned)
 Fixed temperature: 20 °C
 The battery temperature is important for the aging of the battery.

Please choose the PV module !

User's needs
 Household: Aver. power 34 W
 Night ratio: 50.0% Daily energy 0.82 kWh
 1 in parallel, 26 V Capacity: 180 Ah
 Autonomy: 4.5 day Stored energy: 3.69 kWh
 1 str. of 1 modules Nom. Power: Wp
 PV/PLoad: -291.2 Av. daily energy: 0.00 kWh
 Universal, direct coupling
 Max. PV current: A Thresholds: acc. to volta

Cancel OK

Paso 11. En este paso se escoge el controlador como se mencionó previamente en el paso 10, asimismo como el modelo del módulo fotovoltaico que se utilizará. Se da en OK y se regresa a la ventana del paso 6

Stand-alone system definition, Variant: "New simulation variant", Variant: "New simulation variant"

Av. daily needs: 0.8 kWh/day
 Enter accepted PLOL: 5.0 %
 Requested autonomy: 4.0 day(s)
 Battery (user) voltage: 26 V
 Suggested capacity: 151 Ah
 Suggested PV power: 271 Wp (nom.)

Storage | PV Array | Back-Up | Simplified sketch

Sub-array name and Orientation
 Name: PV Array
 Orient.: Fixed Tilted Plane
 Tilt: 30°
 Azimuth: 0°

Pre-sizing Help
☐ No sizing
☒ Enter planned power: 0.3 kWp
☐ ... or available area: 0 m²

Select the PV module
 All modules
 Resun Solar Energy
 Sort modules: ☒ Power ☐ Technology
 Sizing voltages: Vmp (50°C): 0 V
 Voc (-10°C): 0 V

Select the control mode and the controller
☒ Universal controller: Generic
 Operating mode: ☐ Direct coupling ☐ MPPT converter ☐ DC-DC converter
 Max. Charging - Discharging current:
 The operating parameters of the universal controller will automatically be adjusted according to the properties of the system.

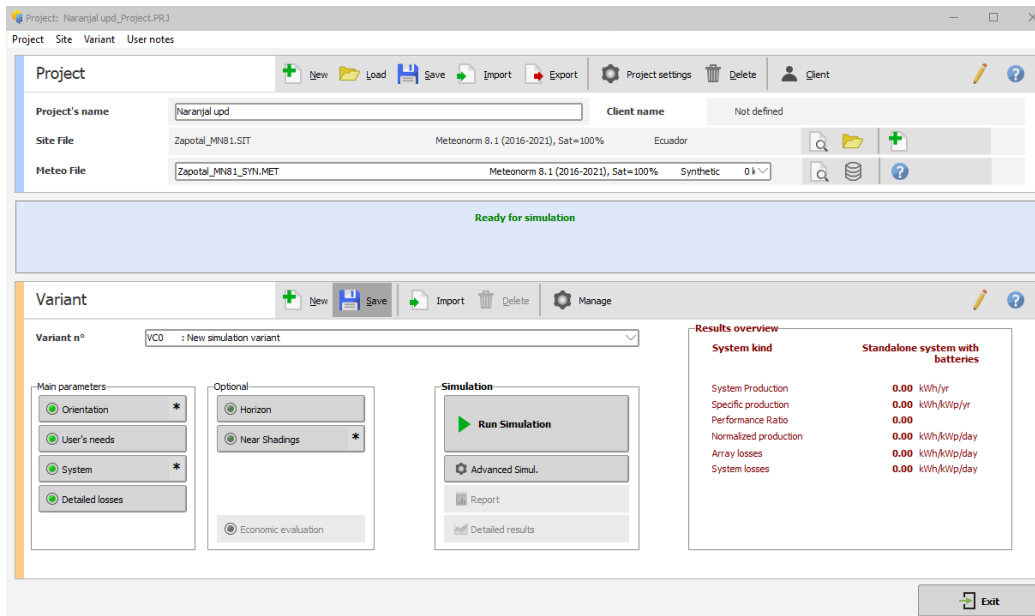
PV Array design
 Number of modules and strings: Mod. in series: 1 Nb. strings: 1
 Overload loss: 0 %
 Prom ratio: 1.0
 Nb. modules: 0 Area: 0 m²
 Operating conditions: Vmp: 0 V Vmp*: 0 V Voc: 0 V
 Plane irradiance: 1000 W/m²
 Imp: 0 A Max. operating power (at max. irrad and 50°C): 0 kW
 Isc: 0 A
 Isc (at STC): 0 A Array's nom. power (STC): 0 kWp

Please choose the PV module !

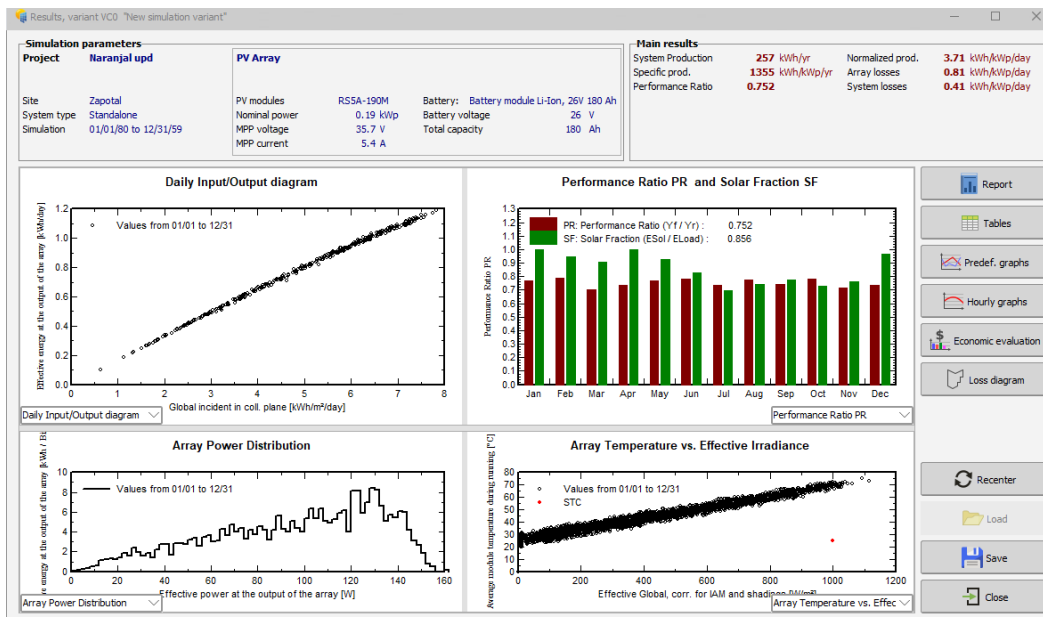
User's needs
 Household: Aver. power 34 W
 Night ratio: 50.0% Daily energy 0.82 kWh
 1 in parallel, 26 V Capacity: 180 Ah
 Autonomy: 4.5 day Stored energy: 3.69 kWh
 1 str. of 1 modules Nom. Power: Wp
 PV/PLoad: -291.2 Av. daily energy: 0.00 kWh
 Universal, direct coupling
 Max. PV current: A Thresholds: acc. to volta

Cancel OK

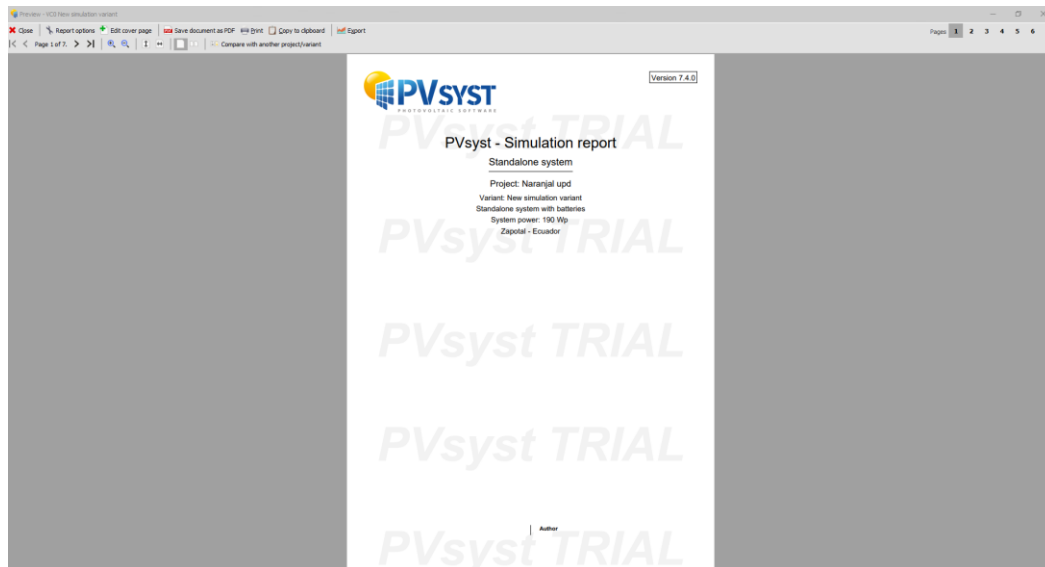
Paso 12. Finalmente, el software en conjunto con la información proporcionada por la radiación solar en la ubicación se encarga de simular las pérdidas que existirán en el sistema. Entonces, se prosigue a dar en Run Simulation.



Paso 13. Se observará algo similar a lo que se muestra en la imagen inferior y se puede ver como se comienzan a efectuar las simulaciones de pérdida, radiación incidente sobre el panel, entre otras características.

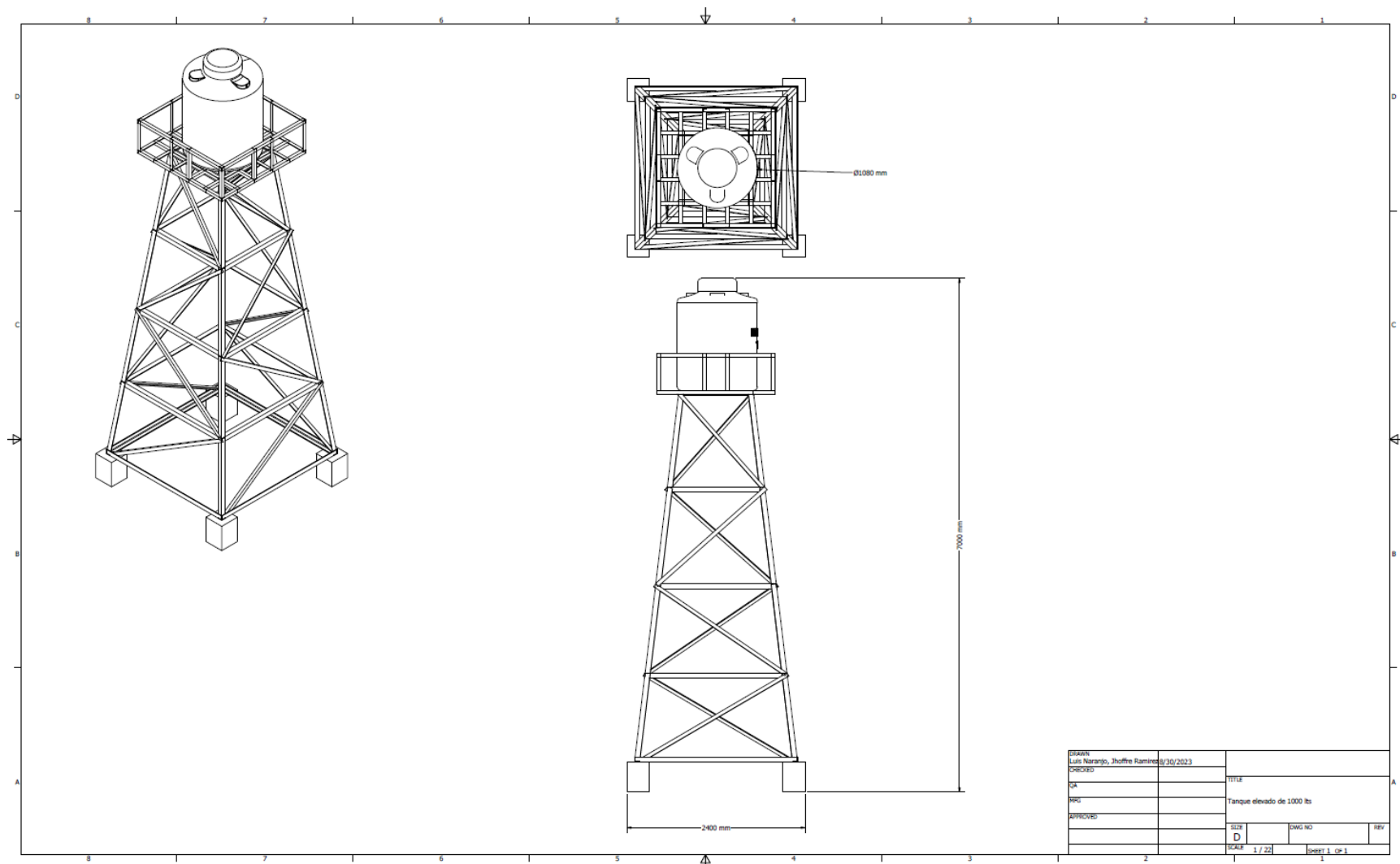


Paso 14. Finalmente se generará un reporte con la información más relevante de la simulación, en esta ventana se puede dar a guardar como pdf y se exporta el reporte.



Conclusión

En resumen, el empleo del software PVsyst constituye un aporte esencial para el logro exitoso de la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica. Mediante sus capacidades de simulación y análisis, dicho programa posibilita una planificación más precisa, un diseño optimizado y una evaluación exhaustiva de los sistemas solares. Al suministrar información realista acerca de la generación energética y la eficacia de los paneles solares en diversas condiciones climáticas y geográficas, PVsyst empodera a los profesionales y planificadores para adoptar decisiones informadas y estratégicas. Esto resulta en la optimización de la configuración de los sistemas, la maximización de la producción energética y la garantía de un rendimiento fiable a lo largo de su vida útil. En última instancia, la utilización de PVsyst no solamente asegura la viabilidad técnica y financiera de los proyectos solares, sino que también fomenta el incremento en la adopción de la energía solar al proporcionar resultados sólidos y confiables que respaldan la inversión en esta fuente de energía renovable.



Plano 2 Torre elevada de tanque de agua de 1000 Lts