



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN SOLAR MÓVIL TIPO OFFGRID DE ORDEÑO, EN
LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE UBATÉ CUNDINAMARCA**

LIZETHE DAYANA GRANADOS FORERO

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
DIVISION DE INGENIERIA
BOGOTÁ
2023**



**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN SOLAR MÓVIL TIPO OFFGRID DE ORDEÑO, EN
LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE UBATÉ CUNDINAMARCA**

LIZETHE DAYANA GRANADOS FORERO

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniería Ambiental

DIRECTORA
NIDIA ELENA ORTIZ PENAGOS
Ing. Química, Msc en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

LINEA DE PROFUNDIZACIÓN:
TECNOLOGÍAS LIMPIAS

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
DIVISION DE INGENIERIA
BOGOTÁ
2023



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DIRECTORA

FIRMA JURADO



TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	4
AGRADECIMIENTOS:	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GENERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
3. ANTECEDENTES	11
4. MARCO TEORICO	15
5. METODOLOGÍA	21
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	22
6.1.1 RADIACIÓN SOLAR	22
6.2 DIMENSIONAMIENTO DEL SSFV	26
6.2.1 DEMANDA ELECTRICA DEL MOTOR	26
6.2.2 PANEL SOLAR DEL SSFV	28
6.2.3 CONTROLADOR DE CARGA	29
6.2.4 CÁLCULO DE PANELES SOLARES	30
6.2.5 CONTROLADOR DE CARGA	32
6.2.7 CÁLCULO DE BATERÍAS	33
6.2.8 POTENCIA Y ENERGIA DEL INVERSOR	35
6.2.9 CÁLCULO DEL INVERSOR	36
6.3 REEMPLAZO DEL MOTOR	42
6.4 COSTOS DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.	43
6.5 PVGIS	45
6.6 RENDER	47
7 IMPACTO SOCIAL Y HUMANISTICO DEL PROYECTO	49
8 CONCLUSIONES	49



9. RECOMENDACIONES	49
10. REFERENCIAS	50
11. ANEXOS.	53

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 VISTA GENERAL PROYECTO 73.6 KWP	12
ILUSTRACIÓN 2 MESAS SOLARES SSFV 73.6 KWP	13
ILUSTRACIÓN 3 CONSTRUCCIÓN SSFV 73.6 KWP	13
ILUSTRACIÓN 4 CONSTRUCCIÓN MESAS SSFV 73.6 KWP	13
ILUSTRACIÓN 5 INSTALACIÓN PANELES SOLARES 73.6 KWP	13
ILUSTRACIÓN 6 PLANTA OPERACIONAL SISTEMA DE ORDEÑO	13
ILUSTRACIÓN 7 SISTEMA DE ORDEÑO 73.6 KWP	13
ILUSTRACIÓN 8 VISTA FINAL SSFV 73.6 KWP	14
ILUSTRACIÓN 9 SISTEMA DE VACÍO	16
ILUSTRACIÓN 10 SISTEMAS AISLADOS DE LA RED ELÉCTRICA (OFF GRID)	19
ILUSTRACIÓN 11 COMPONENTES DE PANEL SOLAR	20
ILUSTRACIÓN 12. METODOLOGÍA	21
ILUSTRACIÓN 13 RADIACIÓN SOLAR	23
ILUSTRACIÓN 14 RADIACIÓN SOLAR EN UBATÉ	24
ILUSTRACIÓN 15 RANGO RADIACIÓN SOLAR	25
ILUSTRACIÓN 16 INFORMACIÓN SOLAR DEL SITIO	25
ILUSTRACIÓN 17 CARTA SOLAR	26
ILUSTRACIÓN 18. MOTOR 3HP	27
ILUSTRACIÓN 19 PANEL SOLAR DE 450 WP	29
ILUSTRACIÓN 20 CONTROLADOR DE CARGA VICTRON ENERGY	30
ILUSTRACIÓN 21 DIAGRAMA UNIFILAR CONEXIÓN DE PANELES	32
ILUSTRACIÓN 22 CONTROLADOR DE CARGA VICTRON ENERGY	33
ILUSTRACIÓN 23 BATERÍA SOLAR AGM 24 V 250 AH UPOWER	34
ILUSTRACIÓN 24. CONEXIONES SERIE PARALELO DE BATERÍAS	35



ILUSTRACIÓN 25. INVERSOR VICTRON ENERGY	37
ILUSTRACIÓN 26 PROTECCIÓN SOBRE CORRIENTE	41
ILUSTRACIÓN 27 PROTECCIÓN SOBRETENSIÓN	41
ILUSTRACIÓN 28. MOTOR ELÉCTRICO	42
ILUSTRACIÓN 29 PROYECCIÓN ANUAL DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA	45
ILUSTRACIÓN 30 RENDIMIENTO DE LA BATERÍA PARA SISTEMA	46
ILUSTRACIÓN 31 PRODUCCIÓN PROMEDIO DE ENERGÍA POR DÍA	46
ILUSTRACIÓN 32. VISTA ISOMÉTRICA DEL SSFV	47
ILUSTRACIÓN 33. VISTA SUPERIOR DEL SSFV	47
ILUSTRACIÓN 34. VISTA LATERAL DEL SSFV	48
ILUSTRACIÓN 35. VISTA FRONTAL DEL SSFV	48

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 CARGAS Y CONSUMO DEL MOTOR	27
TABLA 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PANEL	28
TABLA 3 CARACTERÍSTICAS DE INVERSOR	37
TABLA 4 EQUIVALENCIAS MEDIDAS DE CABLE SOLAR	38
TABLA 5. COSTO DEL SSFV	43



AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi vida me he encontrado con muchas personas que han aportado a mi crecimiento en todos los aspectos, es por este motivo que hoy a puertas de graduarme como Ingeniera Ambiental, quiero extender mis agradecimientos a:

Mi madre, quien fue mi motor para concluir esta etapa, quien se ha preocupado por mi futuro, me ha fortalecido y me ha apoyado a lo largo de mi carrera siempre buscando lo mejor para mí.

A mis tíos y primo quienes siempre han creído en mí y mis capacidades y me han motivado con sus sabias palabras, quienes con sus excelentes consejos y el deseo de verme crecer como persona y profesional no han escatimado consejos para ayudarme.

A mi pareja quien siempre estuvo presente en esta etapa apoyándome, motivándome con amor, delicadeza y paciencia por enseñarme y compartir sus conocimientos desde su ingeniería.

Al ingeniero Javier Andrés Amaya Moreno quien me abrió las puertas para ejercer mi carrera, desarrollar mi tesis en su empresa EnerGiga, por compartir sus conocimientos y guiarme en la rama de la Energía solar.

A todos los ingenieros y profesores, que aportaron su conocimiento y paciencia a lo largo de mi formación académica y profesional.



RESUMEN

Este proyecto busca solucionar el problema de los pequeños ganaderos frente a los grandes, en cuanto a costos y eficiencia al momento de extraer la leche debido a los altos precios de las máquinas de ordeño convencionales, se propone el diseño de una estación solar tipo off-grid (No está conectado a la red) donde no solo facilitará la producción de leche cumpliendo las mismas condiciones que las máquinas convencionales, sino que cambiará la fuente de generación energética por una mucho más limpia. Se hace uso de toda la información investigada acerca del diseño, construcción y usos acerca de la estación solar. Se precisan las especificaciones de ingeniería, caracterización y medidas para implementarlas en el diseño

Palabras clave: energías renovables, energía solar, producción agropecuaria.

ABSTRACT

This project seeks to solve the problem of small farmers compared to large ones, in terms of costs and efficiency when extracting milk due to the high prices of conventional milking machines. To provide a solution to this problem, the design of an off-grid solar station is proposed, which will not only facilitate milk production under the same conditions as conventional machines but will also reduce energy consumption. Use is made of all the information investigated about the design, construction, uses and others about the solar station. Engineering specifications, characterization and measurements are required to implement them in the design.

Keywords: renewable energy, solar energy, agricultural production



1. INTRODUCCIÓN

Muchos productores emplean el ordeño manual el cual dentro de su procedimiento involucra errores humanos, disminuyendo la producción lechera y posiblemente provocando mastitis al ganado, generando pérdidas económicas, adicionalmente la frecuencia de ordeño se estima dos veces por día en una periodicidad de 12 horas para una mayor producción de leche por lo que requiere un alto consumo energético (Agrobit.com, 2010). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Una solución a esta problemática es el ordeño mecánico, una tecnología que evolucionó la actividad agropecuaria, aumentando el rendimiento de la producción de leche, pero que tiene costos de inversión elevados limitando el acceso a algunos productores que no cuentan con una alta población de bovinos, adicionalmente en su mecanismo de funcionamiento requieren una bomba de vacío que demanda un motor eléctrico como fuente de energía, este trabaja con diésel contribuyendo al aumento de la huella de carbono (Ponce de Leon Esteban, 2007).

Para estimar los costos se realizó un estudio de mercado en páginas web como MercadoLibre, Amazon o directamente con el proveedor. Sólo para el sistema de vacío se puede estimar un costo de \$5.918.500, en el año 2023 para dimensiones pequeñas estos valores pueden variar según el proveedor. Se puede deducir que las pequeñas lecherías que tienen una población de 8-15 bovinos no van a acceder fácilmente a este mecanismo debido a que adicionalmente se debe considerar el costo del SSFV (Sistema Solar Fotovoltaico) y las adecuaciones del establo.

.

En el presente trabajo se realiza un estudio de caso en la finca del ganadero Felipe Delgadillo quien tiene una finca donde practica el ordeño en sus 16 vacas ubicada en Ubaté Cundinamarca con coordenadas 05.31572°N, -073.821341°O ; se ha implementado un sistema de ordeño casero, con poca accesibilidad de energía limitando las horas de ordeño oportunas e incumpliendo los estándares del INVIMA (

Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos) como lo son: presencia de residuos y sedimentos y en ocasiones presencia de olores anormales (INVIMA, 2006)

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una Estación Solar Móvil para ordeño, que será usada en la zona rural del municipio de Ubaté Cundinamarca en la finca La Esperanza.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar un estudio de campo acompañando las actividades de ordeño en la zona rural de Ubaté Cundinamarca en la finca La Esperanza
- Evaluar los conceptos teóricos de energía solar fotovoltaica implementando soluciones de ingeniería para la Estación Solar Móvil tipo Offgrid
- Elaborar el diseño de la Estación Solar Móvil tipo Offgrid en el municipio de Ubaté Cundinamarca en la finca La Esperanza



3. ANTECEDENTES

El consumo de electricidad en fincas ganaderas, se relaciona al ordeño y a los sistemas de enfriamiento de la leche representando en promedio 7,7 kWh por 100 litros de leche del total de la electricidad; se puede asimilar que se requieren 19 paneles de 400 W para la producción de tan solo 100 bolsas de leche; las principales tecnologías incluyen bombas de vacío, iluminación, ventiladores entre otros por lo que es necesario implementar patrones para reducir el consumo y los gastos; a partir de la energía solar, muchas granjas lecheras pueden producir suficiente electricidad (Eltiempo.com, 2017).

En Brasil se llevó a cabo un estudio sobre el suministro de energía desde la adopción de energías renovables para la eficiencia en una finca ganadera, para lo cual, fue necesario tener en cuenta datos meteorológicos para determinar la potencia de radiación solar de la zona de estudio, se tuvieron en cuenta tres poblaciones divididas en 66, 106 y 158 vacas dando como resultado que el uso directo de electricidad fueron en promedio 0,96; 0,87 y 0,81 kWh según corresponde, en actividades de iluminación y de ordeño; aplicando el diseño de paneles solares se tuvo un abastecimiento energético del 80%. Para tener este resultado fue necesario decidir el panel apto para el proyecto, los precios varían según su eficiencia con un promedio de 324 US; también, es importante considerar la eficiencia del inversor que es del 90% y las pérdidas por cable. Se quiso implementar una independencia energética con un sistema fotovoltaico autónomo, pero implica una inversión inicial superior a la que se por Codensa principalmente debido a componentes adicionales (paquete de baterías y controlador de carga) por lo que se descartó en primera instancia.

En el segundo trabajo se valida tres tipos de energía: solar, viento y biomasa consideradas altamente potenciales para un sistema de ordeño móvil. Se pudo



determinar que la más eficiente es la energía solar, destacándose en parámetros como la disponibilidad de la fuente de energía, abundancia, aplicabilidad en el medio ambiente ya que es un recurso sin limitantes como la energía solar, eólica y de biomasa, un mínimo de impactos que se dan principalmente durante la producción de paneles solares generando desechos tóxicos entre otros. Un tema clave para el estudio fue la identificación del consumo total de energía del sistema de ordeño móvil para 1000 kg de leche, el sistema tiene cuatro componentes que requieren energía: Bomba de vacío (8,94 kWh), bomba aspiradora (17,40 kWh), compresor (15,98 kWh) y el sistema de refrigeración (22,40 kWh) para un total de 64,72 kWh; poniendo en marcha el sistema de ordeño que trabaja con la energía renovable se tuvieron reducciones de consumo de energía de 21,00 kWh, también, la producción de leche aumentó debido a que el número de ordeños fue de 2 procesos al día (el Zein & Gebresenbet, 2021).

Para una mayor comprensión y mejor desarrollo del diseño de este trabajo, es de gran aporte para el lector conocer que actualmente se está llevando a cabo en Colombia en el municipio de Suesca un proyecto de 73,6 kWp en una finca ganadera con aproximadamente 3000 bovinos y con un sistema de ordeño que trabaja con diésel; el sistema solar se instaló en piso, compuesto de 128 paneles solares, un inversor y un transformador. Lo que representa no sólo un interés potencial por los ganaderos en Colombia si no también defiende la representación y los objetivos del presente trabajo.



Ilustración 1 Vista general proyecto 73.6 Kwp



Fuente: EnerGiga.

Ilustración 2 Mesas solares SSFV 73.6 Kwp



Fuente: Autora

Ilustración 3 Construcción SSFV 73.6 Kwp



Fuente: Autora



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

*Ilustración 4 Construcción mesas SSFV
73.6 Kwp*



Fuente: Autora

*Ilustración 5 Instalación paneles
solares 73.6 Kwp*



Fuente: Autora

*Ilustración 6 Planta operacional Sistema
de Ordeño*



Fuente: Autora

*Ilustración 7 Sistema de ordeño 73.6
Kwp*



Fuente: Autora



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Ilustración 8 Vista final SSFV 73.6 Kwp



Fuente: Autora



4. MARCO TEÓRICO

Uno de los productos agrícolas más producidos en el mundo es la leche, siendo el segundo lácteo de mayor consumo; de hecho, para el año 2021 se registraron 6.700 millones de Kg (Orus, 2022). Se estima que para el 2030 la producción mundial aumente 1,7%, debido a que los rebaños bovinos se enriquecen en su población de una manera más acelerada (OECD, 2021).

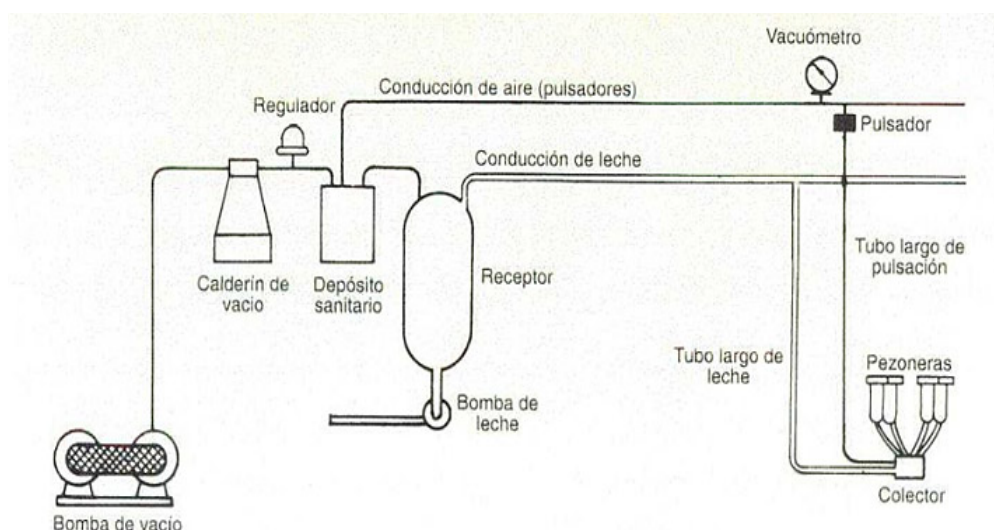
En Colombia, se presentó un aumento de 5,6% para el año 2020 en los 28 millones de hectáreas que son aptas para la utilidad, según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (Castañeda, 2022). De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, para el mismo año hubo 321.000 productores de leche (González, 2020) participando el departamento de Cundinamarca con un porcentaje de 5,2% de población (ICA, 2021) posicionándolo como el segundo departamento más participativo en la utilidad de la leche del país (Cundinamarca.gov, 2021).

Ubaté es uno de los 116 municipios que componen el departamento de Cundinamarca donde la actividad principal es la producción de leche y productos lácteos, actualmente cuenta con 49.446 bovinos (Campo Saavedra et al., 2008) de acuerdo con información suministrada por el Plan Departamental de Extensión Agropecuaria (PDDA) hay una producción de leche de 1.142.007 litros/días distribuidos para el autoconsumo, industria, intermediario y quesero (De, 2020).

A continuación, se entra en detalle el sistema de ordeño convencional (*imagen 1*) en la etapa del sistema de vacío estimando los costos que requieren algunos equipos. Cabe mencionar que puede variar según las necesidades del ganadero (*Tabla 1*)



Ilustración 9 Sistema de vacío



Fuente: Londoño, J. (2015).

sistema automático de ordeño rotativo para bovinos

Generalmente, el equipo de ordeño se encarga de extraer la leche de la vaca por medio de presión negativa sobre los pezones, para luego llevarla al tanque, desde donde el líquido es almacenado. La *Figura 1* muestra el esquema básico de un sistema de ordeño, donde las tuberías realizan dos funciones, la primera es entregar el aire a presión negativa generado por la bomba de vacío a la unidad de ordeño para succionar la leche, y la otra función es la de mano, la presión generada hace que la leche pueda ser transportada a través de este tubo hasta el recipiente de recuperación de leche.

Tabla 1. Costos de etapa del sistema de vacío

Elemento	Precio aproximado
Bomba de Vacío marca Hilmor ref. 1948122-9 CFM	3.000.000
Balde de trampa marca Spense	1.500.000



Regulador de Vacío (Válvula)	105.200
Balde de trampa Serie 214 De 1 Invertido Armstrong	229.095
Vacuómetro	95.000
Trampa sanitaria Marca BJT Para Ordeño Mecánico	641.467
Tubería de vacío de la línea As described	152.000 x 25 cm

Fuente: Autora

En la práctica de ordeño se busca que las nuevas tecnologías permitan disminuir costos y aumentar la producción por lo que la máquina de ordeño permite que mientras la vaca está consumiendo su ración de alimento se colocan las pezoneras y se comience a ordeñar (SCHÖN & WENDL, 2019) aplicando un sistema de un vacío parcial al pezón, crea un diferencial de presión a través de su canal de salida, abre el tubo del pezón y extrae la leche del tanque del pezón, que luego se vierte a través del tubo en el recipiente. También aplica una acción de masaje intermitente en el pezón para promover la circulación sanguínea y evitar la congestión en la punta del pezón (Ganadero, 2020). Es importante entender que el funcionamiento de esta máquina sugiere cambios ya sea en el rendimiento por la velocidad, disminución de la mastitis en los bovinos contribuyendo así a la mejora de la calidad de la leche; muy importante también, reduce el consumo de energía y las razones estéticas mejoran, cumpliendo con los estándares establecidos por el INVIMA (Delgado, 2020) que es CMP (Caseinomacropeptido) correspondiente a una cuajada que tiene unos parámetros estándar de calidad de 24 µg/ml

La utilidad de los paneles solares consisten en convertir radiación solar en energía el principio de funcionamiento es el efecto fotovoltaico que utiliza materiales semiconductores que absorben fotones para emitir electrones; Lewis en 1926



estimó los grupos de energía como fotones (Gambhir & Singh, 2019); el rendimiento de estos paneles solares se da entre la división entre la máxima potencia de generación eléctrica y la potencia luminosa que se aplica sobre una célula fotovoltaica (Alcor Cabrerizo, 2002) .Es importante conocer el comportamiento de la radiación solar ya que es el combustible de las células fotovoltaicas y sin ésta no se produciría el efecto fotovoltaico; existen tres tipos de radiación: directa que es la que llega directamente a un punto de la superficie, difusa que es la que pasa por la atmósfera siendo interrumpida por las nubes y las refleja, básicamente es la radiación reflejada por el suelo; para el proyecto se utilizará un sistema solar que se compone de una batería que se hacen indispensables, su función específica es almacenar la energía eléctrica captada por los paneles solares fotovoltaicos, para su posterior uso en horas con ausencia de sol.

Dentro de las funciones de las baterías en un sistema solar fotovoltaico, se tienen:

- Suministrar la energía almacenada en la ausencia de radiación (en días nublados)
- Mantener estable el voltaje de la instalación

Se debe tener en cuenta que para cubrir largos periodos (horas, días), donde la nubosidad es abundante se hace necesario ampliar la capacidad del banco de baterías.

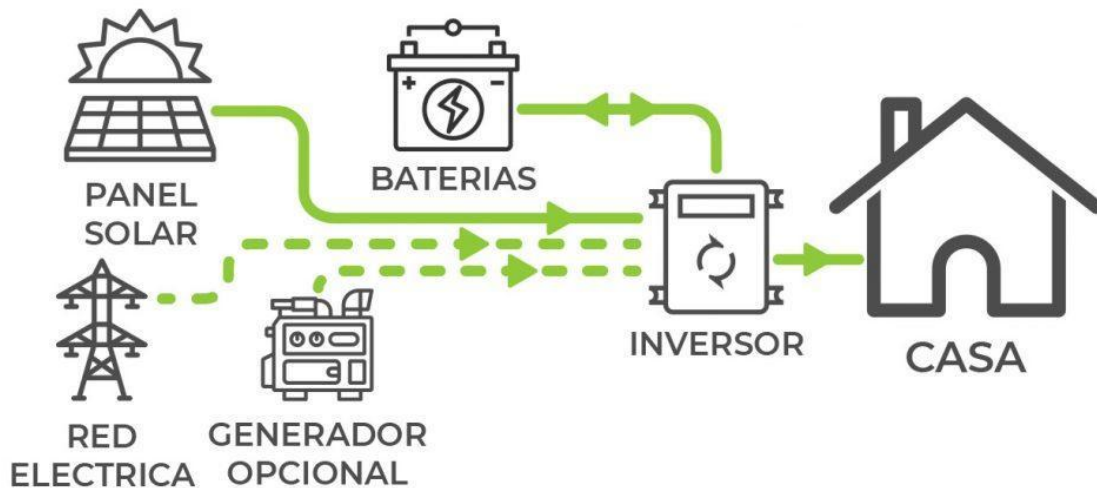
Se resalta que la ubicación de las baterías es una ubicación delicada; por lo tanto, se recomienda:

- Disponer de un lugar que proteja de la intemperie
- Que el lugar sea fresco y ventilado
- Evitar ubicar aparatos electrónicos encima de las mismas, debido a que estas desprenden gases ácidos.

Además de las baterías, los paneles solares e inversor con regulador conforman un sistema Off Grid que responde a una conexión aislada que no está conectada a la red en el que las baterías almacenan energía generada por los paneles siendo sistemas autónomos.



Ilustración 10 Sistemas aislados de la red eléctrica (Off grid)



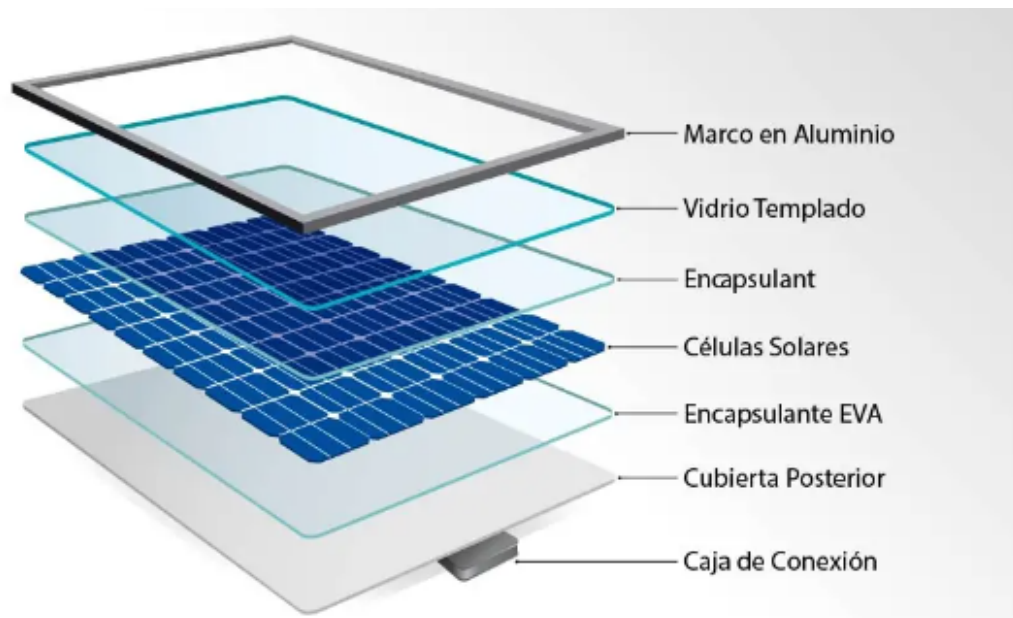
Fuente: Enerlife Energías renovables.

La transformación de la energía se da por las celdas solares de los paneles mediante el efecto fotovoltaico que se basa en materiales semiconductores que libera electrones, dichos electrones requieren de un voltaje para moverlos generando una acumulación de cargas cuando este es absorbido se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico



El panel solar es el encargado de recoger la luz solar por medio de las células fotovoltaicas, la batería es la encargada de almacenar la energía para posteriormente utilizarla en las horas en que el ganadero Felipe Delgadillo lo requiera y finalmente el inversor es el encargado de transformar la corriente continua (CC) a corriente alterna (CA) de manera que la potencia fotovoltaica reemplace la potencia del motor que actualmente se está utilizando. (AutoSolar, 2023)

Ilustración 11 Componentes de panel solar



Fuente: Inedelc.co



5. METODOLOGÍA

En el campo de la investigación existen tres clases de metodologías importantes con las cuales se puede desarrollar los diferentes temas para que estos tengan el éxito que se espera, estas son: metodología cualitativa, metodología cuantitativa y metodología mixta. La metodología cuantitativa se refiere precisamente a la forma en que se pueden obtener datos medibles. Sirven para medir encuestas, para realizar comparaciones entre dos o más variables, para análisis de modelos matemáticos, para plantear soluciones desde fórmulas matemáticas, es decir todo aquello que se pueda expresar con datos concretos (Academy, 2019) para el presente ejercicio la metodología a usar será la cuantitativa, toda vez que los métodos utilizados para desarrollarla involucran la interpretación de datos y fórmulas que se expresan en medidas matemáticas.

Para desarrollar este proyecto se realizó la siguiente ruta metodológica (*ver ilustración 12*) donde se relacionan los objetivos específicos con sus correspondientes actividades, recursos y resultados ejecutados en cada uno de ellos, planteando la trayectoria para llegar a la solución del proyecto.

Se espera obtener un plano unifilar a partir de la herramienta CAD en el cual se visualice el prototipo estándar y el sistema eléctrico para su posterior fabricación y comercialización, es importante resaltar que varía según los requerimientos del cliente; además se le quiere dar oportunidades de mejora en la calidad de vida laboral a los ganaderos, para ello se utilizaron las siguientes ecuaciones para el dimensionamiento del sistema solar correspondiente a paneles, controlador, baterías, inversor, protecciones y calibre de cable:



Energía diaria requerida:

$$\text{Energía diaria requerida (WH)} = \sum \text{Potencia cada equipo (W)} * \text{Horas diarias de uso (H)} \quad (1)$$

$$\text{Energía diaria suministrada por 1 panel} = \text{Radiación solar} * \text{Eficiencia panel} * \text{Potencia de un panel} \quad (2)$$

La radiación solar se tomó de la plataforma de la NASA Prediction of Worldwide Energy Resources ingresando los datos de latitud y longitud. Se tomaron los datos promedios mensuales y anuales para la radiación global correspondiente a la directa más la difusa en un plano horizontal que tiene en cuenta la nubosidad del lugar de los años desde 2015 hasta 2022, y, de estos se seleccionó el menor valor de radiación debido a que se está dimensionando un sistema aislado donde se tienen en cuenta las condiciones más críticas que corresponden a la menor radiación solar.

De manera complementaria, se comparó con los rangos de radiación solar obtenidos a partir del Atlas de Radiación Solar del IDEAM.

Paneles:

$$\text{No. total de paneles} = \frac{\text{Energía diaria requerida}}{\text{Energía diaria suministrada por 1 panel}} \quad (3)$$

$$\text{Potencia pico instalada} = \text{No. de paneles} * \text{potencia de cada panel} \quad (4)$$

$$\text{Voltaje de salida paneles} = \text{Número de paneles conectados en serie} * \text{Voc de un panel} \quad (5)$$

Donde Voc es el voltaje en circuito abierto de un panel.

$$\text{Corriente de salida paneles} = \text{Número de hileras de paneles conectadas en paralelo} * \text{Isc de un panel}$$

Donde Isc es la corriente de corto circuito de un panel.

Controlador:

$$\text{Capacidad de corriente de controlador A)} = \text{Factor de seguridad} * \text{Corriente de salida de los paneles}$$

Se debe verificar que el controlador seleccionado tenga la capacidad, además de la corriente, del voltaje y potencia pico generados por los paneles.



Baterías:

$$\text{Capacidad Baterías} = \frac{\text{Energía diaria suministrada por paneles (WH)}}{\text{Voltaje nominal baterías (V)} * \% \text{ de descarga}} \quad (8)$$

$$\text{Número de Baterías} = \frac{\text{Capacidad de las baterías en Ah}}{\text{Capacidad de 1 batería}} \quad (9)$$

Se debe verificar que el voltaje de las baterías corresponda al de salida del controlador y de entrada al inversor. Además, la energía diaria almacenada por las baterías, si se selecciona sólo 1 día de autonomía para no elevar significativamente los costos de la instalación, debe ser suficiente para suplir la energía diaria requerida.

Inversor:

$$\text{Capacidad de potencia del inversor (W)} = \frac{\text{Potencia suministrada por los paneles (W)}}{\text{Eficiencia del inversor (\%)}} \quad (10)$$

Se requiere verificar que el voltaje de entrada al inversor corresponda con el generado por las baterías y que el voltaje de salida de este corresponda al de funcionamiento de los equipos eléctricos que se servirán del sistema solar.

Protecciones eléctricas:

Se requieren protecciones contra sobre calentamientos y corto circuito y contra sobre tensiones principalmente en el caso de caída de rayos.

Para las protecciones contra sobre calentamientos y corto circuito se utiliza un interruptor termo magnético (ITM) que tenga capacidad de protección mayor y la más cercana a la corriente de salida y voltaje de salida de paneles, controlador y baterías por un factor de seguridad de 1,2. Estas protecciones deben ser para corriente continua o directa DC.

Para las protecciones contra sobre tensiones sólo se tiene en cuenta el voltaje también por un factor de seguridad de 1,2 para DC.

Cableado:

El área de la sección del cable para las conexiones entre los diversos componentes se calcula teniendo en cuenta la corriente eléctrica que debe soportar el cable, la longitud de este, la pérdida de voltaje a través del mismo que está estandarizada al 1% del voltaje y la resistencia eléctrica del conductor del cable que generalmente es de cobre o aluminio.



$$\text{Área sección cable} = \frac{2 \cdot I \cdot L}{0,01V \cdot \text{Resistencia eléctrica del conductor del cable}} \quad (11)$$

Donde:

I: corriente eléctrica que pasa por el cable en A

L: longitud del cable en m

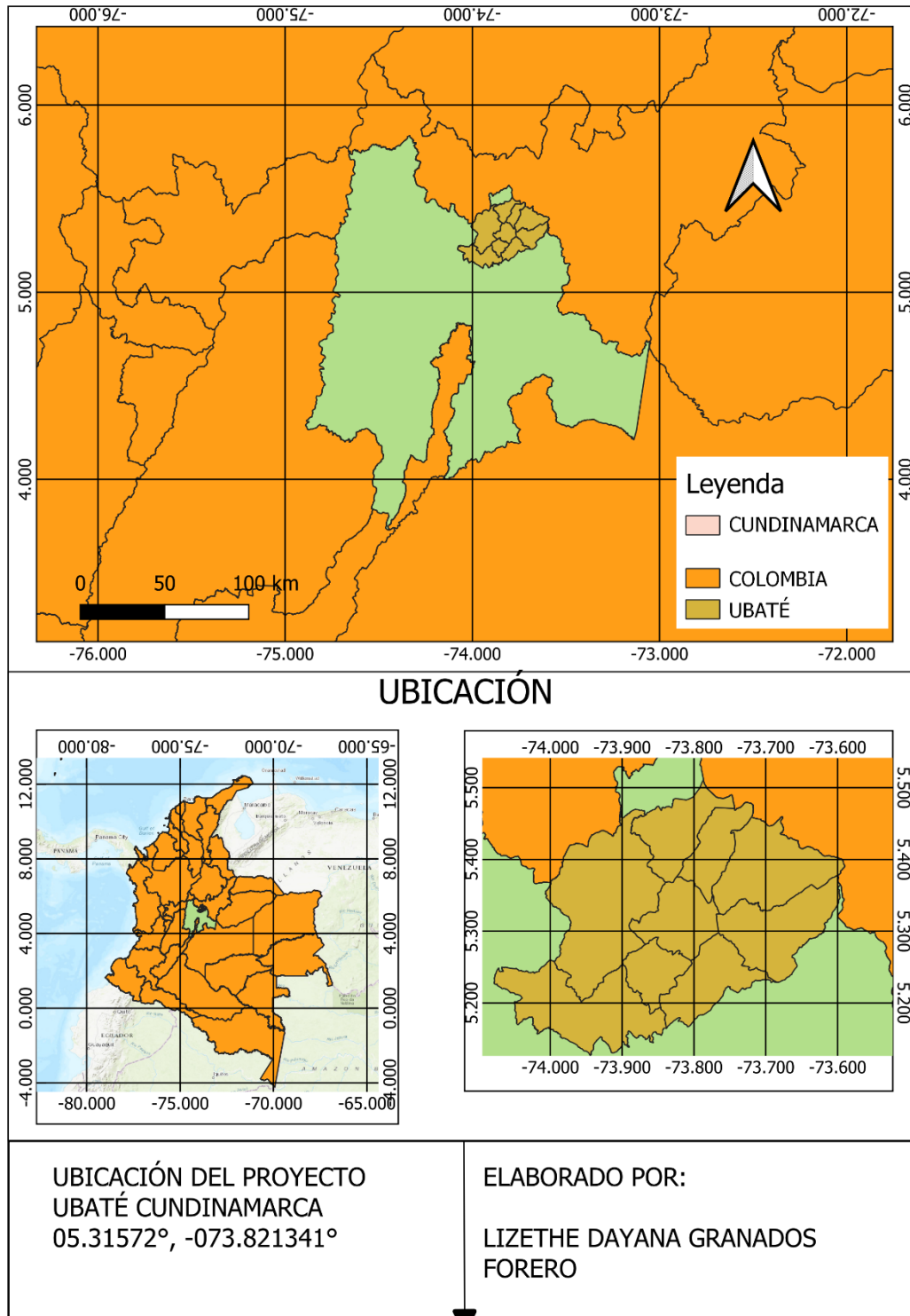
V: tensión o voltaje que soporta el cable en V

La resistencia eléctrica del cable de cobre, que es el más utilizado, es $56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$

A continuación, se presenta la ubicación y algunas imágenes del lugar donde será implementado el sistema solar:



Imagen 2. Ubicación Finca la esperanza





UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Fuente: Autora

Imagen 3. Sistema de ordeño



Fuente: Autora



Imagen 4. Área de los paneles solares



Fuente: Autora

imagen 5. Disposición SSFV



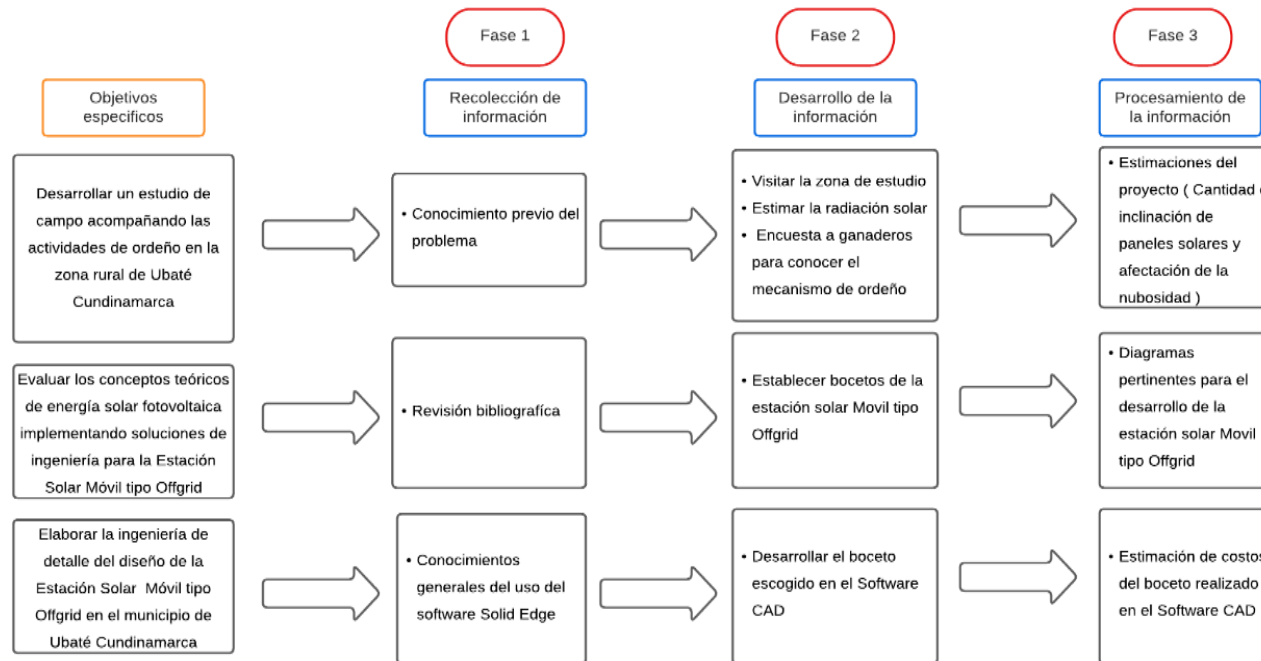
Fuente: Autora



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: *El uso de la tecnología*



6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

6.1.1 RADIACIÓN SOLAR

Las coordenadas geográficas del lugar de estudio ubicado en Ubaté son: latitud 5,3157 y longitud -73,8213.

En la página de la Nasa Prediction of Worldwide Energy Resources se obtiene la radiación solar total correspondiente a la directa más la difusa. La ilustración 13 muestra los datos Mensuales y anuales de 2015 a 2022 de la radiación solar global.

Ilustración 13. Radiación Solar

NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Monthly and Annual
 Dates (month/day/year): 01/01/2015 through 12/31/2022
 Location: Latitude 5.3157 Longitude -73.8213
 Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 2262.44 meters
 The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range:
 Parameter(s):
 ALLSKY_SFC_SW_DWN CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (kW-hr/m²/day)
 -END HEADER-

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2015	5.06	4.74	4.55	4.13	4.39	4.06	4.29	3.97	4.79	4.47	4.29	4.68	4.45
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2016	5.78	4.74	4.78	3.93	4.09	4.22	4.08	4.44	4.56	4.66	4.27	4.60	4.51
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2017	4.57	5.33	4.14	4.60	4.35	4.15	3.97	4.54	4.54	4.38	4.61	4.98	4.51
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2018	4.76	4.98	4.48	3.84	4.22	4.09	4.27	4.63	4.63	4.70	4.46	5.50	4.55
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2019	4.63	5.05	3.97	4.17	4.21	4.30	4.51	4.25	4.61	4.59	4.65	4.66	4.46
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2020	5.32	5.65	4.83	4.48	4.27	4.42	4.26	4.30	4.74	4.66	4.38	4.98	4.69
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2021	5.30	4.74	4.07	4.61	4.36	4.48	4.24	4.35	4.64	4.70	5.02	4.87	4.61
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2022	5.07	4.37	4.47	4.28	4.42	4.40	4.56	4.44	4.59	4.63	4.40	5.07	4.56

Fuente: Prediction of Worldwide Energy Resources

Por ser un sistema aislado se toma el menor valor promedio correspondiente a las condiciones críticas; esta radiación menor en la Ilustración 13 es de 3,84 KWh/m²*día. Este valor corresponde numéricamente a las mismas horas pico o las horas diarias de brillo solar.

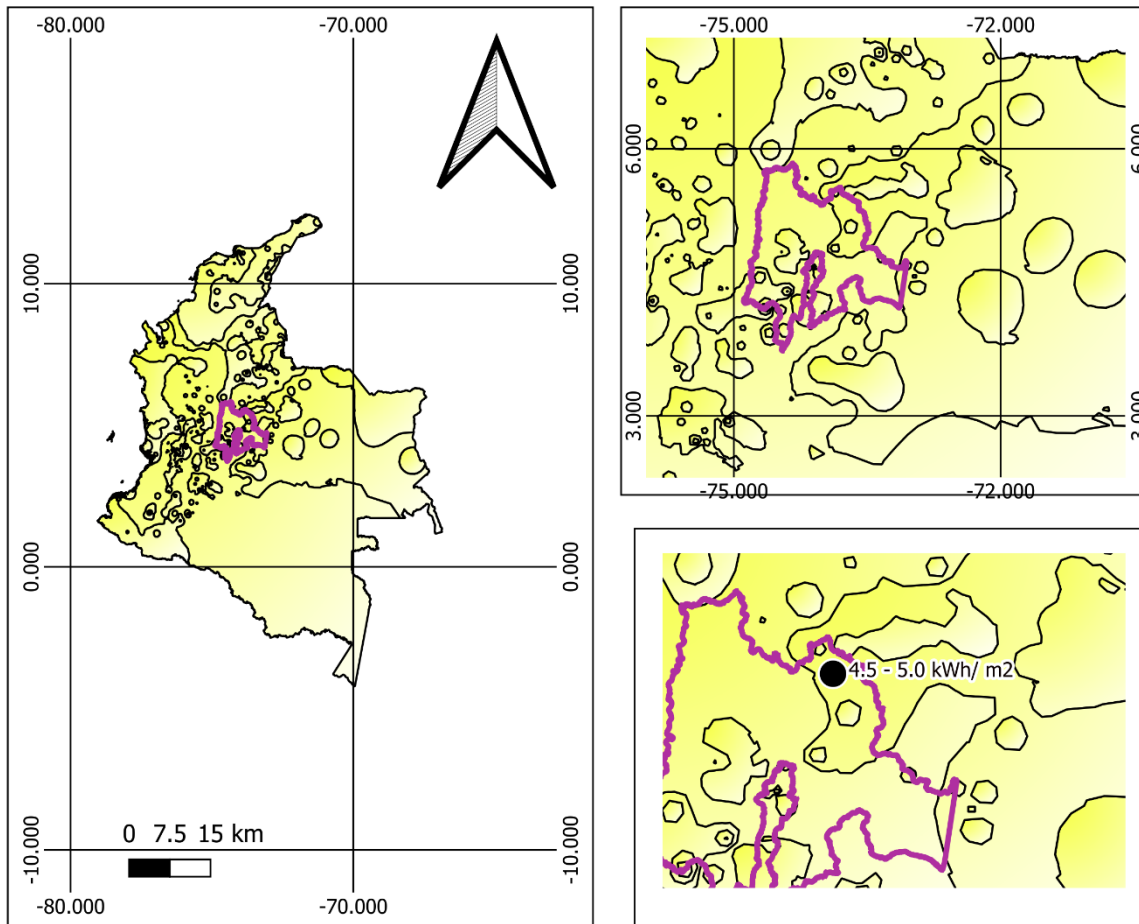
De manera complementaria, los datos obtenidos mediante el Software Atlas Solar permiten emitir una carta solar según las coordenadas del lugar para determinar la

inclinación de los módulos ingresando la información correspondiente a latitud y longitud del sitio de la instalación. Ubaté se encuentra en una altitud de 2.556 msnm; esta tiene una relación directa con la radiación solar. El IDEAM menciona que a mayor altitud mayor radiación; se tomaron los datos del Software “Atlas solar” donde con las coordenadas de la ubicación de la finca se obtiene información del brillo solar, la temperatura y la carta solar puntualmente del sitio de estudio.

Teniendo en cuenta que la instalación solar móvil se realiza en zona rural de Ubaté y según su piso térmico se determina como frío por estar a una altura entre 2.000 y 3.000 metros de altura sobre el nivel del mar, es decir que la probabilidad de que se presente radiación solar difusa por nubosidad es alta en tiempo de invierno.



Ilustración 14. Radiación solar en Ubaté



 CUNDINAMARCA
 GDBIDEAM.CN2_Rdcn_Solar_Global_ProAnual

ELABORADO POR:

Lizethe Dayana Granados Forero

Fuente: Autora



Ilustración 15. Rango radiación Solar

OBJECTID	ID	GRIDCODE	RANGO	Shape_Leng
97	133	2	3.0 - 3.5 kWh/m ²	0.43970089832
98	135	6	5.0 - 5.5 kWh/m ²	0.30012192132
99	136	5	4.5 - 5.0 kWh/m ²	0.056588485195
100	137	3	3.5 - 4.0 kWh/m ²	2.10447768803
101	138	3	3.5 - 4.0 kWh/m ²	0.074760384855
102	139	5	4.5 - 5.0 kWh/m ²	0.074760384855
103	140	5	4.5 - 5.0 kWh/m ²	0.1165537706
104	145	3	3.5 - 4.0 kWh/m ²	0.25375812154

Se observa en la ilustración 15 que la radiación solar obtenida a partir del Atlas Solar es mayor que la obtenida en la plataforma de la NASA debido a que en esta última se tomó el menor valor promedio de los últimos 8 años, siendo un dato más adecuado para el dimensionamiento del sistema solar.

Fuente: IDEAM

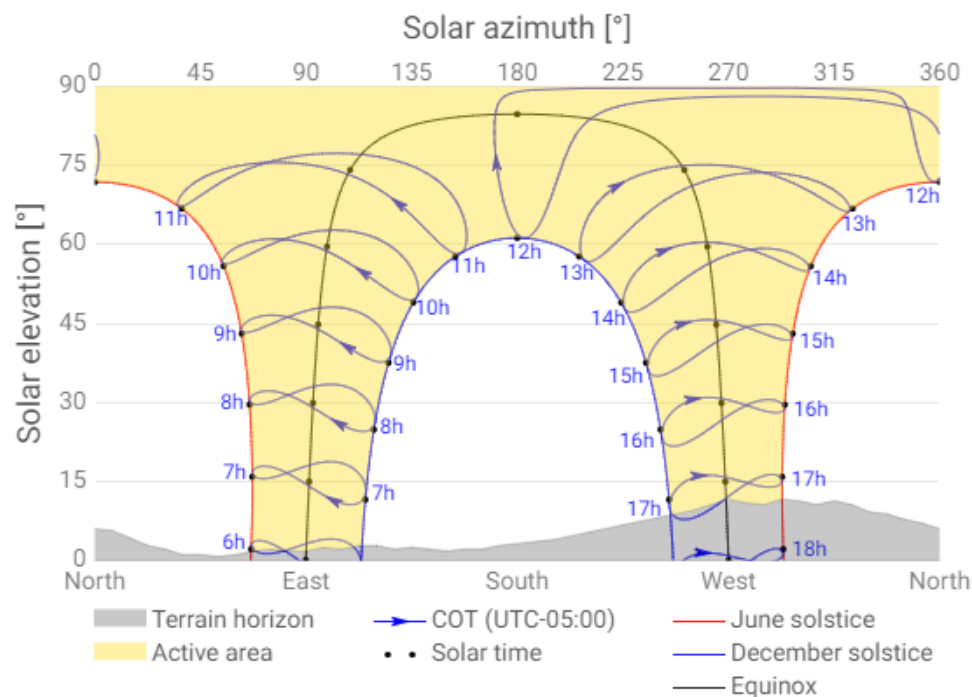


Ilustración 16 Información solar del sitio

Salida de potencia fotovoltaica específica	PVOUT específico	1494.0	kWh/kWp ▾
Irradiación normal directa	DNI	1366.1	kWh/m ² ▾
Irradiación horizontal global	GHI	1815.0	kWh/m ² ▾
Irradiación horizontal difusa	DIF	875.2	kWh/m ² ▾
Irradiación inclinada global en ángulo óptimo	GTI opta	1831.8	kWh/m ² ▾
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	OPTA	9/ 180	°
Temperatura del aire	TEMPERATURA	14.8	°C ▾
Elevación del terreno	ELE	2577	metro ▾

Fuente: Atlas Solar

Ilustración 17 Carta solar





Fuente: Atlas Solar

Interpretando los datos de la tabla solar obtenida para el municipio de Ubaté/Cundinamarca, y teniendo en cuenta el tiempo que se clasifican en días lluviosos y días secos, se propone una inclinación de los módulos solares fotovoltaicos de 9° para obtener una mejor eficiencia en el sistema solar móvil; para justificar el grado de inclinación, la línea del ecuador atraviesa de forma marginal a Colombia debido a que, a mayor cercanía de la línea ecuatorial, el ángulo de inclinación de los paneles será menor, ya que los rayos de sol caerán de manera más aproximada a la perpendicular con la superficie de los paneles.

6.2 DIMENSIONAMIENTO DEL SSFV

6.2.1 DEMANDA DE ENERGÍA ELECTRICA DEL MOTOR Y BOMBILLOS

El motor que utiliza actualmente el sistema de ordeño tiene una potencia de 3HP, fuerza de tracción de 13 kg y 52 kg de fuerza de compresión máxima; es monofásico, trabaja con diésel y para su correcto funcionamiento requiere 2 galones de éste; es el equipo con consumo eléctrico que será abastecido por el sistema solar fotovoltaico, para lo cual se realiza el dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica Off Grid (que no se encuentra conectada a la red), para el suministro eléctrico de una máquina de ordeño móvil en la zona rural del municipio de Ubaté/Cundinamarca.

La demanda eléctrica que suministrará la instalación solar móvil se determina a partir de la siguiente tabla que relaciona el consumo de energía eléctrica de las unidades y las horas de uso; según la información recogida en campo el consumo es aproximadamente constante durante todo el año.

Tabla 1 Cargas y consumo del Motor y luminarias



Item	Cargas	Cant.	Potencia (Wac)	h/día	Consumo diario (Wh/día)
1	Motor 3 HP	1	2200	5	11000
2	Bombillos	5	10	3	150
TOTAL			2250		11150

Fuente: Autora

Ilustración 18. Motor 3HP



Fuente: Autora

6.2.2 PANEL SOLAR DEL SSFV



El panel solar es el encargado de recoger la luz solar por medio de las células fotovoltaicas; la batería es la encargada de almacenar la energía para posteriormente utilizarla en las horas en que el sistema lo requiera y, finalmente, el inversor es el encargado de transformar la corriente continua (CC) a corriente alterna (CA) de manera que la potencia fotovoltaica reemplace la potencia del motor que actualmente se está utilizando.

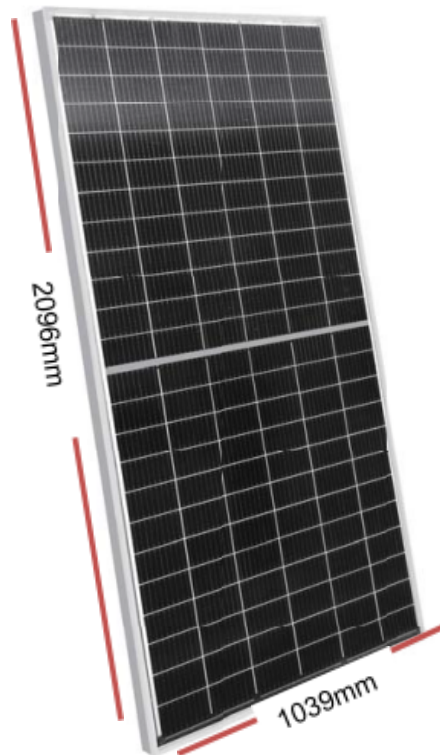
Se utilizarán paneles de referencia Tiger LM de 450 W conformado por 9 barras colectoras de energía, tiene rendimiento anti PID es decir que previene la degradación causada por corrientes entre las células del panel, marco de aluminio, el vidrio y el EVA que generarían una reducción de rendimiento; adicionalmente, garantiza un mayor rendimiento en un ambiente de poca luz para los meses de alta nubosidad en la zona de estudio, tiene alta resistencia a la niebla salina y al amoníaco (Techno SUN, 2021). Estos paneles tienen un costo de \$682.749 c/u COP comercializado por Meico.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del panel

Concepto STC	Valor
Potencia Máxima	450 Wp
Voltaje de potencia Máxima (Vmp)	41,37V
Corriente de potencia máxima (Imp)	10,88A
Voltaje circuito abierto (Voc)	49,27V
Corriente corto circuito (Isc)	11,53A

Fuente: Ficha técnica panel solar Tiger LM

Ilustración 19 Panel solar de 450 Wp



Fuente: Ficha técnica Jinko Solar

6.2.4 CÁLCULO DE PANELES SOLARES

La cantidad requerida de paneles solares se determina a partir de la relación entre la energía requerida y la energía suministrada por un panel, según la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{No. total de paneles} &= \frac{\text{Energía requerida}}{\text{Energía suministrada por 1 panel}} \\ \text{No. total de paneles} &= \frac{\text{Energía requerida}}{\text{Radiación solar en horas pico} * \text{Eficiencia panel} * \text{Potencia de un panel}} \\ \text{No. total de paneles} &= \frac{11150 \text{ Wh}}{3,84 \text{ h} * 0,8 * 450 \text{ W}} = 8 \text{ paneles} \end{aligned}$$

La potencia pico instalada se determina teniendo en cuenta el número total de paneles de la instalación y la potencia pico del panel solar elegida.



$$\text{Potencia pico instalada} = \text{No. de paneles} * \text{potencia de cada panel}$$

$$\text{Potencia pico instalada} = 8 * 450 \text{ W} = 3600 \text{ W}$$

La instalación solar móvil en su pico y con el panel solar elegido, alcanza a producir 3600 W, este valor se debe tener en cuenta para elegir correctamente el inversor.

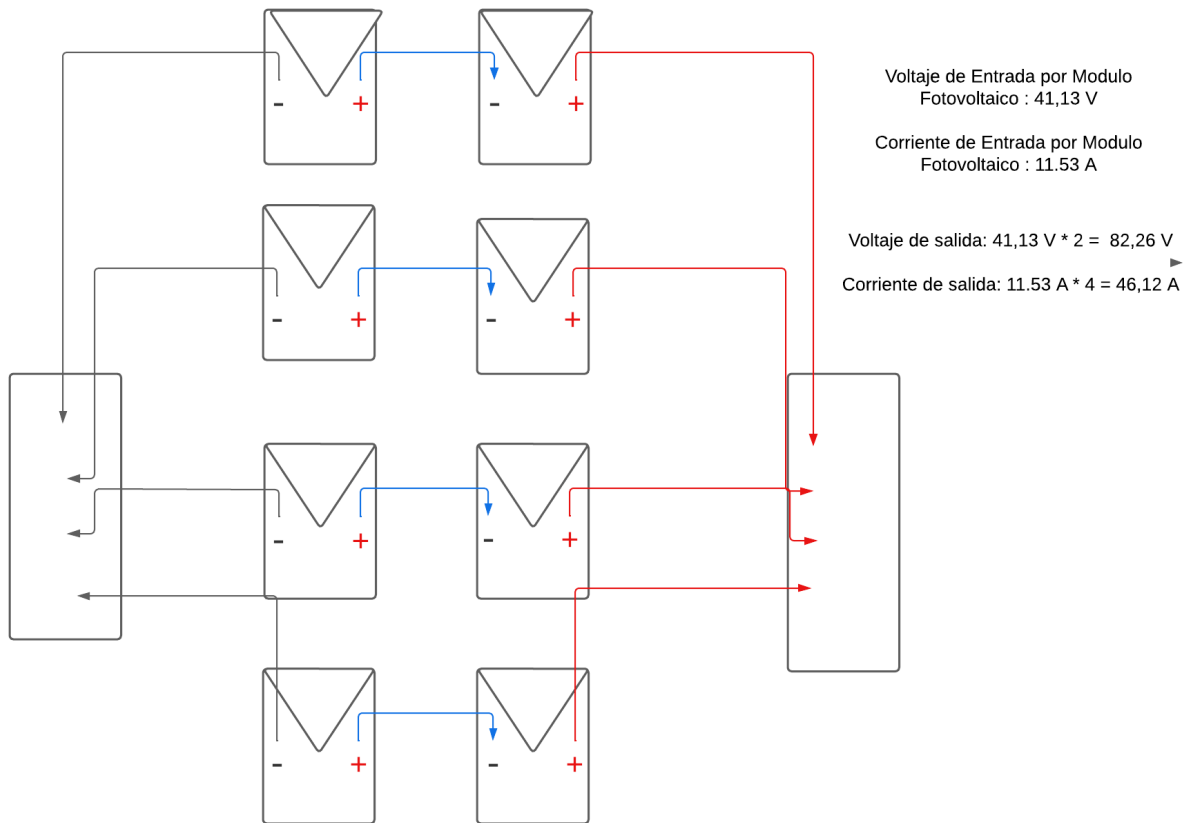
Cuando se tienen menos de 30 paneles se conectan en filas de 2 o 3 en serie, y estas filas se conectan entre sí en paralelo con el fin de no obtener voltajes tan elevados y así encontrar el controlador que se ajuste al voltaje, corriente y potencia de salida de los paneles.

Se elige conectar filas de 2 paneles en serie cada uno. Por consiguiente, se conectan 4 de estas filas en paralelo para obtener en total 8 paneles solares.

En la ilustración 21 se muestra el diagrama unifilar de conexiones entre los paneles, para lo cual se debe contemplar una regleta de terminales positiva a donde llegan los 4 cables de polaridad positiva correspondientes a las 4 hileras conectadas en paralelo y otra regleta para los terminales negativos de los otros 4 paneles conectados a los anteriores en serie.



Ilustración 21 Diagrama unifilar conexión de paneles



Fuente: Autora

Las conexiones en serie incrementan el voltaje conservando constante la corriente. Por el contrario, las conexiones en paralelo incrementan la corriente eléctrica conservando el mismo voltaje. Por consiguiente, el voltaje y la corriente de salida de las conexiones entre los paneles es:

$$\begin{aligned}\text{Voltaje de salida Paneles} &= 2 * V_{oc} \text{ de un panel} = 2 * 41,13 \text{ V} = 82,26 \text{ V} \\ \text{Corriente de salida Paneles} &= 4 * I_{sc} \text{ de un panel} = 4 * 11,53 \text{ A} = 46,12 \text{ A}\end{aligned}$$

Se toman las condiciones críticas correspondientes al voltaje de circuito abierto y corriente de corto circuito.

2.3 CONTROLADOR DE CARGA



Para escoger el controlador, la capacidad de flujo de corriente corresponde a la de salida de los paneles por un factor de seguridad de 1,2

$$\text{Capacidad de corriente de controlador} = 1,2 * 46,12 A = 55,34 A$$

Se escoge el controlador carga SmartSolar MPPT 250/100-Tr Victron Energy que por ser MPPT presenta elevado rendimiento proporcionando la máxima potencia hacia las baterías. Este modelo opera con baterías de 12V y 24V, soporta un máximo de 250V en la entrada de paneles, máxima potencia generada por los paneles 5.800W y puede cargar la batería a una intensidad máxima de 100A. Esta capacidad de voltaje de 250V del controlador es mayor que el voltaje de circuito abierto generado por los paneles es 82,26V y la capacidad de potencia de 5.800W es mayor que la potencia pico de los paneles de 3.600W.

Ilustración 22 Controlador de carga Victron Energy



Fuente: Ficha técnica Controlador de carga

Corriente de carga Nominal	100A
Potencia FV Máxima para 48V de las baterías	5800W
Tensión máxima de paneles	250V

6.2.7 CÁLCULO DE BATERÍAS

La capacidad requerida del banco de baterías se calcula aplicando la siguiente ecuación:



$$\text{Capacidad Baterías} = \frac{\text{Energía diaria suministrada por los paneles}}{\text{Voltaje de las baterías} * \% \text{descarga}}$$

$$\text{Capacidad Baterías (Ah)} = \frac{\text{Cantidad de paneles} * \text{Potencia de panel (W)} * \text{horas pico (h)} * \text{eficiencia de los paneles (\%)}}{\% \text{ de descarga} * \text{Voltaje nominal baterías (V)}}$$

Es de aclarar que la radiación solar en KWH/(m²*día) corresponde a las mismas horas pico o las horas diarias de brillo solar en horas:

$$\text{Horas pico (H)} = \text{Radiación solar} \frac{\text{KWH}}{\text{m}^2 * \text{día}} = \text{horas diarias de brillo solar}$$

Las horas pico o las horas diarias de brillo solar son las horas con una radiación hipotética constante de 1 KWH/m²*día; por consiguiente, corresponden a la radiación solar global diaria, por lo que la radiación solar se coloca en horas correspondientes a las horas pico en la ecuación 9.

Se utilizarán filas de 2 baterías de 24V conectadas en serie con el fin de obtener 48V en concordancia con la especificación de voltaje del controlador para la correspondiente capacidad de potencia de este.

$$\text{Capacidad Baterías en Ah} = \frac{\text{Energía diaria suministrada por los paneles}}{\text{Voltaje baterías} * \text{Porcentaje de descarga}}$$

$$\text{Capacidad Baterías en Ah} = \frac{8 * 450 \text{ W} * 3,84 \text{ H} * 0,8}{24 \text{ V} * 0,5} = 921,6 \text{ Ah}$$

$$\text{Número de Baterías} = \frac{\text{Capacidad requerida de las baterías en Ah}}{\text{Capacidad de 1 batería en Ah}}$$

Se seleccionan baterías de 250Ah de capacidad

$$\text{Numero de Baterías} = \frac{921,6 \text{ Ah}}{250 \text{ Ah}} = 4 \text{ Baterías}$$

Se requiere que el voltaje de salida de las baterías sea de 48V con una capacidad de éstas de 921,6 Ah. Por consiguiente, se seleccionan 4 baterías de 250 Ah y 24V cada una. Se realiza una conexión de 2 baterías en serie y entre estas se conectan en paralelo como se muestra en la Ilustración 24.



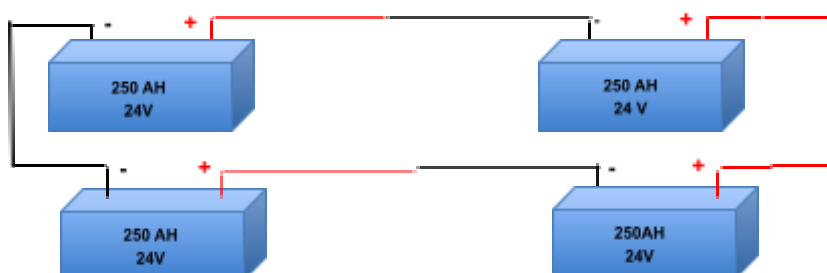
Ilustración 23 batería Solar AGM 24 V 250 Ah Upower



Fuente: Ficha técnica Batería

Capacidad Nominal	250Ah
Voltaje al final de la descarga	24V

Ilustración 24. Conexiones serie - paralelo de baterías



Voltaje salida baterías = $24V \times 2 = 48V$
Capacidad carga = $250 \text{ AH} \times 2 = 500 \text{ AH}$

Capacidad energía almacenada para entregar al inversor
con máximo 50% de descarga = $48V \times 500 \text{ AH} \times 0,5 =$
 12.000 WH

La capacidad de energía almacenada diaria por las baterías es de 12000 WH que es mayor a la requerida de 11150 WH

El voltaje de salida de las baterías es de $24 \text{ V} \times 2$ conexiones en serie = 48V.

La corriente en A y la carga en AH es constante en cada una de las líneas en serie y la conexión en paralelo incrementa la carga en AH; por consiguiente, la conexión en paralelo de ambas líneas genera 500 AH.



La máxima capacidad de descarga para no disminuir la vida útil de las baterías de ciclo profundo es 50%

*Capacidad de energía diaria en baterías para entregar al inversor con máximo 50% de descarga = Ah * V * 0,5 = 4*

Esta energía es suficiente para suministrar la energía requerida.

6.2.8 POTENCIA Y ENERGIA DEL INVERSOR

El inversor de corriente es un equipo que toma la energía de la batería que está en corriente continua y la transforma en corriente alterna. Nos permite conectar en un sistema solar autónomo equipos eléctricos comunes como televisiones, radios u otros en 110VAC debido a que el motor es monofásico y opera a 110V. Cada inversor tiene una capacidad en potencia de salida, que se debe tomar en cuenta en el diseño, la potencia que demande el consumo no podrá sobrepasar esta capacidad.

Para poder calcular el inversor solar se debe tener en cuenta varios factores. El primero, la tensión de la instalación de 48V. La entrada del inversor debe admitir esta tensión. El segundo es, la potencia simultánea de todos los elementos de consumo.

La potencia máxima requerida por el inversor según el sistema es:

$$P_{max, inv} = \frac{Potencia (W)}{Eficiencia (\%)}$$

La potencia que consume el motor de 3HP es de 2.200W más la potencia de 5 bombillos de 10W cada uno, da una potencia total de 2.200W + 50W = 2.250W:

$$P_{max, inv} = \frac{2.250 W}{0.94} = 2.393W$$

La energía total requerida por el inversor para su correcto funcionamiento es:



$$ETI = \frac{\text{Consumo Diario } (\frac{WH}{\text{Día}})}{\text{Eficiencia } (\%)} \quad (11)$$

$$ETI = \frac{11.150 WH}{0.94} = 11.861 WH/día$$

El inversor se selecciona con una capacidad de potencia igual o superior a la calculada.

6.2.9 CÁLCULO DEL INVERSOR

Las características del inversor son relevantes en la instalación solar porque transfieren la energía captada por los paneles solares y almacenada en las baterías hasta el sistema de consumo eléctrico.

Para realizar el cálculo del inversor se tiene en cuenta el factor de seguridad y se aplica la siguiente fórmula:

*Capacidad potencia de salida AC = (Potencia del motor + Potencia de iluminaría) * Factor de seguridad*

$$\text{Capacidad potencia de salida AC} = (2200 W_{AC} + 50 W_{AC}) * 1.2$$

$$\text{Capacidad potencia de salida AC} = 2700 W$$

Ilustración 25. Inversor Victron Energy



Fuente: Ficha técnica del inversor



Tabla 3 características de Inversor

Pico de potencia	3.000W
Tensión nominal de salida	48V

Fuente: Ficha técnica del inversor

La capacidad de potencia del inversor seleccionado es de 3.000W que es mayor a la requerida por el sistema de consumo eléctrico (motor y luminarias) de 2.700W teniendo en cuenta el factor de seguridad o sobredimensionamiento de 1,2.

6.2.9 CABLE SOLAR.

Para la conexión se utilizará cable unifilar solar ZZ-F negro y rojo como corresponde según la norma CONTE que sintetiza en positivo y negativo, este cable es 100% certificado por la norma de referencia: EN50618 / TÜV2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502.

Tabla 4 Equivalencias medidas de cable solar

	mm ²	AWG	mm ²
Cobre	1,5	18	0,75
	2,5	17	1,0
	4	16	1,5
	6	14	2,5
	10	12	4,0
	16	10	6,0
	25	8	10
	35	6	16
	50	4	25
	70	2	35
	95	1	50
	120	1/0	55
	150	2/0	70
	185	3/0	95
	240		
	300		

Fuente: Auto solar

La distancia que hay en el sistema solar se considera corta, pues es de 10 metros en total los rangos pueden estar entre los 6 mm² y 10 mm² de cobre ya que es el mejor conductor de electricidad al no poder medir la temperatura en cada punto, se utilizará el valor estándar de la conductividad a 20° C, que en el caso del cobre es: k



= $56 \text{ m} \cdot \Omega / \text{mm}^2$. Además, para el caso de las instalaciones fotovoltaicas, deben observarse limitaciones técnicas de eficiencia y seguridad, como la caída de tensión máxima permitida por cada línea de corriente continua de la instalación y la caída máxima recomendada que se estandariza así:

Línea	Caída de tensión Máxima	Recomendada
Paneles- Regulador	3%	1%
Batería – Inversor	1%	1%

Para calcular las secciones de los cables se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Sección de cable} = \frac{2 \cdot \text{Longitud de cable} \cdot \text{intensidad maxima de corrinete}}{\text{Caída de tensión} \cdot \text{Conductividad electrica del cable.}}$$

- **CABLEADO DE LOS PANELES AL REGULADOR**

La longitud es corta ya que los equipos están cerca uno de los otros para este tramo se hace una estimación de 6 metros, la intensidad es la que ya está previamente calculada, en este caso es de 46,12A. La caída de tensión es del 1%; por consiguiente, la sección se calcula a continuación:

$$\text{Sección de cable} = \frac{2 \cdot 6 \text{ m} \cdot 46,12 \text{ A}}{0,01 \cdot 82,26 \text{ V} \cdot \frac{56 \text{ m}}{\text{mm}^2 \cdot \Omega}} = 12,01 \text{ mm}^2$$

Esta es la sección mínima de cable que une cada grupo de paneles con el regulador que los controla. Se debe elegir la sección normalizada que sea inmediatamente superior al valor mínimo obtenido es decir 10 AWG

- **CABLEADO DEL REGULADOR A LAS BATERIAS**

Se recomienda usar una sección de cable más gruesa, de entre 25 y 35 mm^2 . Muchas veces, es el propio regulador, el que, en sus especificaciones en la hoja técnica, indica la sección del cable a utilizar. Para este controlador se especifica en la ficha técnica un área de sección de cable de 35 mm^2 que corresponde a 8 AWG



6.2.10 PROTECCIONES EN DC

Para el sistema es necesario implementar protecciones en DC estas son utilizadas para evitar daños a los equipos con corrientes indeseadas, inicialmente su función es proteger contra contactos a tierra que podría producirse ante la interacción humana o ante algún contacto externo con partes energizadas. también se requieren protecciones contra sobrecalentamiento y corto circuito

- Salida conexión de paneles (Protege al controlador):

Voltaje en circuito abierto de salida de los paneles* Factor de seguridad

$$82.26 \text{ V} * 1.2 = 98.71 \text{ V}$$

Corriente de corto circuito de salida de los paneles* Factor de seguridad

$$I_{sc}: 46.12 \text{ A} * 1.2 = 55.34 \text{ A}$$

Protección sobretensión: Se requiere una protección mayor a 98.71 V y la más cercana a esta, se escoge una protección tipo 2, 2 polos 125 A y 600 V con un costo de: \$21.840

Protección sobrecalentamiento y corto circuito: Se requiere una protección mayor a 55.34 A, se escoge la más cercana a estos parámetros.



Ilustración 25 Protección de controlador



Fuente: Cirprotec.com

- Salida del controlador (Protege las baterías)

máximo voltaje de salida: Salida de controlador * 1.2

máximo voltaje de salida: $48\text{ V} * 1.2 = 57.6\text{ V}$

máxima corriente de controlador: $100\text{ A} * 1.2 = 120\text{ A}$

Protección sobretensión: Se requiere una protección mayor a 57.6 V y la más cercana a esta.

Protección sobrecalentamiento y corto circuito: Se requiere una protección mayor a 120 A y mayor a 57.6 V; se escoge la más cercana a estos parámetros. Se escoge Breaker de 125 A 400 V con un costo de \$ 21.840



Ilustración 27 Protección de baterías



Fuente: Mercado libre

- Salida Baterías (Protege el inversor)

máximo voltaje de salida: $48\text{ V} * 1.2 = 57.6\text{V}$

máxima corriente de baterías: $\frac{\text{Potencia del inversor}}{\text{Voltaje de las baterías}} * 1.2$

$$\frac{3000\text{ W}}{48\text{ V}} * 1.2 = 75\text{ A}$$

Protección sobretensión: Se requiere una protección mayor a 48V y la más cercana a esta.

Protección sobrecalentamiento y corto circuito: Se requiere una protección mayor a 62.5 A mayor a 48 VDC; se escoge la más cercana a estos parámetros. Se escoge el DPS de 440V y 63 A con un costo de \$15.118



Ilustración 28 Protección de inversor



Fuente: Alie Express, 2021

6.2.11 PROTECCIONES EN AC

- Protecciones para el motor:

máximo voltaje de salida: 110 V

$$\text{máxima corriente del motor: } \frac{\text{Potencia del motor}}{\text{Voltaje}} = \frac{2200 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 20\text{A}$$

Protección sobretensión: Se requiere una protección mayor a 110 V y la más cercana a esta.

Protección sobrecalentamiento y corto circuito: Se requiere una protección mayor a 20 A y mayor a 110 V; se escoge la más cercana a estos parámetros.

- Protecciones para iluminarias:

máximo voltaje de salida: 110 V

$$\text{máxima corriente de las iluminarias: } \frac{\text{Potencia del motor}}{\text{Voltaje}} = \frac{50 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0,46 = 0,5 \text{ A}$$

Protección sobretensión: Se requiere una protección mayor a 110 V y la más cercana a esta. Se escoge DPS de 440V y 20 A con un valor de \$15.118

Protección sobrecalentamiento y corto circuito: Se requiere una protección mayor a 0,5 A y mayor a 110 V; se escoge la más cercana a estos parámetros, se acostumbra a utilizar protecciones mayores a 10 A por lo que en este caso no se requiere.



Ilustración 29 Protección en AC



Fuente: Mercado libre

6.3 REEMPLAZO DEL MOTOR

El motor se va a cambiar por uno eléctrico POWER monofásico con una potencia nominal de 3hp, una tensión nominal de 110 V, su eficiencia energética es de 74% tiene un costo de 1.229,000 en equipmaster.com

Ilustración 30. Motor eléctrico

- **Potencia nominal:** 3 hp / 2.2 KW
- **Corriente nominal:** 38/19 Amp
- **Tensión nominal:** 110/220 V
- **Eficiencia energética:** 74%
- **Factor de potencia:** 0,90
- **Velocidad nominal:** 1800 rpm
- **Frecuencia nominal:** 60 Hz
- **Grado de protección:** IP 54
- **Fases:** 1



Tomado de Equipmaster.com

Al utilizar este motor, estamos cumpliendo con la fuerza del sistema de ordeño actual, reduciendo el consumo de Diesel y el ruido convirtiéndose en una opción adecuada para mejorar la calidad en el medioambiente.



6.4. COSTOS DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

En la *tabla No. 4* se representa el costo de los equipos y la mano de obra la instalación del sistema solar fotovoltaico en el establo del Felipe delgadillo cumpliendo con los objetivos de este.

Tabla 5. Costo del SSFV

No.	Equipo / Ítem	Precio	Cantidad	Precio total
1	Panel Solar	\$ 462.749,00	8	\$ 3.701.992,00
2	Kit Conector MC4	\$ 3.400,00	7	\$ 23.800,00
3	Inversor	\$ 7.875.000,00	1	\$ 7.875.000,00
4	Controlador	\$ 7.978.495,00	1	\$ 7.978.495,00
5	Baterías	\$ 2.716.237,00	4	\$ 10.864.948,00
6	Motor electrico	\$ 1.229.000,00	1	\$ 1.229.000,00
7	Estructura FV	\$ 324.054,00	1	\$ 324.054,00
8	Regleta Mc4	\$ 53.000,00	2	\$ 106.000,00
9	Protección al motor	\$ 15.118,00	1	\$ 15.118,00
10	Protección Inversor	\$ 15.118,00	1	\$ 15.118,00
11	Protección de controlador	\$ 21.850,00	1	\$ 21.850,00
12	Protección de baterías	\$ 21.850,00	1	\$ 21.850,00
13	Tablero de protecciones	\$ 542.680,00	1	\$ 542.680,00
14	Mano de obra	\$ 5.000.000,00	1	\$ 5.000.000,00
Total				\$ 37.719.905,00

Fuente: Autora

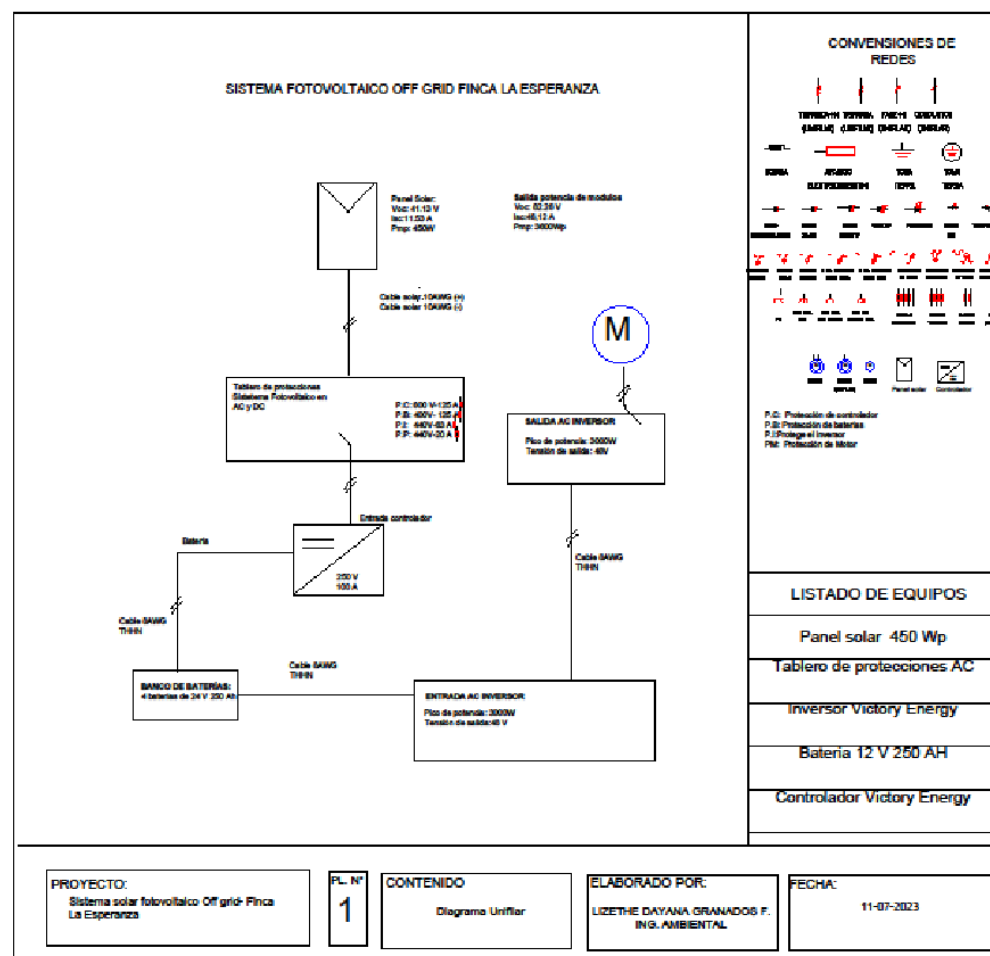
De acuerdo con los equipos escogidos en el dimensionamiento solar se hace la respectiva búsqueda y cotización de estos, todos los proveedores se encuentran en Colombia, se evitan las compras de exportación ya que el costo puede aumentar por el impuesto de legalización y el tiempo de llegada puede retrasar el montaje solar.

6.5 DIAGRAMA UNIFILAR



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

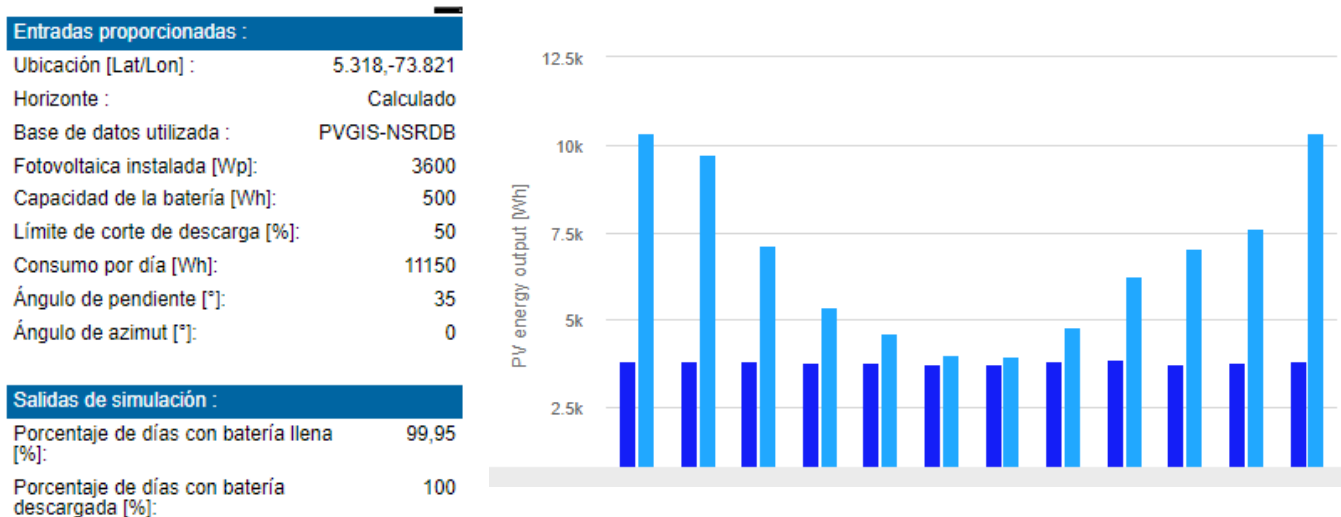




6.6 PVGIS

Como valor agregado a este documento se desea analizar la proyección anual del comportamiento del sistema mediante el Software PVGIS con datos de la ubicación exacta de la finca ganadera, la potencia fotovoltaica instalada, la capacidad de las baterías y el límite de descarga de estas y finalmente el consumo diario. El sistema tiene en cuenta la radiación solar del sitio. En las gráficas obtenidas por el Software se analiza que la estimación de producción de energía abastece el 100% el sistema de ordeño; En el diagrama el azul claro representa la energía producida y el azul oscuro la energía consumida.

Ilustración 31. Proyección Anual de producción de energía



Fuente: PVGIS.com

Las baterías se comportan muy bien en el sistema, pues su porcentaje de descarga es casi nula por lo que se puede estimar una vida útil prolongada para el sistema

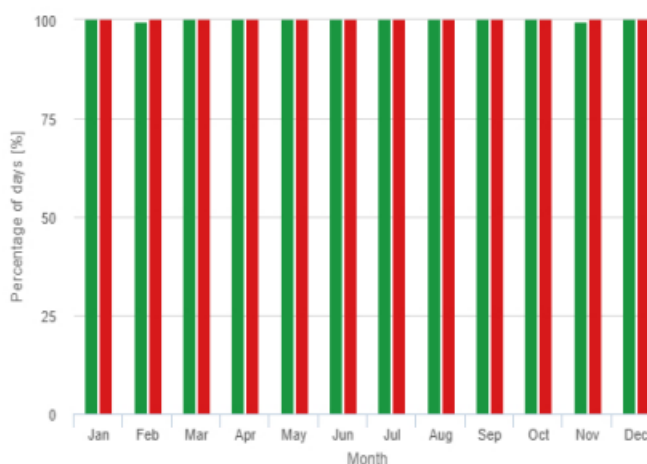




Ilustración 32 Rendimiento de la batería para sistema

Fuente: PVGIS.com

La producción media de energía abastece el 100% del consumo diario en los 12 meses del año, aunque hay una energía que no está siendo captada, deja las puertas abiertas para querer aumenta el sistema y a su vez la potencia.

Ilustración 33. Producción promedio de energía por día

Month	E_d	E_l	f_f
January	3985.8	10167.3	100.0
February	3991.1	9588.7	99.7
March	3980.7	6961.8	100.0
April	3944.0	5219.2	100.0
May	3933.3	4485.8	100.0
June	3892.5	3845.2	100.0
July	3893.3	3823.9	100.0
August	3991.3	4633.2	100.0
September	4037.7	6110.9	100.0
October	3901.6	6874.4	100.0
November	3932.2	7466.2	99.7
December	3977.4	10161.2	100.0

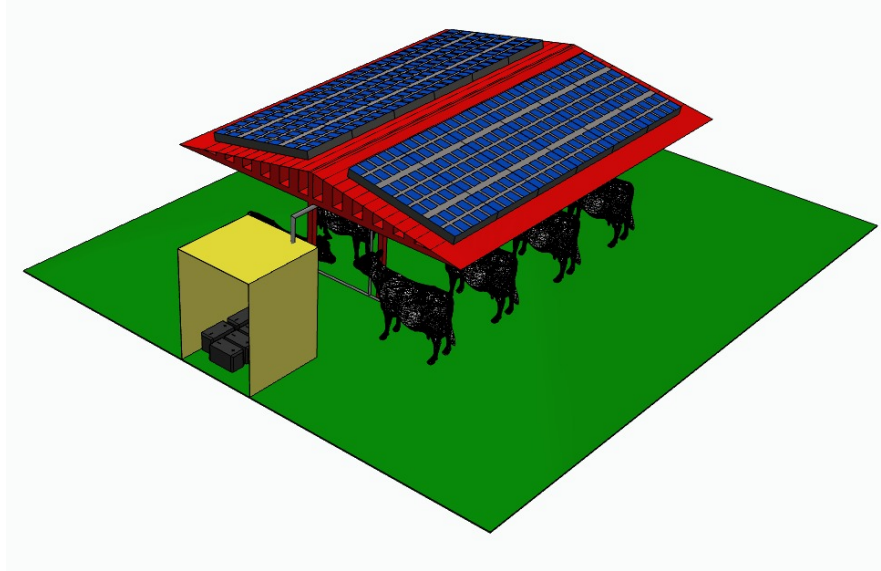
Fuente: PVGIS.com

E_d: Producción media de energía al día [Wh/día].
E_l: Energía media no captada por día [Wh/día]
F_f: Porcentaje de días en los que la batería se llenó [%]

6.7 RENDER

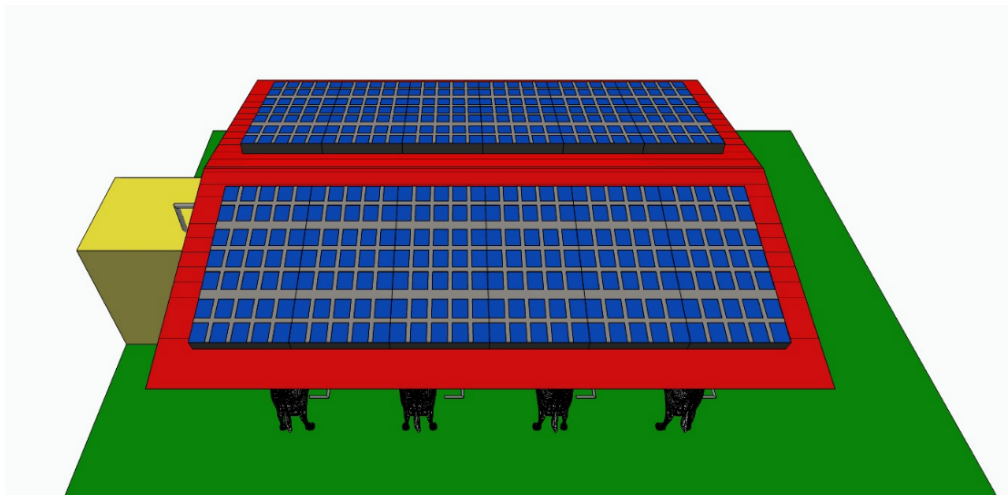


Ilustración 34. Vista isométrica del SSFV



Fuente: Autor

Ilustración 35. Vista superior del SSFV



Fuente: Autor

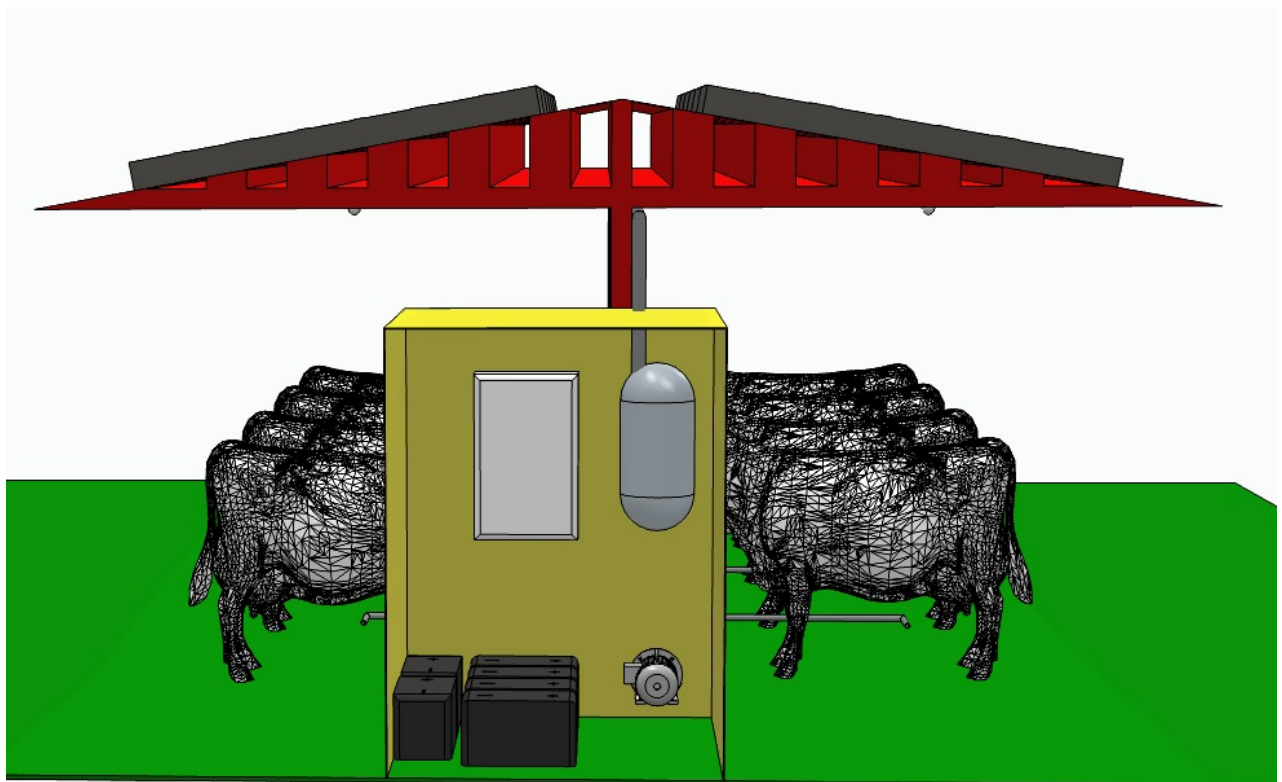


Ilustración 36. Vista lateral del SSFV



Fuente: Autor

Ilustración 37. Vista Frontal del SSFV



Fuente: Autor



7. IMPACTO SOCIAL Y HUMANISTICO DEL PROYECTO

Esta investigación puede ser el punto de partida para que las autoridades competentes profundicen en el tema y realicen más investigaciones para corroborar que se está dando cumplimiento a la normativa en lo que concierne a la producción ganadera y puedan ejercer mayor control sobre el consumo energético; además, los ganaderos con base en este estudio pueden tomar conciencia sobre la importancia de las buenas prácticas ganaderas que aseguren la inocuidad de los alimentos y la reducción de consumo energético que alivianara el bolsillo de sus hogares.

En general, es crucial que se empiecen a tomar medidas para garantizar la seguridad alimentaria desde la leche y del mismo modo los productores tomen acciones en sus fincas para prevenir y/o mitigar el alto consumo energético desde la implementación de una máquina de orde

CONCLUSIONES

1. El ahorro económico del ganadero se ve reflejado en la disminución del gasto del Diesel contribuyendo, además, a la reducción de la huella de carbono.
2. Una implicación de este sistema contribuye a la reducción de la huella de carbono, al uso de las energías renovables y al crecimiento de los pequeños ganaderos en Colombia
3. Este estudio se suma al creciente conjunto de investigaciones que indican el buen aprovechamiento de las energías renovables sin agotar los recursos naturales.
4. El sistema dimensionado dio como resultado 8 paneles solares de referencia Tigel LM de 450 W, un controlador Victron Energy de 250 V | 100 A, un inversor Victron Energy de 3000W y un banco de baterías compuesto por 4 baterías de 24 V 250 Ah. Que conforman un diseño tipo Off- Grid como método de respaldo.



9. RECOMENDACIONES

- Incluir la participación económica gubernamental a los pequeños ganaderos colombianos.
- Extender un trabajo investigativo con los mismos objetivos del presente informe dirigido a los grandes ganaderos, contribuir a la disminución del consumo energético y analizar cómo se comporta la energía en proyectos más grandes.
- El sistema fotovoltaico diseñado cumple con las cargas eléctricas de iluminación y consumo del motor, sin embargo, ocupa toda el área del techo, por lo tanto, se recomienda que para su implementación se revise el espacio de ocupación del techo; limitando las cargas o utilizando paneles con mayor potencia que demanden menos área de la disponible.
- Estudiar la viabilidad de un sistema híbrido con el fin de reducir costos.



10. REFERENCIAS

435-455 Watt MONO PERC HALF CELL MODULE 12 Year Product Warranty 25 Year Linear Power Warranty. (n.d.). www.jinkosolar.com

Agrobit.com. (2010). Rutina de Ordeño. https://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000018pr.htm#:~:text=El ordeño de estas vacas,la composición de la leche

Amazon.com. (2022). Hilmor 1948122 HVAC Bomba de vacío 9 CFM. <https://www.amazon.com/-/es/Hilmor-1948122-HVAC-Bomba-vacio/dp/B01N9KATM8>

ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE). (n.d.).

Campo Saavedra, M. F., Rincón Martínez, L. M., Castaño Mesa, L. M., Ayala Ramírez, R., & Súa Romero, D. (2008). Ubaté. Caracterización económica y empresarial. Camara de Comercio de Bogotá, 50. https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2889/6233_caracteriz_empresarial_ubate.pdf?sequence=1

Castañeda, N. E. D. (2022). Observatorio del sector lácteo colombiano. Minagricultura, 1, 1–12. http://uspleche.minagricultura.gov.co/assets/boletin_economico_sector_lacteo_2022.pdf

Charger, I. /, & Plu, T. (n.d.). UPower-Hi Series. www.tbplusenergy.com



De, D. (2020). Plan departamental de extensión agropecuaria Cundinamarca. 169 páginas. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36544>

El Zein, M., & Gebresenbet, G. (2021). Investigating off-grid systems for a mobile automated milking facility. Heliyon, 7(4), e06630. <https://doi.org/10.1016/J.HELİYON.2021.E06630>

Eltiempo.com. (2017). Seis municipios de Cundinamarca aceptaron medir su huella de CO2. <https://www.eltiempo.com/bogota/seis-municipios-de-cundinamarca-miden-su-huella-de-carbono-102968>

Ganadero, Con. (2020b). Estos son los componentes en un sistema de ordeño mecánico tradicional. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/estos-son-los-componentes-en-un-sistema-de-ordeno-mecanico-tradicional#:~:text=La máquina de ordeño aplica,tubería vierte en un recipiente>

MELISA ECHEVERRI. (2017). Santos anunció inversión de \$200.000 millones para proyectos de energías renovables. <https://www.larepublica.co/economia/santos-anuncio-inversion-de-200000-millones-para-proyectos-de-energias-renovables-2549229>

MercadoLibre. (2022). Equipos De Vacío Para Regular La Presión De Ordeño Una. https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-932873739-equipos-de-vacio-para-regular-la-presion-de-ordeno-una- JM#position=10&search_layout=stack&type=item&tracking_id=104e54e0-6c5b-4fcc-bc56-2037319650d5

Motor 3kW. (n.d.).



OECD. (2021). Lacteos y sus productos.
<https://www.oecd-ilibrary.org/sites/02b800e9-es/index.html?itemId=/content/component/02b800e9-es>

Ponce de Leon Esteban, J. L. (2007). Componentes de una instalación de ordeño mecánico. 32.

SCHÖN, H., & WENDL, G. (2019). Sistemas de ordeño automático. Efecto sobre el manejo del ganado y la economía de la explotación. Revista Frisona, Conferencia Holstein, 1–16. <http://www.revistafrisona.com/Portals/0/articulos/n118/A11802.pdf>

Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversion lic. marcos roberto mete net present value and internal rate of return: its utility as tools for analysis and evaluation of. (n.d.).



11. ANEXOS.

Anexo 1. Ficha técnica del inversor



Inversor/cargador Quattro 120V

3kVA – 10kVA Compatible con baterías de Litio-Ion www.victronenergy.com



Quattro
24/5000/70-100/100

Das entradas CA con conmutador de transferencia integrado
El Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, por ejemplo a la red del pantalán o a un generador, o a dos generadores. Se conectará automáticamente a la fuente de alimentación activa.

Das salidas CA
La salida principal dispone de la función "no-break" (sin interrupción). El Quattro se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la red eléctrica/generador. Esto ocurre tan rápido (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.
La segunda salida solo está activa cuando a una de las entradas del Quattro le llega alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo
Hasta 6 unidades Quattro pueden funcionar en paralelo. Seis unidades 48/10000/140, por ejemplo, darán una potencia de salida de 48kW / 60kVA y una capacidad de carga de 840 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásica y de fase dividida
Se pueden configurar dos unidades para salida de fase dividida y tres unidades para salida trifásica. Pero eso no es todo: hasta 6 grupos de tres unidades pueden conectarse en paralelo para lograr una potencia de inversión de 144kW / 180kVA y más de 2500 A de capacidad de carga. Para más información introduzca parálisis (paralelo) en el campo de búsqueda de nuestro sitio web.

PowerControl – En caso de potencia limitada del generador, del pantalán o de la red
El Quattro es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la red del pantalán (Hasta 16A por cada Quattro 5kVA a 230VAC). Se puede establecer un límite de corriente para cada una de las entradas CA. Entonces, el Quattro tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga de baterías, evitando así sobrecargar el generador o la red del pantalán.

PowerAssist – Refuerzo de la potencia del generador o de la red del pantalán
Esta función lleva al principio de PowerControl a otra dimensión, permitiendo que el Quattro complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiere un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, Quattro compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente del pantalán o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón
El Quattro puede utilizarse en sistemas FV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos.

Configuración del sistema

- En el caso de una aplicación autónoma, si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP.
- Las aplicaciones en paralelo o trifásicas pueden configurarse con el software VE.Bus Quick Configuro y VE.Bus System Configurator.
- Las aplicaciones no conectadas a la red, que interactúan con la red y de autoconsumo que impliquen inversores conectados a la red y/o cargadores solares MPPT pueden configurarse con Asistentes (software específico para aplicaciones concretas).

Seguimiento y control in situ
Hay varias opciones disponibles: Monitor de baterías, panel Multi Control, panel Ve.Nut Blue Power, Color Control GX y otros dispositivos smartphone o tableta (Bluetooth Smart), portátil u ordenador (USB o RS232).

Seguimiento y control a distancia
Color Control GX y otros dispositivos.
Los datos se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).

Configuración a distancia
Se puede acceder a los datos y cambiar los ajustes de los sistemas con un Color Control GX y otros dispositivos si está conectado a Ethernet.

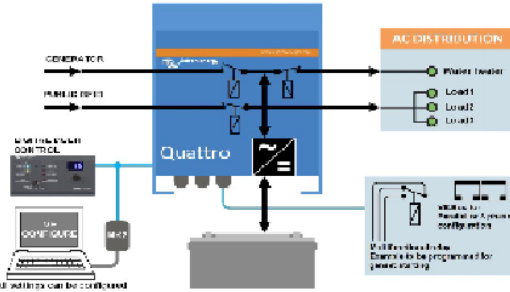


Diagram illustrating the Quattro system setup. The Quattro unit is connected to a GENERATOR and a BATTERY. It also connects to an AC DISTRIBUTION unit, which includes a Pile driver, Load 1, Load 2, and Load 3. The Quattro unit is also connected to a VE.Bus SYSTEM CONFIGURATOR and a VE.NUT BLUE POWER unit. The diagram shows the flow of power and data between these components.



Color Control GX con una aplicación FV



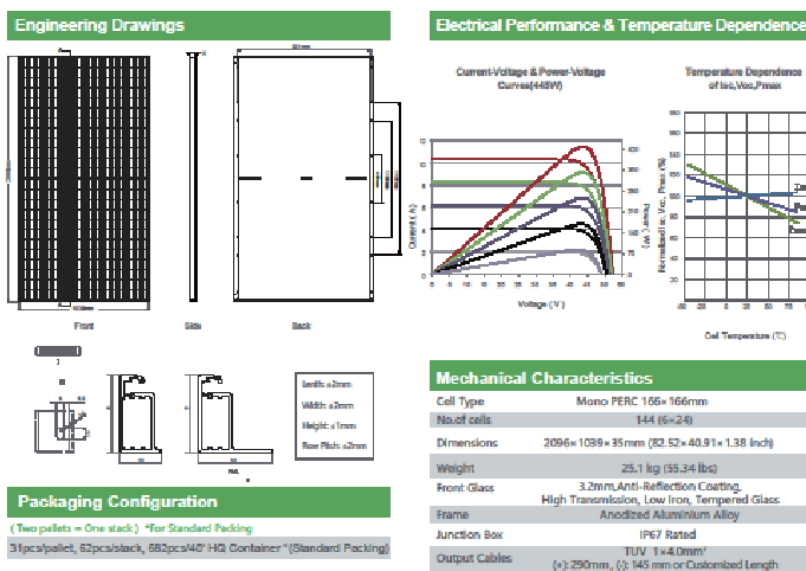
Anexo 2. Ficha técnica del motor existente

HOJA DE DATOS						
Motor Monofásico de Inducción - Rotor de Jaula						
Cliente :						
Línea del producto : General Monofásico		Código del producto : 10371519		Catalog # : 00336ES1B182T		
Carcasa : W182/4T Potencia : 3 HP (2.2 kW) Polos : 2 Frecuencia : 60 Hz Tensión nominal : 115/208-230 V Corriente nominal : 25.8/14.8-12.9 A Corriente de arranque : 181/102-90.3 A Ip/In : 7.0x(Cód. H) Corriente en vacío : 5.00/2.18-2.50 A Rotación nominal : 3480 rpm Resbalamiento : 3.33 % Torque nominal : 0.628 kgfm Torque de arranque : 210 % Torque máximo : 250 % Clase de aislamiento : F Factor de servicio : 1.15 Momento de inercia (J) : 0.0065 kgm²	Tiempo de rotor bloqueado : 14s (frío) 8s (caliente) Elevación de temperatura⁴ : 80 K Régimen de servicio : Cont.(S1) Temperatura ambiente : -20°C hasta +40°C Temperatura ambiente : 1000 m Altitud : IP55 Grado de protección : IC411 - TEFC Método de refrigeración : F-1 Forma constructiva : Ambos Sentido de giro* : Partida directa Método de Arranque : 38.6 kg Masa aproximada* : 38.6 kg					
Potencia : 25% Rendimiento (%) : 71.0 Cos Φ : 0.72	50% 73.0 0.82	75% 77.0 0.93	100% 79.0 0.94	Fuerzas en la fundación Tracción máxima : 13 kgf Compresión máxima : 52 kgf		
Tipo de cojinete : Sello : Intervalo de lubricación : Cantidad de lubricante : Tipo de lubricante :		Delantero 6206 ZZ V-Ring - - Mobil Polyrex EM		Trasero 6206 ZZ V-Ring - -		
Notas						
Esta revisión substitui y cancela la anterior, la cual deberá ser eliminada. (1) Mirando la punta delantera del eje del motor. (2) Medido a 1m y con tolerancia de +3dB(A). (3) Masa aproximada sujetos a cambios después del proceso de fabricación. (4) Al 100% de la carga completa.				Los valores indicados son valores promedio con base en ensayos y para alimentación en red senoidal, sujetos a las tolerancias de la norma NEMA MG-1.		
Rev.	Resumen de los cambios			Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor						
Verificador					Página	Revisión
Fecha	21/06/2020				1 / 1	

Propiedad de WEG S/A. Prohibida la reproducción sin permiso.
Sujeto a cambios sin previo aviso



Anexo 3. Ficha técnica de paneles solares



SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM435M-72HLM		JKM440M-72HLM		JKM445M-72HLM		JKM450M-72HLM		JKM455M-72HLM	
	JKM435M-72HLM-V	JKM440M-72HLM-V	JKM440M-72HLM-V	JKM445M-72HLM-V	JKM445M-72HLM-V	JKM450M-72HLM-V	JKM450M-72HLM-V	JKM455M-72HLM-V	JKM455M-72HLM-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	435Wp	324Wp	440Wp	327Wp	445Wp	331Wp	450Wp	335Wp	455Wp	339Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.77V	37.76V	40.57V	37.89V	41.17V	38.10V	41.37V	38.31V	41.56V	38.47V
Maximum Power Current (Imp)	10.67A	8.57A	10.74A	8.64A	10.81A	8.69A	10.88A	8.74A	10.95A	8.80A
Open-circuit Voltage (Voc)	48.67V	45.84V	48.87V	46.03V	49.07V	46.22V	49.27V	46.41V	49.48V	46.59V
Short-circuit Current (Isc)	11.32A	9.14A	11.39A	9.20A	11.46A	9.26A	11.53A	9.31A	11.60A	9.37A
Module Efficiency STC (%)	19.97%		20.20%		20.43%		20.66%		20.89%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

*STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM435-455M-72HLM-(V)-D2.1-EN



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Anexo 4. Ficha técnica de controlador.



Controladores de carga SmartSolar 250V y 99% de eficiencia

MPPT 250/60, 250/70, 250/85 & 250/100

www.victronenergy.com

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)
Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga. Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo. El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible
Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de software de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica
Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles PV.
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna
Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-Tr
Con dispositivo conectable



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-MC4
Sin pantalla

Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila
La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

VE.Direct
Para una conexión de datos con cable a un Color Control, un Venus GX, un PC u otros dispositivos.

On/Off remoto
Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable
Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente) para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable
Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.



Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático 12, 24 o 48V (Se precisa una herramienta de software para ajustar el sistema en 36V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV máxima, 12 V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV máxima, 24 V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV máxima, 48 V 1a,b)	3440W	4000W	4800W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	25A (máx. 30A x con. MC4)		70A (máx. 30A x MC4 con.)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías			
Eficiencia máxima	245V en arranque y funcionando al máximo			
Autoconsumo	99%			
Tensión de carga de "absorción"	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Requiere con selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Algoritmo de carga	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Requiere con selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Compensación de temperatura	adaptativo multifase			
Protección	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C			
Temperatura de trabajo	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario)			
Humedad	Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión			
Puerto de comunicación de datos	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Relé programable	95%, sin condensación			
Funcionamiento en paralelo	VE.Direct o Bluetooth			
	SI (conector bitórico)			
	DPS ¹⁾ Capacidad nominal CA 340 VAC / 4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 25 V			
	CC 1 A hasta 80 V CC			
	SI (no sincronizado)			
CARGA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales FV 3)	35mm ² / AWG2 (modelos T6)			
Bornas de batería	Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/80 y 250/100)			
Grado de protección	Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/85 y 250/100)			
Peso	35mm ² / AWG2		35mm ² / AWG2	
Dimensiones (a l x an x p) en mm	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)		IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
	3 kg		4,5 kg	
	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm		Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm	
	Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm		Modelos MC4: 266 x 295 x 103 mm	
NORMATIVAS				
Seguridad	ENIEC 62109			
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo soportado.				
1b) La tensión FV debe exceder en 5 V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.				
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V.				
2) Unos paneles FV con una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador en caso de polaridad inversa de dichos paneles FV.				
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.				
Corriente máxima por conector MC4 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un regulador MPPT)				