



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

MODELADO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA DE GALPONES EN LA AVÍCOLA LA PONDEROSA DEL CANTÓN SALCEDO

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Chicaiza Zapata Jhonny Gustavo

Tutor

PhD. Escudero Villa Pedro Fernando

AMBATO – ECUADOR
2023

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**


Yo, Jhonny Gustavo Chicaiza Zapata, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “MODELADO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA DE GALPONES EN LA AVÍCOLA LA PONDEROSA DEL CANTÓN SALCEDO”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 21 días del mes de Marzo de 2023, firmo conforme:

Autor: Jhonny Gustavo Chicaiza Zapata

Firma: 

Número de Cédula: 1805057971

Dirección: Tungurahua, Pillaro, San Miguelito, Chacata el Carmen.

Correo Electrónico: jhonygus@outlook.com

Teléfono: 0992385429

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “MODELADO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA DE GALPONES EN LA AVÍCOLA LA PONDEROSA DEL CANTÓN SALCEDO” presentado por Jhonny Gustavo Chicaiza Zapata, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 21 de Marzo de 2023



Firmado electrónicamente por:
**PEDRO FERNANDO
ESCUDERO VILLA**

.....

PhD. Pedro Fernando Escudero Villa

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 21 de Marzo de 2023




.....
Jhonny Gustavo Chicaiza Zapata

1805057971

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: MODELADO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA DE GALPONES EN LA AVÍCOLA LA PONDEROSA DEL CANTÓN SALCEDO, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 21 de Marzo de 2023



JOSE LUIS VARELA
ALDAS
Firmado
2023-03-21 17:04:05:00

PhD. José Luis Varela Aldás.

LECTOR



Firmado electrónicamente por:
MANUEL IGNACIO
AYALA CHAUVIN

PhD. Manuel Ignacio Ayala Chauvin.

LECTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a la virgen, a mis padres Gustavo, Rocío, Aníbal, Elsa y al amor de mi vida Katherine.

El cariño, comprensión, paciencia y apoyo incondicional que siempre me brindaron fue determinante en mí caminar.

AGRADECIMIENTO

A la vida, por permitirme encontrar mi camino. A la institución por guiarme en una formación académica y humana. A mi tutor por acompañarme a lo largo de este trabajo. Y a la empresa avícola La Ponderosa por brindarme una cálida apertura de sus puertas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| APROBACIÓN DEL TUTOR | 2 |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD | 3 |
| APROBACIÓN DE LECTORES..... | 4 |
| RESUMEN EJECUTIVO..... | 14 |
| ABSTRACT | 15 |
| CAPÍTULO I..... | 16 |
| INTRODUCCIÓN..... | 16 |
| Antecedentes..... | 17 |
| Justificación | 20 |
| Objetivo General..... | 20 |
| Objetivos Específicos | 21 |
| CAPÍTULO II..... | 22 |
| INGENIERÍA DEL PROYECTO | 22 |
| Diagnóstico de la situación actual de la empresa | 22 |
| Distribución zonal y operativa..... | 24 |
| Historial de consumo eléctrico | 26 |
| Demanda energética del área en estudio..... | 28 |
| Distribución del consumo energético | 32 |
| Análisis de viabilidad del recurso geográfico empleable | 33 |
| Área de estudio | 41 |
| Modelo operativo..... | 42 |
| Desarrollo del modelo operativo | 43 |
| CAPÍTULO III | 45 |
| PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS..... | 45 |
| Presentación de la propuesta..... | 45 |
| Diseño de un sistema de generación fotovoltaica asilado | 46 |

| | |
|--|-----------|
| Estimación del consumo energético teórico | 46 |
| Factor de rendimiento energético de la instalación | 47 |
| Estimación del consumo energético real | 48 |
| Dimensionamiento de paneles solares fotovoltaicos | 49 |
| Dimensionamiento del banco de baterías | 56 |
| Dimensionamiento del regulador de carga | 59 |
| Dimensionamiento del inversor | 62 |
| Dimensionamiento de conductores..... | 64 |
| Análisis de la caída de voltaje | 72 |
| Dimensionamiento de protecciones | 73 |
| Resultados esperados | 78 |
| Cronograma de actividades | 85 |
| Análisis de costos | 85 |
| CAPÍTULO IV | 88 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 88 |
| Conclusiones..... | 88 |
| Recomendaciones | 90 |
| Referencias bibliográficas | 91 |
| Anexos..... | 94 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Datos geográficos de la empresa | 23 |
| Tabla 2: Identificación de componentes del área de galpones | 29 |
| Tabla 3: Análisis de la potencia activa de los equipos eléctricos | 30 |
| Tabla 4: Determinación del área de estudio | 41 |
| Tabla 5: Matriz de criterios ponderados | 45 |
| Tabla 6: Consumo energético teórico | 46 |
| Tabla 7: Características técnicas del panel solar EOS Monocristalino 5BB | 49 |
| Tabla 8: Características técnicas de Batería Solar Eleksol ES260 | 59 |
| Tabla 9: Características técnicas del regulador Victron Energy SmartSolar | 61 |
| Tabla 10: Características técnicas del Inversor Beltt BEP3000SA | 63 |
| Tabla 11: Total de componentes calculados del sistema..... | 64 |
| Tabla 12: Determinaciones de los conductores | 67 |
| Tabla 13: Características técnicas del conductor Exzhellent solar ZZ-F | 68 |
| Tabla 14: Caída de voltaje de conductores entre elementos..... | 69 |
| Tabla 15: Análisis referente a caídas de voltaje en el sistema fotovoltaico | 72 |
| Tabla 16: Características técnicas del fusible ZTPV-2520 | 74 |
| Tabla 17: Características técnicas del interruptor CC TOB1Z-63A | 75 |
| Tabla 18: Características técnicas del interruptor CA SchneiderMG EZ9F56263 | 75 |
| Tabla 19: Distribución de protecciones en el sistema fotovoltaico | 76 |
| Tabla 20: Presupuesto inicial del sistema fotovoltaico para el área de galpones | 81 |
| Tabla 21: Actividades de mantenimiento del sistema | 83 |
| Tabla 22: Cronograma de actividades | 85 |

Tabla 23: Costos de la propuesta..... 86

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Ubicación geográfica de Avícola La Ponderosa..... | 23 |
| Figura 2: Croquis empresarial | 24 |
| Figura 3: Diagrama del proceso alimentación de aves..... | 25 |
| Figura 4: Diagrama del proceso hidratación de aves | 26 |
| Figura 5: Historial de consumo eléctrico | 27 |
| Figura 6: Historial de valores facturados por consumo energético | 28 |
| Figura 7: Análisis de energía eléctrica consumida diariamente | 31 |
| Figura 8: Distribución del consumo energético empresarial..... | 32 |
| Figura 9: Atlas solar del Ecuador | 33 |
| Figura 10: Comparativa de estimación del recurso solar | 34 |
| Figura 11: Radiación solar en Avícola La Ponderosa | 35 |
| Figura 12: Factores medioambientales de la empresa | 36 |
| Figura 13: Factor de sombras presentes en la empresa | 38 |
| Figura 14: Niveles de nubosidad..... | 39 |
| Figura 15: Presencia de sol..... | 40 |
| Figura 16: Horas de luz natural | 40 |
| Figura 17: Esquemmatización de modelo operativo | 42 |
| Figura 18: Distribución del sistema de paneles..... | 54 |
| Figura 19: Clasificación del tipo de estructura para panel solar | 55 |
| Figura 20: Distribución del sistema de baterías | 58 |
| Figura 21: Esquema unifilar de la conexión del sistema fotovoltaico | 77 |
| Figura 22: Distribución de elementos del sistema fotovoltaico. | 78 |

Figura 23: Disminución de costos eléctricos..... 79

Figura 24: Análisis costo entre tiempo total..... 87

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1: Historial de consumo eléctrico de Avícola La Ponderosa..... | 94 |
| Anexo 2: Historial de facturación mensual..... | 95 |
| Anexo 3: Energía eléctrica consumida diariamente por el área de galpones..... | 96 |
| Anexo 4: Estimación energética seccionada según tipo de galpón..... | 98 |
| Anexo 5: Comparativa de estimaciones solares en Cotopaxi..... | 99 |
| Anexo 6: Estimación solar en la empresa Avícola La Ponderosa..... | 100 |
| Anexo 7: Ficha técnica del panel solar EOS Monocristalino 5BB..... | 101 |
| Anexo 8: Ficha técnica de Batería Solar Eleksol ES260..... | 102 |
| Anexo 9: Ficha técnica del regulador Victron Energy SmartSolar MPPT 150/60..... | 103 |
| Anexo 10: Ficha técnica del inversor Beltt BEP3000SA..... | 104 |
| Anexo 11: Ficha técnica del conductor Exzhellent solar ZZ-F..... | 105 |
| Anexo 12: Características técnicas de AWG..... | 106 |
| Anexo 13: Ficha técnica del fusible ZTPV-2520 A..... | 107 |
| Anexo 14: Ficha técnica del interruptor de corriente continua Tobiz-63A..... | 108 |
| Anexo 15: Ficha técnica del interruptor termomagnético SchneiderMG..... | 109 |

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: MODELADO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA DE GALPONES EN LA AVÍCOLA LA PONDEROSA DEL CANTÓN SALCEDO

AUTOR: Jhonny Gustavo Chicaiza Zapata

TUTOR: PhD. Pedro Fernando Escudero Villa

RESUMEN EJECUTIVO

El sector avícola ecuatoriano requiere de un consumo energético elevado, mismo que es abastecido por fuentes no renovables, específicamente energía eléctrica convencional suministrada por la red pública. La empresa avícola La Ponderosa consume 57313 kWh por año, lo que genera un egreso de \$7100, siendo el área de galpones la que genera mayor gasto energético con un 36% del consumo total. El presente trabajo tiene por objetivo el modelado de un sistema fotovoltaico que contribuya al abastecimiento energético del área con mayor consumo, generando disminución de costos operativos y contribuyendo a un cambio de matriz energética. Se recolectó datos históricos de radiación solar y consumo energético. Se determinó un sistema fotovoltaico aislado conformado por 4 paneles solares, 8 baterías, 1 regulador de carga, 1 inversor de corriente, 5 tipos de conductores y 3 tipos de protecciones eléctricas; dimensionado para abastecer la energía requerida por el galpón tipo A: 5,89 kWh y galpón tipo B: 6,59 kWh, considerando valores de radiación solar anual más baja de 4,58 kWh/m²/d. Finalmente, se propone un modelo de conversión solar que será capaz de disminuir un costo operativo anual de \$ 2556 y cubrirá el total de demanda energética requerida por el área de galpones en la empresa.

DESCRIPTORES: análisis energético, energía solar fotovoltaica, sistemas autónomos

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: MODELING OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR THE AREA OF SHEDS IN THE LA PONDEROSA POULTRY FARM IN CANTON SALCEDO

AUTOR: Jhonny Gustavo Chicaiza Zapata

TUTOR: PhD. Pedro Fernando Escudero Villa

ABSTRACT

The Ecuadorian poultry sector requires high energy consumption, which is supplied by non-renewable sources, specifically conventional electricity supplied by the public grid. "La Ponderosa" poultry company consumes 57313 kWh per year, which generates an expenditure of \$7100, the poultry house area generates the highest energy expenditure with 36% of the total consumption. The aim of this work is to model a photovoltaic system that contributes to the energy supply of the area with the highest consumption, generating a reduction in operating costs and contributing to a change in the energy matrix. Historical data on solar radiation and energy consumption were collected. An isolated photovoltaic system was determined, consisting of 4 solar panels, 8 batteries, 1 charge regulator, 1 current inverter, 5 types of conductors, and 3 types of electrical protections; sized to supply the energy required by shed type A: 5.89 kWh and shed type B: 6.59 kWh, considering values of the lowest annual solar radiation of 4.58 kWh/m²/d. Finally, a solar conversion model is proposed that will be able to reduce an annual operating cost of \$2556 and will cover the total energy demand required by the poultry house area in the company.

KEYWORDS: energy analysis, photovoltaic solar energy, autonomous systems.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las empresas y organizaciones a nivel mundial han incursionado en el empleo de proyectos enfocados en el ahorro de energía, con la finalidad de disminuir emanaciones de CO₂. Dentro de estas determinaciones se encuentra el remplazo de la generación de energía eléctrica cimentada en carburantes fósiles por la producción energética mediante la utilización de fuentes renovables (Ayala et al. 2022)

Ecuador cuenta con recursos naturales variados que se pueden utilizar bajo el enfoque de producción limpia de energía, obteniendo así abastecimiento eléctrico a nivel de todo el país, fomentando de esta manera un cambio de matriz energética amigable con el medio ambiente, posicionando así al uso de generadoras basadas en derivados del petróleo y carburantes en un plano secundario de abastecimiento energético (Iglesias et al. 2017).

La provincia de Cotopaxi alberga un gran parte del sector avícola en el país, mismo que emplea requerimientos organizacionales de magnitud considerada, entre ellos la utilización de energía eléctrica convencional (Chang, Verdesoto y Estrada 2004). Las granjas avícolas necesitan tener un control parcial o total de las condiciones ambientales más importantes con la ayuda de equipos de ventilación, calefacción, enfriamiento, e iluminación para el adecuado rendimiento de su producción, lo que lleva a incurrir en elevados costos energéticos, especialmente por los sistemas de alimentación e iluminación de galpones (Navas Herrera 2021).

A pesar de que los métodos de implementación de sistemas fotovoltaicos están muy bien establecidos en ámbitos domésticos e industriales, existe la necesidad de incursionar en la aplicación de estas fuentes de generación energéticas para el entorno avícola. Se precisa el uso de equipos con la capacidad para cubrir el requerimiento energético bajo características de coste viable y de diseño sencillo (Bayod Rujula 2009).

De acuerdo con (Alexis, Cedeño y Martínez 2020), invertir en energía renovable disminuye el efecto negativo sobre el medio ambiental. Se presenta entonces la posibilidad entorno al empleo de energías renovables dentro de avícola La Ponderosa como una oportunidad de contar con alternativas de producción energética, reducir los costos operativos y ayudar a la conservación medioambiental.

Para dar solución a esta necesidad, este trabajo de integración curricular propone el modelado de un sistema fotovoltaico capaz de disminuir costos de energía eléctrica y beneficie a la independencia energética en base a fuentes alternativas; por ello se pretende dimensionar un sistema de aprovechamiento solar, para abastecer las necesidades de consumo del área de galpones.

Es por esto que, para llevar a cabo la presente propuesta se plantea abordar historiales de consumo eléctrico, realizar el análisis de la demanda energética del área en estudio, estimar horas solares pico, dimensionar equipos, conductores eléctricos y protecciones; para alcanzar una alternativa sustentable, responsable con el medio ambiente y de costo accesible.

Antecedentes

A nivel mundial, los esfuerzos constantes por diseñar e incorporar distintas maneras de generar energía renovable enfocada en la producción eléctrica, a fin de reemplazar el crecimiento exponencial de requerimientos energéticos y paralelamente disminuir, la actual sumisión a combustibles de origen fósil y aminorar el impacto que genera la dispersión en emisiones de CO₂ hacia el entorno ambiental (Vargas, Haas y Reyes 2020).

Según el artículo de (KPMG 2016), en base al recopilado de datos correspondiente la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), un porcentaje correspondiente al 23% sobre la totalidad de energía eléctrica mundial producida se atribuye a energías provenientes de fuentes renovables. Durante el transcurso del año 2015, se registró un histórico crecimiento, hasta ese momento, en el cual la suficiencia eléctrica encaminada a la utilización de fuentes limpias aumento un 5%, esto se debió a reestructuraciones a políticas públicas a nivel global que brindaron facilidades y promovieron un crecimiento considerable referente a este modelo energético. Durante los años 2017 y 2018, el crecimiento de las energías renovables permanecía favorable y prometedor, tanto así que, en este lapso se evidenció un crecimiento total del 17 %. Sin

embargo, durante la última década, el incremento referente a utilización de fuentes energéticas limpias registró lentitud en su ritmo para el año 2021, el promedio de incremento interanual tuvo un porcentaje del 20%. Por consiguiente, para continuar una proyección de disminución de impactos medioambientales, reestructuración de matriz energética y mantención del calentamiento global, cada año hasta 2030, las energías renovables deben conservar un incremento combinado de tasas superiores al 20%. Siendo esta la misma tasa media de crecimiento de energías limpias, registrada en la última década (Ember 2022).

El Ecuador por ser un país ubicado sobre la línea equinoccial presenta buenos niveles en cuanto a potencial solar (Icaza et al. 2020). De manera que, los datos relacionados a radiación solar dentro de la extensión territorial ecuatoriana muestran consistencia y homogeneidad en los registros durante el año, de manera que, dicha constante aminora de forma representativa el contratiempo de variabilidad dentro del parámetro de radicación, mismo que representa confiabilidad y rentabilidad en cuanto a utilización tecnológica de este tipo de energía limpia direccionada a varios tipos de aplicaciones (Molina, Gárciga y Alvarez 2022). Las estimaciones de capacidad energética basada en fuentes alternativas (solar, geotérmica, hidráulica, eólica, biomasa primaria) indican que su aporte potencial aumentara por diez, existiendo la posibilidad de alcance de 10 o 15 TW-año. Consecuentemente, la dependencia de crecimiento de energías renovables radicara en valores operacionales, impuestos a fuentes energéticas no renovables y políticas energéticas del país (CONELEC 2015).

En el artículo de (Gaudry et al. 2019), los autores abordan el “Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035” (PLANEE), en el cual sus objetivos considerados se enfocan hasta el año 2035, en la reducción del costo energético aglomerado del área doméstica, mercantil y pública, mediante la puesta en marcha de medidas alusivas a efectividad energética. Así que, dentro de las acciones de reestructuración que se propone en pos de alcanzar dicho objetivo es, durante el año 2021, implementar y aplicar la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), por parte del 21% de los municipios a nivel nacional (Pazmiño Miranda 2020).

De esta manera, en el país, con base en el PLANEE se impulsa: el uso de sistemas de energías renovables para la producción eléctrica, implementación de programas de sostenibilidad energética y certificación de acuerdo a la normativa ISO 50001 (Pacheco

2018). Los estándares de gestión energética de la normativa tienen como objetivo la estructuración de procesos en una organización con la finalidad de fomentar eficiencia energética y ahorro gestionado. Proporciona una herramienta para reducir emisiones y contaminantes, costes operativos y consumo de energía (Fiedler, T., & Mircea 2012).

En el artículo publicado por (Jara 2021), se indica que la provincia de Cotopaxi está posicionada en una zona favorable para la producción solar fotovoltaica, ubicando así, al área en un rango de índice "alto", por lo que puede ser utilizada para la generación de energía eléctrica. La disponibilidad de energía solar, medido por el nivel de aislamiento promedio global es de 4,57 kWh/ m²/día, lo cual representa un nivel 40% más alto que el promedio regional.

La productividad de las granjas avícolas ecuatorianas dedicadas a la crianza, el engorde y la obtención de huevos, ha presentado un crecimiento mayor a un 400 % en las últimas dos décadas, lo que genera una alta demanda de energía y además representa costos operativos considerables (Eco Business 2021). Durante el proceso se utiliza energía convencional, en donde radica el problema, es por ello que la implementación de energías renovables representa una alternativa viable en desarrollo, todo es posible ya que los costos de implementación, adaptación y utilización de energías renovables han disminuido con el paso de los años, además de una consolidación notable en cuanto madurez tecnológica en el sector avícola del país (Vásquez et al. 2015).

Los requerimientos energéticos de las granjas avícolas son empleados para garantizar la calidad del aire, el acondicionamiento térmico óptimo y la iluminación adecuada de las aves ponedoras, durante todas las etapas de crecimiento y producción (Bernal 2010). Además, en el ámbito de la avicultura se necesita energía para transportar alimentos, equipo, desechos y basura, proporcionar agua y, a veces, destruir la materia muerta (Artunduaga Ruiz 2016). Los costos que representan el empleo de fuentes energéticas en todo el mundo continúan aumentando exponencialmente, al igual que la presión pública para disminuir emisiones de gases contaminantes como el CO₂ y otros más (Oviedo Rondon 2009).

En el artículo de (Avinews 2014), indica que en la industria avícola, el consumo de energía eléctrica por año supera un valor de 42 Gwh. En promedio, el consumo energético común dentro de una granja de aves ponedoras se puede considerar de 2,88 Wh/ave/día, dividido en: alimentación (43%), almacenamiento y transporte de huevos (23%),

ventilación (17%) e iluminación (17%). Ciertamente, el consumo energético en una granja avícola alcanza el clímax operativo durante verano debido al uso de equipos de refrigeración y ventilación. Por el contrario, parte del consumo eléctrico para iluminación y alimentación presenta constancia durante el año (Bojacá, Hilarión y Bojacá 2018)

Justificación

La empresa avícola La Ponderosa tiene un gran interés por implementar un sistema de producción energética renovable en fin de cumplir con el compromiso del cuidado y la conservación sostenible del entorno medioambiental. Enfocándose inicialmente en el área empresarial que genera un mayor impacto entorno al consumo de energía eléctrica convencional.

La **importancia** de este trabajo recae sobre la disminución de costos operacionales provenientes del consumo de energía eléctrica mediante la implementación de un sistema de abastecimiento energético generado por radiación solar para el área de galpones; generando de esta manera un **impacto** enfocado en evitar, prevenir y subsanar perjuicios medioambientales que ocasionan los procesos avícolas.

La **utilidad** del sistema fotovoltaico es abastecer energéticamente la demanda de consumo que exige el área de galpones, además de cumplir con la capacidad de reemplazar el uso de fuentes energéticas no renovables.

Los **beneficiarios** directos de la presente propuesta son los operarios del área de galpones, siendo contemplado el abastecimiento eléctrico total del sitio.

Existe **factibilidad** entorno la implementación gracias a las características geográficas de la empresa, puesto que de acuerdo a la normativa ecuatoriana de construcción (NEC), en su capítulo referente a energías renovables indica que la provincia de Cotopaxi se cataloga como una de las zonas con mayor irradiación solar en el país. Lo cual genera un aprovechamiento del recurso solar y generación energética constante a lo largo del año.

Objetivo General

Modelar un sistema fotovoltaico para el área de galpones en Avícola La Ponderosa del cantón Salcedo.

Objetivos Específicos

- Analizar la demanda energética de la empresa.
- Determinar la viabilidad geográfica para la captura óptima del recurso solar.
- Dimensionar las características del sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico del área de galpones.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Avícola La Ponderosa es una empresa ecuatoriana fundada en el año 2003, se enfoca en la producción y comercialización de huevos de gallina al por mayor y menor. Genera fuentes de empleo directas, maneja materias primas originarias del país y aporta consistentemente al sector avícola de Cotopaxi, así como a nivel Ecuador.

La misión empresarial está basada en proveer al consumidor de productos de calidad derivados de la industria avícola, empleando tecnología de vanguardia en conjunto con mano de obra calificada y eficiente para satisfacer a sus clientes. Su visión es promover el desarrollo de la industria avícola a través de la cobertura nacional y el reconocimiento de la mejora de la producción y la gestión de la calidad.

En la actualidad se posiciona como una organización unificada, consolidada y latente a los requerimientos y necesidades del sector avícola en el país.

Localización

La empresa se encuentra ubicada en el sector rural de Mulalillo, parroquia Santa Lucía, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi; sector con alto índice de actividad agrícola y agropecuaria. Ubicación inicial y actual de desarrollo entorno a sus labores avícolas. La georreferenciación referente a la empresa se muestra en la **Figura 1**.



Figura 1: Ubicación geográfica de Avícola La Ponderosa

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

En la **Tabla 1**, se muestran generalidades de la planta referentes a ubicación, coordenadas geográficas y las condiciones meteorológicas promedio dentro de un lapso anual del sector, mismas que permiten contextualizar características de medio ambientales importantes previas al estudio enfocado al empleo de fuentes renovables limpias.

Tabla 1: Datos geográficos de la empresa

| | |
|--|--|
| Ubicación | Mulalillo- Santa Lucia-Salcedo-Cotopaxi |
| Coordenadas geográficas | Latitud: -1,105212 ° Longitud: -78,622349 ° |
| Temperatura ambiental promedio (°C) | 11,7 |
| Presión atmosférica (kPa) | 71 |
| Velocidad del viento (m/s) | 2,5 |
| Humedad relativa (%) | 86,1 |
| Precipitación de agua (mm/día) | 3,3 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Distribución zonal y operativa

La empresa avícola La Ponderosa ocupa un espacio de 50332 m², mismos que se dividen en diferentes áreas laborales, siendo así, el área de estudio compuesta por 11 galpones tipo túnel, los cuales almacenan hasta 20.000 aves ponedoras cada uno. En la **Figura 2** se evidencia la segmentación de planta, dando a conocer especificaciones referenciales importantes.



Figura 2: Croquis empresarial

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

El personal operativo que trabaja habitualmente en el área de galpones está compuesto por seis personas, un supervisor de producción quien dirige las funciones primordiales y cinco operadores, mismos que velan por la seguridad de las especies avícolas y verifican el funcionamiento de los distintos sistemas.

En la **Figura 3** se muestra el diagrama del proceso de alimentación de aves, mismo que describe actividades realizadas por el personal laboral del área durante dos tandas diarias, con una duración de 1 hora y media por cada tanda para la de distribución de alimento.

Proceso de alimentación de aves

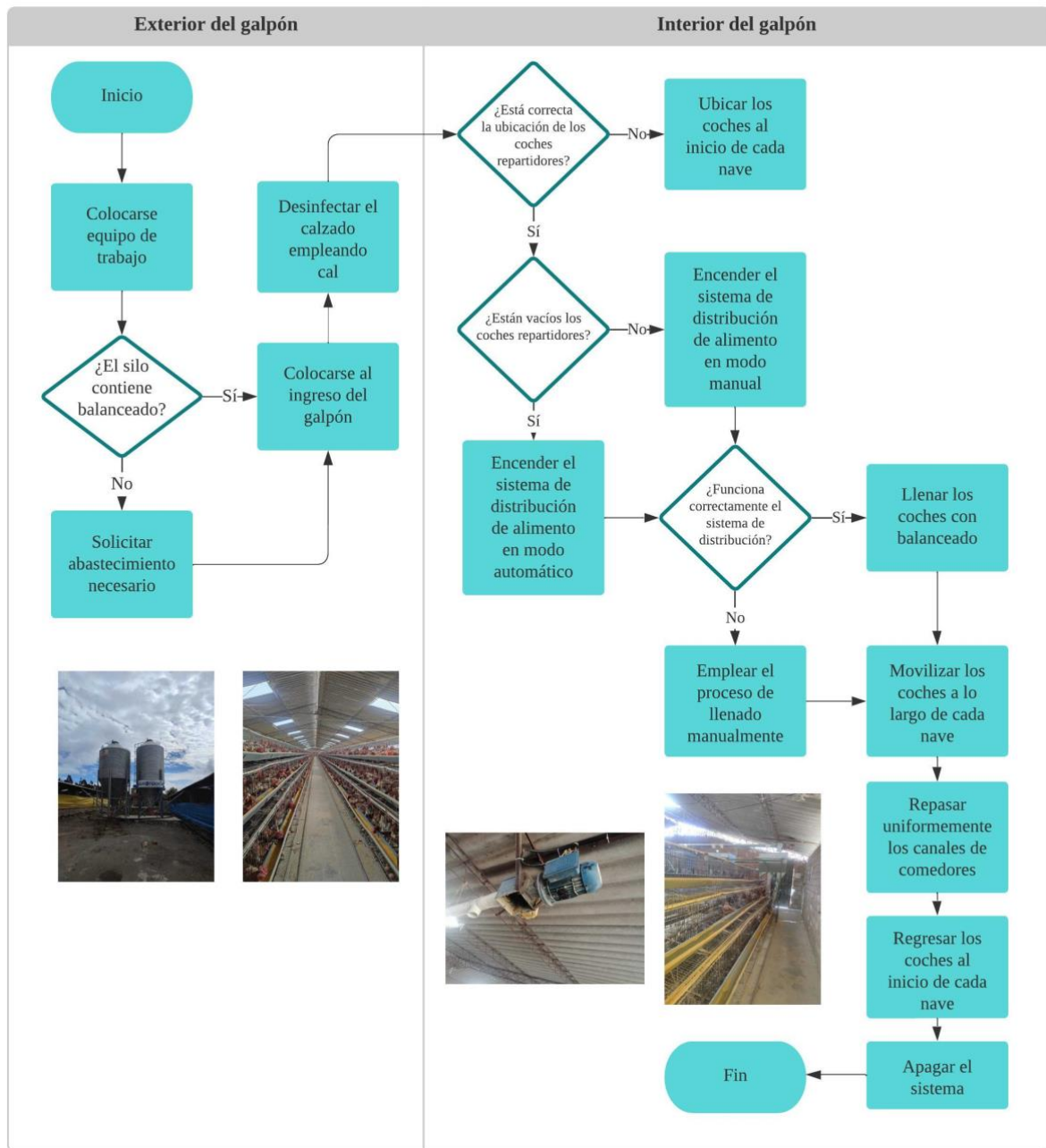


Figura 3: Diagrama del proceso alimentación de aves

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

En la **Figura 4** se evidencia el diagrama del proceso de hidratación de aves, mismo que describe actividades realizadas por el personal laboral del área durante dos tandas diarias, con una duración de 1 hora por cada tanda para el suministro de agua.

Proceso de hidratación de aves

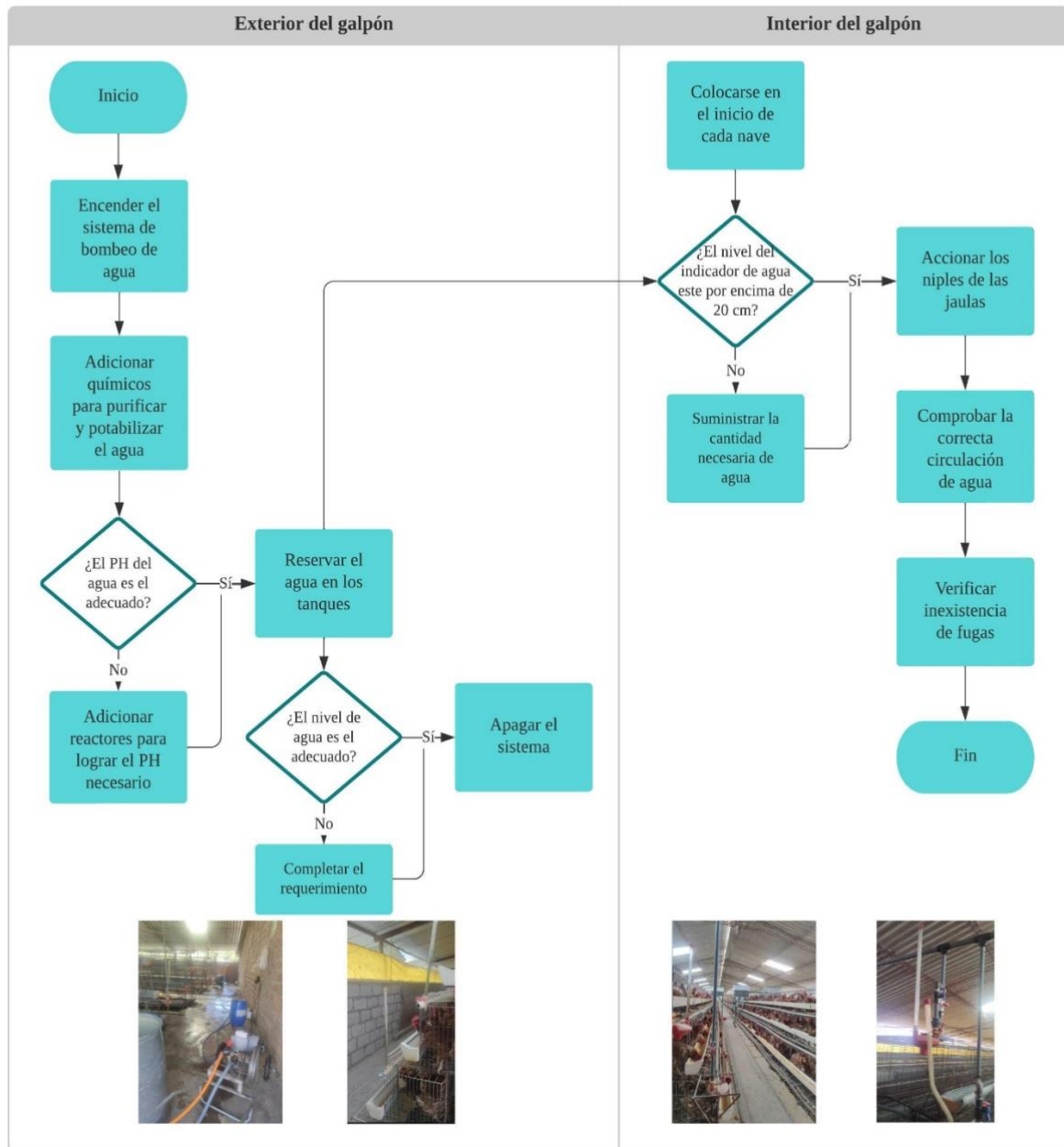


Figura 4: Diagrama del proceso hidratación de aves

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Historial de consumo eléctrico

Se especifica el índice de consumo eléctrico mensual de Avícola La Ponderosa, donde los determinantes son datos recabados de las planillas de la empresa, mismas que contienen datos del costo energético real. Los valores mostrados en la **Figura 5** se asumen en base a pagos de energía de los últimos cuatro años para obtener una cifra promedio, siendo una

variable constante el mismo número de galpones operativos y de aves ponedoras dentro del lapso productivo.

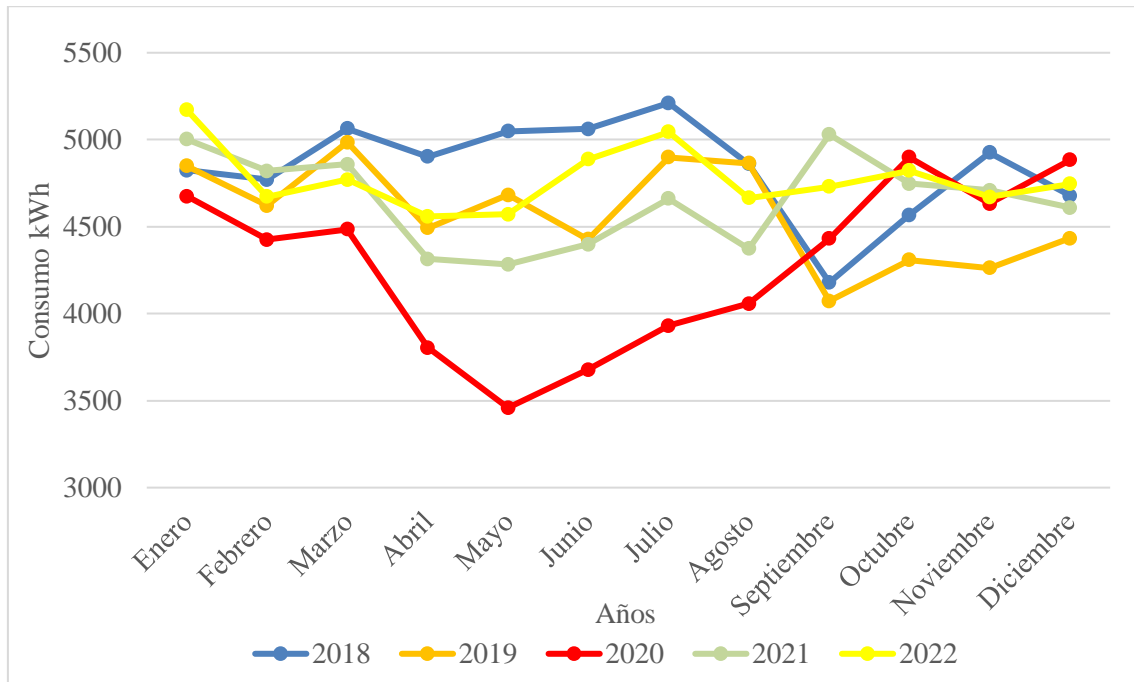


Figura 5: Historial de consumo eléctrico

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Los promedios históricos brindan un mejor acercamiento en cuanto al valor de consumo anual de los últimos cinco periodos laborales, para establecer comparaciones relacionadas con el estudio actual. La demanda energética analizada tiene relación a lapsos productivos de postura de 30 días en promedio, de igual forma las necesidades energéticas no son similares debido a factores de demanda, incumplimientos de pedidos, retraso en pedidos, entre otros; un desglose a detalle se evidencia en el **Anexo 1**.

Costo de la energía eléctrica

Los resultados obtenidos del consumo de energía eléctrica en la Avícola La Ponderosa durante un lapso histórico anual en los últimos cinco años se presentan en la **Figura 6**, misma que indica un historial de costos desglosados por cada uno de los años analizados entorno al sistema productivo de la granja. La información recopilada se encuentra detallada en el **Anexo 2**.

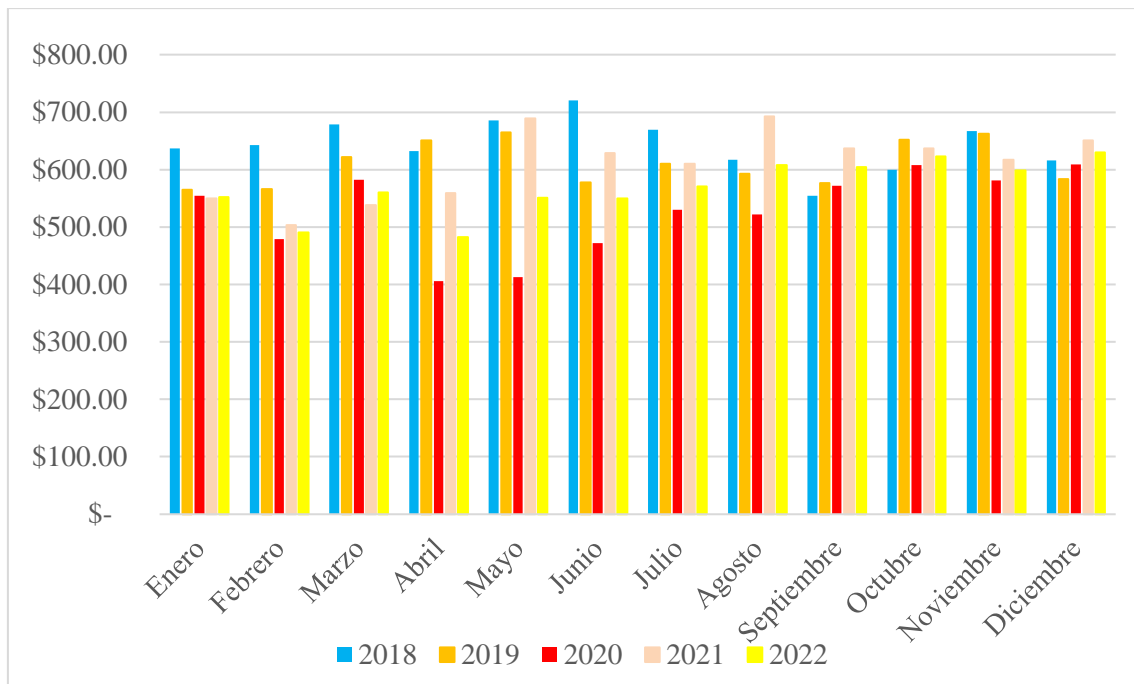


Figura 6: Historial de valores facturados por consumo energético

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Demanda energética del área en estudio

La industria avícola requiere inherentemente de los procesos de producción de energía para asegurar que los procesos de alimentación, crianza y postura se lleven a cabo de manera eficiente, efectiva y bajo control. Por ello, el conocimiento de la demanda energética total necesaria para atender los requerimientos de cada galpón y su proceso, es fundamental para dimensionar el sistema e instalación a tal efecto de salvaguardar un funcionamiento adecuado.

Identificación de componentes de consumo eléctrico

Esta sección describe los sistemas y equipos indispensables de las actividades productivas en el área de galpones, mismos que se asocian al consumo energético directamente significativo para el estudio en cuestión.

Es importante resaltar la división del total de 11 galpones en dos tipos A y B, siendo este último el de mayor consumo, esto debido al tiempo de uso de los sistemas eléctricos. Dicha conclusión repercute en cálculos futuros para el dimensionamiento del sistema. Sin embargo, los equipos empleados en los dos tipos son los mismos. La **Tabla 2** describen

los componentes y el consumo atribuido a cada tipo, analizando galpón por galpón hasta cumplir su totalidad, delimitando los sistemas que forman parte del área.

Tabla 2: Identificación de componentes del área de galpones

| Galpones tipo A y B | | |
|----------------------------|---|---|
| Sistema | Especificaciones | Referencia |
| Distribución de alimento | WEG Motor monofásico Potencia de 1 hp Voltaje 220 v Intensidad 6,80 A 60 Hz 1720 rpm 0,75 kW (cos θ) 0,76 |  |
| Suministro de agua | TRANSTECNO Motor trifásico Potencia de 0,75 hp Voltaje 220 v Intensidad 2,6 A 60 Hz 1680 rpm 0,55 kW (cos θ) 0,78 |  |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Análisis de la potencia activa de los equipos eléctricos

La potencia eléctrica de los equipos de suministro de alimento y distribución de agua que conforman el sistema de consumo eléctrico interpretado en términos de potencia, fueron empleados los datos de placa de cada dispositivo referentes a voltaje y amperaje. Las especificaciones se detallan en la **Tabla 2**. De acuerdo con los lineamientos dados en (Grainger y Stevenson 1996), para motores monofásicos se aplica la ecuación 1, detallada a continuación:

$$P_{activa} = V * I * \cos (\theta) \quad (1)$$

Donde las variables corresponden:

- **V:** tensión del motor (V)
- **I:** intensidad nominal (A)
- **cos(θ):** factor de rendimiento del motor

Mientras que para motores monofásicos se detalla la aplicación de la ecuación 2, detallada a continuación:

$$P_{activa} = V * I * \cos(\theta)\sqrt{3} \quad (2)$$

Donde las variables corresponden:

- **V:** tensión del motor (V)
- **I:** intensidad nominal (A)
- **cos(θ):** factor de rendimiento del motor
- $\sqrt{3}$: constante motor trifásico

La siguiente tabla resume el análisis de potencia activa en el área de estudio, cubriendo todos los dispositivos consumidores de electricidad. La totalidad de resultados obtenidos para cada dispositivo, en cada uno de los galpones. Un desglose a detalle referente a cada uno de los galpones se evidencia en el **Anexo 3**.

Tabla 3: Análisis de la potencia activa de los equipos eléctricos

| Tipo | Potencia activa (kWh) |
|--------------------------|------------------------------|
| Distribución de alimento | 1,13 |
| Suministro de agua | 0,77 |
| Total galpón | 1,91 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Análisis de energía eléctrica consumida diariamente

El cálculo del consumo eléctrico diario es determinado mediante ecuaciones que relacionan el efecto de cada dispositivo con el tiempo máximo de funcionamiento por hora de producción diaria, garantizando así la producción de energía necesaria, especialmente en los periodos de pico de consumo eléctrico.

De acuerdo a los lineamientos dados en (Bratu y Capero 2006), establece el cálculo de energía consumida denotada en la ecuación 3, misma que se detalla a continuación:

$$E_{consumida} = P_{equipo} * t_{m\acute{a}x} \quad (3)$$

Donde las variables corresponden:

- **Econsumida:** energía consumida diariamente
- **Pequipo:** potencia del equipo
- **tmax:** tiempo máximo de uso del equipo

Los galpones del área en estudio se dividieron en dos tipos A y B, puesto que el valor de tiempo varía entre ambos tipos, esto por el número de aves ponedoras que alberga la instalación, lo cual repercute en horas de uso entorno a elementos que emplean energía eléctrica. Se segmenta los tipos seguido del número de galpón (1-11), de acuerdo a la distribución real de la empresa. En la **Figura 7** se resumen los resultados de consumo eléctrico diarios en base al tipo de galpón. Identificando de esta manera los galpones con mayor y menor índice de consumo.

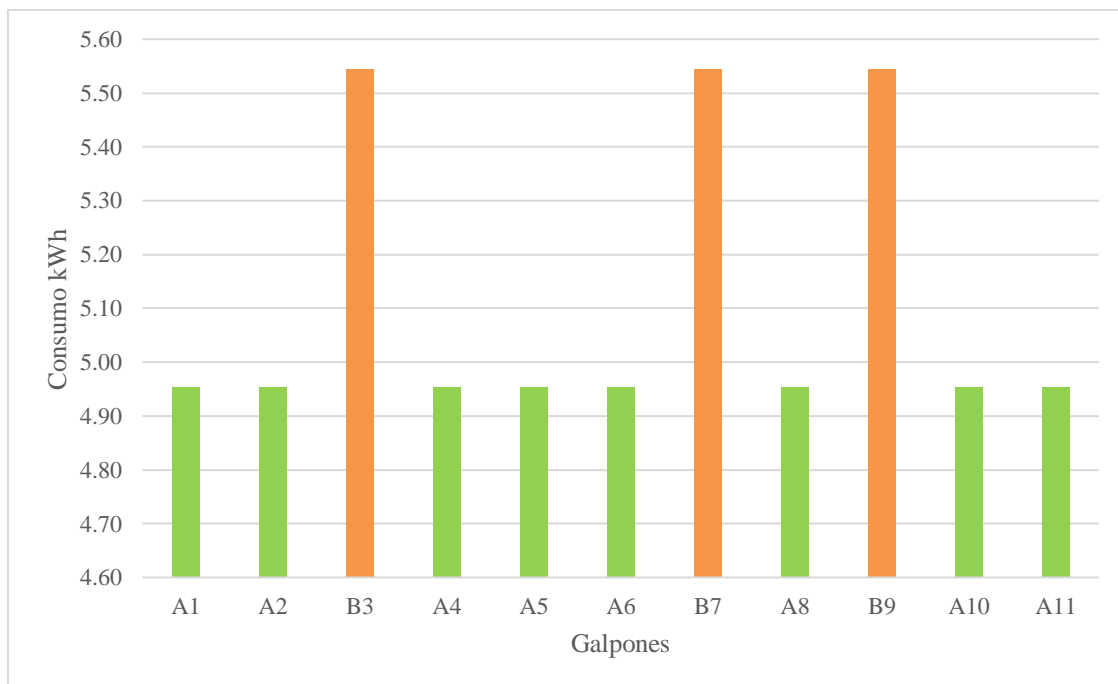


Figura 7: Análisis de energía eléctrica consumida diariamente

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

El área de galpones (tipo A y B) en promedio emplea 20258 kWh al año, lo que implica un valor de consumo de 1688 kWh al mes y 56,2 kWh al día. Un desglose a detalle referente a cada uno de los galpones se evidencia en el **Anexo 4**.

Distribución del consumo energético

La distribución de consumo abarca todas las áreas de la empresa, siendo así clave la identificación de áreas conflictivas, entorno a consumo de electricidad. La **Figura 8** muestra la segmentación porcentual de las diferentes áreas, misma que influye directamente con la presente investigación puesto que delimita el área de mayor índole crítico.

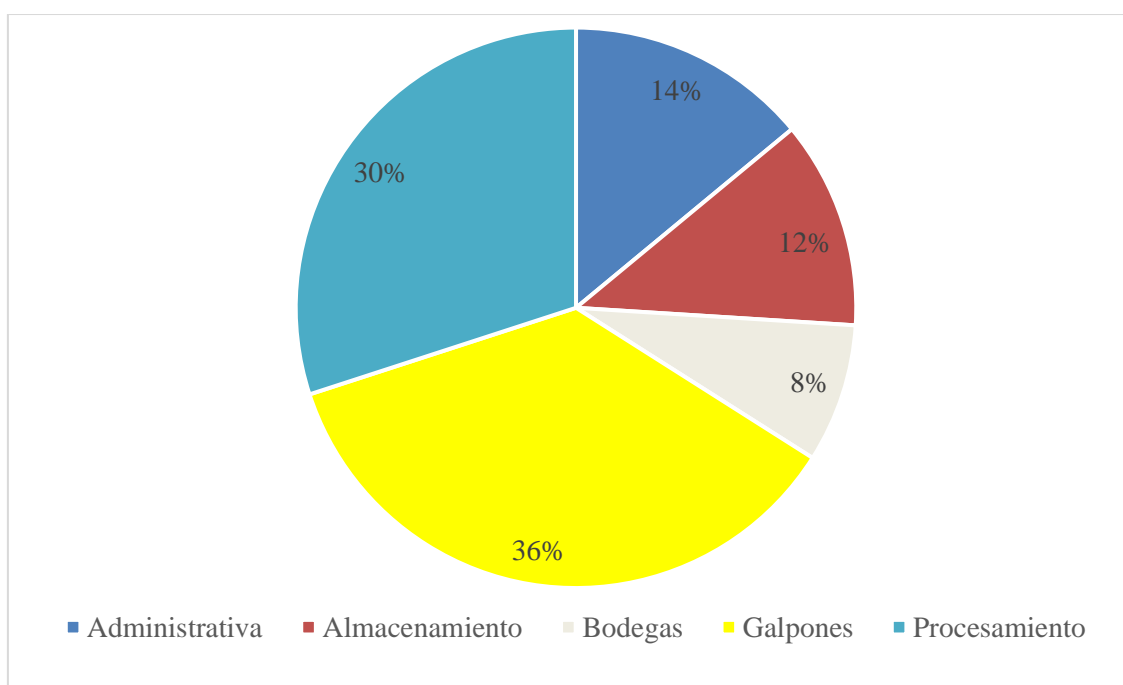


Figura 8: Distribución del consumo energético empresarial

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

La empresa consume un total de 57313 kWh en el año, mismo valor implica un consumo de 4776 kWh en el mes y 159,2 kWh al día. Se evidencia que del total de recurso eléctrico el área de galpones es la más conflictiva con un 36 %, siendo así el área con una mayor demanda de cantidad energética. En el **Anexo 1** se detallan valores de consumo.

Esta área está integrada por sistemas de alimentación y suministro de agua que consumen un porcentaje elevado en comparación al resto de componentes en la planta, mismos que presentan un funcionamiento constante y tiempos de acción prolongados.

Análisis de viabilidad del recurso geográfico empleable

La empresa Avícola La Ponderosa está ubicada en la región sierra centro, presenta un posicionamiento geográfico aledaño a la línea ecuatorial, este factor es favorable puesto que se puede aprovechar el recurso e incorporar una central fotovoltaica

La importancia que presentan la ubicación y las superficies disponibles son indispensables puesto que para tener un sistema solar viable es necesario minimizar la cantidad de sombra tanto como sea posible, tener un índice alto de horarios de radiación, temperatura adecuada y otros varios aspectos ambientales. En la **Figura 9** se presenta el plano ecuatoriano de insolación, donde se evidencia el impacto de radiación solar directa. Cotopaxi se ubica en un área de impacto alto del recurso.

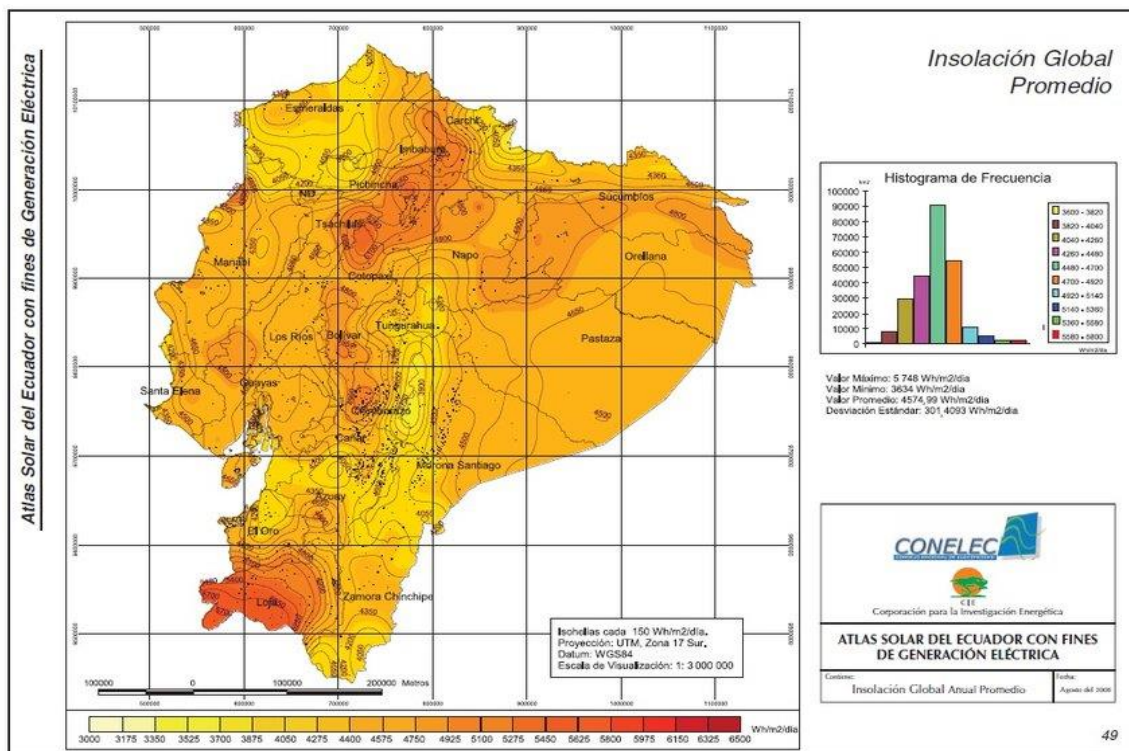


Figura 9: Atlas solar del Ecuador

Fuente: CONELEC (2008)

Análisis de la disponibilidad del recurso energético solar

Ecuador es un país con una ubicación céntrica del mundo, es por esta razón que existen variables mínimas de variación en cuanto al posicionamiento en cuanto al sol, y de esta manera la radiación solar se mantiene constante durante todo el año; es importante resaltar que este factor es cambiante en diferentes puntos alejados de la línea ecuatorial

La comparativa de radiación global de las diferentes fuentes consultadas, obteniendo así crecimientos destacables en el último año 2022 referente a la provincia de Cotopaxi. En la **Figura 10** se dan a conocer especificaciones de datos referentes medias mensuales de la radiación global proporcionados por las citadas entidades.

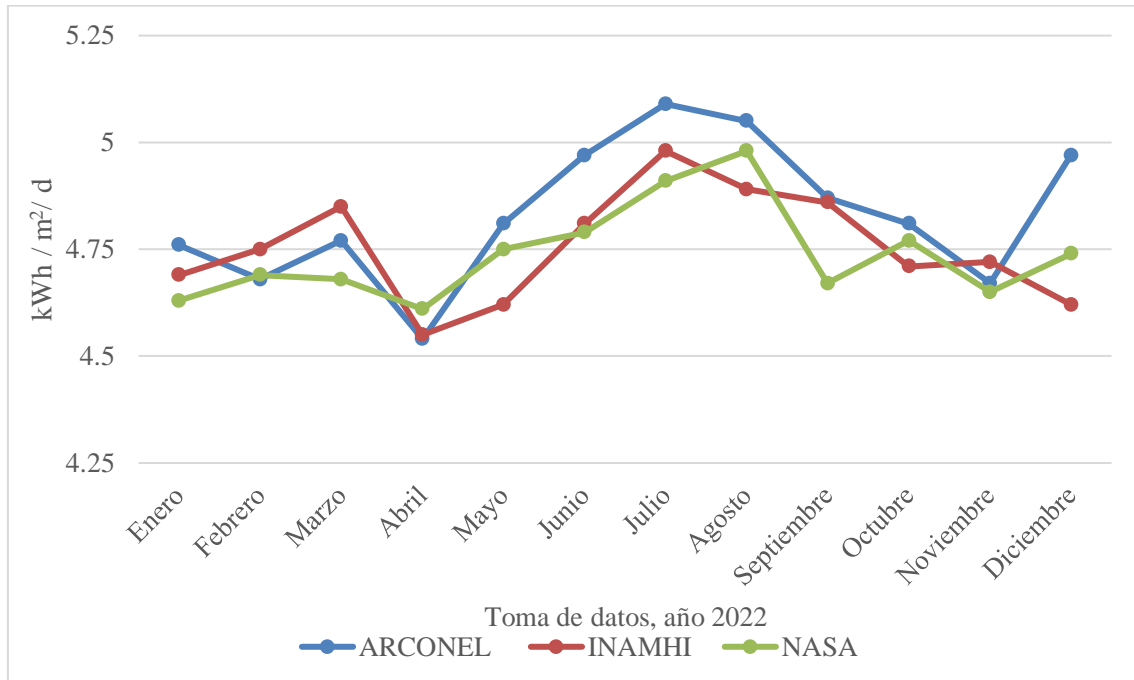


Figura 10: Comparativa de estimación del recurso solar

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

En el **Anexo 5** se encuentra un desglose a detalle referente a mediciones de cada entidad referente a radiación solar en la provincial.

Energía solar en la empresa

Esta parte del estudio se designa a la investigación de la radiación solar. La ubicación geográfica del cantón Salcedo tiene repercusión directa en cuanto al nivel de radiación en la empresa Avícola La Ponderosa, para comprobar y recopilar datos se empleara el software libre RETScreen y se tomara en cuenta el último año 2022 como base de estudio.

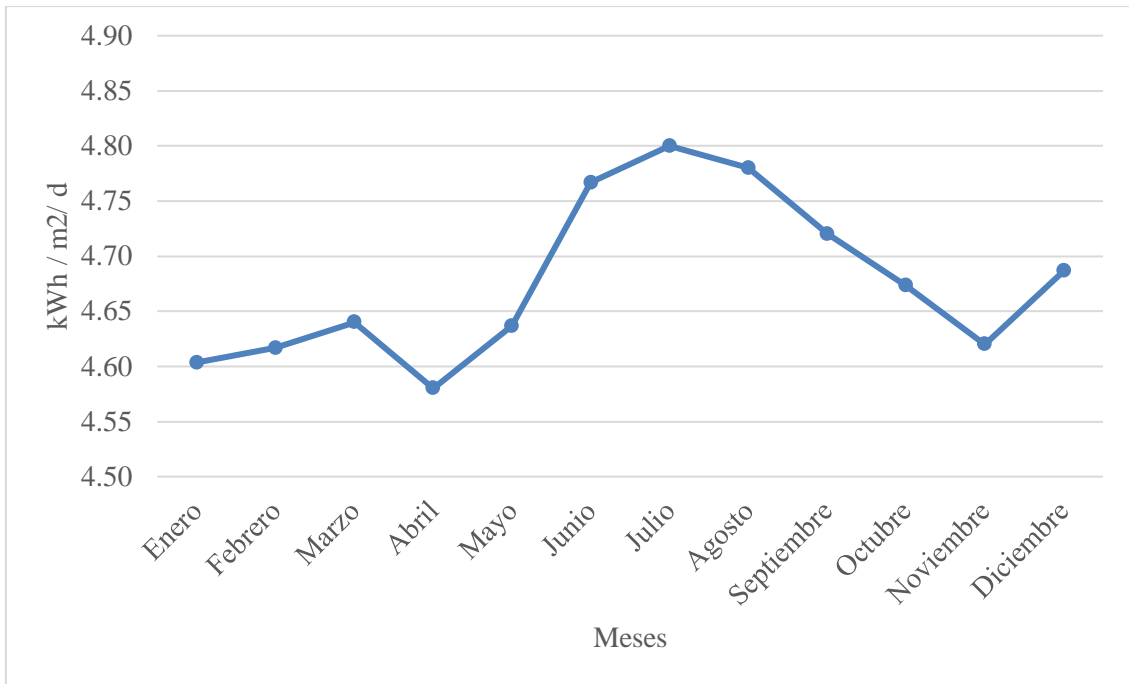
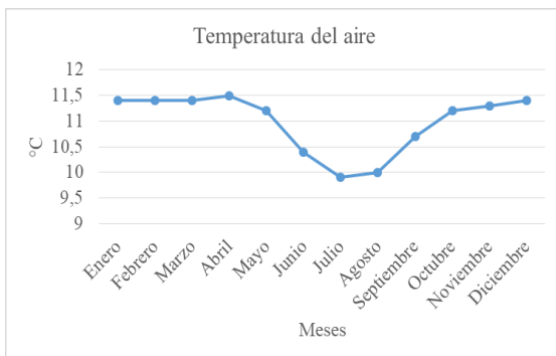


Figura 11: Radiación solar en Avícola La Ponderosa

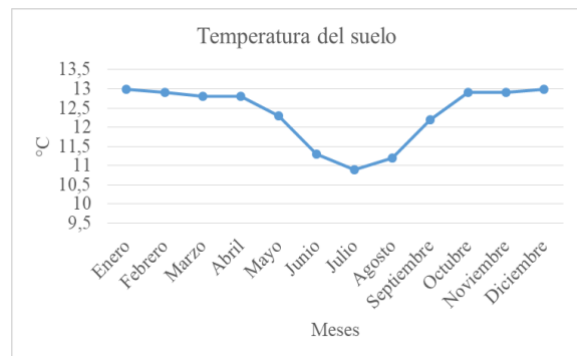
Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

En la **Figura 11** se analiza la tendencia de acuerdo a los índices de radiación solar presentes en la ubicación de la empresa, donde presenta fluctuaciones a lo largo del año; siendo el Julio un mes con mayor incidencia, mientras que Abril se atribuye como el peor mes en cuanto incidencia solar en el periodo anual.

Además, empleando el mismo software se determinó una descripción tipo mosaico evidenciada en la siguiente figura, misma que resume distintos factores medioambientales que tienen repercusión directa en el dimensionamiento del sistema, las estimaciones a detalle de los valores se puede encontrar en el **Anexo 6**.



A



B

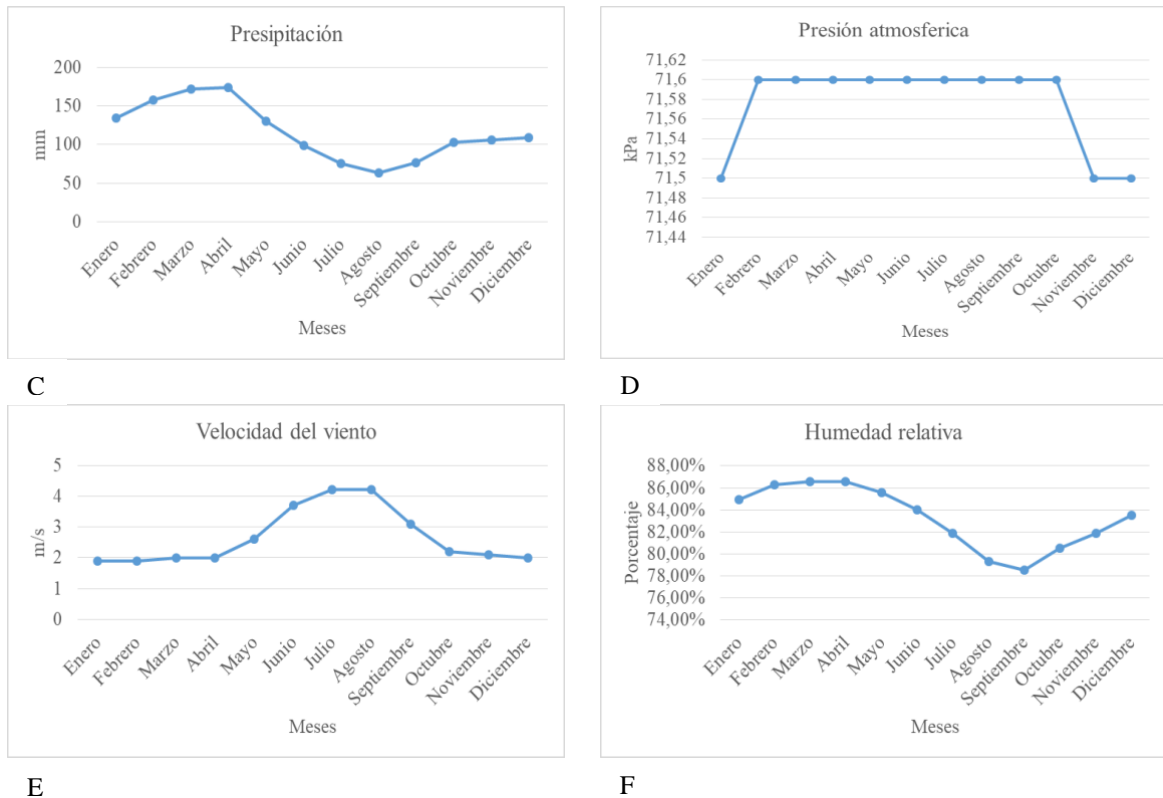


Figura 12: Factores medioambientales de la empresa

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

De esta manera se analiza los factores ambientales presente en la empresa durante el periodo del año 2022, determinando temperaturas del viento y suelo con ritmos constantes (Ay B), precipitaciones presentes mayormente en la primera etapa del año (C), presión atmosférica con una dominancia en la totalidad del año empezando desde el mes de febrero y cayendo en noviembre (D).

Mientras que la velocidad del viento presenta un incremento a partir del mes de mayo y se estabiliza en el mes de octubre (E) y finalmente la humedad relativa presenta decaimientos en el último semestre del año (F).

Cálculo del promedio de horas solares pico

El cálculo de las horas solares pico, de acuerdo con la norma ecuatoriana de construcción (NEC 2011) en su capítulo de energías renovables, establece la aplicativa de la ecuación 4, misma que a continuación se describe:

$$HSP = \left(\frac{H (Wh/m^2/día)}{I (W/m^2)} \right) \tag{4}$$

Donde las variables corresponden:

- **HSP:** valor de horas solares pico.
- **H:** irradiación promedio en las instalaciones de la empresa
- **I:** variable de irradiancia acogida por la superficie terrestre

De esta manera despejando la ecuación inicial se obtiene:

$$HSP = \left(\frac{4676,9 \text{ (Wh/m}^2\text{/día)}}{1000 \text{ (W/m}^2\text{)}} \right)$$

$$HSP = 4,67 \text{ h/día}$$

El número total de horas solares pico es de 4,67 horas al día, determinando idoneidad de aprovechamiento del recurso solar.

Factor de sombras presentes en el plano generador

En la medida posible se precisa evitar obstáculos en el entorno periférico de los paneles fotovoltaicos, puesto que esta variable disminuirá la generación y a su vez limitar la vida útil del panel (IDAE 2011). Se denomina factor de sombra a la influencia de esta en la trayectoria de alimentación del módulo.

La pérdida provocada por sombras se interpreta en base a la correlación entre la totalidad de radiación solar que altera al plano generador, mismo que se presenta variaciones en presencia de sombras y sin ellas. (IDAE 2011).

En la **Figura 13**, se presenta un análisis de seguimiento de sombras para la ubicación geográfica exacta bajo estudio. El mapa se obtuvo utilizando el programa geo referencial “Sun Earth Tools” con datos del sitio de la encuesta. Donde se evidencia inexistencia de obstáculos aledaños al sitio de ubicación del predio avícola, ya que se encuentra en una zona favorable.

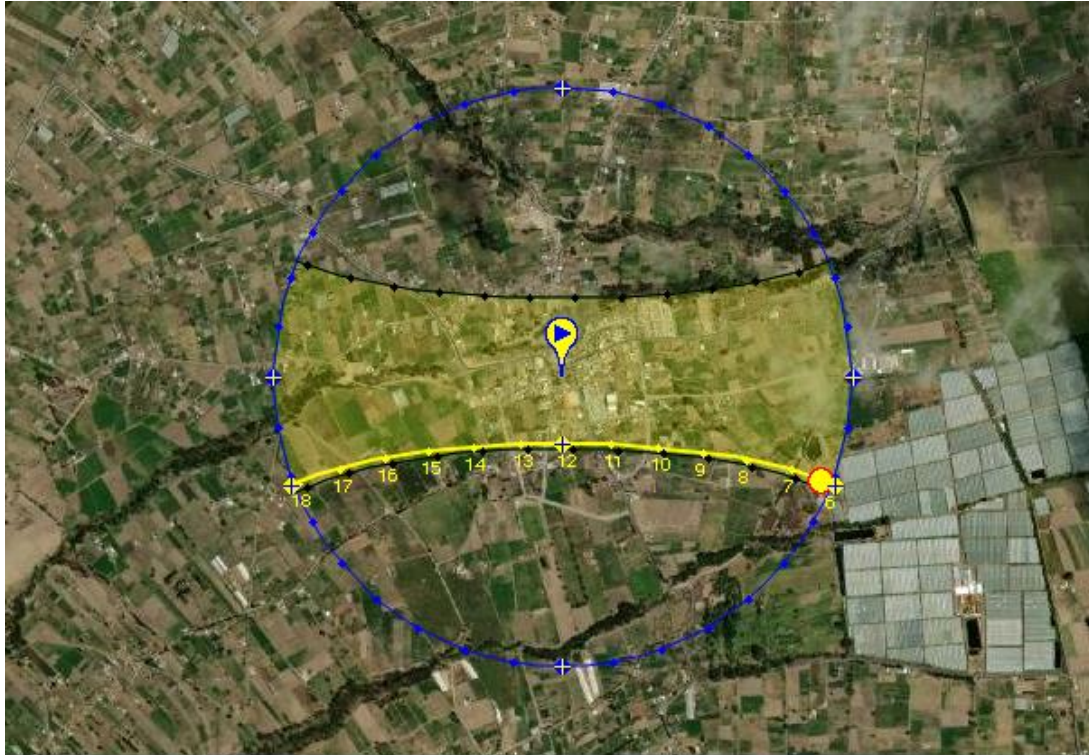


Figura 13: Factor de sombras presentes en la empresa

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Análisis de factores climáticos

En el presente apartado se analizó factores climáticos durante el transcurso del año 2022 empleando el software Weather Spark, con la finalidad de evidenciar variaciones climáticas entorno nubosidad y factor solar del sector en estudio.

Niveles de nubosidad

La cobertura de nubes se enuncia como un porcentaje (0-100 %), en donde una total del 100 % ratifica un inexistente cielo despejado. La **Figura 14** hace referencia al porcentaje histórico de tiempo transcurrido entre distintas cubiertas de nubes.

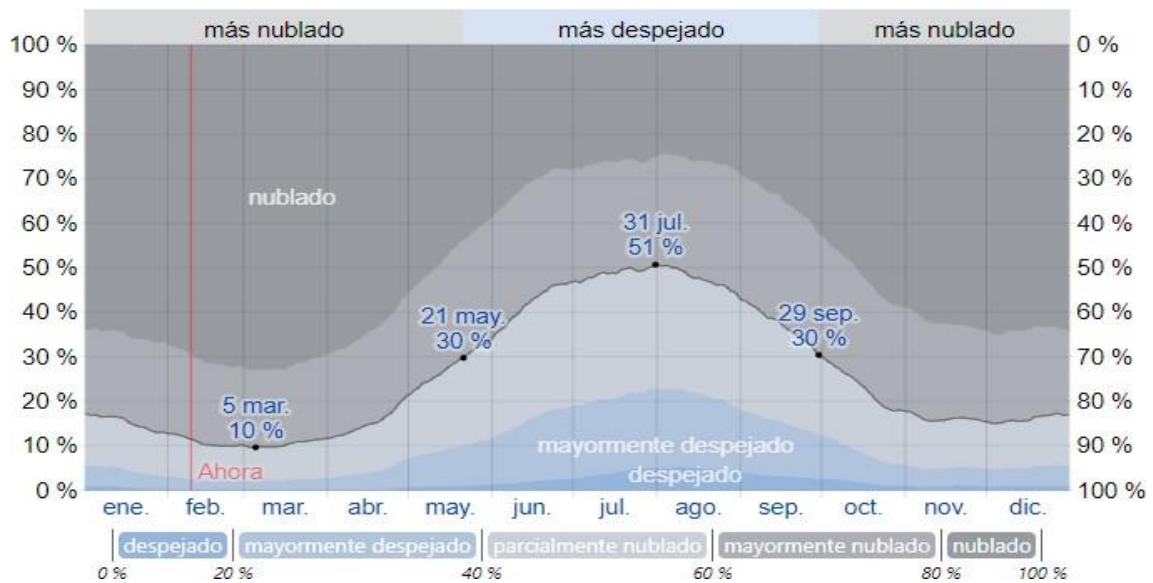


Figura 14: Niveles de nubosidad

Fuente: Chicaiza, Jhonny (2023)

La interpretación de la **Figura 14** indica que el día 21 de mayo da inicio el verano, en donde días con mayor índice de cielos despejados, con lapso de 4 meses con 3 días, culminando el día 29 de Septiembre. El día más despejado del año, se presentó el 31 de Julio, designado porque el cielo está claro o nublado en un porcentaje del 51%. Un lapso intermedio se presentó el día 29 de septiembre, presentando un lapso temporal de 7 meses con 7 días, terminando así el 21 de mayo. Por lo contrario el día con mayor índice de cielo nublado con un 90% y con un apenas 10% despejado fue el 5 de Marzo.

Presencia del sol

La presencia del factor solar determinara el éxito en cuanto al desarrollo de un sistema fotovoltaico, puesto que al ser la principal fuente energética, esta debe presentar lapso temporales considerables y en su preferencia constante. La **Figura 15** muestra un desglose histórico del factor solar en estudio a lo largo del periodo de producción, mismo que coincide con un año calendario.

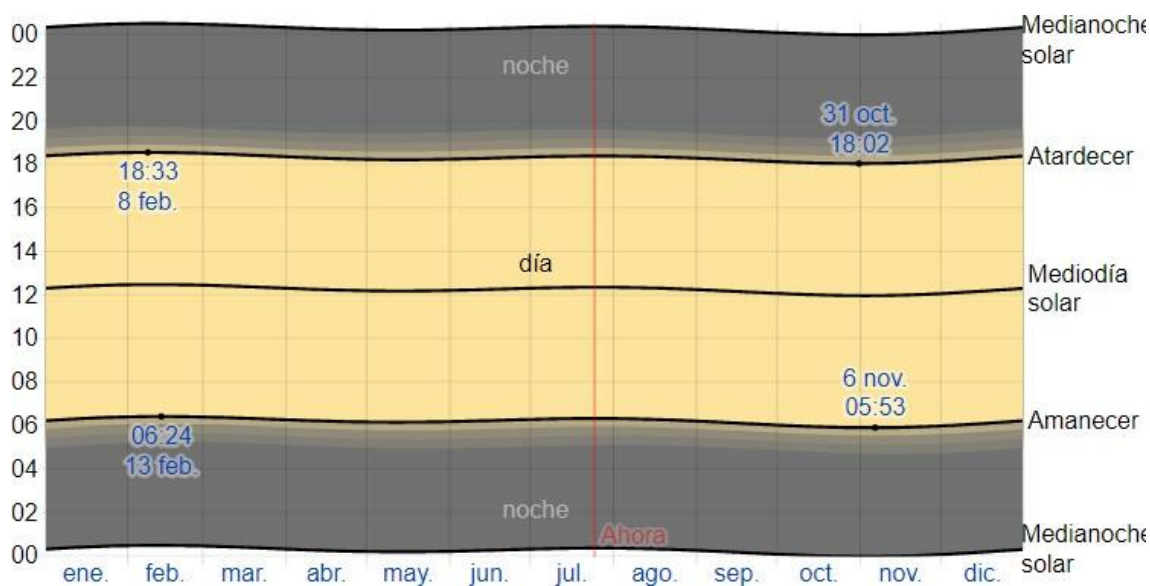


Figura 15: Presencia de sol

Fuente: Chicaiza, Jhonny (2023)

La interpretación de la figura indica que la presencia solar varió de acuerdo al tipo de periodo anual. Es así que, el día con un amanecer más tardío fue el 13 febrero a las 06:24 am, mientras que el día con un amanecer más pronto se presentó el 6 de noviembre a las 05:53 am. Por otro lado el anochecer más pronto fue el 31 de octubre a las 18:02 pm y para el anochecer más tardío fue el 8 de febrero a las 18:33 pm.

Horas de luz natural

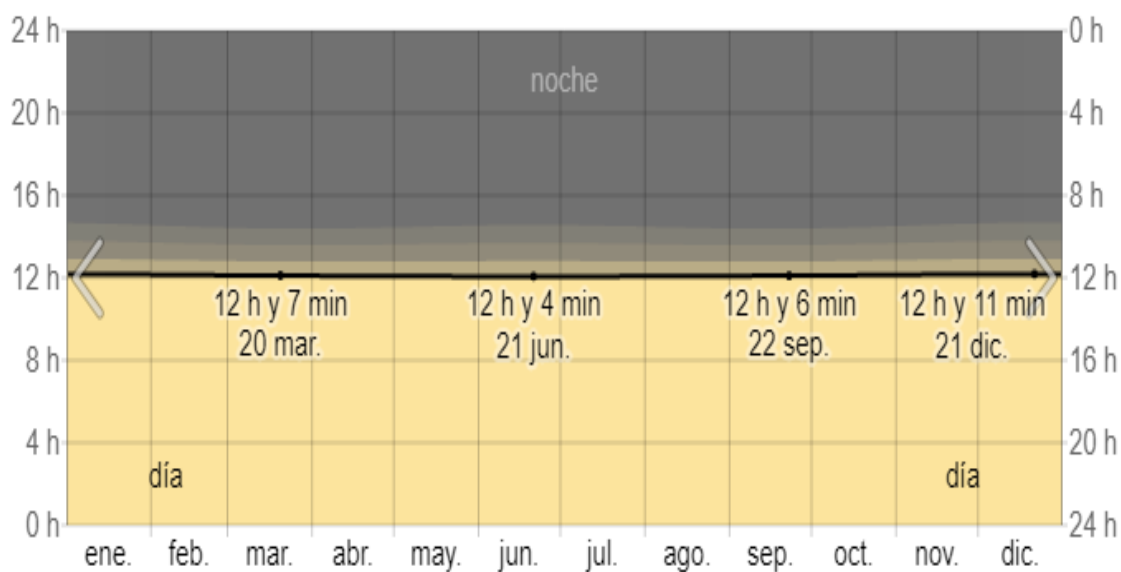


Figura 16: Horas de luz natural

Fuente: Chicaiza, Jhonny (2023)

La interpretación de la **Figura 16** indica que en cuanto a las horas de luz natural presentes, existieron variaciones promedio al redor de 3 minutos. Siendo así la fecha de 21 de junio con un total de 12 horas y 4 minutos la menor entre todas y en comparación el 21 de diciembre con un total de 12 horas y 11 minutos la mayor. Lo cual nos muestra intervalos anuales con valores poco cambiantes, mismo factor aporta con consistencia productiva al sistema fotovoltaico propuesto.

Área de estudio

Tabla 4: Determinación del área de estudio

| Área de estudio | Delimitación del objetivo de estudio |
|------------------------|---|
| Dominio | Tecnología, sociedad y hábitat sostenible |
| Línea de investigación | Sistemas industriales |
| Campo | Ingeniería Industrial |
| Área | Producción |
| Aspecto | Optimización energética |
| Objeto de estudio | Modelado de un sistema fotovoltaico |
| Periodo de análisis | 2022-2023 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Modelo operativo

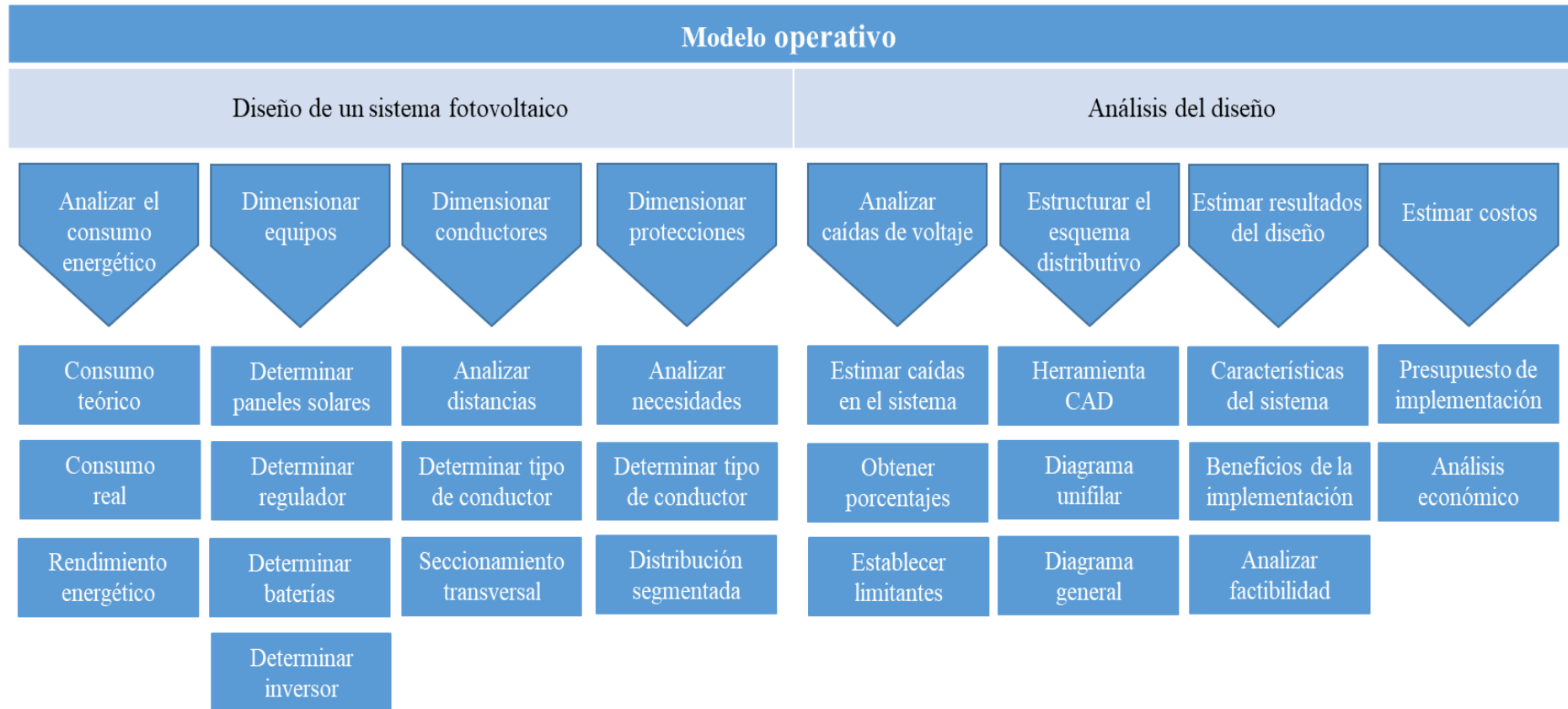


Figura 17: Esquematización de modelo operativo

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Desarrollo del modelo operativo

Diseño de un sistema fotovoltaico

La primera fase establece la determinación de los principales componentes del sistema fotovoltaico, características funcionales, estimación de cantidades y elección de modelos.

- Análisis del consumo energético

Identificar y analizar el consumo teórico y real de los diferentes componentes que presentan consumo energético dentro del área de galpones, siendo seccionados en tipo A y B. De igual manera, se estima el índice de eficiencia que presenta la instalación bajo condiciones reales de operación.

- Dimensionamiento de equipos

Esta fase abarca la estructuración de una parte central del sistema fotovoltaico, siendo necesario determinar paneles solares, regulador, baterías e inversor. Se determina la cantidad, tipo y distribución que cada equipo tendrá en el sistema. La identificación y análisis del rendimiento de los diferentes componentes determinará el funcionamiento idóneo para abastecer energéticamente al área en estudio.

- Dimensionamiento conductores

Determinar la longitud del conductor en base al análisis de distancias entre componentes, mismo análisis será un factor determinante en el estudio de caídas de voltaje. La sección transversal del conductor se debe analizar para determinar el tipo de conductor que será empleado en el sistema.

- Dimensionamiento de protecciones

Analizar el seccionamiento entre componentes del sistema para determinar la necesidad del tipo de protección, siendo variable de acuerdo a la conexión. El tipo de protección será elegido de acuerdo a características eléctricas y rendimientos nominales. De esta manera, se distribuyen a lo largo del sistema las protecciones necesarias.

Análisis del diseño

La segunda fase establece el análisis de características del sistema, abordando caídas de voltaje, distribución de componentes, características del sistema y estimación de costos de implementación.

- Analizar caídas de voltaje

Análisis de la relación referente a conexiones entre componentes del sistema siendo posible la determinación porcentual de caída por parte de los conductores eléctricos, seccionados. Determinando de esta forma, en base a lo estipulado por la NEC, valores permitidos de caída, asegurando la producción energética constante del sistema.

- Esquema distributivo

Establecer la distribución de componentes y definir conexiones, se debe emplear herramientas CAD para diagramar la estructura unifilar y estructura general del sistema fotovoltaico diseñado.

- Estimación de resultados

Estimar cambios generados por el sistema propuesto entorno a costos operativos representados por el área en estudio dentro de la empresa, delimitando características factibles para la implementación y un funcionamiento adecuado del sistema.

- Estimación de Costos

Delimitar el presupuesto inicial necesario para la implementación del sistema fotovoltaico en el área de galpones, obteniendo análisis de factibilidad económico de los componentes y variables necesarias para el diseño. Analizar estimaciones del costo frente al tiempo determinado de ejecución.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta

Determinación del tipo de sistema

Los sistemas de generación fotovoltaica se dividen en: aislados y conectados a red. Para obtener la mejor elección de acuerdo a las alternativas existentes se emplea la metodología de criterios ponderados, en el cual se estima variaciones entre criterios de acuerdo al tipo de sistema a seleccionar.

Se establece valores de calificación de 0 a 2, siendo así: 0 bajo, 1 medio y 2 alto. Además se implanta un porcentaje de importancia referente a cada criterio, siendo el más elevado de 25% y el menor de 15%. Resultando de esta manera la cifra total entre la ponderación por el valor.

Tabla 5: Matriz de criterios ponderados

| Criterio | Ponderación (100%) | Sistema aislado | | Sistema conectado a red | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| | | Valor | Valor ponderado | Valor | Valor ponderado |
| Cambio de matriz energética | 25 % | 2 | 50 | 1 | 25 |
| Aprovechamiento de recursos | 25 % | 2 | 50 | 1 | 25 |
| Reducción de Costo | 20 % | 1 | 20 | 1 | 20 |
| Mantenimiento | 15 % | 1 | 15 | 1 | 15 |
| Innovación | 15 % | 1 | 15 | 1 | 15 |
| | | Total | 150 | Total | 100 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

En la **Tabla 5** se delimitan los resultados de la ponderación de criterios, en conclusión el diseño de un sistema aislado para la empresa es la mejor opción. Debido a que principalmente, la empresa busca un cambio de matriz energético completo en el área de estudio y puede aprovechar el máximo de recursos necesarios para lograrlo.

Diseño de un sistema de generación fotovoltaica aislado

Este apartado está enfocado en el modelado de un sistema de generación fotovoltaica para el área de galpones de la empresa avícola La Ponderosa, partiendo de estimaciones energéticas del área en estudio y posterior dimensionamiento de componentes.

Estimación del consumo energético teórico

El consumo energético teórico total de los diferentes dispositivos dentro de cada galpón se determina inicialmente, en el cual se toman los sistemas principales de consumo como: distribución de alimento y suministro de agua. En la **Tabla 6** se expone el análisis individual de cada galpón, abordando cada una de las cargas presentes.

Tabla 6: Consumo energético teórico

| Tipo A | Equipo | Cantidad | Potencia (kW) | Tiempo máximo (h) | Consumo teórico diario (kWh) |
|------------------|---|-----------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Galpón 1-2-4-5-6 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1,13 | 3 | 3,41 |
| 8-10-11 | Motor suministro de agua | 1 | 0,77 | 2 | 1,54 |
| Total | | | | | 4,95 |
| Galpón 3-7-9 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1,13 | 3,35 | 3,81 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 0,77 | 2,25 | 1,74 |
| Total | | | | | 5,54 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Factor de rendimiento energético de la instalación

El rendimiento energético del sistema entorno al índice de eficiencia presente en la instalación y bajo criterios de condiciones reales de operación, de acuerdo a lo estipulado en (NEC 2011) y (Aguilera y Hontoria 2018), establecen la aplicación la ecuación 5 para su cálculo. Misma que se detalla a continuación:

$$fr = (1 - kb - kc - kv) * (1 - \frac{n * ka}{pd}) \quad (5)$$

Donde las variables corresponden:

- **kb:** Coeficiente de pérdidas por rendimiento del banco de baterías
0,05 para sistemas que no demanden descargas profundas.
- **kc:** Coeficiente de pérdidas en el inversor.
0,05 para inversores senoidales puros.
- **kv:** Coeficiente de pérdidas varias (perdidas en conductores, efecto joule, etc.)
0,05 pérdidas en cableado y equipos
- **ka:** Coeficiente de auto-descarga diario
0,005 para baterías estacionarias de Pb-ácido.
- **n:** Número de días de autonomía de la instalación
Serán los días que la instalación deba operar bajo una irradiación mínima.
- **pd:** Profundidad de descarga de la batería

$$fr = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,05) * (1 - \frac{1 * 0,005}{0,60})$$

$$fr = 0,84$$

Estimación del consumo energético real

El consumo energético real se estima en base al consumo energético teórico en unidades Wh entre el factor de rendimiento energético, por lo que es indispensable el cálculo de este consumo para enfrentar a varios factores que guardan relación con posibles pérdidas que se presentarán en la instalación del sistema fotovoltaico, se calcula el consumo real empleando la siguiente ecuación:

$$Er = \frac{Et}{fr} \quad (6)$$

Donde las variables corresponden:

- **Et:** consumo energético teórico
- **fr:** factor de rendimiento energético

La energía teórica consumida varía según el tipo de galpón, bajo este lineamiento es necesario determinar cálculos indistintos según las cargas.

Galpones Tipo A

$$Er = \frac{4,95 kWh}{0,84}$$

$$Er = 5,89 kWh$$

Galpones Tipo B

$$Er = \frac{5,54 kWh}{0,84}$$

$$Er = 6,59 kWh$$

Se establece un voltaje del sistema de 48V por los siguientes parámetros de elección:

- En sistemas desde 1 a 2000 Wh referente a requerimiento diario, se debe emplear un voltaje de 12V.
- En sistemas desde 2001 a 4000 Wh referente a requerimiento diario, se debe emplear un voltaje de 24V.
- En sistemas que excedente de 4001 Wh se debe emplear un voltaje de 48V.

Dimensionamiento de paneles solares fotovoltaicos

Los paneles solares serán la fuente energética principal del sistema, cumpliendo la función de capturar y transformar la radiación solar en energía eléctrica. El dimensionamiento de paneles solares se determina en base características técnicas de abastecimiento, área disponible y presupuesto estimado. Además de cumplir con la normativa IEC-61215: módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre, según lo estipulado por la NEC.

Selección del tipo de panel solar

El modelo propuesto empleará paneles solares monocristalinos porque presentan mayor eficiencia y menores pérdidas, mismos factores será determinante en el funcionamiento adecuado del sistema. Además presenta costos accesibles en comparación con otros modelos. De esta manera, en la **Tabla 7** se encuentran detallados valores referentes a las características técnicas del equipo, mismos que serán utilizados en el diseño. Además, el **Anexo 7** detalla la ficha técnica del tipo de panel solar seleccionado.

Tabla 7: Características técnicas del panel solar EOS Monocristalino 5BB

| Panel solar EOS Monocristalino 5BB | |
|---|-------------------------------------|
| Potencia de salida | 400 W |
| Voltaje | 24 v |
| Eficiencia | 20,16 % |
| Intensidad de potencia máxima | 10,02 A |
| Intensidad por Corto-Circuito | 10,4 A |
| Temperatura de trabajo | -45° a 80° C |
| Tipo de celda | Monocristalina (158,75 x 158,75 mm) |
| Organización de celdas | 72 unidades |
| Dimensiones | 1980 x 1002 x 40 mm |
| Peso | 22,9 kg |
| Vidrio | Templado (3,2 mm) |
| Certificación | IEC 61215 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Determinación del número de paneles solares

Entre los valores obtenidos en base a la de radiación solar global en la ubicación de la empresa avícola del **Anexo 6** se elige el promedio más bajo en todo el año correspondiente a Abril con un valor de 4580 Wh/m²/d; en base a dicho factor se determina las horas solares pico mínimas (HSPm) aplicando la siguiente ecuación.

$$HSPm = \left(\frac{H_m}{I} \right) \quad (7)$$

Donde las variables corresponden:

- **Hm:** horas solares mínimas (mes más crítico)
- **I:** constante de radiación

$$HSP \text{ mínimas} = \left(\frac{4580 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} \right)$$

$$HSP \text{ mínimas} = 4,58 \text{ h}$$

El número de paneles solares necesarios para el dimensionamiento del sistema depende de varios factores, como la cantidad de cargas acopladas al sistema, potencia y tiempo de uso. Mediante la aplicación de la ecuación 8 es posible determinar el número exacto requerido para el dimensionamiento fotovoltaico.

$$Np = \frac{Er}{0,9 * W * HSPm} \quad (8)$$

Donde las variables corresponden:

- **Er:** Consumo energético real
- **W:** Potencia nominal del panel
- **HSPm:** hora solar del peor mes, ver **Anexo 6**
- **0,9:** el factor global de pérdidas

La variable energía real consumida ya determinada varía según la tipología del galpón, bajo este lineamiento es necesario determinar cálculos indistintos para determinar el número de paneles a ser empleas en cada tipo.

Galpón Tipo A

$$Np = \frac{5891,79 \text{ Wh}}{0,9 * 400 \text{ W} * 4,58 \text{ h}}$$

$$Np = 3,57 \approx 4 \text{ unidades}$$

Galpón Tipo B

$$Np = \frac{6593,34 \text{ Wh}}{0,9 * 400 \text{ W} * 4,58 \text{ h}}$$

$$Np = 3,98 \approx 4 \text{ unidades}$$

El número total de paneles a ser empleados tanto en el tipo A y B, son 4 unidades. La igualdad se debe a la elección del mismo panel solar, tomando en cuenta sus características técnicas y valores económicos del equipo, adicionalmente a la aproximación de valores finales

Esquema distributivo de los paneles solares del sistema

La distribución de conexión referente a los paneles, sean estos conectados en serie o paralelo, parte de cifras nominales referente a los mismos.

Conexión en serie de paneles

La determinación del total de paneles solares conectado en serie es posible mediante la aplicación de la ecuación 9.

$$P_{serie} = \frac{Vs}{Vp} \quad (9)$$

Donde las variables corresponden:

- **Pserie:** cantidad de paneles fotovoltaicos acoplados en serie.
- **Vs:** tensión determinada del sistema.
- **Vp:** tensión nominal del módulo solar.

Galpón tipo A y B

$$P_{serie} = \frac{48 \text{ v}}{24 \text{ v}}$$

$$P_{serie} = 2 \text{ unidades}$$

Conexión en paralelo de paneles

La determinación del total de paneles solares conectado en paralelo es posible mediante la aplicación de la ecuación 10.

$$P_{\text{paralelo}} = \frac{N_p}{P_s} \quad (10)$$

Donde las variables corresponden:

- **Pparalelo:** cantidad de paneles fotovoltaicos acoplados en paralelo.
- **Np:** número total de paneles determinados del sistema.
- **Ps:** cantidad de paneles fotovoltaicos acoplados en serie

Galpón tipo A y B

$$P_{\text{paralelo}} = \frac{4}{2}$$

$$P_{\text{paralelo}} = 2 \text{ unidades}$$

De esta manera se determina que 2 paneles se conectan en serie y 2 paneles se conectan en paralelo en el sistema propuesto.

Determinación del área física para el sistema de paneles

La determinación del área física a ser empleada se posibilita mediante el dimensionamiento técnico de los módulos, siendo este de 1980 x 1002 x 40 mm, con un total de 72 celdas en cada uno.

El ancho empleado para la distribución del sistema de paneles fotovoltaicos se determina en base a la aplicación de la ecuación 11.

$$\text{Ancho empleado} = A_p * P_s \quad (11)$$

Donde las variables corresponden:

- **Ap:** ancho del panel fotovoltaico
- **Ps:** número total de paneles en serie

$$\text{Ancho empleado} = 1980 \text{ mm} * 2$$

$$\text{Ancho empleado} = 3960 \text{ mm} = 3,96 \text{ m}$$

De igual manera, el largo empleado para la distribución del sistema de paneles fotovoltaicos se determina en base a la aplicación de la ecuación 12.

$$\mathbf{Largo\ empleado = Lp * Pp} \quad (12)$$

Donde las variables corresponden:

- **Lp:** ancho del panel fotovoltaico
- **Pp:** número total de paneles en paralelo

$$Largo\ empleado = 1002\ mm * 2$$

$$Largo\ empleado = 2004\ mm = 2,00\ m$$

La instalación se la realizaría en un espacio abierto de aproximadamente 525 m² correspondientes al área del techo de un galpón avícola, siendo valores similares en los dos tipos A y B. Siendo necesario calcular el área total de instalación que será ocupada bajo esta tipo de distribución, se aplican la ecuación 13. Obteniendo de esta manera la distribución que se muestra en la **Figura 18**.

$$\mathbf{Área\ total\ de\ instalación = Ap * Lp} \quad (13)$$

$$Área\ total\ de\ instalación = 3,96\ m * 2,004\ m$$

$$Área\ total\ de\ instalación = 7,93\ m^2$$

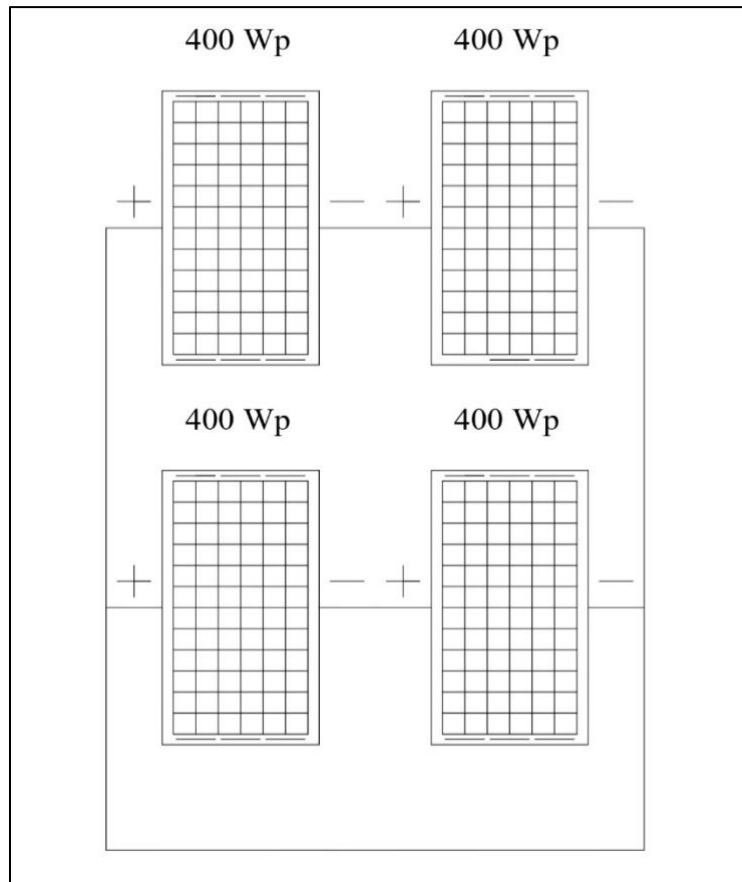


Figura 18: Distribución del sistema de paneles

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Es así que, resulta un voltaje de 48 V (sumatoria 24 V de voltaje de cada panel en serie) y una corriente de 20,80 A (sumatoria 10,40 A corriente de corto circuito de cada panel en paralelo).

Cálculo del ángulo de inclinación de los paneles

Es necesario estimar el ángulo de inclinación para un empleo anual, de acuerdo a lo estipulado en (Lorenzo 2006), se aplica la ecuación 14 tomando en cuenta el periodo con menor radiación y aplicando un valor constante para sistemas aislados de 10° .

$$\beta_{optima} = \varnothing + 10^\circ \quad (14)$$

Donde las variables corresponden:

- \varnothing : teta es igual a la latitud de la empresa

$$\beta_{optima} = -1,105 + 10^\circ$$

$$\beta_{optima} = 8,899^\circ$$

El parámetro beta calculado ($8,99^\circ$) está dentro de las aceptaciones contempladas por la normativa NEC, la cual indica que éste ángulo de inclinación puede mínima de 5° y máxima de hasta 15° . La orientación de los paneles deberá ser dirigida hacia la línea equinoccial, para de esta forma obtener el mayor provecho energético del sol.

Soporte estructural para paneles solares

El soporte estructural empleado para la implementación de módulos fotovoltaicos se determina en base al tipo de área, sus irregularidades y características. Siendo la clasificación del tipo de anclajes determinante en el diseño de modelo de soporte. Es por esto que, se ha definido el tipo de estructura referente a anclaje sobre tejado inclinado de acuerdo al área de estudio específica de la empresa.



Figura 19: Clasificación del tipo de estructura para panel solar

Fuente: Lorenzo (2006)

Especificaciones:

- Es necesario delimitar la vida útil de la estructura a la par de la vida útil de los paneles solares.
- El ángulo de inclinación determinando debe ser el adecuado en la implementación del soporte.
- Se debe tomar en cuenta la resistencia a la corrosión del material, es recomendable emplear acero galvanizado.

Dimensionamiento del banco de baterías

El banco de baterías intervendrá como fuente de energía durante el periodo temporal en el que la radiación solar no se encuentre disponible. Es por esto que debe ser capaz de almacenar energía para asegurar los días de autonomía.

$$C_{bat} = \frac{Er * n}{pd * Vsistema} \quad (15)$$

Donde las variables corresponden:

- **C_{bat}**: capacidad del banco de baterías
- **Er**: consumo energético real diario (A y B)
- **n**: día de autonomía del sistema
- **pd**: profundidad de descarga de la batería (60%), ver **Tabla 8**
- **V_{sistema}**: voltaje de funcionamiento del sistema

Galpón tipo A

$$C_{bat} = \frac{5891,79 \text{ Wh} * 1}{0,6 * 48 \text{ V}}$$

$$C_{bat} = 206,57 \text{ Ah}$$

Galpón tipo B

$$C_{bat} = \frac{6593,34 \text{ Wh} * 1}{0,6 * 48 \text{ V}}$$

$$C_{bat} = 218,93 \text{ Ah}$$

Distribución en serie de baterías

Para determinar la distribución en serie de baterías del sistema fotovoltaico se emplea la ecuación 17, detallada a continuación:

$$B_{serie} = \frac{Vs}{Vn} \quad (16)$$

Donde las variables corresponden:

- **B_{serie}**: total de baterías conectadas en serie
- **V_s**: voltaje determinado del sistema

- **Vn:** voltaje nominal de la batería

Galpón tipo A y B

$$B_{serie} = \frac{48 V}{12 V}$$

$$B_{serie} = 4 \text{ unidades}$$

Distribución en paralelo de baterías

Para determinar la distribución en paralelo de baterías se emplea la ecuación 18, detallada a continuación:

$$B_{paralelo} = \frac{\left(\frac{C_{bat}}{pd}\right)}{I_n} \quad (17)$$

Donde las variables corresponden:

- **Cbat:** capacidad del banco de baterías
- **pd:** profundidad de descarga de la batería (60%)
- **In:** capacidad nominal de la batería

Galpón tipo A

$$B_{paralelo} = \frac{\left(\frac{206,57 Ah}{0,60}\right)}{260 Ah}$$

$$B_{paralelo} = 1,32 \approx 2 \text{ unidad}$$

Galpón tipo B

$$B_{paralelo} = \frac{\left(\frac{218,93 Ah}{0,60}\right)}{260 Ah}$$

$$B_{paralelo} = 1,40 \approx 2 \text{ unidad}$$

Cantidad total de baterías

El número la distribución de unidades en serie y paralelo, es posible determinar la cantidad total de baterías que conformaran el banco que funcionará como respaldo del sistema fotovoltaico, se aplica la ecuación 19.

Galpón tipo A y B

$$T_{baterías} = B_{serie} * B_{paralelo} \quad (18)$$

$$T_{baterías} = 4 * 2$$

$$T_{baterías} = 8 \text{ unidades}$$

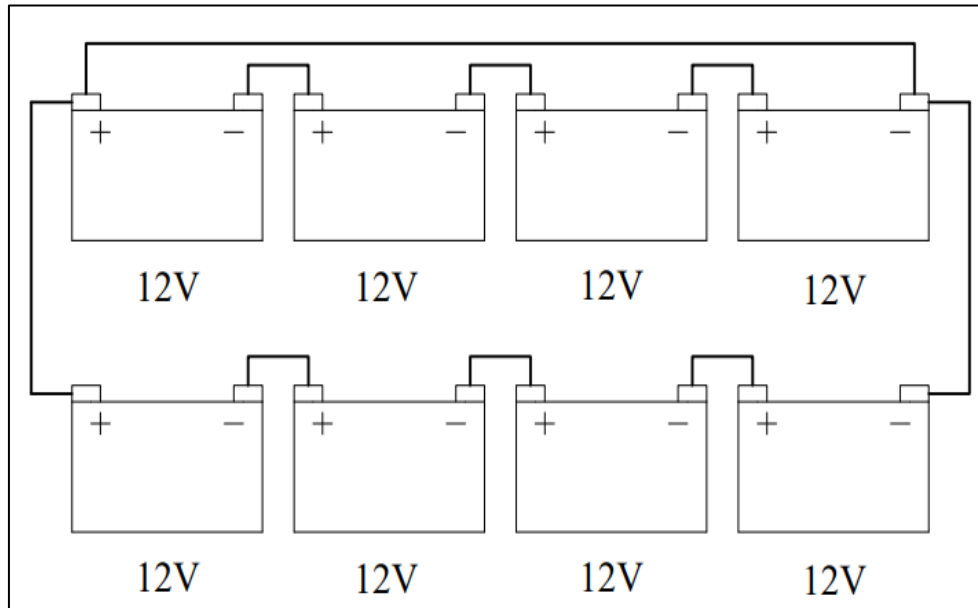


Figura 20: Distribución del sistema de baterías

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Serán empleadas un total de 8 baterías de plomo ácido para abastecer la demanda de un día de autonomía del sistema fotovoltaico, asegurando así su duración y rendimiento óptimo.

Selección del tipo de batería

El tipo de batería está determinado en base a los requerimientos de abastecimiento, además el impacto económico del componente es un factor de importancia considerable. Consecuentemente, la batería deberá ser de Plomo Acido las mismas que cuentan con un rendimiento precio-calidad de acuerdo al tipo de sistema.

En la **Tabla 8** se encuentran detallados valores referentes a las características técnicas del equipo, mismos que serán utilizados en el diseño. Además, el **Anexo 8** muestra especificaciones de la batería seleccionada.

Tabla 8: Características técnicas de Batería Solar Eleksol ES260

| Batería Eleksol ES260 12V - 260Ah | |
|--|------------------------|
| Modelo | ELEKSOL ES260 SOLAR |
| Descripción | Batería de plomo ácido |
| Profundidad de descarga | 60% |
| Capacidad | 260 Ah |
| Voltaje | 12 V |
| Dimensiones | 518 x 276 x 242 mm |
| Peso | 56,70 kg |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

En sistemas fotovoltaicos aislados, de acuerdo a lo estipulado por la NEC, los equipos como no podrán fijarse sobre pared, sino que deben ser ubicados en estructuras adecuadas.

Un armario metálico es el recomendado, este debe estar protegido contra la corrosión o de material aislante (policarbonato) con la finalidad de evitar el empalme entre operarios con partes energizadas. La estructura albergara a los equipos debe tener un tamaño de: 1,20 de largo, 1,60 de alto y 0,50 de ancho, adecuado acorde a las dimensiones de los equipos con mayor volumen, en este caso el banco de baterías.

Dimensionamiento del regulador de carga

La determinación de necesidades del regulador de carga está relacionado a la corriente máxima que recorrerá el sistema, mismo que se identifica empleando la ecuación 19, donde se relaciona el total de amperios hora requeridos por la batería entre la cantidad de horas solares pico del mes con menor radiación solar del año.

$$Cms = \frac{Cbat}{HSPm} \quad (19)$$

Dónde las variables corresponden:

- **Cm:** corriente máxima del sistema
- **Cbat:** capacidad del banco de baterías (Ah requeridos)
- **Hspm:** horas solares pico del peor mes

Galpón tipo A

$$Cms = \frac{206,57 Ah}{4,58 h}$$

$$Cms = 45,10 A$$

Galpón tipo B

$$Cms = \frac{218,93 Ah}{4,58 h}$$

$$Cms = 47,80 A$$

Corriente máxima del regulador

El valor del punto máximo referente a potencia energética en el sistema fotovoltaico determina la eficiencia del regulador durante la carga de la batería con una intensidad máxima disponible.

$$Cmr = Cms * Fac.Seg \quad (20)$$

Dónde las variables corresponden:

- **Cmr:** corriente máxima del regulador
- **Cms:** corriente máxima del sistema
- **Fac.Seg:** asume un valor de 1,25

Galpón tipo A

$$Cmr = 45,10 A * 1,25$$

$$Cmr = 56,36 A$$

Galpón tipo B

$$Cmr = 47,80 A * 1,25$$

$$Cmr = 59,75 A$$

Cantidad total de reguladores

Para la cuantificación del número total de reguladores que serán empleado para el sistema se utiliza la ecuación 21, misma que aborda valores de corriente máxima del reguladores entre el valor técnico del equipo seleccionado.

$$Treguladores = \frac{Cmr}{Iregulador} \quad (21)$$

Dónde las variables corresponden:

- **Treguladores:** total de reguladores requeridos por el sistema
- **Cmr:** corriente máxima del regulador
- **Iregulador:** capacidad del regulador

Galpón tipo A

$$Treguladores = \frac{56,36 A}{60 A}$$

$$Treguladores = 0,93 \approx 1 \text{ unidad}$$

Galpón tipo B

$$Treguladores = \frac{59,75 A}{60 A}$$

$$Treguladores = 0,99 \approx 1 \text{ unidad}$$

Se empleará un total de un regulador para cada grupo de paneles según su tipo. El regulador responde a un voltaje de entrada de 150 V y la corriente de 60A, determinando de esta forma idoneidad del tipo de regulador seleccionado.

Selección del tipo de regulador

El regulador de carga seleccionado será el encargado de ajustar la intensidad y voltaje de salida del banco de baterías de acuerdo a la cantidad energética producida por el campo fotovoltaico y el nivel durante el lapso de carga. En la **Tabla 9** se encuentran detallados valores referentes a las características técnicas del equipo, mismos que serán utilizados en el diseño. Además, el **Anexo 9**, especifica la ficha técnica correspondiente al modelo del regulador de carga.

Tabla 9: Características técnicas del regulador Victron Energy SmartSolar

| Regulador Victron Energy SmartSolar MPPT 150/60 | |
|--|----------------|
| Tensión | 12, 24, 48 VCC |
| Corriente de carga nominal | 60 A |

| | |
|--------------------------------|-------------------|
| Eficiencia de regulación | 95% |
| Tensión máxima del circuito FV | Máxima de 150 V |
| Temperatura de trabajo | -30 a 60 ° C |
| Dimensiones | 185 x 250 x 95 mm |
| Peso | 3 kg |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Dimensionamiento del inversor

El sistema fotovoltaico debe ser configurado al trabajo de producción energética bajo CEM (condiciones de medición estándar), esto debido a que la mayoría de implementaciones no operan bajo parámetros reales. Es por esto que, el inversor seleccionado debe encontrarse sobredimensionado. Se emplea la ecuación 20 para dimensionar el sistema de inversores requeridos.

$$P_{req} = P_{nominal} * Fac.Seg \quad (22)$$

Dónde las variables corresponden:

- **P req:** potencia requerida por el inversor
- **Pnominal:** potencia nominal de los equipos instalados, ver **Anexo 4**
- **Fac.Seg:** asume un valor de 1,25

Galpón tipo A y B

$$P_{req} = 1908,82 W * 1,25$$

$$P_{req} = 2386,02 W$$

El inversor debe presentar una capacidad total mayor a la máxima carga del sistema determinado, en fin de garantizar el funcionamiento estándar. De esta manera, se determina un equipo sobredimensionado de 3000 W de potencia máxima.

Cantidad total de inversores

El número total de inversores se determina de acuerdo a la potencia total requerida por el sistema de inversores, entre la potencia máxima determinada por las características técnicas del equipo, es por ello que se emplea la ecuación 23. El inversor seleccionado

Beltt BEP3000SA onda pura, presenta un valor de potencia de 3000 W, por lo que podrá abastecer las necesidades del sistema.

$$T \text{ Inversores} = \frac{P \text{ req}}{P \text{ inv}} \quad (23)$$

Dónde las variables corresponden:

- **T inversores:** total de inversores requeridos
- **PT Sistema:** potencia total del sistema
- **P inv:** potencia del tipo de inversor seleccionado

Galpón tipo A y B

$$T \text{ Inversores} = \frac{2386,02 \text{ W}}{3000 \text{ W}}$$

$$T \text{ Inversores} = 0,79 = 1 \text{ Unidad}$$

Se empleará un total de un inversor, mismo que será capaz de abastecer las necesidades eléctricas de conversión del sistema.

Selección del tipo de inversor

El inversor seleccionado debe cumplir con la conversión de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA). Las características técnicas del tipo de inversor Beltt BEP3000SA onda pura seleccionada que conformará el sistema se describe en la **Tabla 10**, este modelo cumple con requerimientos de abastecimiento necesario, a su vez en el mercado su costo es asequible. La ficha técnica del equipo se describe en el **Anexo 10**.

Tabla 10: Características técnicas del Inversor Beltt BEP3000SA

| Inversor Beltt BEP3000SA | |
|---------------------------------|--------------------|
| Potencia continua de salida | 3000W |
| Tensión de salida | 110/220 V |
| Voltaje nominal de entrada | 24/48 V |
| Tipo de onda | Senoidal pura |
| Eficiencia máxima | > 90% |
| Temperatura de trabajo | 0° a 40° C |
| Dimensiones | 585 x 180 x 142 mm |
| Peso | 6 kg |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Distribución de componentes del sistema

Los componentes del sistema fotovoltaico calculados se distribuyen de forma equilibrada para lograr un funcionamiento adecuado. Consecuentemente, a futuro aportará con la organización de equipos en cierta área destinada. En la **Tabla 11** se encuentra especificada la totalidad calculada de elementos que conformarán el sistema.

Tabla 11: Total de componentes calculados del sistema

| Componente | Tipo A | Tipo B |
|------------------------|---------------|---------------|
| Paneles solares | | |
| En serie | 2 | 2 |
| En paralelo | 2 | 2 |
| Total | 4 | 4 |
| Baterías | | |
| En serie | 4 | 4 |
| En paralelo | 2 | 2 |
| Total | 8 | 8 |
| Inversor | | |
| Total | 1 | 1 |
| Regulador | | |
| Total | 1 | 1 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Dimensionamiento de conductores

En esta sección se determina acorde a la distribución de elementos del sistema en el área disponible. Ratificando que la conexión establecida por el conductor eléctrico representa un requisito indispensable para transferir energía entre componentes.

La estimación de distancia entre componentes del sistema solar fotovoltaico para un galpón, se determina de acuerdo a relación de: entre panel solar, panel entre regulador, regulador entre baterías, regulador entre inversor e inversor entre carga.

Longitud del conductor entre paneles

Es importante recalcar la esquematización de instalación de paneles, donde constan 1 grupo de 2 filas, que será conectada al sistema regulador de carga asumiendo distancias similares en cada agrupación. Ver la **Figura 18**. Se aplica la ecuación 24 para determinar valores de distanciamiento entre componentes.

$$\text{Conductor entre paneles} = A_p * P_s \quad (24)$$

Donde las variables corresponden:

- **A_p**: ancho del panel fotovoltaico
- **P_s**: número total de paneles en serie

$$\text{Conductor entre paneles} = 1,98 \text{ m} * 2$$

$$\text{Conductor entre paneles} = 3,96 \text{ m}$$

Longitud del conductor entre paneles y regulador

La determinación de distancia para conectar el sistema de paneles con los reguladores será de 4 metros horizontalmente entre ambos sistemas, mientras que adquiere un valor de 3 metros de forma vertical. Adicional, el dimensionamiento de la agrupación de reguladores, de acuerdo a sus dimensiones, ocupa 1 m en horizontal, se aplica la siguiente ecuación.

$$\text{Conductor entre paneles y regulador} = dh \text{ max} + dv \text{ max} \quad (25)$$

Donde las variables corresponden:

- **dh max**: distancia horizontal entre componentes máxima
- **dv max**: distancia vertical entre componentes máxima

$$\text{Conductor entre paneles y regulador} = 4 \text{ m} + 3 \text{ m}$$

$$\text{Conductor entre paneles y regulador} = 7 \text{ m}$$

Longitud del conductor entre regulador y baterías

La ubicación del banco de baterías y el regulador de carga será en la misma área designada, con una distancia de 1,5 metros referente a la agrupación del total de baterías. Se aplica la ecuación 25, modificando únicamente el tipo de sección entre equipos.

$$\text{Conductor entre regulador y baterías} = 1,5 + 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Conductor entre regulador y baterías} = 2 \text{ m}$$

Longitud del conductor entre regulador e inversor

Los inversores serán ubicados junto al sistema de reguladores, es por esto que la distancia es menor a 1 metro horizontalmente, mientras que en vertical se asume la distancia referente a la distribución de los inversores de acuerdo a sus determinaciones técnicas.

$$\text{Conductor entre regulador e inversor} = (1 \text{ m} + 1\text{m}) + 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Conductor entre regulador e inversor} = 2,5 \text{ m}$$

Longitud del conductor entre inversor y carga

El tablero principal ocupará la misma ubicación del resto de componentes en el galpón designado, siendo estimada una distancia de 0,91 metros. Este total abarca la sección de inversor con breaker principal y breaker con la carga.

Cuantificación de la corriente de consumo

Total de corriente de paneles fotovoltaicos

Se atribuye a la relación de la potencia total del sistema calculada entre el voltaje en CA. A partir de este dimensionamiento se determina el tamaño del breaker principal que conformará el sistema.

$$I_{\text{paneles}} = I_{sc} * P_p \quad (26)$$

Dónde las variables corresponden:

- **I paneles:** corriente máxima de consumo
- **Isc:** corriente de corto circuito del panel, ver **Anexo 7**
- **P p:** número de paneles en paralelo

$$I_{\text{paneles}} = 10,4 * 2$$

$$I_{\text{paneles}} = 20,8 \text{ A}$$

Total de corriente de carga del inversor

Se atribuye a la relación de la potencia total del sistema calculada entre el voltaje en CA. A partir de este dimensionamiento se determina el tamaño del breaker principal que conformará el sistema.

El sistema contará con un inversor necesarios para soportar los 3000 W del sistema.

$$I_{inversor} = \frac{P_{inversor}}{V_{\acute{a}rea}} \quad (27)$$

Dónde las variables corresponden:

- **Isistema:** corriente máxima de consumo a abastecer
- **P inversor:** potencia total del inversor
- **V área:** voltaje en del área de galpones

$$I_{inversor} = \frac{3000 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I_{inversor} = 13,63 \text{ A}$$

Total de corriente del regulador de carga

El regulador de carga tendrá conexión directa con los paneles fotovoltaicos, con el banco de baterías. La corriente del regulador se calcula mediante la ecuación 28.

$$I_{regulador} = I_{sistema} * E_{f \text{ reg}} \quad (28)$$

Dónde las variables corresponden:

- **Isistema:** corriente de carga del sistema
- **Iinversor:** corriente máxima de consumo a abastecer
- **Ef reg:** porcentaje de eficiencia máxima del inversor (95%)

$$I_{regulador} = 13,63 \text{ A} * 0,95$$

$$I_{regulador} = 12,95 \text{ A}$$

Tabla 12: Determinaciones de los conductores

| Conductor | Longitud (m) | Longitud con reserva 25% (m) | Corriente soportada (A) |
|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------|
| Entre paneles | 3,96 | 4,95 | 20,80 |

| Conductor | Longitud (m) | Longitud con reserva 25% (m) | Corriente soportada (A) |
|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Entre paneles y regulador | 7 | 8,75 | 20,80 |
| Entre regulador y baterías | 2 | 2,5 | 12,95 |
| Entre regulador e inversor | 2,5 | 3,12 | 12,95 |
| Entre inversor y breaker principal | 0,5 | 0,62 | 13,63 |
| Entre breaker principal y carga | 0,25 | 0,31 | 13,63 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Selección del tipo de conductor

El conductor será elegido en base a características de funcionalidad, factores de tolerancia y valoración económica del proyecto. En la **Tabla 13** se detalla las características técnicas del conductor empleado en el sistema. Además, en el **Anexo 11** se detalla la ficha técnica correspondiente al cable de cobre estañado seleccionado.

Tabla 13: Características técnicas del conductor Exzhellent solar ZZ-F

| Exzhellent solar ZZ-F CC/CA | |
|-------------------------------------|--|
| Conductor | Estañado |
| Temperatura de trabajo | -40°C a 90° C |
| Tensión | 1,8 kV DC / 1 kV AC |
| Temperatura máxima en cortocircuito | 120° C |
| Aislamiento | Polietileno reticulado (XLPE) |
| Vida útil | 30 años |
| Instalación | Aire libre / Enterrado |
| Características | Resiste intemperie, abrasión y desgarró. |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Análisis sección transversal de los conductores

El estándar considerado para el dimensionamiento de conductores es el AWG (“american wire gauge”, traducido al español “calibres de alambre estadounidense”); el cual categoriza diámetros de cables conductores, determinando valores de resistencia. Una descripción detallada se encuentra en el **Anexo 12**.

El análisis de la sección transversal define la capacidad conductiva del tipo de cable seleccionado, en base a su composición y área de segmento. La NEC define valores permitidos de caídas según el tipo de relación entre los componentes, en la **Tabla 14** se puede ver un desglose a detalle.

Tabla 14: Caída de voltaje de conductores entre elementos

| Relación entre componentes | Máxima caída de voltaje % |
|---|---------------------------|
| Entre módulos fotovoltaicos y regulador | 3% |
| Entre baterías y regulador | 1% |
| Entre regulador e inversor | 3% |
| Entre inversor y cargas | 3% |

Fuente: Chicaiza, Jhonny (2023)

Sección transversal del conductor entre paneles-reguladores

La sección trasversal de paneles entre reguladores se analiza en base al valor de corriente de cortocircuito referente al tipo de panel solar fotovoltaico. La ecuación 29 determina la corriente máxima entregada por los paneles, asumiendo un valor de 1,25 veces la corriente del arreglo de paneles fotovoltaicos.

$$I_{max} = I_{sc} * P_p * 1,25 \quad (29)$$

Dónde las variables corresponden:

- **I_{max}:** corriente de máxima entregada el equipo
- **I_{sc}:** corriente de cortocircuito referente del panel
- **P_p:** paneles en paralelo

$$I_{max} = 10,4 * 2 * 1,25$$

$$I_{max} = 26 A$$

El cálculo de la caída teórica de tensión se determinará aplicando la ecuación 30, en la conexión entre los paneles solares.

$$\Delta V = \frac{\Delta V_{teórica} * V_{sistema}}{100\%} \quad (30)$$

Dónde las variables corresponden:

- ΔV : caída de tensión
- $\Delta V_{\text{teórica}}$: caída de tensión teórica estipulada
- V_{sistema} : voltaje del sistema determinado

$$\Delta V = \frac{3 \% * 48 V}{100 \%}$$

$$\Delta V = 1,44 V$$

De esa manera aplicando la ecuación 31 es posible determinar la sección transversal definida para calcular el conductor,

$$S = \frac{2 * L * I_{\text{max}}}{\sigma * \Delta V} \quad (31)$$

Dónde las variables corresponden:

- **S**: sección de cable expresado en mm^2
- **L**: largo del cable con 25% de reserva
- **I_{max}**: corriente máxima circulante por el conductor
- **σ** : $56 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2$
- ΔV : caída de tensión

$$S = \frac{2 * 8,75 \text{ m} * 26 \text{ A}}{56 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2 * 1,44 \text{ V}}$$

$$S = 5,64 \text{ mm}^2$$

La conexión en la sección paneles-reguladores empleará un tipo de cable AWG 9 de $6,62 \text{ mm}^2$.

Sección transversal del conductor entre paneles

La sección transversal del conductor en la relación de paneles se determina empleando las ecuaciones anteriores en base a corriente máxima entregada y caída de tensión teórica.

$$I_{\text{max}} = 10,4 * 2 * 1,25$$

$$I_{\text{max}} = 26 \text{ A}$$

$$\Delta V = \frac{3 \% * 48 V}{100 \%}$$

$$\Delta V = 1,44 V$$

$$S = \frac{2 * 4,95 m * 26 A}{56 m/\Omega mm^2 * 1,44 V}$$

$$S = 3,19 mm^2$$

La conexión en la sección paneles empleara un tipo de cable AWG 11 de 4,15 mm².

Sección transversal del conductor entre regulador-batería

De igual forma esta sección transversal se determina empleando las ecuaciones anteriores en base a corriente máxima entregada y caída de tensión teórica.

$$I_{max} = 12,95 A * 2 * 1,25$$

$$I_{max} = 32,37 A$$

$$\Delta V = \frac{1 \% * 48 V}{100 \%}$$

$$\Delta V = 0,48 V$$

$$S = \frac{2 * 2,5 m * 32,37 A}{56 m/\Omega mm^2 * 0,48 V}$$

$$S = 6,83 mm^2$$

La conexión en la sección baterías-reguladores empleará un tipo de cable AWG 8 de 8,34 mm².

Sección transversal del conductor entre el regulador-inversor

Se determina el factor transversal de este tipo de conexión entre los equipos aplicando las ecuaciones abordadas anteriormente.

$$I_{max} = 13,63 A * 1,25$$

$$I_{max} = 17,04 A$$

$$\Delta V = \frac{3 \% * 48 V}{100 \%}$$

$$\Delta V = 1,44 V$$

$$S = \frac{2 * 3,12 \text{ m} * 17,04 \text{ A}}{56 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2 * 1,44 \text{ V}}$$

$$S = 2,31 \text{ mm}^2$$

La conexión en la sección paneles-reguladores empleará un tipo de cable AWG 13 de 2,63 mm².

Análisis de la caída de voltaje

La caída de voltaje se determina mediante la aplicación de la fórmula 31, misma que considera la corriente designada a soportar y el conductor necesario para el sistema. Además se considera valores de resistencia del conductor de acuerdo al tipo, los mismos se detallan en el **Anexo 11**.

$$CV = Vn - \left[I * \left(2 * \frac{R}{1000} * L \right) \right] \quad (32)$$

Dónde las variables corresponden:

- **CV:** caída de voltaje
- **Vn:** voltaje de trabajo de la fuente
- **I:** corriente de carga
- **R:** resistencia del cable
- **L:** longitud del cable

En la **Tabla 15**, se muestran del análisis de caída de voltaje entre los componentes que conforman el sistema solar fotovoltaico propuesto.

Tabla 15: Análisis referente a caídas de voltaje en el sistema fotovoltaico

| Caída de voltaje entre dispositivos | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|--------------|------|
| Relación | Vn (V) | I (A) | L (m) | R (Ω) | CV (V) | CV-Vn (V) | % |
| Paneles | 48 | 24,97 | 4,95 | AWG 11→ 4,44 | 46,902 | 1,098 | 2,29 |
| Paneles-Regulador | 48 | 24,97 | 8,75 | AWG 9→ 2,77 | 46,790 | 1,210 | 2,52 |
| Regulador-Baterías | 48 | 32,37 | 2,5 | AWG 8→ 2,36 | 47,618 | 0,382 | 0,80 |
| Regulador-Inversor | 48 | 17,04 | 3,12 | AWG 13→ 7,02 | 47,254 | 0,746 | 1,56 |

| | | | | | | | |
|------------------|-----|-------|------|-------------|---------|-------|-------|
| Inversor-Breaker | 220 | 13,63 | 0,62 | AWG 7→ 1,78 | 219,970 | 0,030 | 0,014 |
| Breaker-Carga | 220 | 13,63 | 0,31 | AWG 7→ 1,79 | 219,985 | 0,015 | 0,007 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Los resultados de caídas de voltaje en la conexión de equipos muestran porcentajes de caída con valores nominales menores a la unidad, de esta manera corroborando el cumplimiento de estándares planteados por la NEC.

Dimensionamiento de protecciones

Las protecciones eléctricas del sistema fotovoltaico evitarán daños, desgastes y deterioros derivados de anomalías del sistema: sobrecargas, sobretensiones y cortocircuitos. Actuando como aisladores fallas potenciales del sistema para impedir incendios, anomalías energéticas, disminuir el impacto de daño sobre los equipos y brindar protección al recurso humano laboral.

Selección del tipo de fusible

El tamaño del protector tipo fusible se determina según el tipo de corriente circulante, además es fundamental conocer la tensión y el voltaje de los equipos a los cuales serán designados esta protección. La ecuación 33 determina la tensión dimensionada para elección del fusible.

$$Tm = Tmp * Ps * 1,25 \quad (33)$$

Dónde las variables corresponden:

- **Tm:** tensión total tolerada
- **Tmp:** tensión máxima del panel, ver **Anexo 7**
- **Ps:** total paneles en serie

$$Tm = 39,92 \text{ V} * 2 * 1,25$$

$$Tm = 116,64\text{V}$$

De igual manera se calcula la corriente que deberá abarcar el tipo de equipo.

$$Cm = Isc * Pp * 1,25 \quad (34)$$

Dónde las variables corresponden:

- **Cm:** corriente total tolerada
- **Isc:** intensidad de cortocircuito del panel
- **Ps:** total paneles en paralelo

$$CmF = 10,4 * 2 * 1,25$$

$$CmF = 26 A$$

El fusible deberá soportar como mínimo 116,64 V y 26 A, determinando el tipo de componente en base a su capacidad de trabajo. En la **Tabla 16**, se detalla las características del fusible ZTPV-2520. Además, en el **Anexo 13** se encuentra especificada la ficha técnica del modelo correspondiente. Esta protección se ubicará entre la conexión de los paneles solares y el regulador de carga.

Tabla 16: Características técnicas del fusible ZTPV-2520

| Modelo ZTPV-2520 | |
|-------------------------|-------------------|
| Tensión | 1000 V |
| Corriente nominal | 1 / 32 A |
| Temperatura de trabajo | -50 a 105 °C |
| Certificación | IEC 60269.6 |
| Tapa | Cobre rojo |
| Cuello | Óxido de aluminio |
| Elemento | Plata |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Selección del interruptor de corriente continua

El interruptor de tipo corriente continua, de acuerdo a sus capacidades conductivas, será empleado en el dimensionamiento del sistema. Además este tipo de equipos son los más óptimos en tableros distributivos de sistemas eléctricos.

En la siguiente tabla se muestra las características del interruptor seleccionado, en el **Anexo 14** se encuentra la ficha técnica del equipo para más detalles del equipo

Tabla 17: Características técnicas del interruptor CC TOB1Z-63A

| Interruptor CC TOB1Z-63A | |
|---------------------------------|-----------------|
| Voltaje | 1000 V |
| Tipo | CC |
| Corriente | 6 A- 63 A |
| Capacidad de ruptura | 6 kA |
| Temperatura de trabajo | -5° a 70° |
| Dimensiones (mm) | 72 x 80 x 71 mm |
| Peso (kg) | 0,48 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Selección del interruptor termomagnético o breaker principal

La función principal de interruptor termomagnético o breaker se centra en la reducción de impactos que se generan durante la distribución de electricidad, disminuyendo de esta manera la posibilidad de daños y averías de equipos que conforman el sistema fotovoltaico.

Las capacidades de corte del breaker seleccionado son las adecuadas para el tipo de sistema dimensionado. En la **Tabla 18** se encuentran detallados valores referentes a las características técnicas del equipo, mismos que serán utilizados en el diseño Además, el **Anexo 15** detallada la ficha técnica del equipo seleccionado.

Tabla 18: Características técnicas del interruptor CA SchneiderMG EZ9F56263

| Interruptor CA Schneider Electric MG EZ9F56263 | |
|---|-------------------|
| Corriente nominal | 63 A |
| Tipo | CA |
| Unidad de disparo | Térmico-magnético |
| Poder de corte en servicio | 6 kA |
| Temperatura funcional | -5 a 60 °C |
| Dimensiones | 81 x 36 x 66,5 mm |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Esquema distributivo de protecciones

La distribución de las protecciones, en base al tipo de funcionalidad que cumple, será ubicada entre los distintos equipos que conforma el sistema fotovoltaico propuesto. De esta manera, en la siguiente tabla se resume la distribución acorde al diseño.

Tabla 19: Distribución de protecciones en el sistema fotovoltaico

| Componentes | Corriente (A) | Fusible | Interruptor |
|------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------|
| Entre paneles | 20,80 | N/A | N/A |
| Entre paneles y regulador | 20,80 | ZTPV-2520 | TOB1Z-63A |
| Entre regulador y baterías | 12,95 | N/A | TOB1Z-63A |
| Entre regulador e inversor | 12,95 | N/A | TOB1Z-63A |
| Entre inversor y breaker principal | 13,63 | ZTPV-2520 | MG EZ9F56263 |
| Entre breaker principal y carga | 13,63 | N/A | MG EZ9F56263 |
| Total | | 2 | 5 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Diagrama unifilar del sistema solar fotovoltaico

El esquema unifilar de la conexión es el plano eléctrico, donde se identifica y provee especificaciones sobre los sistemas principales del diseño. A continuación se presente el esquema pertinente del sistema fotovoltaico, mismo que fue creado empleando herramientas CAD.

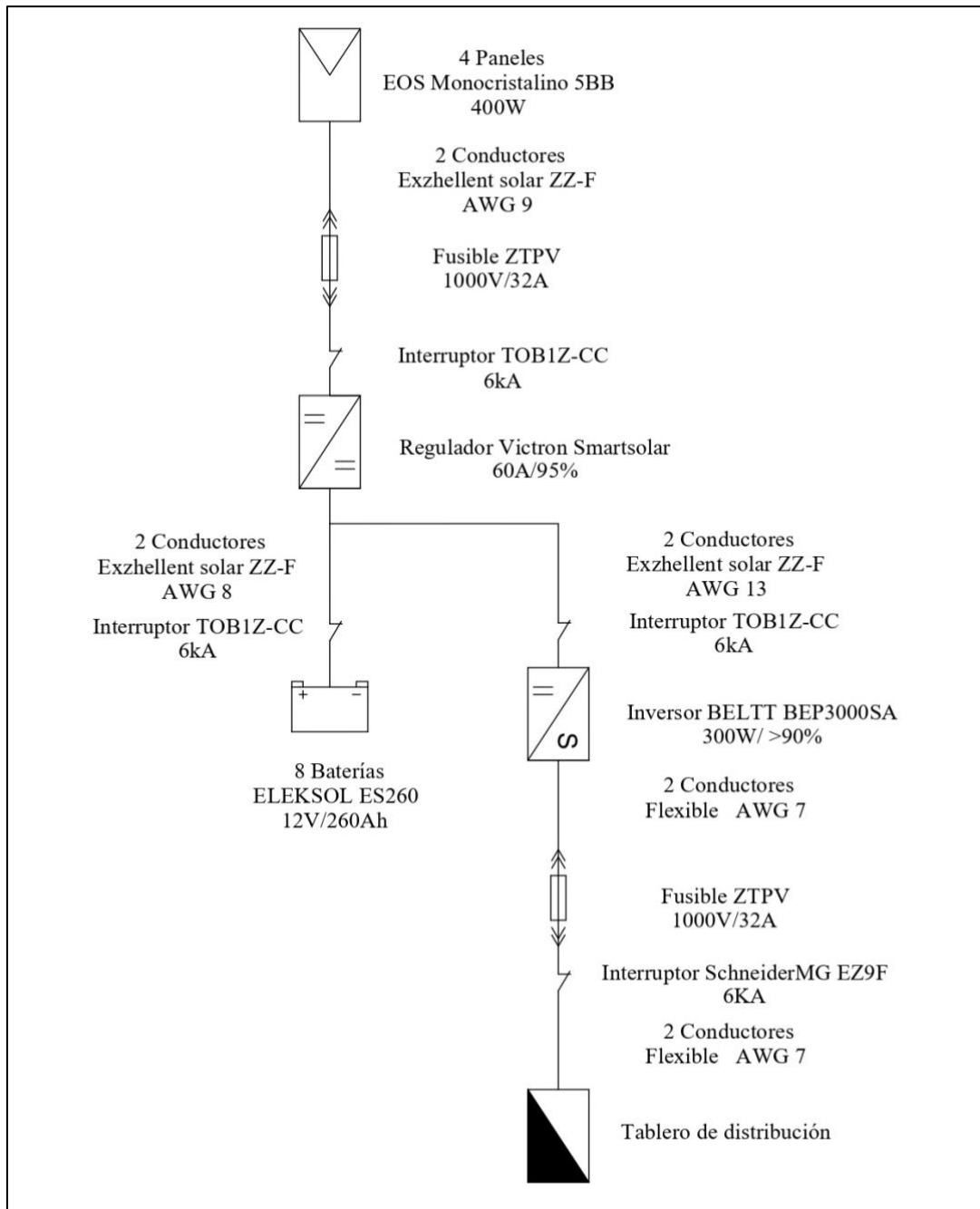


Figura 21: Esquema unifilar de la conexión del sistema fotovoltaico

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Diagrama distributivo del sistema solar fotovoltaico

La distribución de los elementos, conexiones entre equipos y especificaciones técnicas de componentes que conformarán el sistema fotovoltaico, se diseñó mediante el empleo de herramientas CAD, se muestra el esquema correspondiente en la siguiente figura:

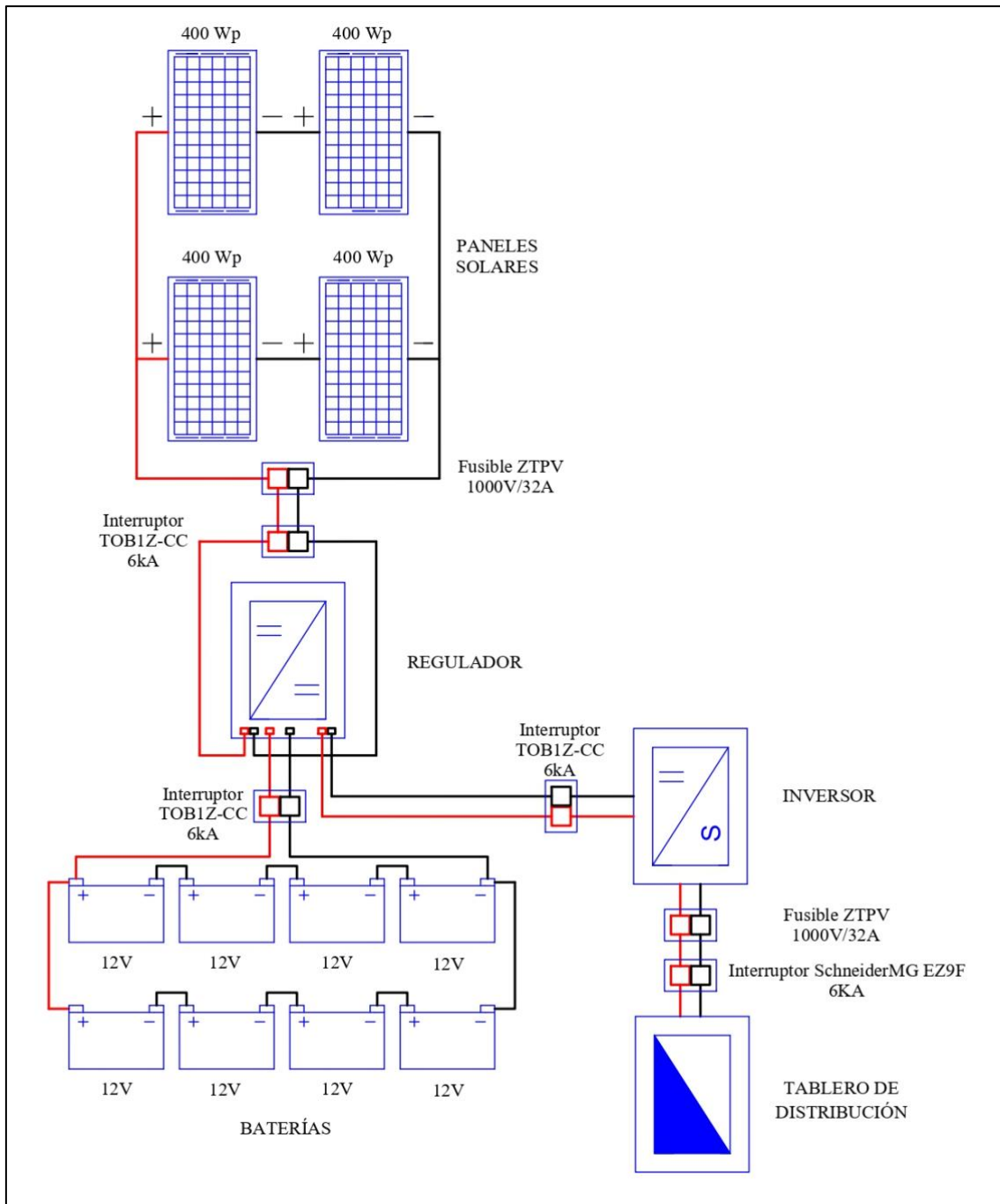


Figura 22: Distribución de elementos del sistema fotovoltaico.

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Resultados esperados

El modelo del sistema fotovoltaico propuesto en el presente estudio empleará equipos con una duración de vida útil oscilantes entre 15 a 25 años. Se espera que presente rendimientos de producción energética altos, esto gracias a factores tanto técnicos como geográficos.

Se estima caídas de tensión dentro de rangos nominales, representando así valores despreciables, de esta manera asegurando la prolongación y funcionamiento adecuado de los equipos y materiales que se emplearan en el sistema fotovoltaico.

Reducción de costos operacionales

Actualmente, la empresa Avícola La Ponderosa factura en el año alrededor de \$7100 por costos de energía eléctrica, mediante la implementación del sistema se espera una disminución del 36% de la totalidad, siendo este porcentaje el mismo que abarca el consumo del área de galpones. En la **Figura 23** se analiza la disminución de costos eléctricos, tomando en cuenta un promedio bajo situaciones de trabajo normal (post pandemia), donde se evidencia diferencias en torno a valores de facturación de la empresa.

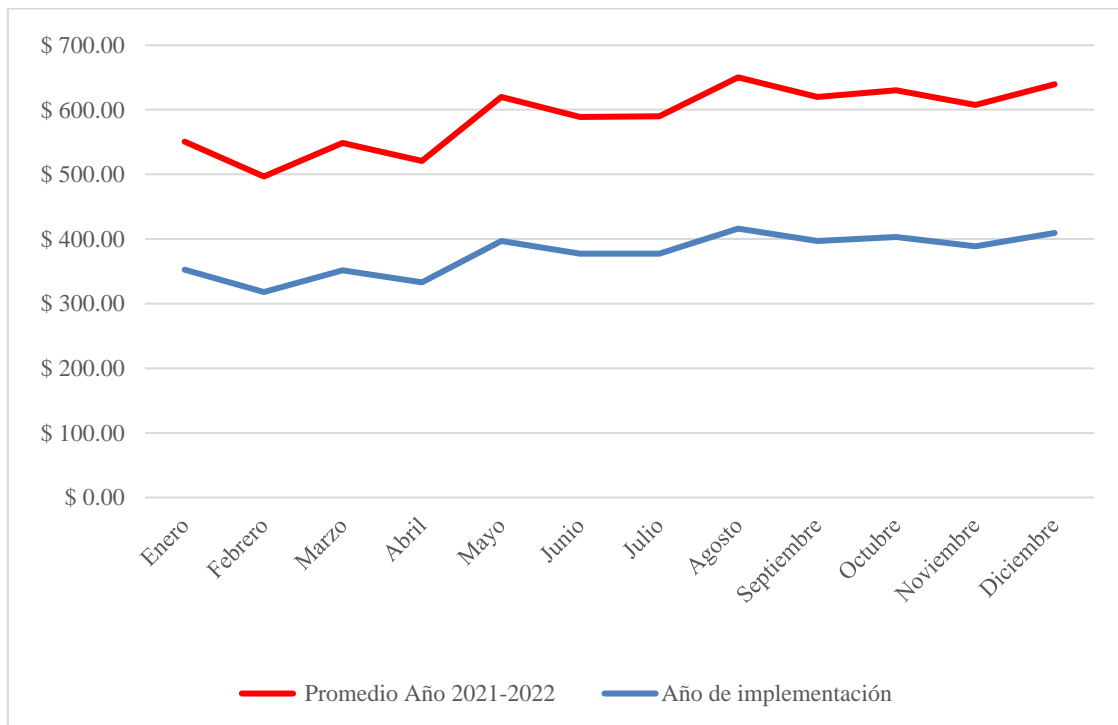


Figura 23: Disminución de costos eléctricos

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

La reducción del consumo energético estimado, que abarca el área de galpones, corresponde a \$ 2556 anualmente, lo cual implica \$ 213 mensualmente; de esta manera se evidencia reducciones notables mediante la implementación del sistema fotovoltaico aislado propuesto. Generando cambios económicos entorno al empleo de energía eléctrica convencional por un modelo de producción renovable y sostenible.

Análisis de impactos

De acuerdo con la implementación del sistema fotovoltaico para abastecimiento energético en la Avícola La Ponderosa, se considera el impacto del modelo propuesto de la siguiente manera:

Impacto ambiental

El sistema fotovoltaico propuesto generará beneficios medioambientales disminuyendo la contaminación ambiental, puesto que emplea fuentes renovables sustituyendo el uso de carburantes fósiles, evitando en lo posible la emanación de dióxido de carbono al entorno medioambiental. Produce un nivel de ruido bajo durante periodos productivos de energía, esto debido a la configuración que brindan los componentes del sistema. Además, no genera residuos contaminantes que representen alteraciones en el agua, mitigando de esta forma una futura escasez de agua potable en el planeta. De esta manera, el sistema es capaz de emplear fuentes renovables impulsando la autonomía energética, misma que contribuye al desarrollo sostenible.

Impacto económico

El impacto económico que generará el modelo propuesto es favorable de acuerdo a la reducción de costos operativos que provoca el empleo de electricidad convencional por fuentes renovables. La vida útil del sistema fotovoltaico ronda un máximo de 25 años, dentro de este periodo la generación de energía se encontrará disponible sin un costo mensual proveniente de la red comercial. Se toma en cuenta valores de implementación inicial y posterior mantenimiento, que en referencia a valores habituales de electricidad, representa un cambio significativo.

Impacto técnico

La viabilidad técnica generará un impacto directo en la implementación del sistema, esto debido al análisis de los niveles de radiación solar, misma que se pueden aprovechar al máximo gracias a la ubicación empresarial. De esta manera se asegura la producción de electricidad necesaria, fiable y constante. Los equipos y componentes del sistema se encuentran disponibles en el mercado nacional, facilitando la compra y evitando contratiempos en el modelo propuesto.

Impacto social

El impacto social basado en el cambio de matriz energética y disminución de costos operacionales generará beneficios a los propietarios de la Avícola La Ponderosa e incentivará expansiones operacionales, aportando de esta manera posibles oportunidades laborales. Además de fortalecer directamente a la industria alimenticia en a nivel nacional.

Presupuesto del proyecto

La estimación económica referente a la implementación del sistema fotovoltaico tiene repercusión directa con el tipo y cantidad, tanto de materiales y equipos que fueron determinados mediante cálculos y estimaciones. De igual forma, se debe considerar la variable de mano de obra necesaria para labores de instalación del sistema.

Determinadas características económicas de los materiales y equipos seleccionados se deben a la calidad, eficiencia y durabilidad que ofrecen, en comparación con marcas y modelos distintas. Las medidas relacionadas a ubicación de equipos, soportes estructurales, y cableado se determinaron en base medidas de los galpones avícolas analizados.

Tabla 20: Presupuesto inicial del sistema fotovoltaico para el área de galpones

| Tipo | Descripción | Unidad | Cifra | Costo unitario (USD) | Costo total (USD) |
|-----------------------|---|--------|-------|----------------------|-------------------|
| Equipos | Panel fotovoltaico EOS Monocrystalino 5BB | u | 4 | \$ 220,00 | \$ 880,00 |
| | Batería ELEKSOL ES260 | u | 8 | \$ 280,00 | \$ 2.240,00 |
| | Inversor BELTT BEP 3000SA | u | 1 | \$ 490,00 | \$ 490,00 |
| | Regulador Victron MPPT 150/60 | u | 1 | \$ 562,00 | \$ 562,00 |
| Materiales eléctricos | Cable EXZHELLENT SOLAR ZZ-F AWG 11: 4 mm ² | m | 9,9 | \$ 3,30 | \$ 32,67 |
| | Cable EXZHELLENT SOLAR ZZ-F AWG 9: 6 mm ² | m | 17,5 | \$ 4,25 | \$ 74,38 |

| | | | | | |
|-------------------------|---|---|------|-----------|--------------------|
| | Cable EXZHELLENT SOLAR ZZ-F AWG 8: 8,34 mm2 | m | 5 | \$ 4,61 | \$ 23,05 |
| | Cable EXZHELLENT SOLAR ZZ-F AWG 13: 22,5 mm2 | m | 6,24 | \$ 3,15 | \$ 19,66 |
| | Cable EXZHELLENT SOLAR ZZ-F AWG 7: 10,6 mm2 | m | 1,25 | \$ 3,50 | \$ 4,38 |
| | Cable EXZHELLENT SOLAR ZZ-F AWG 7: 10,6 mm3 | m | 0,62 | \$ 3,50 | \$ 2,17 |
| | Fusible ZTPV- 2520 A | u | 2 | \$ 3,50 | \$ 7,00 |
| | Porta Fusible Rhona | 4 | 2 | \$ 2,25 | \$ 4,50 |
| | Interruptor de corriente continua TOB1Z-63A / 1000VDC | u | 3 | \$ 16,60 | \$ 49,80 |
| | Interruptor termomagnético Schneider Electric MG EZ9F56263 | u | 1 | \$ 35,80 | \$ 35,80 |
| | Cable AWG12, puesta a tierra | u | 10 | \$ 2,80 | \$ 28,00 |
| | Varilla puesta a tierra | u | 1 | \$ 8,00 | \$ 8,00 |
| | Terminales, conectores, adicionales | u | 1 | \$ 50,00 | \$ 50,00 |
| Estructuras | Soporte de paneles- Heliostategia | u | 4 | \$ 47,00 | \$ 188,00 |
| | Armario metálico | u | 1 | \$ 120,00 | \$ 120,00 |
| Mano de obra | Técnico especialista | . | 1 | \$ 900,00 | \$ 900,00 |
| | Ayudante | . | 2 | \$ 450,00 | \$ 900,00 |
| | Otros | . | 1 | \$270,00 | \$240,00 |
| | Total galpón individual | | | | \$ 6889,40 |
| | Total área de galpones | | | | \$ 75783,36 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

El presupuesto inicial se determina en base a equipos, materiales eléctricos, estructuras, mano de obra, entre otros; estableciendo un monto de implementación de \$ 6889,40 para un galpón individual, mientras que para la totalidad del área de galpones se atribuye un valor total de \$ 75783,36.

Actividades de Mantenimiento

El sistema fotovoltaico propuesto para mantener sus características técnicas y funcionales debe pasar por un plan de mantenimiento, mismo que hace alusión al conjunto de actividades enfocadas a atender los componentes de la instalación. Estas actividades evitarán principales fallos potenciales que se pueden presentar en la instalación. A continuación, se presenta la **Tabla 21** donde se indica la estructuración de las actividades pertinentes de mantenimiento.

Tabla 21: Actividades de mantenimiento del sistema

| Mantenimiento preventivo | |
|---------------------------------------|---|
| Panel solar | |
| Actividad mensual | Acción |
| Limpieza del panel | Retirar impurezas que se encuentre sobre la superficie del equipo. Se recomienda realizarlo durante lapso que no afecte la generación energética. |
| Inspección de degradaciones | Se enfocara en verificar anomalías presentes en las celdas fotovoltaicas, que pueda generar inconvenientes al sistema |
| | Verificar el estado del marco, mismo que no debe presentar degradaciones o roturas. |
| Actividad trimestral | Acción |
| Control de características eléctricas | Controlar sulfataciones en los contactos |
| | Verificar el estado y adherencia que presenten los conductores entre paneles y terminales. |
| | Verificar la toma a tierra y su resistencia de paso. |
| Estructura de soporte | |
| Actividad trimestral | Acción |
| Revisión de estado | Comprobar el estado de la estructura, sus juntas y uniones. |
| Revisión de la fijación | Verificar el estado de la fijación techo-estructura, identificando posibles daños o deterioros. |
| | Verificar el estado de la fijación paneles-estructura, identificando posibles daños o deterioros. |
| Regulador | |
| Actividad mensual | Acción |

| | |
|--|--|
| Limpieza del equipo | Retirar impurezas que se encuentre sobre la superficie del equipo. Se recomienda realizarlo durante lapso de inactividad. |
| Actividad trimestral | Acción |
| Control de conexiones | Verificar el estado de las conexiones, de ser el caso dar sujeción adecuada. |
| Control de fallos | Verificar el funcionamiento óptimo de los equipos, emplear tomas de rendimiento. |
| Baterías | |
| Actividad mensual | Acción |
| Limpieza del equipo | Retirar impurezas que se encuentre sobre la superficie del equipo. Se recomienda realizarlo durante lapso de inactividad. |
| Revisión de estado | Verificar la ventilación adecuada del área de instalación, además de su correcta sujeción. |
| Actividad trimestral | Acción |
| Control de conexiones | Verificar el estado de las conexiones, de ser el caso dar sujeción adecuada. |
| Inversor | |
| Actividad mensual | Acción |
| Limpieza del equipo | Retirar impurezas que se encuentre sobre la superficie del equipo. Se recomienda realizarlo durante lapso de inactividad. |
| Actividad trimestral | Acción |
| Control de fallos | Recopilar archivos de datos y memoria referente a fallos Limpiar rejillas protectoras de entradas de aire. |
| Control de conexiones | Verificar la correcta conexión de conductores para con el dispositivo. Es recomendable ajustar conexiones con fallas presentes. |
| Control de características eléctricas | Controlar desempeño de ventilador incorporado, dar prioridad a ruidos anormales. |
| Conductores eléctricos | |
| Actividad semestral | Acción |
| Control de conexiones | Verificar el estado que posee la cubierta y asilamiento del conductor. Se debe ajustar conexiones con fallas presentes. |
| Mantenimiento correctivo | |
| Este tipo de mantenimiento se deberá aplicar en el momento que cierto componente del sistema presente fallas y se requiera su arreglo o en el peor de los casos sea necesario su cambio por uno nuevo. | |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Las actividades tienen carácter preventivo y correctivo, dentro de las cuales se establecen actividades mensuales, semestrales y trimestrales que aportarán a la prolongación de la vida útil del sistema fotovoltaico.

Cronograma de actividades

El cronograma de actividades para la implementación del sistema fotovoltaico en la empresa Avícola La Ponderosa, se planifica ejecutarse en dos meses a partir del segundo semestre del presente año. Se estima un cumplimiento oportuno de actividades planteadas acorde a plazos propuestos, a continuación se presenta una tabla detallada.

Tabla 22: Cronograma de actividades

| Ítem | Actividades | Mes 1 | | | | Mes 2 | | | |
|------|---|-------|----|----|----|-------|----|----|----|
| | | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 |
| 1 | Socialización del proyecto en la empresa | | | | | | | | |
| 2 | Compra de materiales y equipos | | | | | | | | |
| 3 | Acondicionamiento del área de implementación | | | | | | | | |
| 4 | Instalación de equipos: baterías, regulador, inversor, | | | | | | | | |
| 5 | Instalación de conductores entre equipos | | | | | | | | |
| 6 | Instalación de protecciones: fusibles, interruptores, breaker | | | | | | | | |
| 7 | Instalación de estructuras | | | | | | | | |
| 8 | Instalación de paneles solares | | | | | | | | |
| 9 | Puesta en marcha | | | | | | | | |
| 10 | Evaluación del sistema | | | | | | | | |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Análisis de costos

A continuación se detallan costos de implementación del sistema fotovoltaico referenciado al plan de actividades, considerando equipos y materiales, estructuras, mano de obra, puesta en marcha del sistema, análisis de funcionamiento, entre otros costos significativos para el proyecto.

Tabla 23: Costos de la propuesta

| Ítem | Actividades | Mes 1 | | | | Mes 2 | | | |
|--------------|---|----------------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 |
| 1 | Socialización del proyecto en la empresa | \$ 90 | | | | | | | |
| 2 | Compra de materiales y equipos | | \$ 4919 | | | | | | |
| 3 | Acondicionamiento del área de implementación | | | \$ 200 | | | | | |
| 4 | Instalación de equipos: baterías, regulador, inversor, | | | | \$ 370 | | | | |
| 5 | Instalación de conductores entre equipos | | | | \$ 220 | | | | |
| 6 | Instalación de protecciones: fusibles, interruptores, breaker | | | | \$ 220 | | | | |
| 7 | Instalación de estructuras | | | | | \$ 250 | | | |
| 8 | Instalación de paneles solares | | | | | | \$ 220 | | |
| 9 | Puesta en marcha | | | | | | \$ 220 | | |
| 10 | Análisis de funcionamiento | | | | | | | \$ 90 | \$ 90 |
| Total | | \$ 6889 | | | | | | | |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Curva S

La curva S hace alusión a los datos referente a la implementación del sistema fotovoltaico, donde se toma en cuenta el costo frente al tiempo determinado en semanas. En la **Figura 24** se muestra el análisis del costo entre el tiempo total del proyecto.

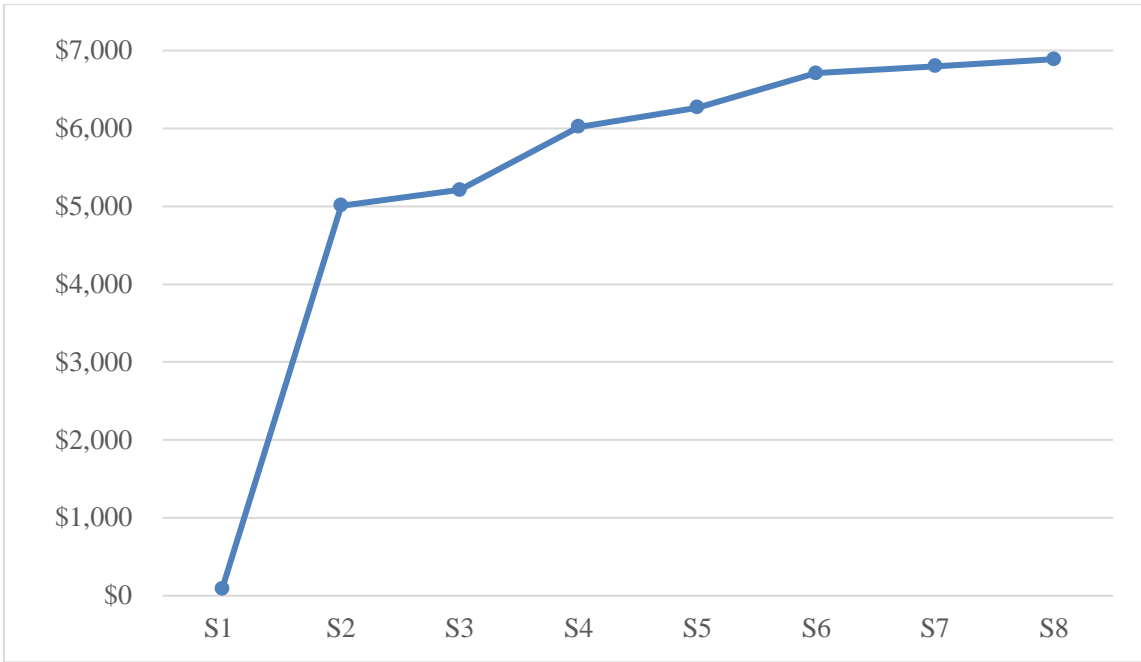


Figura 24: Análisis costo entre tiempo total

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se modeló un sistema fotovoltaico aislado que abastece la demanda energética total del área de galpones en Avícola La Ponderosa, estimando un presupuesto inicial de \$ 6889,40 para un galpón, y un valor de \$ 75783,36 para el área total de galpones. Dichos valores corresponden a componentes del sistema, mano de obra, asesoría, entre otros. El sistema se proyecta a un ahorro energético del 36 % en la empresa, generando reducción de costos operativos y fomentando un cambio progresivo de matriz energética.

La ubicación de la empresa Avícola La Ponderosa presenta condiciones óptimas de generación solar, esto debido a que Cotopaxi está ubicada en la zona IV, considera una de las más representativas en cuanto a factores de irradiación. Las ponderaciones históricas de irradiación que ofrecen las entidades: ARCONEL, INAMHI Y NASA, ratifican la idoneidad entorno a la generación energética solar en el área.

Se realizó un análisis de variables geográficas empleando el software RETScreen, resultando un promedio de radiación solar anual de 4,67 kWh/m²/d en el área. Además, presenta niveles de nubosidad sobre el plano generador con índices bajos, lo que aporta al aprovechamiento máximo del recurso solar.

En base al estudio histórico, el consumo eléctrico de la empresa, abarcando la totalidad de cinco áreas operativas, se determina un total de 57313 kWh anual, 4776 kWh mensual y 159,2 kWh diario. Para determinar el consumo del área de galpones resultó necesario seccionarla en dos tipos: A y B, basado en los tiempos de uso máximos de componentes instalados en el área. Determinando así un consumo de 20258 kWh anual, 1688 kWh mensual y 56,2 kWh diario.

Se estimó un porcentaje de consumo del 36 % correspondiente al área de estudio, siendo esta la que genera mayor impacto entorno al consumo eléctrico total de la empresa. El sistema fotovoltaico propuesto es de tipo aislado, con el fin de emplear al máximo el recurso solar disponible y generar un cambio de matriz energética proyectado a largo plazo.

Para la determinación del número total de paneles solares requeridos por el sistema, se analizó la energía real diaria requerida por el sistema, siendo así tipo A: 5,89 kWh y tipo B 6,59 kWh al día. Conjunto a estimaciones de radiación mínima se determina un total de 4 paneles solares modelo EOS Mono de 400 Wp, estos se conectan 2 en serie y 2 en paralelo.

El número de baterías total responde a la capacidad nominal requerida por el sistema fotovoltaico en el tipo A: 206,57 Ah y B: 218,93 Ah; de acuerdo a esta determinante se establece un total de 8 baterías modelo Eleksol ES260, mismas serán conectadas 4 en serie y 2 en paralelo, solventando la autonomía requerida.

Se determinó necesario un 1 regulador modelo Victron SmartSolar en base a la capacidad nominal para el sistema, tipo A: 56,36A y B: 59,75A. Además, se determinó 1 inversor modelo Beltt BEP3000SA de acuerdo al valor sobredimensionado de conversión de 3000W.

Las caídas de voltaje en el sistema se encuentran dentro rangos porcentuales tolerables, de acuerdo con la NEC, de esta manera se evitan pérdidas de potencial en el modelo dimensionado asegurando de esta manera una producción de electricidad constante durante horas laborales en el área de galpones.

Recomendaciones

Se recomienda seguir las características dimensionadas del sistema como: tipos de equipos, conductores y protecciones eléctricas. El diseño debe emplear requerimientos mínimos de radiación solar, para poder abastecer la demanda regular que el sistema requiera.

El diseño de un plan enfocado al mantenimiento periódico es recomendable para asegurar el cuidado y conservación de los componentes fotovoltaicos para asegurar el nivel de producción energética del sistema.

Para una futura ampliación del sistema solar fotovoltaica en la empresa, es recomendable analizar la distribución de cargas energéticas, pesos y espacio que el sistema requiere para asegurar un rendimiento óptimo. Se debe dimensionar las limitaciones que este nuevo proyecto presentaría entorno las variables económicas y dimensionales que el sistema requiere.

Al momento de establecer un análisis económico es necesario considerar ingresos y egresos totales entorno al diseño e implementación, para de esta manera alcanzar un flujo neto de caja y que permita conocer el nivel de rentabilidad que el sistema fotovoltaico propuesto ofrece.

Referencias bibliográficas

- AGUILERA, J. y HONTORIA, L., 2018. Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos. *Grupo Idea, departamento de electrónica*, vol. 710, no. 1, pp. 87–98. ISSN 00052760. DOI 10.1016/0005-2760(82)90194-1.
- ALEXIS, B., CEDEÑO, E.A. y MARTÍNEZ, J., 2020. La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables. *Universidad Ciencia y Tecnología*, vol. 24, pp. 36–46. DOI 10.47460/uct.v24i104.364.
- ARTUNDUAGA RUIZ, C.M., 2016. *Producción comercial de aves* [en línea]. S.l.: Ediciones USTA. ISBN 9789586319898. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/126083>.
- AVINEWS, 2014. Eficiencia Energética en granjas de puesta. [en línea], Disponible en: <https://avinews.com/eficiencia-energetica-en-granjas-de-puesta/>.
- AYALA, M., RIBA SANMARTÍ, G., RIBA, C. y LARA, P., 2022. Evaluation of the energy autonomy of urban areas as an instrument to promote the energy transition. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy* [en línea], vol. 17, no. 1. ISSN 15567257. DOI 10.1080/15567249.2022.2053897. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15567249.2022.2053897>.
- BAYOD RUJULA, A.A., 2009. *Energías renovables: sistemas fotovoltaicos* [en línea]. S.l.: Prensas de la Universidad de Zaragoza. ISBN 9788415031253. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/41940>.
- BERNAL, L., 2010. Estudio de la aplicación de instalaciones fotovoltaicas en granjas avícolas. *Universidad de Zaragoza, CPS*,
- BOJACÁ, E.A., HILARIÓN, F.J. y BOJACÁ, D.M., 2018. Estudio de factibilidad para el diseño de un sistema automatizado para producción avícola alimentado con energía solar. *Publicaciones e Investigaciones*, vol. 12, no. 2, pp. 55–67.
- BRATU, N. y CAPERO, E., 2006. *Instalaciones Eléctricas: Conceptos Básicos Y Diseño*. S.l.: Alfaomega, grupo editor. ISBN 9701501276.
- CHANG, S., VERDESOTO, A. y ESTRADA, L., 2004. Análisis de la avicultura ecuatoriana. *Respositorio digital ESPOL* [en línea], pp. 10. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/743/1/1392.pdf>.
- CONELEC, 2015. Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental. *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022* [en línea], pp. 380. Disponible en: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/plan-maestro-de-electrificacion-2013-2022/>.
- ECO BUSINESS, 2021. Guía para granjas avícolas. [en línea], Disponible en: https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_granjas_avicolas_con_resumen.pdf.
- EMBER, 2022. Global Electricity Review. [en línea], Disponible en: <https://ember-climate.org/insights/research/global-electricity-review-2022/>.

- FIEDLER, T., & MIRCEA, P.M., 2012. Energy management systems according to the ISO 50001 standard-Challenges and benefits. , pp. 1–4.
- GAUDRY, K., GODOY-VACA, L., ESPINOZA, S., FERNÁNDEZ, G., INVESTIGACIÓN, I. De, N-, I., PABLO, J. y DE, C., 2019. Normativas de energía en edificaciones como estrategia de mitigación al cambio climático. *aci Avances de ciencias e ingenierías*, vol. 11, no. 18, pp. 154–171.
- GRAINGER, J. y STEVENSON, W.J., 1996. *Analisis de Sistemas de Potencia*. 1996. S.l.: s.n. ISBN 970-10-0908-8.
- ICAZA, D., BORGE-DIEZ, D., PULLA GALINDO, S. y FLORES-VÁZQUEZ, C., 2020. Modeling and Simulation of a Hybrid System of Solar Panels and Wind Turbines for the Supply of Autonomous Electrical Energy to Organic Architectures. *Energies (19961073)* [en línea], vol. 13, no. 18, pp. 4649. ISSN 19961073. Disponible en: <http://10.0.13.62/en13184649>.
- IDAE, I. para la D. y A. de la E., 2011. Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. *PCT-C-REV*, vol. 1, pp. 34–52.
- IGLESIAS, L.R., RUPERTI, J.S., VALENCIA, L.K. y MOREIRA, M.C., 2017. El cambio de la matriz energética en el Ecuador y su incidencia en el desarrollo social y económico de la población. *Mikarimin* [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 25–36. Disponible en: <http://186.46.158.26/ojs/index.php/mikarimin/article/view/695>.
- JARA, J., 2021. Potencial solar fotovoltaico del Ecuador. *CELEC EP*, vol. 2, no. 4489, pp. 20–30.
- KPMG, 2016. Desarrollo de energías renovables. *KP11*, vol. 1, no. 22, pp. 1–71.
- LORENZO, E., 2006. *Radiación solar y dispositivos fotovoltaicos (VOL. II)*. S.l.: Progenza. promotora general de estudios. ISBN 9788495693310.
- MOLINA, D., GÁRCIGA, T. y ALVAREZ, O., 2022. Radiación solar en Ecuador F1. , vol. 1, no. 1, pp. 1–89. DOI 10.13140/RG.2.2.27225.39529.
- NAVAS HERRERA, J.A., 2021. *Estudio Técnico-Económico de Tecnologías de Rnergía Renovable para La Granja Avícola “Avitrave”* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21658>.
- NEC, 2011. Norma Ecuatoriana De Construcción, Nec - 11. *Capítulo 14 Energías renovables*, pp. 110.
- OVIEDO RONDON, E.O., 2009. Ahorro energético en granjas avícolas. *ERVV*, vol. 1, no. 1, pp. 47.
- PACHECO, F., 2018. Modelo de gestión estratégica para la industria de energías renovables bajo el escenario de cambio de la matriz energética del Ecuador. *Creative Commons*, pp. 1–151.
- PAZMIÑO MIRANDA, A.C., 2020. Análisis del Plan Nacional de Eficiencia Energética en el Ecuador. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, vol. 5, no. 1, pp. 28. DOI 10.33936/riemat.v5i1.2500.

VARGAS, L., HAAS, J. y REYES, L., 2020. *Generacion de energia electrica con fuentes renovables* [en línea]. S.l.: Editorial Universitaria de Chile. ISBN 9789561126688. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/utiec/titulos/221694>.

VÁSQUEZ, F., URDIALES, L., ESPINOZA, J. y GARCÍA, M., 2015. *Energía Solar en el Ecuador*. S.l.: s.n. ISBN 978-9978-14-317-9.

Anexos

Anexo 1: Historial de consumo eléctrico de Avícola La Ponderosa.

El siguiente anexo describe valores de consumo de la empresa referente a 5 años atrás.

| Mes | Electricidad consumida (kWh) | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| Enero | 4825 | 4849 | 4675 | 5002 | 5171 |
| Febrero | 4770 | 4620 | 4425 | 4821 | 4673 |
| Marzo | 5063 | 4986 | 4484 | 4858 | 4771 |
| Abril | 4902 | 4492 | 3804 | 4314 | 4559 |
| Mayo | 5048 | 4683 | 3459 | 4283 | 4571 |
| Junio | 5061 | 4428 | 3677 | 4398 | 4888 |
| Julio | 5211 | 4898 | 3930 | 4661 | 5046 |
| Agosto | 4861 | 4864 | 4058 | 4374 | 4666 |
| Septiembre | 4179 | 4073 | 4431 | 5030 | 4731 |
| Octubre | 4568 | 4308 | 4898 | 4747 | 4823 |
| Noviembre | 4925 | 4263 | 4632 | 4709 | 4671 |
| Diciembre | 4679 | 4433 | 4883 | 4609 | 4746 |
| Total consumo anual | 58092 | 54897 | 51356 | 55806 | 57313 |
| Total promedio anual | 4841 | 4574 | 4279 | 4650 | 4776 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Anexo 2: Historial de facturación mensual

El siguiente anexo describe valores de facturación eléctrica por parte de la empresa referente a 5 años atrás.

| Mes | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Enero | \$ 636,41 | \$ 564,76 | \$ 554,06 | \$ 549,54 | \$ 551,80 |
| Febrero | \$ 642,32 | \$ 565,47 | \$ 479,25 | \$ 502,78 | \$ 491,02 |
| Marzo | \$ 678,96 | \$ 621,25 | \$ 581,88 | \$ 537,78 | \$ 559,83 |
| Abril | \$ 631,65 | \$ 651,16 | \$ 405,81 | \$ 558,96 | \$ 482,39 |
| Mayo | \$ 685,55 | \$ 665,17 | \$ 413,20 | \$ 688,60 | \$ 550,90 |
| Junio | \$ 720,60 | \$ 577,90 | \$ 471,51 | \$ 628,30 | \$ 549,91 |
| Julio | \$ 668,93 | \$ 610,64 | \$ 530,44 | \$ 609,77 | \$ 570,11 |
| Agosto | \$ 617,26 | \$ 593,13 | \$ 522,39 | \$ 692,89 | \$ 607,64 |
| Septiembre | \$ 553,79 | \$ 575,88 | \$ 572,28 | \$ 636,45 | \$ 604,37 |
| Octubre | \$ 599,06 | \$ 652,30 | \$ 607,54 | \$ 637,33 | \$ 622,44 |
| Noviembre | \$ 667,25 | \$ 661,83 | \$ 580,89 | \$ 617,03 | \$ 598,96 |
| Diciembre | \$ 616,01 | \$ 583,21 | \$ 608,64 | \$ 650,26 | \$ 629,45 |
| Total consumo anual | \$ 7.717,79 | \$ 7.322,70 | \$ 6.327,89 | \$ 7.309,69 | \$ 6.818,79 |
| Total promedio anual | \$ 643,15 | \$ 610,23 | \$ 527,32 | \$ 609,14 | \$ 568,23 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Anexo 3: Energía eléctrica consumida diariamente por el área de galpones

Este anexo estima el total de cargas que se encuentran instaladas en el área de estudio.

| Cargas del Área de Galpones Avícola | | | | | | |
|--|--|-----------------|-------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------|
| Establecimiento | Equipo | Cantidad | Potencia (W) | Potencia (kW) | Tiempo máximo de uso (h) | Consumo diario (kWh) |
| Galpón 1 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3 | 3,41 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2 | 1,54 |
| Galpón 2 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3 | 3,41 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2 | 1,54 |
| Galpón 3 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3,35 | 3,81 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2,25 | 1,74 |
| Galpón 4 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3 | 3,41 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2 | 1,54 |
| Galpón 5 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3 | 3,41 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2 | 1,54 |
| Galpón 6 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3 | 3,41 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2 | 1,54 |

| | | | | | | |
|------------------|---|---|-----------------|---------------|------|--------------|
| Galpón 7 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3,35 | 3,81 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2,25 | 1,74 |
| Galpón 8 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3 | 3,41 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2 | 1,54 |
| Galpón 9 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3,35 | 3,81 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2,25 | 1,74 |
| Galpón 10 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3 | 3,41 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2 | 1,54 |
| Galpón 11 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3 | 3,41 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2 | 1,54 |
| TOTAL | | | 20996,98 | 20,997 | | 56,27 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Anexo 4: Estimación energética seccionada según tipo de galpón

Se determina la sección según el tipo de galpón A y B.

| Cargas del Área de Galpones Avícola | | | | | | |
|--|---|-----------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Tipo A | Equipo | Cantidad | Potencia promedio (W) | Potencia (kW) | Tiempo máximo de uso (h) | Consumo diario (kWh) |
| Galpón 1-2-4-5-6-8-10-11 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3 | 2,84 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2 | 3,08 |
| TOTAL | | | 1908,82 | 1,909 | 5 | 4,95 |
| Tipo B | Equipo | Cantidad | Potencia promedio (W) | Potencia (kW) | Tiempo máximo de uso (h) | Consumo diario (kWh) |
| Galpón 3-7-9 | Motor distribución de alimento balanceado | 1 | 1136,96 | 1,14 | 3,35 | 3,809 |
| | Motor suministro de agua | 1 | 771,86 | 0,77 | 2,25 | 1,737 |
| TOTAL | | | 1908,82 | 1,909 | 5,6 | 5,54 |

Anexo 5: Comparativa de estimaciones solares en Cotopaxi

El anexo muestra valores comparativos de radiación solar en la provincia de Cotopaxi.

| Mes | ARCONEL (kWh/m²/d) | INAMHI (kWh/m²/d) | NASA (kWh/m²/d) |
|------------|--|---|---------------------------------------|
| Enero | 4,76 | 4,69 | 4,63 |
| Febrero | 4,68 | 4,75 | 4,69 |
| Marzo | 4,77 | 4,85 | 4,68 |
| Abril | 4,54 | 4,55 | 4,61 |
| Mayo | 4,81 | 4,62 | 4,75 |
| Junio | 4,97 | 4,81 | 4,79 |
| Julio | 5,09 | 4,98 | 4,91 |
| Agosto | 5,05 | 4,89 | 4,98 |
| Septiembre | 4,87 | 4,86 | 4,67 |
| Octubre | 4,81 | 4,71 | 4,77 |
| Noviembre | 4,67 | 4,72 | 4,65 |
| Diciembre | 4,97 | 4,62 | 4,74 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Anexo 6: Estimación solar en la empresa Avícola La Ponderosa

Empleando Retscreem se establece datos geográficos de la empresa importantes para el dimensionamiento del sistema.

| Mes | Temperatura del aire | Humedad relativa | Precipitación | Radiación solar | Presión | Velocidad del viento |
|--------------|----------------------|------------------|---------------|-----------------------|--------------|----------------------|
| | °C | % | mm | kWh/m ² /d | kPa | m/s |
| Enero | 11,4 | 84,90% | 134,23 | 4,60 | 71,5 | 1,9 |
| Febrero | 11,4 | 86,30% | 157,92 | 4,62 | 71,6 | 1,9 |
| Marzo | 11,4 | 86,60% | 172,36 | 4,64 | 71,6 | 2 |
| Abril | 11,5 | 86,60% | 174,3 | 4,58 | 71,6 | 2 |
| Mayo | 11,2 | 85,60% | 130,51 | 4,64 | 71,6 | 2,6 |
| Junio | 10,4 | 84% | 99 | 4,70 | 71,6 | 3,7 |
| Julio | 9,9 | 81,90% | 75,95 | 4,72 | 71,6 | 4,2 |
| Agosto | 10 | 79,30% | 63,24 | 4,74 | 71,6 | 4,2 |
| Septiembre | 10,7 | 78,50% | 76,5 | 4,72 | 71,6 | 3,1 |
| Octubre | 11,2 | 80,50% | 103,23 | 4,67 | 71,6 | 2,2 |
| Noviembre | 11,3 | 81,90% | 105,6 | 4,62 | 71,5 | 2,1 |
| Diciembre | 11,4 | 83,50% | 109,12 | 4,69 | 71,5 | 2 |
| ANUAL | 10,98 | 83,30% | 116,83 | 4,677 | 71,58 | 2,66 |

Elaborado por: Chicaiza, Jhonny (2023)

Anexo 7: Ficha técnica del panel solar EOS Monocristalino 5BB

Las características de rendimiento técnico del tipo de panel solar monocristalino se describen en este anexo.

EOS MONO

by Eco Green Energy

EGE-380/400W-72M

ELECTRICAL DATA AT STC*

| | | | | | |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Power output (Pmax) | 380 W | 385 W | 390 W | 395 W | 400 W |
| Power tolerance | 0→+5 W | 0→+5 W | 0→+5 W | 0→+5 W | 0→+5 W |
| Module efficiency | 19.15 % | 19.41 % | 19.66 % | 19.91 % | 20.16% |
| Maximum power voltage (Vmp) | 39.50 V | 39.65 V | 39.76 V | 39.86 V | 39.92 V |
| Maximum power current (Imp) | 9.62 A | 9.71 A | 9.81 A | 9.91 A | 10.02 A |
| Open circuit voltage (Voc) | 48.20 V | 48.25 V | 48.37 V | 48.48 V | 48.6 V |
| Short circuit current (Isc) | 9.99 A | 10.08 A | 10.18 A | 10.28 A | 10.4 A |

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NMOT*

| | | | | | |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Power output (Pmax) | 283.34 W | 287.07 W | 290.79 W | 294.52 W | 298.25 W |
| Maximum power voltage (Vmp) | 37.03 V | 37.17 V | 37.27 V | 37.37 V | 37.42 V |
| Maximum power current (Imp) | 7.64 A | 7.71 A | 7.79 A | 7.87 A | 7.96 A |
| Open circuit voltage (Voc) | 44.70 V | 44.74 V | 44.86 V | 44.96 V | 45.07 V |
| Short circuit current (Isc) | 8.12 A | 8.19 A | 8.28 A | 8.36 A | 8.45 A |

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² • Ambient temperature: 20°C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

| | |
|-----------------------------|--|
| Cell type | Monocrystalline (158.75x158.75 mm) |
| Number of cells | 72 |
| Dimensions | 1980x1002x40mm |
| Weight | 22.9 kg |
| Glass | 3.2 mm tempered glass, High transmission (>94%), Anti-Reflective Coating |
| Frame | Anodized aluminium alloy |
| Junction box | IP68 rated (3 by pass diodes) |
| Cable | 4mm ² , 900mm (+) 900mm (-) ; Length can be customized |
| Connector | MC4 or MC4 compatible |
| Max front load (e.g.: snow) | 5400 Pa |
| Max back load (e.g.: wind) | 2400 Pa |

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

| | |
|---------------------------------|-------------|
| NOCT | 45 °C ±2 °C |
| Temperature coefficient of Pmax | -0.396%/°C |
| Temperature coefficient of Voc | -0.31%/°C |
| Temperature coefficient of Isc | +0.06%/°C |

MAXIMUM RATINGS

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Operating temperature range | -45 °C →+85 °C |
| Maximum system voltage | 1500V/DC(IEC) 1500V/DC(UL) |
| Max series fuse rating | 25 A |

PACKAGING (1980x1002x40mm)

| Type | Pcs | Weight |
|-------------------|---------|--------|
| Per pallet | 27 pcs | 663 kg |
| 40ft HQ Container | 696 pcs | 17.1 t |

PV MODULE : EGE-400W-72M

PV MODULE : EGE-400W-72M

Dimension of PV Module (mm)

ECO GREEN ENERGY
Building a Greener World

Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice.
Refer to our website for further information or contact one of our sales staff.
www.eco-greenenergy.com

Fuente: EcoGreenenergy, 2022

101

Anexo 8: Ficha técnica de Batería Solar Eleksol ES260

Las características de rendimiento técnico del tipo de batería plomo ácido se describen en este anexo.



1. CARÁCTERÍSTICAS DE PRODUCTO
Baterías de Plomo-ácido abiertas para almacenar energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos.

2. APLICACIONES

- Casas, campers, barcos, estaciones de montaña.
- Semáforos y señales de tráfico.
- Iluminación en calles y parques.
- Estaciones de medida, estaciones de bombeo, etc.

3. DATOS TÉCNICOS (Temperatura de referencia 25°C)

| MODELO | V | Capacidad C ₁₀₀ (Ah) | Peso (kg) | L | Dimensiones (mm) | |
|---------------------|----|---------------------------------|-----------|-----|------------------|-----|
| | | | | | W | A |
| ELEKSOL ES70 SOLAR | 12 | 66 | 15,14 | 242 | 175 | 190 |
| ELEKSOL ES80 SOLAR | 12 | 80 | 17,39 | 278 | 175 | 190 |
| ELEKSOL ES115 SOLAR | 12 | 115 | 22,09 | 353 | 175 | 190 |
| ELEKSOL ES155 SOLAR | 12 | 155 | 35,70 | 513 | 189 | 223 |
| ELEKSOL ES205 SOLAR | 12 | 205 | 43,90 | 513 | 223 | 223 |
| ELEKSOL ES260 SOLAR | 12 | 260 | 56,70 | 518 | 276 | 242 |

4. INFORMACIÓN DE DISEÑO

- Placas y separadores especiales.
- Larga vida en ciclos de carga y descarga.
- Reducido consumo de agua.
- Menor sensibilidad a las sobrecargas imprevistas.
- Reducida auto descarga.
- Mayor tensión de descarga mediante conexiones interiores más cortas.
- Material plástico con alta resistencia a los impactos fortuitos.
- Baterías estacionarias especialmente diseñadas para instalaciones fotovoltaicas.

5. NÚMERO DE CICLOS EN FUNCION DE LA PROFUNDIDAD DE DESCARGA



6. OPERACIÓN

- Curvas de carga: WUa, IUa, IUoU y IUloU.
- No descargar la batería por encima del 80%.
- La batería debe ser cargada al 100% entre 1-4 semanas.
- Trabajando en flotación a tensiones altas durante periodos largos puede repercutir en una excesiva pérdida de agua.

www.eleksol.net

Fuente: Eleksol, 2022

Anexo 9: Ficha técnica del regulador Victron Energy SmartSolar MPPT 150/60

Las características de rendimiento técnico del tipo de regulador de carga se describen en este anexo.

| Controlador de carga SmartSolar | 150/45 | 150/60 | 150/70 | 150/85 | 150/100 |
|--|---|--------|--|---------------------------------|---------|
| Tensión de la batería | Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V) | | | | |
| Corriente de carga nominal | 45A | 60A | 70A | 85A | 100A |
| Potencia FV nominal, 12V 1a,b) | 650W | 860W | 1000W | 1200W | 1450W |
| Potencia FV nominal, 24V 1a,b) | 1300W | 1720W | 2000W | 2400W | 2900W |
| Potencia FV nominal, 36V 1a,b) | 1950W | 2580W | 3000W | 3600W | 4350W |
| Potencia FV nominal, 48V 1a,b) | 2600W | 3440W | 4000W | 4900W | 5800W |
| Máxima corriente de corto circuito FV 2) | 50A (máx. 30A por conector MC4) | | | 70A (máx. 30A por conector MC4) | |
| Tensión máxima del circuito abierto FV | 150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo | | | | |
| Eficacia máxima | 98% | | | | |
| Autoconsumo | Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V | | | | |
| Tensión de carga de "absorción" | Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth) | | | | |
| Tensión de carga de "flotación" | Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth) | | | | |
| Tensión de carga de "ecualización" | Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable) | | | | |
| Algoritmo de carga | variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario | | | | |
| Compensación de temperatura | -16 mV / -32 mV / -64 mV / °C | | | | |
| Protección | Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión | | | | |
| Temperatura de trabajo | De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C) | | | | |
| Humedad | 95%, sin condensación | | | | |
| Altura máxima de trabajo | 5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m) | | | | |
| Condiciones ambientales | Para interiores, no acondicionados | | | | |
| Grado de contaminación | PD3 | | | | |
| Puerto de comunicación de datos | VE.Direct o Bluetooth | | | | |
| Interruptor on/off remoto | Sí (conector bifásico) | | | | |
| Relé programable | DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A | | Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC | | |
| Funcionamiento en paralelo | Sí (no sincronizado) | | | | |
| CARCASA | | | | | |
| Color | Azul (RAL 5012) | | | | |
| Terminales FV 3) | 35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4) | | 35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4) | | |
| Bornes de la batería | 35mm ² / AWG2 | | | | |
| Grado de protección | IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión) | | | | |
| Peso | 3 kg | | | 4,5 kg | |
| Dimensiones (al x an x p) en mm | Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm | | Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103 | | |
| NORMAS | | | | | |
| Seguridad | EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2 | | | | |
| 1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia. | | | | | |
| 1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. | | | | | |
| 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador. | | | | | |
| 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT) | | | | | |

Fuente: Beltt, 2022

Anexo 10: Ficha técnica del inversor Beltt BEP3000SA

Las características de rendimiento técnico del tipo inversor senoidal puro se describen en este anexo.

Product detail parameters

| MODEL | BEP150S | BEP300A | BEP500SA | BEP600S | BEP800S | |
|--------------------------|---|---|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Output | Rated Power | 150W | 300W | 500W | 600W | 800W |
| | Peak Power | 300W | 600W | 1000W | 1200W | 1600W |
| | Frequency | | | | | |
| | WaveForm | | | | | |
| Input | Battery Voltage | 12V / 24V (Optional) | 12V / 24V / 48V(Optional) | | | |
| | Voltage Range | 10-15V(12V) / 20-30V(24V) / 40-60V(48V) | | | | |
| | No load Current | 0.6A(12V) 0.3A(24V) | 0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V) | 0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V) | 0.6A(12V) 0.3A(24V) | 0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V) |
| | Efficiency | ≥90% | | | | |
| Battery input protection | Low Voltage Alarm | 11(12V) / 21V(24V) / 42V(48V) | | | | |
| | Battery low voltage protection | 10V±0.5V(12V) / 20V±0.5V(24V) / 40V±0.5V(48V) | | | | |
| | Battery high voltage protection | 15V±0.5V(12V) / 30V±0.5V(24V) / 60V±0.5V(48V) | | | | |
| | Battery reverse polarity protection | NO | YES | YES | YES | NO |
| Other protection | High temperature protection, Shortcircuit Protection, Overload Protection | | | | | |
| USB | 5V / 500mA | | | | | |
| FAN | Smart fan, Automatic startup of high temperature and load | | | | | |
| Operating environment | Temperature 0°C-40°C@100%load, Humidity 20%-90%RH, No refrigeration | | | | | |
| Size(mm) | 160*95*55 | 172*150*58 | 260*150*78 | 262*150*76 | 309*180*172 | |
| Weight(g) | 530 | 910 | 1700 | 1800 | 3050 | |

| MODEL | BEP1000S | BEP1500S | BEP2000S | BEP3000S | BEP5000S | |
|--------------------------|---|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Output | Rated Power | 1000W | 1500W | 2000W | 3000W | 5000W |
| | Peak Power | 2000W | 3000W | 4000W | 6000W | 10000W |
| | Frequency | 50Hz / 60Hz(Optional) | | | | |
| | WaveForm | Pure Sine Wave | | | | |
| Input | Battery Voltage | 12V / 24V / 48V(Optional) | | | | 12V/24V (Optional) |
| | Voltage Range | 10-15V(12V) / 20-30V(24V) / 40-60V(48V) | | | | |
| | No load Current | 0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V) | 1.8A(12V) 1.0A(24V) 0.5A(48V) | 3.0A(12V) 1.5A(24V) 0.8A(48V) | 3.8A(12V) 2.0A(24V) 1.2A(48V) | 2.5A(24V) 1.4A(48V) |
| | Efficiency | ≥90% | | | | |
| Battery input protection | Low Voltage Alarm | 11(12V) / 21V(24V) / 42V(48V) | | | | |
| | Battery low voltage protection | 10V±0.5V(12V) / 20V±0.5V(24V) / 40V±0.5V(48V) | | | | |
| | Battery high voltage protection | 15V±0.5V(12V) / 30V±0.5V(24V) / 60V±0.5V(48V) | | | | |
| | Battery reverse polarity protection | NO | | | | |
| Other protection | High temperature protection, Shortcircuit Protection, Overload Protection | | | | | |
| USB | 5V / 500mA | | | | | |
| FAN | Smart fan, Automatic startup of high temperature and load | | | | | |
| Operating environment | Temperature 0°C-40°C@100%load, Humidity 20%-90%RH, No refrigeration | | | | | |
| Size(mm) | 367*150*76 | 452*150*142 | 454*180*142 | 529*180*142 | 585*180*167 | |
| Weight(g) | 2750 | 4000 | 4900 | 6020 | 8000 | |

Remarks : Please select the corresponding parameters according to the

This series of pure sine wave inverter is suitable for:
Household appliances: TV, refrigerator, freezer, washing machine, air conditioner, power amplifier, induction cooker, electric fan, electric cooker Lamps and lanterns, AV equipment.....
Power tools: electric drills, pumps, cutting machines, motors, hand mills.....
Office equipment: computers, printers, copiers, fax machines, network equipment.....
On-board equipment : inverter can be connected to the car capacitor, suitable for all kinds of on-board appliances.

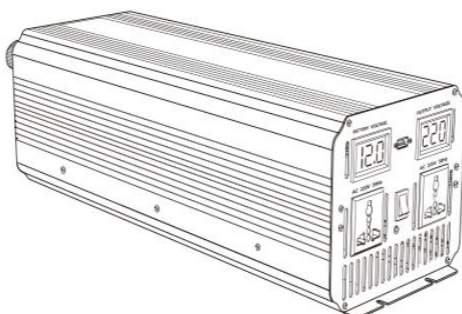
BELTT®

Power Inverter

Solar Power Generation System

BEP150S / BEP300A / BEP500SA
 BEP600S / BEP800S / BEP1000S
 BEP1500S / BEP2000S
 BEP3000S / BEP5000S

Pure Sine Wave Inverter Manual



To ensure reliable service, the inverter must be used properly. Please read the instruction manual before use. Particular attention should be paid to the warning and attention of this brochure. Caution for certain conditions and practices that may cause damage to the inverter. Make clear warning statements about certain conditions and practices that may cause bodily harm. Please read all instructions before using the inverter.

Please read this instruction manual carefully so that it can be used correctly. Remember to read the "safety precautions" section before you use it to make sure it's safe to use. After reading the instructions, please complete the warranty card for safekeeping, to keep on for reference.

Fuente: Victron energy, 2022


Anexo 11: Ficha técnica del conductor Exzhellent solar ZZ-F

Las características de rendimiento técnico del tipo de conductor de cobre estañado se describen en este anexo.

exzhellent SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC


PANELES FOTOVOLTAICOS

TENSIÓN 1,8 kV DC - 0,6 / 1 kV AC




EXZHELLENT SOLAR ZZ-F (AS) 1,8 kV DC - 0,6/1 kV AC

Conductor: Cobre estañado clase 5 para servicio móvil (-F)
 Aislamiento: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)
 Cubierta: Elastómero termoestable libre de halógenos (Z)
 Norma: TÜV 2 Pfg 1169/08.2007



SERVICIO MÓVIL



| N° AWG | Sección del cable mm ² | Diámetro del cable Ø mm | Resistencia cond. en Ω/km |
|----------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1000 MCM | 507 | 29,3 | 0,036 |
| 900 | 456 | 27,8 | 0,04 |
| 750 | 380 | 25,4 | 0,048 |
| 600 | 304 | 22,7 | 0,061 |
| 550 | 279 | 21,7 | 0,066 |
| 500 | 253 | 20,7 | 0,07 |
| 450 | 228 | 19,6 | 0,08 |
| 400 | 203 | 18,5 | 0,09 |
| 350 | 177 | 17,3 | 0,10 |
| 300 | 152 | 16,0 | 0,12 |
| 250 | 127 | 14,6 | 0,14 |
| 4/0 | 107,2 | 11,68 | 0,18 |
| 3/0 | 85,0 | 10,40 | 0,23 |
| 2/0 | 67,4 | 9,27 | 0,29 |
| 0 | 53,4 | 8,25 | 0,37 |
| 1 | 42,4 | 7,35 | 0,47 |
| 2 | 33,6 | 6,54 | 0,57 |
| 3 | 26,7 | 5,83 | 0,71 |
| 4 | 21,2 | 5,19 | 0,91 |
| 5 | 16,8 | 4,62 | 1,12 |
| 6 | 13,3 | 4,11 | 1,44 |
| 7 | 10,6 | 3,67 | 1,78 |
| 8 | 8,34 | 3,26 | 2,36 |
| 9 | 6,62 | 2,91 | 2,77 |
| 10 | 5,26 | 2,59 | 3,64 |
| 11 | 4,15 | 2,30 | 4,44 |
| 12 | 3,31 | 2,05 | 5,41 |

[1] Al aire, a 60 °C Según norma TÜV 2 Pfg 1169/08.2007

Fuente: Exzhellent, 2022

Anexo 12: Características técnicas de AWG


En este anexo se describe las características que posee el calibre del conductor seleccionado, referente al tipo de conexión.

| Amperaje que soportan los cables de cobre | | | | | |
|--|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Nivel de temperatura: | 60°C | 75°C | 90°C | 60°C | |
| Tipo de aislante: | TW | RHW, THW, THWN | THHN, XHHW-2, THWN-2 | SPT | |
| Medida / calibre del cable | Amperaje soportado | | | Medida / calibre del cable | Amperaje soportado |
| 14 AWG | 15 A | 15 A | 15 A | 20 AWG | 2 A |
| 12 AWG | 20 A | 20 A | 20 A | 18 AWG | 10 A |
| 10 AWG | 30 A | 30 A | 30 A | 16 AWG | 13 A |
| 8 AWG | 40 A | 50 A | 55 A | 14 AWG | 18 A |
| 6 AWG | 55 A | 65 A | 75 A | 12 AWG | 25 A |
| 4 AWG | 70 A | 85 A | 95 A | | |
| 3 AWG | 85 A | 100 A | 115 A | | |
| 2 AWG | 95 A | 115 A | 130 A | | |
| 1 AWG | 110 A | 130 A | 145 A | | |
| 1/0 AWG | 125 A | 150 A | 170 A | | |
| 2/0 AWG | 145 A | 175 A | 195 A | | |
| 3/0 AWG | 165 A | 200 A | 225 A | | |
| 4/0 AWG | 195 A | 230 A | 260 A | | |

Fuente: Exzhellent, 2022

Anexo 13: Ficha técnica del fusible ZTPV-2520 A

Las características de rendimiento técnico del tipo de fusible seleccionado se describen en este anexo.

| PARÁMETROS TÉCNICOS | | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------|------------------|--------------------------|
| MODELO | ZTPV 25 | | | |
| Imagen |  | | | |
| Tamaño (mm) | 10x38 | | | |
| Tensión nominal Ue (V) | DC1000 | | | |
| Corriente nominal In (A) | 1 2 3 4 5 6 8 10 12 15 16 20 25 30 32 | | | |
| Capacidad de ruptura nominal (33) | 33 | | | |
| Clase de operación | gPV | | | |
| Temperatura de trabajo | -50-105 | | | |
| Altitud (m) | ≤ 2000 | | | |
| Peso (g) | 10 | | | |
| Estándar | IEC60269.6 | | | |
| Detalles del material | | | | |
| Nombre de la pieza | Tapa | Cuerpo | Elemento fusible | Agente extintor de arcos |
| Material | Cobre rojo | Óxido de aluminio | Plata | Silicio |

Fuente: Exzhellent, 2022

Anexo 14: Ficha técnica del interruptor de corriente continua Tobiz-63A

Las características de rendimiento técnico del tipo de interruptor de corriente continuo seleccionado se describen en este anexo.

| Specifications | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|
| Item | DC MINI CIRCUIT BREAKER | | | |
| Code | TOB1Z-63 | | | |
| Pole | 1P | 2P | 3P | 4P |
| Voltage | 250VDC | 600VDC | 800VDC | 1000VDC |
| Current | 6A,10A,16A,20A,25A,32A,40A,63A | | | |
| Rated impact volt Uimp (KV) | 4 | | | |
| Run breaking capacity ICs(%Icu) | 75% | | | |
| Standard | IEC/EN60947 | | | |
| Trip type | thermal magnetic | | | |
| Breaking Capacity | 6KA | | | |
| Characteristic Curve | C | | | |
| Mechanical | Actual average value | 20000 | | |
| | Standard value | 8500 | | |
| Electric | Actual average value | 2500 | | |
| | Standard value | 1500 | | |
| Working Temperature | “-5°”to +70° | | | |
| Relative humidity | ≤95% | | | |
| Pollution Level | 3 | | | |
| Installation Environment | No obvious shock and vibration | | | |
| Protection Degree | IP20 | | | |
| Electrical life | More than 8000times | | | |
| Mechanical life | More than 2000times | | | |
| Dimension(W)X(H)X(D) | 18X80X71 | 36X80X71 | 54X80X71 | 72X80X71 |
| Installation | 35MM DIN RAIL | | | |
| Accessory | YES | | | |
| Installation Altitude | ≤2000M | | | |
| Weight(KG) | 0.12 | 0.24 | 0.36 | 0.48 |

Fuente: TOBIZ, 2022

Anexo 15: Ficha técnica del interruptor termomagnético SchneiderMG

Las características de rendimiento técnico del tipo de interruptor de corriente alterna seleccionado se describen en este anexo.





ELECTROPARTES S.A.S.
Materiales y equipos eléctricos industriales.
Ingeniería eléctrica.

Hoja de datos del Producto **EZ9F56263**
Características



Principal

| | |
|---------------------------------|---|
| Aplicación del dispositivo | Distribución |
| Gama | Easy9 |
| Tipo de producto o componente | Interruptor automático en miniatura |
| Nombre corto del dispositivo | Easy9 MCB |
| Número de polos | 2P |
| Número de polos protegidos | 2 |
| Corriente nominal (In) | 63 A |
| Tipo de red | CA |
| Tecnología de unidad de disparo | Térmico-magnético |
| Código de curva | C |
| Poder de corte | 10000 A Icn acorde a IEC 60898-1 - 230 V CA 50/60 Hz 6000 A Icn acorde a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz |
| Apto para seccionamiento | Sí acorde a IEC 60898-1 |

La información proporcionada en esta documentación constituye descripciones generales y/o características técnicas sobre el rendimiento de los productos que se incluyen en este documento. Esta información no debe utilizarse como criterio de selección para la adquisición de los productos sin haber sido sometido a una prueba de laboratorio específica relevante o al uso de los mismos. El deber de dicho usuario o integrador realizar el análisis de riesgo, la evaluación y la prueba de los productos con respecto a la aplicación específica relevante o al uso de los mismos. Ni Schneider Electric Industries S.A.S. ni ninguna de sus filiales o subsidiarias serán responsables del mal uso de la información.

Complementaria

| | |
|--|--|
| Frecuencia de red | 50/60 Hz |
| [Ue] tensión asignada de empleo | 230 V CA 50/60 Hz 400 V CA 50/60 Hz |
| Límite de enlace magnético | 5...10 x In |
| [Ics] poder de corte en servicio | 6 kA 100 % x Icn at 230 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60898-1 |
| [Ui] tensión asignada de aislamiento | 500 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60898-1 |
| [Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques | 4 kV conforme a IEC 60898-1 |
| Indicador de posición del contacto | Sí |
| Tipo de control | Maneta |
| Señalizaciones en local | Sin |
| Tipo de montaje | Ajustable en clip |
| Tipo de montaje | Carril DIN |
| Pasos de 9 mm | 4 |
| Altura | 81 mm |
| Anchura | 36 mm |
| Profundidad | 66.5 mm |
| Color | Gris RAL 7035 |
| Endurancia mecánica | 10000 ciclos |
| Durabilidad eléctrica | 4000 cycles |
| Conexiones - terminales | Terminal tipo túnel, arriba o abajo rígido cableado(s) 1...35 mm ² max Terminal tipo túnel, arriba o abajo Flexible cableado(s) 1...25 mm ² max |
| Par de apriete | 3.5 N.m arriba o abajo |
| Protección contra fugas a tierra | Sin |

Ambiente

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| normas | IEC 60898-1 |
| certificaciones de producto | CE |
| grado de protección IP | IP20 acorde a IEC 60529 |



1 / 2

Fuente: SchneiderMG, 2022

Anexo 16: Carta de conformidad

Ambato, 21 de marzo del 2023

Ing. Fernando David Saá Tapia

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

Presente.-

De mi consideración:

Yo **Mónica Alexandra Gutiérrez Mayorga** portadora de la cédula de ciudadanía N° **1802578854**, en mi calidad de Gerente de **Avícola La Ponderosa**, ubicada en la provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Parroquia Mulalillo. **CERTIFICO** que el señor **Jhonny Gustavo Chicaiza Zapata**, portador de la cédula de ciudadanía N° 1805057971, ha realizado con éxito el trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de ingeniero industrial denominado: **“MODELADO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ÁREA DE GALPONES EN LA AVÍCOLA LA PONDEROSA DEL CANTÓN SALCEDO”**, el mismo que la empresa avala, aprueba y considera las recomendaciones en cuanto al estudio del trabajo.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso de este documento para los fines pertinentes.

Atentamente,

f).....

Mónica Alexandra Gutiérrez Mayorga

1802578854

