

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE
PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN UNA GRANJA AVÍCOLA UBICADA EN LA MESA DE LOS
SANTOS SANTANDER.

JUAN JOSÉ OSORIO JIMÉNEZ

LUIS FELIPE REYES AGUILAR

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2021

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE
PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN UNA GRANJA AVÍCOLA UBICADA EN LA MESA DE LOS
SANTOS SANTANDER.

JUAN JOSÉ OSORIO JIMÉNEZ

LUIS FELIPE REYES AGUILAR

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Director

YESID JAVIER RUEDA ORDOÑEZ

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2021

DEDICATORIA

A mis viejos, que les debo todo lo que soy, este logro es de ellos y del esfuerzo de sus vidas, agradezco a Dios el privilegio de compartir con ellos este triunfo

A mi hermanita, mi compañera de infancia, mi compañera de juegos, mi compañera de vida

A mi otra hermanita que me ha demostrado el amor hacia su hermano menor

A mi familia en general, y aquellos que desde la distancia estarían orgullosos de este triunfo y que hoy me acompañan de corazón

A Dios por todas las oportunidades que me ha brindado

JUAN JOSÉ OSORIO JIMÉNEZ

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a nuestro director de proyecto, ingeniero Yesid Javier Rueda Ordoñez, por su acompañamiento, conocimiento y colaboración durante el desarrollo de nuestro trabajo de grado, también a las entidades IDEAM y ESSA por su colaboración en la adquisición de bases de datos necesarias para la finalidad del proyecto.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	18
3. OBJETIVOS.....	19
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
4. MARCO TEORICO	20
4.1 ENERGÍA SOLAR	20
4.2 PARÁMETROS GEOGRÁFICOS Y GEOMÉTRICOS	20
4.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	24
4.3.1 Paneles solares fotovoltaicos.....	24
4.3.1.1 Características eléctricas de los paneles solares fotovoltaicos.....	25
4.3.1.2 Tipos de paneles solares fotovoltaicos.	26
4.3.1.3 Tipos de conexión.....	27
4.3.2 Estructuras de los módulos fotovoltaicos	28
4.3.2.1 Estructura fija.....	28
4.3.2.2 Estructura fija con modificación de ángulo	29
4.3.2.3 Estructuras con seguimiento.....	29
4.3.4 Inversor	31
4.3.4.1 Inversores conectados a la red.....	31
4.3.5.2 Vida útil.....	32
4.3.5.3 Profundidad de descarga.....	33
4.3.6 Medidor bidireccional.....	34
4.3.7.1 Conexiones a tierra.....	34
4.3.7.2 Protecciones frente a sobretensiones y sobrecargas	34
4.4 CONFIGURACIONES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	35
4.4.1 Sistema solar fotovoltaico conectado a la red (On Grid)	35

4.4.2 Sistema solar fotovoltaico autónomo (Off Grid)	35
5. DESCRIPCIÓN DE LA GRANJA AVICOLA	37
5.1 DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LA GRANJA	37
5.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA DE LOS GALPONES	39
5.3 CONSUMO ENERGÉTICO.....	40
6. AUTOGENERACIÓN ENERGÉTICA EN COLOMBIA	41
7. DISEÑO EN DETALLE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	43
7.1 VERIFICACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE LA RED.....	43
7.2 ENERGÍA RECIBIDA POR LOS PANELES SOLARES.....	44
7.3 RADIACIÓN GLOBAL SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL EN LA MESA DE LOS SANTOS.....	44
7.4 CÁLCULO DE LA ENERGÍA PROMEDIO DIARIA MENSUAL RECIBIDA POR UNA SUPERFICIE INCLINADA	45
7.5 SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	48
7.6 SELECCIÓN DEL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO.....	48
7.6.1 Disponibilidad del mercado.....	49
7.6.2 Evaluación económica y comparación de alternativas que producen diferentes servicios para los paneles solares fotovoltaicos	50
7.6.3 Área efectiva	54
7.7 SELECCIÓN DE SOPORTE DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS	55
7.8 SELECCIÓN DEL INVERSOR	58
7.8.1 Distribución de los paneles solares fotovoltaicos.....	59
7.9 CÁLCULO DEL CABLE CONDUCTOR.....	62
7.10 CÁLCULO DEL CONDUCTOR A LA SALIDA DEL INVERSOR:.....	64
7.11 PROTECCIONES ELECTRICAS.....	65
7.11.1 Protecciones eléctricas para corriente continua.	65
7.11.2 Protecciones eléctricas para corriente alterna	67
7.11.3 Sistema de puesta a tierra.....	68
7.12 MEDIDOR BIDIRECCIONAL.....	70
7.14 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN	71

8. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO.	73
8.1 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	75
8.2 CRITERIOS QUE DEFINEN LA VIABILIDAD DEL PROYECTO	77
9. ANÁLISIS DEL PROYECTO CON UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO CONTINUO.	78
9.1 ENERGÍA CAPTADA.....	78
9.2 SELECCIÓN DEL INVERSOR	79
9.3 CÁLCULO DEL CABLE CONDUCTOR EN CONTINUA	81
9.4 CÁLCULO DEL CONDUCTOR A LA SALIDA DEL INVERSOR	82
9.5 PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	82
10. VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO CON UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO CONTINUO	84
10.1 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	85
10.2 CRITERIOS QUE DEFINEN LA VIABILIDAD DEL PROYECTO	86
11. INSENTIVOS POR LA INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES AL SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL COLOMBIANO.....	87
12. CONCLUSIONES.....	88
BIBLIOGRAFIA.....	89
ANEXOS.....	90

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Generación de energía en abril Colombia	16
Figura 2. Distribución de gastos en la granja	17
Figura 3. Radiación solar	20
Figura 4. Latitud	21
Figura 5. Declinacion	22
Figura 6. Angulo cenit	22
Figura 7. Angulo azimut	23
Figura 8. Inclinación horaria	23
Figura 9. Angulo de inclinacion	24
Figura 10. Sistema solar fotovoltaico	24
Figura 11. Grafica características de los módulos solares.....	26
Figura 12. Tipos de paneles solares fotovoltaicos	27
Figura 13. Conexión en serie	27
Figura 14. Conexión en paralelo	28
Figura 15. Estructura con soportes fijo inclinada	29
Figura 16. Estructura con soportes y variación de ángulo de inclinación manual ..	29
Figura 17. Estructura de seguimiento en dos ejes	30
Figura 18. Inversores	32
Figura 19. Vida útil de una batería	33
Figura 20. disminución de la vida útil de una batería en función de la profundidad de descarga	33
Figura 21. Sistema conectado a la red	35
Figura 22. Sistema autónomo	36
Figura 23. Galpón de la granja avícola	37
Figura 24. Planta de tratamiento	38
Figura 25. Representación del techo	39

Figura 26. Vista satelital de la granja	39
Figura 27. Balance del autoconsumo.....	41
Figura 28. Costo de venta energía excedente	42
Figura 29. Posibles resultados de disponibilidad	43
Figura 30. Disponibilidad del transformador	44
Figura 31. Flujo de caja del panel solar Jinko Solar.....	53
Figura 32. Área disponible sobre el techo.....	55
Figura 33. Área efectiva sobre el techo sureste.....	57
Figura 34. Caja combinadora.....	67
Figura 35. Conductor del electrodo de puesta a tierra para canalizaciones y equipos	69
Figura 36. Conductor de puesta a tierra para corriente alterna	70
Figura 37. Diagrama eléctrico de la instalación	72
Figura 38. Representación gráfica del flujo de caja	75
Figura 39. Estructura de seguimiento continuo.....	79
Figura 40. Flujo de caja para seguimiento continuo.....	84

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Consumo energético de los galpones	40
Tabla 2. Consumo energético de la bodega	40
Tabla 3. Radiación global sobre una superficie horizontal promedio diario mensual (1984-2013).....	45
Tabla 4. Dia representativo de cada mes.....	47
Tabla 5. Comparación de energía para diferentes montajes	48
Tabla 6. Características de paneles disponibles en el mercado	49
Tabla 7. Flujo de caja para el panel Jinko Solar	52
Tabla 8. Tasa de retorno y valor presente neto	54
Tabla 9. Energía disponible por m ²	56
Tabla 10. Factores económicos que afectan la selección del soporte	56
Tabla 11. Elementos seleccionados.....	57
Tabla 12. Características técnicas Jinko Solar.....	58
Tabla 13. Distribución de los paneles	59
Tabla 14. Información por string distribución 3.	60
Tabla 15. Información técnica de los inversores.....	61
Tabla 16. Compatibilidad de los inversores con los arreglos.....	61
Tabla 17. Características del conductor de corriente continua.....	64
Tabla 18. Características del conductor de corriente alterna.....	65
Tabla 19. Información de la caja combinadora.....	67
Tabla 20. Características del fusible de corriente alterna.....	68
Tabla 21. Características de protección para sobretensiones.....	68
Tabla 22. Característica del electrodo de puesta a tierra	69
Tabla 23. Característica del conductor de puesta a tierra en corriente continua ...	70

Tabla 24. Característica del conductor de puesta a tierra en corriente alterna	70
Tabla 25. Especificaciones de la teja.....	71
Tabla 26. Inversión del proyecto solar fotovoltaico.....	73
Tabla 27. Flujo de caja del proyecto	74
Tabla 28. Valor presente del flujo de caja	76
Tabla 29. Criterios de viabilidad.....	77
Tabla 30. Costos asociados al soporte de seguimiento continuo	79
Tabla 31. Características del arreglo	80
Tabla 32. Información técnica del inversor	80
Tabla 33. Características del conductor de corriente continua.....	82
Tabla 34. Características del conductor de corriente alterna.....	82
Tabla 35. Información de la caja combinadora.....	83
Tabla 36. Inversión del proyecto con seguimiento continuo	84
Tabla 37. Valores presentes del proyecto.....	85
Tabla 38. Criterios de viabilidad del sistema de seguimiento continuo.....	86

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Códigos para el cálculo de energía diaria promedio	90
Anexo B. Hoja de datos de los paneles solares fotovoltaicos	95
Anexo C. Costo futuro de la energía.....	109
Anexo D. Flujo de caja de los paneles solares fotovoltaicos	110
Anexo E. Hoja de datos de las estructuras	113
Anexo F. Hoja de datos del inversor	116
Anexo G. Hoja de datos caja combinadora.....	120
Anexo H. Medidor bidireccional	121

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA GRANJA AVÍCOLA UBICADA EN LA MESA DE LOS SANTOS SANTANDER.

AUTORES: JUAN JOSÉ OSORIO JIMÉNEZ, LUIS FELIPE REYES AGUILAR

PALABRAS CLAVE: Fuentes No Convencionales de Energía Renovables (FNCER), Sistema Interconectado Nacional (SIN), on grid.

DESCRIPCION:

La finalidad de este trabajo de grado es analizar la viabilidad energética y económica de un proyecto con fuentes no convencionales de energía renovables (FNCER) para satisfacer los requerimientos energéticos de una granja avícola.

Se diseñó un sistema solar fotovoltaico de tipo on grid que satisface los consumos energéticos propios de la granja y además genera un excedente de energía durante sus primeros años para la venta y aporte energético al sistema interconectado nacional (SIN). Dicho sistema cumple su propósito gracias a la implementación de 54 paneles solares ubicados paralelos al techo de uno de los galpones de manera estratégica para minimizar las sombras. Se calcularon y seleccionaron los equipos e instrumentos para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico.

Se realizó un análisis de viabilidad económica para el sistema solar fotovoltaico diseñado y se comparó con respecto a un sistema de seguimiento continuo, obteniéndose como resultado una tasa de retorno más alta para el sistema fijo; por lo tanto, representa una mejor alternativa.

Con la implementación de este sistema se logra una reducción en las emisiones de gases contaminantes, contribuyendo al desarrollo económico y energético del país, generando nuevas formas de energía que conllevan a la transformación energética y la ampliación de la oferta energética nacional.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. Director: Yesid Javier Rueda Ordoñez

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS AND EVALUATION OF THE IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC PANELS NETWORK FOR THE SUPPLY OF ELECTRICITY IN A POULTRY FARM LOCATED IN MESA DE LOS SANTOS, SANTANDER.

AUTHORS: JUAN JOSÉ OSORIO JIMÉNEZ, LUIS FELIPE REYES AGUILAR

KEY WORDS: Non-conventional Renewable Energy Sources (NCRES), National Interconnected System (NIS), on grid.

DESCRIPTION:

The purpose of this degree work is to analyze the energetic and economic feasibility of a non-conventional sources of renewable energy project to satisfy the energy requirements of a poultry farm.

An on-grid type photovoltaic system was designed, it satisfies the farm's own energy consumption and generates a surplus during its first years for sale and energy provision to the grid, thus contributes to the increase of the energy supply of the National Interconnected System (NIS). This system fulfills its purpose through the implementation of 54 solar panels located parallel to the roof of one of the sheds in a strategic way to minimize shadows. The equipment and instruments for the correct operation of the system were calculated and selected

An economic feasibility analysis was carried out for the designed photovoltaic solar system and compared with a tracking system, resulting in a higher rate of return for the fixed system; therefore, it represents a better alternative.

With the implementation of this system, a reduction of polluting gas emissions is achieved, contributing to the economic and energetic development of the country, generating new forms of energy that lead to energy transformation and the expansion of the national energy supply.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Yesid Javier Rueda Ordoñez.

INTRODUCCION

Según la firma XM¹, encargada de la operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN), Colombia para el año del 2019 contaba con 28 plantas hidroeléctricas y 30 plantas térmicas brindando cobertura al 96% de la población nacional, dentro de las cuales en promedio el 66% de la energía proviene de plantas hidroeléctricas y el 33% de plantas térmicas y tan solo el 1% proviene de fuentes no convencionales de energía renovables (FNCER).

Aunque la participación de las centrales térmicas no es la principal forma de abastecimiento de energía en Colombia, representa un porcentaje considerable dentro de la producción total de energía. Las centrales térmicas funcionan quemando combustible tales como petróleo, gas o carbón, los cuales producen gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂) al momento de su combustión. La firma XM² presenta el factor de emisión de CO₂; es decir, las emisiones de dióxido de carbono producto de la generación eléctrica del sistema interconectado como 164,38 gramos de CO₂ por kilovatio hora producido.

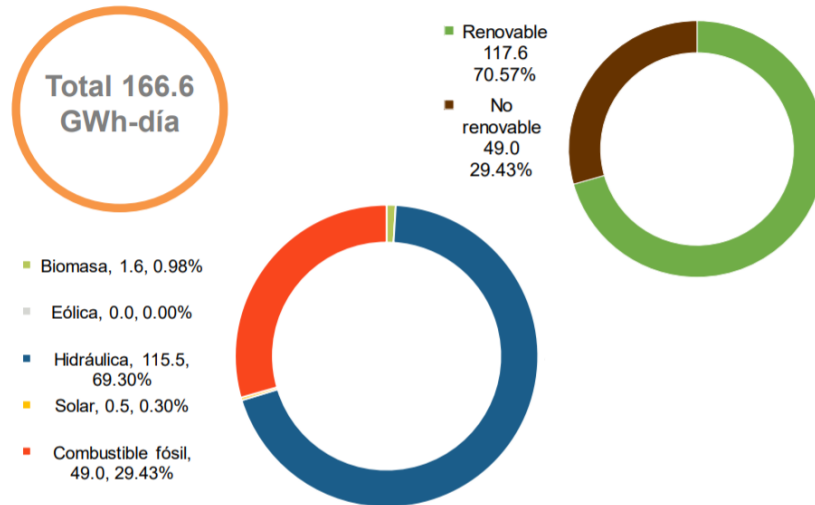
En los últimos años se ha presenciado una revolución en la forma como se produce energía, nuevas fuentes de producción han evolucionado dando esperanza para generar energía menos contaminante y reducir el uso de centrales que generen un impacto ambiental negativo, abriendo paso a fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) que se presentan como alternativas para mejorar las condiciones ambientales actuales. La energía solar, se posiciona como una de las mejores fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) y Colombia como un país con buenos recursos energéticos para aprovechar.

¹FIRMA XM, Informe oferta y generación abril 2020 [en línea]. Bogotá: XM. [Recuperado en 14 de mayo 2020]. Disponible en: <https://www.xm.com.co/>.

²REVISTA LA REPUBLICA, factor de emisión de CO₂ por generación eléctrica [en línea]. Bogotá: XM. [Recuperado en 14 de mayo 2020]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/>.

Según un informe de la firma XM³, en promedio para el mes de abril del 2020, el Sistema Interconectado Nacional (SIN) se abasteció energéticamente de la siguiente manera:

Figura 1. Generación de energía en abril Colombia



Fuente: FIRMA XM, Informe oferta y generación abril 2020. Bogotá: XM, 2020.p13

En la cual, se evidencia la baja participación de fuentes no convencionales de energía eléctrica (FN CER). La finalidad de este proyecto denominado ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA GRANJA AVÍCOLA UBICADA EN LA MESA DE LOS SANTOS SANTANDER es ampliar la participación de la energía solar en el país generando confianza en las empresas e inversionistas a partir de la presentación de resultados favorables tanto económicos como energéticos.

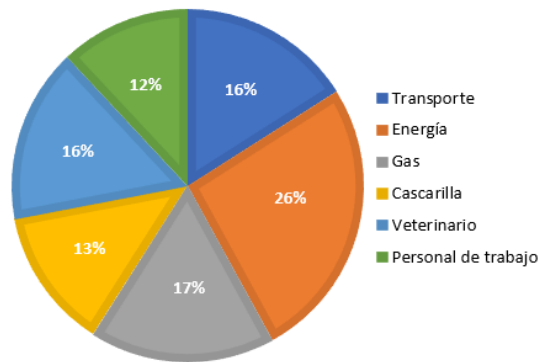
³ FIRMA XM, Informe oferta y generación abril 2020. Bogotá: XM, 2020.p13

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria avícola es uno de los sectores más representativos de la producción agroindustrial y representa un sector económico potencial en la región de Santander, centrando este proyecto específicamente en el sector encargado del engorde de pollo que presenta gastos que pueden ser mejorados por medio de soluciones alternativas.

Dentro de los costos más relevantes se encuentra que la energía que satisface al galpón representa un problema debido a los altos costos por kilowatt hora consumida (Kwh) debido a que su precio está por encima del precio base por pertenecer al sector industrial, y adicionalmente el cobro del 20% para subsidiar a los estratos 1,2 y 3, posicionándose como el gasto más significativo el cual representa el 26% de los gastos exceptuando los costos de alimentación debido a que estos son extremadamente elevados con respecto a los demás.

Figura 2. Distribución de gastos en la granja.



Otro problema que se puede identificar ligado al abastecimiento de energía eléctrica de forma tradicional es la contaminación que esta produce, se estima que alimentar con energía eléctrica una actividad como la planteada en este proyecto, produce 4,53 toneladas de CO₂ al año.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La energía eléctrica que consume la granja avícola representa un porcentaje importante dentro de los gastos de la granja; por lo tanto, si se logra disminuir el costo de la energía eléctrica, aumentan las utilidades generando mayor rentabilidad económica para la empresa, abriendo la oportunidad a mayores inversiones en el sector y permitiendo el desarrollo industrial y laboral.

De esta misma forma, reducir los niveles de CO₂ que emite la granja avícola por parte del abastecimiento de energía eléctrica de forma convencional, es una forma de impactar positivamente al medio ambiente y una forma responsable de hacer industria, generando un impacto ambiental mínimo sin afectar el desarrollo económico y garantizando que futuras generaciones cuenten con los mismos recursos ambientales.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Aportar a la misión de la escuela de ingeniería mecánica de la universidad industrial de Santander y sus ideales en la promoción de una cultura orientada al aprovechamiento racional de la energía y la conservación de los recursos naturales con el diseño y evaluación de una red de paneles solares fotovoltaicos para ser instalados en una granja avícola en zona rural de la mesa de los santos Santander.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

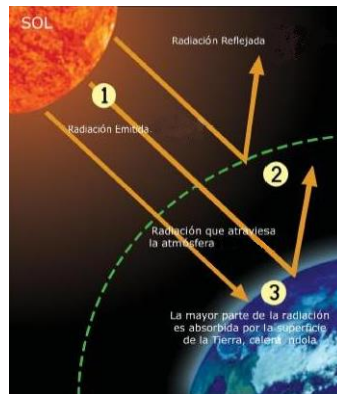
- Diseñar un sistema de paneles solares fotovoltaicos para satisfacer los requerimientos energéticos de una granja avícola que cuenta con las siguientes especificaciones.
 - Área de 2615 m^2 disponibles para los paneles
 - Capacidad para 30000 pollos
 - 2 galpones
 - 75 bombillos de 100 Watts
 - 1 bomba de 1 HP y 1 bomba de 3 HP
- Comparar la viabilidad económica y energética del sistema fotovoltaico si se ejecuta un montaje fijo o uno de orientación continua por medio de un análisis de costos.

4. MARCO TEORICO

4.1 ENERGÍA SOLAR

La energía del sol es emitida por medio de la radiación solar producto de la fusión termonuclear en la cual átomos de hidrogeno se convierten en átomos de helio.

Figura 3. Radiación solar.



Fuente: ALPHA CHUBUT, radiación solar [en línea]. (Recuperado en 05 de junio 2020). Disponible en: <https://alphachubut.wordpress.com/>

La cantidad de energía solar que incide sobre la superficie de la atmosfera se conoce como constante solar y tiene un valor de $I_{sc} = 1353 \text{ w/m}^2$; sin embargo, la cantidad de energía sobre la superficie terrestre es menor, debido a que una parte de ella es rechazada por la atmosfera, otra parte es absorbida y reflejada por las nubes y otros componentes atmosféricos. La radiación sobre la superficie terrestre depende de condiciones ambientales, ubicación, partículas presentes en el aire entre otras y varía dependiendo de estas.

4.2 PARÁMETROS GEOGRÁFICOS Y GEOMÉTRICOS

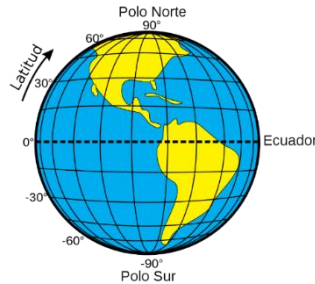
El cálculo de la radiación solar incidente sobre una superficie depende de una serie de parámetros geográficos y geométricos ligados principalmente al sitio geográfico que se desea analizar y a la posición relativa de la tierra con respecto al sol, la cual

varía en función de sus principales movimientos alrededor de este (rotación y traslación). Dichos parámetros son:

- Latitud (Φ)

Son coordenadas geométricas que permiten la ubicación de un punto sobre la superficie terrestre. Educatina lo define como “medida angular de la distancia entre un punto a saber y el ecuador”⁴. Es decir, corresponde al ángulo que se forma entre el plano del ecuador y algún lugar ubicado sobre la superficie terrestre teniendo como vértice el centro de la tierra.

Figura 4. Latitud



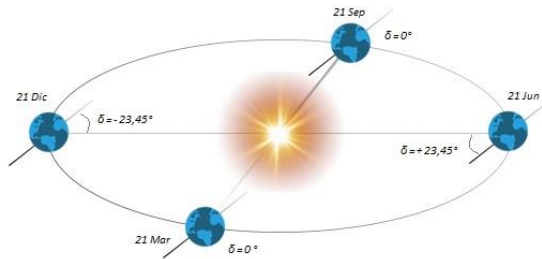
Fuente: WIKIPEDIA, coordenadas geográficas. [en línea]. (Recuperado en 05 de junio 2020).
Disponible en: <https://es.wikipedia.org/>

- Declinación (δ)

Es el ángulo formado entre una línea que se extiende desde el centro del sol al centro de la tierra y la proyección de esa línea en el plano ecuatorial. Esta variable produce que los rayos del sol incidan sobre la tierra con ángulos entre $-23,45^\circ$ y $23,5^\circ$ dependiendo del día del año.

⁴ EDUCATINA, latitud y longitud [en línea]. (Recuperado en 05 de junio 2020). Disponible en: <https://www.youtube.com>

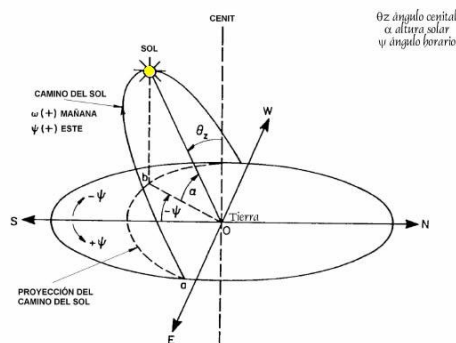
Figura 5. Declinación



- Angulo Cenit (θ_z)

Es el ángulo que se forma entre la normal a la superficie de ubicación con respecto a los rayos del sol, también puede ser definido a través del ángulo de elevación (α_s) el cual es el complemento del cenit; es decir, el ángulo formado entre los rayos del sol y su proyección en el plano horizontal.

Figura 6. Angulo cenit

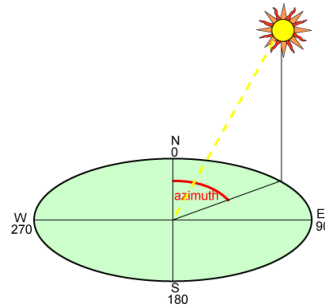


Fuente: LABORATORIO VIRTUAL OZONO, tutorial sobre Ozono. [en línea]. (Recuperado en 09 de junio 2020). Disponible en: <http://www.uco.es/>

- Angulo azimut (γ_s)

Es el ángulo que se forma entre la línea norte-sur y la proyección de los rayos del sol sobre el plano horizontal.

Figura 7. Angulo azimut

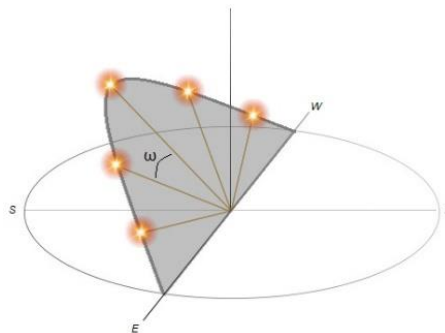


Fuente: PVEDUCATION, ángulo azimut. [en línea]. (Recuperado en 09 de junio 2020). Disponible en: <https://www.pveducation.org/>

- **Inclinación horaria (ω)**

Es el ángulo que representa la posición del sol respecto a la hora del día y en referencia a su posición a las 12 del día, momento en el cual el valor de inclinación horaria es cero grados (0°). El transcurso de una hora representa una variación de 15° en el valor de inclinación horaria, siendo estos valores positivos en la tarde y negativos en la mañana.

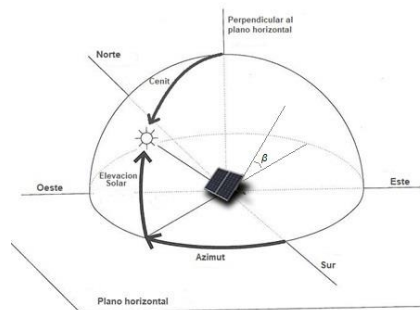
Figura 8. Inclinación horaria



- **Inclinación de superficie (β)**

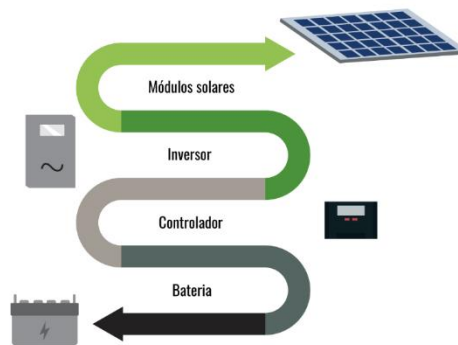
Es el ángulo formado entre el plano horizontal y el plano de la superficie del panel solar fotovoltaico.

Figura 9. Angulo de inclinación



4.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Figura 10. Sistema solar fotovoltaico



Fuente: SUN SUPPLY, componentes de un sistema de energía solar. [en línea]. (Recuperado en 30 de junio 2020). Disponible en: <https://www.sunsupplyco.com/>

4.3.1 Paneles solares fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos captan, transforman y aprovechan la energía solar, su funcionamiento se debe al efecto fotovoltaico que convierte la luz solar en energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas las cuales son dispositivos semiconductores elaborados generalmente a base de silicio. La generación de electricidad se produce a causa del impacto de partículas de luz llamadas fotones con los electrones de la última órbita de los átomos de silicio, si la energía que le otorgan los fotones a cada electrón es suficiente como para liberarlos de su núcleo, estos salen de su órbita y pueden viajar libremente a través del material, estos

movimientos de electrones liberados generan corrientes de cargas eléctricas continua.

4.3.1.1 Características eléctricas de los paneles solares fotovoltaicos

Al momento de adquirir una placa fotovoltaica, esta trae consigo información sobre su funcionamiento, que está dada para condiciones estándares de 1000 W/m², temperatura de célula de 25°C.

- **Corriente de corto circuito (I_{cc})**

Corresponde a la corriente que circula por el panel solar fotovoltaico cuando la tensión es cero; por lo tanto, es la mayor corriente teórica que se podría obtener del panel fotovoltaico.

- **Voltaje de circuito abierto (V_{oc})**

Corresponde al voltaje que circula por el panel solar fotovoltaico cuando la corriente es cero; por lo tanto, es el mayor voltaje teórico que se puede obtener del panel solar fotovoltaico.

- **Potencia máxima (P_{max})**

Corresponde a la potencia máxima que puede producir el panel solar fotovoltaico cuando trabaja bajo condiciones estándar.

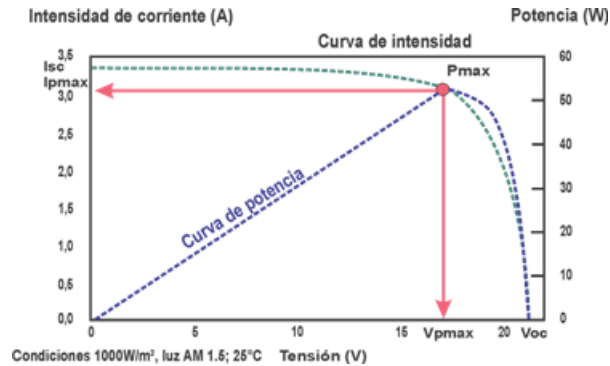
- **Intensidad de máxima potencia (I_{mp})**

Corresponde a la corriente con la que trabaja el panel solar fotovoltaico cuando la potencia es máxima, bajo las condiciones estándares.

- **Voltaje de máxima potencia (V_{mp})**

Tensión de trabajo en el panel solar fotovoltaico cuando la potencia es máxima, bajo las condiciones estándares. Es posible describir el comportamiento de un panel solar bajo diferentes condiciones de trabajo haciendo uso de su curva característica.

Figura 11. Grafica características de los módulos solares



Fuente: AUTO SOLAR, instalación conexión red. [en línea]. (Recuperado en 06 de julio 2020).
Disponibile en <https://autosolar.es/>

4.3.1.2 Tipos de paneles solares fotovoltaicos.

- Paneles solares fotovoltaicos monocristalinos
- Paneles solares fotovoltaicos policristalinos

Comparando los dos tipos principales de paneles solares fotovoltaicos se puede establecer lo siguiente:

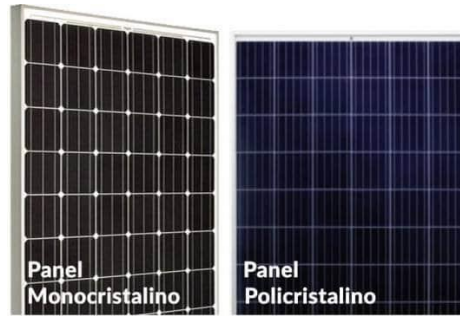
- **Eficiencia**

Los paneles solares fotovoltaicos monocristalinos presentan eficiencias más altas por el orden del 19% en comparación al 16% que puede presentar una placa policristalina. Esta diferencia de eficiencia influye en el precio haciendo que las placas monocristalinas tengan un costo más elevado.

- **Espacio**

Debido a que los paneles solares fotovoltaicos monocristalinos tienen una eficiencia más elevada, permite que se usen menos placas para cumplir el criterio de energía, de esta forma se necesita menos espacio en comparación a las placas policristalinas.

Figura 12. Tipos de paneles solares fotovoltaicos



Fuente: SUNFIELDS, paneles solares. [en línea]. (Recuperado en 16 de julio 2020). Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/>

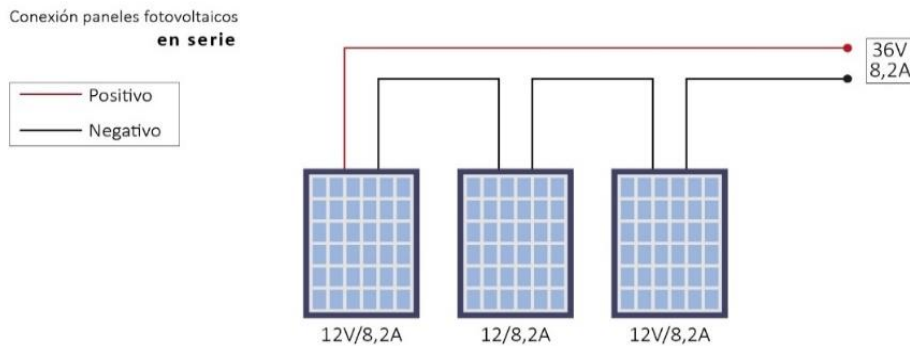
4.3.1.3 Tipos de conexión

Los paneles solares fotovoltaicos se pueden conectar en serie, paralelo o mixto. Para cada conexión se presentan condiciones específicas que son útiles de acuerdo con las necesidades energéticas de nuestra instalación.

- **Conexión en serie**

Cuando se realiza una conexión en serie, el valor de la corriente del sistema corresponde al valor de la corriente que produce un solo modulo solar, mientras el valor de la tensión es la suma de las tensiones de cada panel solar.

Figura 13. Conexión en serie

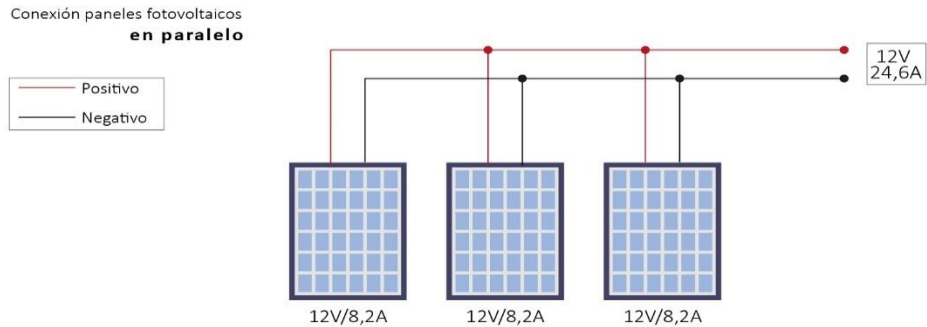


Fuente: AUTOSOLAR, conexión de las placas solares. [en línea]. (Recuperado en 01 de agosto 2020). Disponible en: <https://autosolar.es/>

- **Conexión en paralelo**

Cuando se realiza una conexión en paralelo, el valor de la tensión del sistema corresponde al valor de la tensión que produce un solo modulo solar, mientras el valor de la corriente es la suma de las corrientes de cada panel solar.

Figura 14. Conexión en paralelo



Fuente: AUTOSOLAR, conexión de las placas solares. [en línea]. (Recuperado en 01 de agosto 2020). Disponible en: <https://autosolar.es/>

4.3.2 Estructuras de los módulos fotovoltaicos

Es común observar sistemas fotovoltaicos en los cuales los módulos son ubicados paralelos a la superficie. sin embargo, con el uso de estructuras y mecanismos es posible realizar montajes que permiten modificar el ángulo y dirección de los paneles para maximizar la radiación recibida y por consiguiente la energía generada.

4.3.2.1 Estructura fija

A partir de un análisis de geometría solar, es posible determinar la inclinación más favorable de los módulos solares durante un año, si se encuentra que dicha inclinación no coincide con la inclinación del lugar de instalación, es posible diseñar estructuras sencillas a partir de láminas de acero para lograr así la inclinación más adecuada.

Figura 15. Estructura con soportes fijo inclinada



Fuente: EVER FAITH INDUSTRY, montaje solar fotovoltaico. [en línea]. (Recuperado en 16 de julio 2020). Disponible en: <https://cneverfaith.en.made-in-china.com/>

4.3.2.2 Estructura fija con modificación de ángulo

Para incrementar la energía generada también es posible realizar el análisis solar para periodos mensuales, de esta manera se encontrarán diferentes posiciones óptimas durante el año. En este caso es posible diseñar estructuras con mecanismos automáticos o manuales simples para lograr modificar el ángulo de inclinación de los módulos.

Figura 16. Estructura con soportes y variación de ángulo de inclinación manual



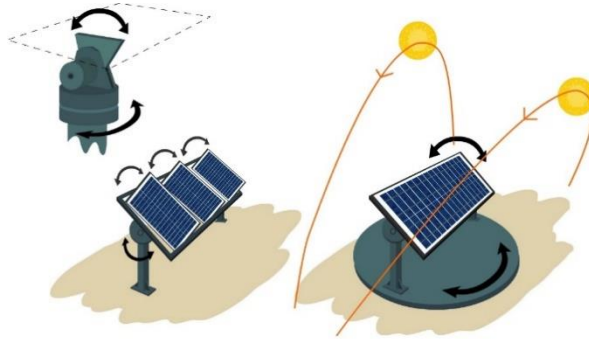
Fuente: EVER FAITH INDUSTRY, montaje solar fotovoltaico. [en línea]. (Recuperado en 16 de julio 2020). Disponible en: <https://cneverfaith.en.made-in-china.com/>

4.3.2.3 Estructuras con seguimiento

Si se desea maximizar la energía generada por metro cuadrado, es necesario el uso de estructuras con mecanismos automáticos más complejos que permiten el seguimiento continuo de la posición del sol. Este tipo de estructuras se pueden encontrar con libertad de movimiento en un eje y en dos ejes. Las estructuras con

seguimiento en dos ejes consiguen que los rayos del sol incidan perpendicularmente a los módulos solares en cualquier momento del día y durante todo el año.

Figura 17. Estructura de seguimiento en dos ejes



Fuente: GREEN SARAWAY, montaje solar fotovoltaico. [en línea]. (Recuperado en 01 de agosto 2020). Disponible en: <https://greensarawak.com/>

4.3.3 Regulador

Los reguladores son dispositivos usados en sistemas no conectados a la red eléctrica y se instalan entre los paneles solares fotovoltaicos y las baterías, cumpliendo las siguientes funciones:

- Evita que la batería se exponga a sobrecargas controlando la energía almacenada en la batería. Cuando la batería se encuentra cargada al 100% el regulador impide el flujo de energía y esta se pierde en forma de calor.
- Evita que las baterías se descarguen en la noche por los paneles solares fotovoltaicos; es decir, evita que la energía se devuelva a las placas solares.
- Del regulador se puede alimentar instalaciones que estén en corriente continua; por lo tanto, el mismo regulador funciona como interruptor para evitar que las baterías se descarguen más allá de la profundidad de descarga.
- Protege a las baterías de sobretensiones, esto es muy común cuando la temperatura desciende mucho y la tensión del panel aumenta, sin el regulador las baterías no soportarían la sobretensión y se quemarían.

4.3.4 Inversor

En una instalación domiciliaria, la mayoría de los equipos funcionan con corriente alterna; por lo tanto, el inversor solar es un dispositivo necesario para transformar la corriente continua proveniente de los paneles solares fotovoltaicos o del banco de baterías en corriente alterna.

4.3.4.1 Inversores conectados a la red

Los inversores de sistemas conectados a la red elevan la tensión proveniente de los paneles solares fotovoltaicos al voltaje de la red, al mismo tiempo que transforman la corriente de continua a alterna. Para poder inyectar energía a la red, el inversor debe generar una onda de salida con el misma tensión y frecuencia de la red.

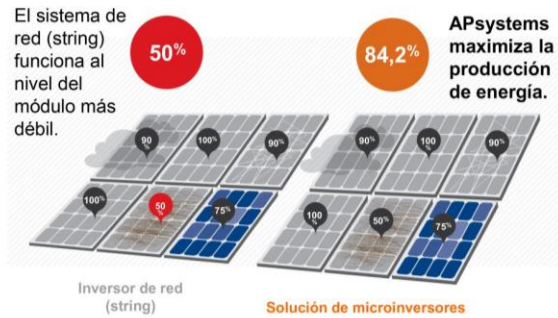
- **Tipo String o central**

Este tipo de inversores poseen una desventaja, cuando los paneles solares fotovoltaicos se conectan en serie el sistema trabaja bajo las condiciones del módulo que menor potencia este generando consecuencia de una ubicación diferente al resto o la proyección de una sombra sobre el módulo; para este caso, se usa un solo inversor centralizado.

- **Microinversores**

Estos inversores presentan un monitoreo independiente; por lo tanto, si un panel solar fotovoltaico está generando menor potencia con respecto a los demás, esto no afecta al sistema y no se trabaja bajo las condiciones del módulo solar con menor generación, como ocurre con los inversores centralizados. Cada panel solar fotovoltaico requiere de un microinversor; por lo tanto, requiere de una mayor inversión inicial.

Figura 18. Inversores



Fuente: TECHNOSUN, Microinversores solares. [en línea]. (Recuperado en 22 de julio 2020).
Disponibile en: <https://www.technosun.com/>

4.3.5 Baterías

Los paneles solares fotovoltaicos generan energía cuando la luz solar está disponible, sin embargo, el mayor problema en sistemas aislados se encuentra en los momentos del día con poco o nada de sol; por ejemplo, en las noches o en días nublados, en los cuales se hace necesario un sistema de almacenamiento de energía.

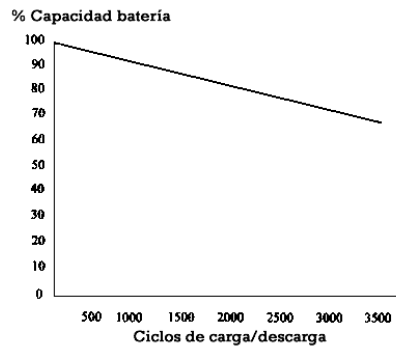
4.3.5.1 Capacidad

Se entiende como la cantidad total de electricidad que puede entregar una batería en un tiempo determinado, su unidad es el Amperio hora (Ah) y los fabricantes suelen proporcionar su valor para una duración de descarga de 10 horas o de 100 horas, por lo tanto, una batería de 240 Ah es capaz de suministrar 2,4 amperios durante 100 horas o 24 amperios durante 10 horas.

4.3.5.2 Vida útil

Se define como el tiempo que puede soportar la batería conservando una capacidad máxima de al menos el 80% de su capacidad nominal, dicho tiempo se mide en ciclos de carga – descarga. De esta manera si se someten las baterías a regímenes de trabajo en los que deban realizar varios ciclos diariamente, su ciclo de vida y por lo tanto tiempo de funcionamiento óptimo se verá reducido.

Figura 19. Vida útil de una batería

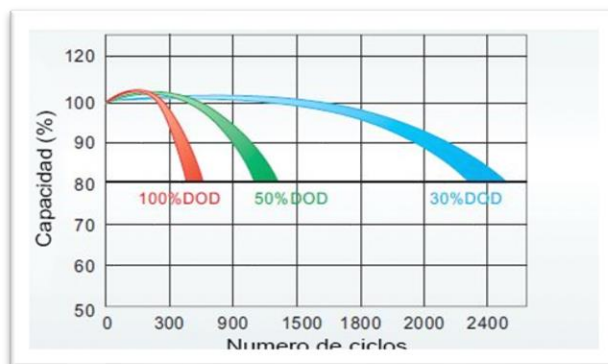


Fuente: SUNFIELDS, baterías solares. [en línea]. (Recuperado en 30 de julio 2020). Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/>

4.3.5.3 Profundidad de descarga

Con el objetivo de conseguir una vida útil adecuada en las baterías, estas no se deben descargar totalmente, el porcentaje que de descarga de la batería se le conoce como profundidad de descarga. Por ejemplo, si se decide trabajar con una profundidad de descarga del 60% la batería podrá entregar solo el 60% de su capacidad máxima en cada ciclo.

Figura 20. disminución de la vida útil de una batería en función de la profundidad de descarga



Fuente: PROVIENTO, baterías solares. [en línea]. (Recuperado en 30 de julio 2020). Disponible en: <http://www.proviento.com.co/>

Como se observa en la figura, una batería sometida a una profundidad de descarga de 100% presenta una reducción en su capacidad después de pocos ciclos de trabajo, mientras que una batería con profundidad de descarga del 30% logra mantener su capacidad por encima del 80% durante muchos más ciclos de trabajo.

4.3.6 Medidor bidireccional

El contador bidireccional es un dispositivo que contabiliza la potencia consumida por los equipos de un establecimiento, son similares a los contadores con los que normalmente se trabaja en los hogares y empresas, la única diferencia es que este dispositivo puede contabilizar tanto la potencia que entra como la potencia que sale del establecimiento

4.3.7 Elementos de seguridad

Con la finalidad de cuidar y preservar tanto la vida útil de los equipos, como la vida de las personas, es necesario la implementación de ciertos equipos que permitan un funcionamiento óptimo del sistema solar fotovoltaico.

4.3.7.1 Conexiones a tierra

La conexión a tierra es la unión de un equipo a tierra mediante un electrodo enterrado en el suelo, permite desviar la energía eléctrica que pueden poseer las carcasas de los equipos hacia tierra cuando algún elemento aislante falla, evitando así afectar a personas o animales que tengan contacto con el equipo.

4.3.7.2 Protecciones frente a sobretensiones y sobrecargas

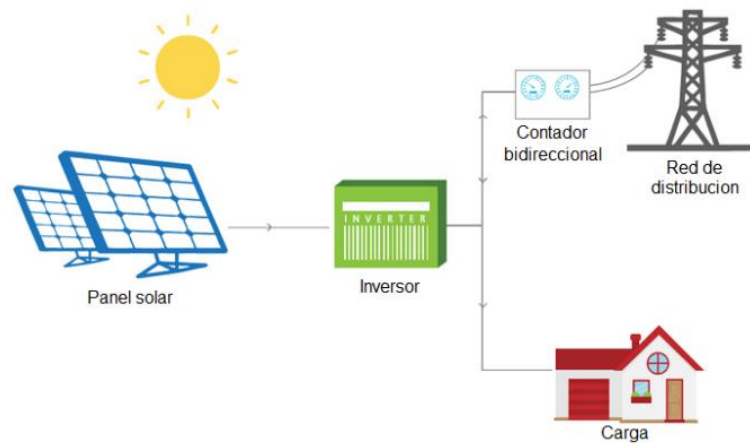
Los fusibles son componentes eléctricos que permiten proteger los equipos frente a sobrecargas, es necesario la implementación de protecciones que trabajan con corriente alterna y corriente continua.

4.4 CONFIGURACIONES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

4.4.1 Sistema solar fotovoltaico conectado a la red (On Grid)

Este tipo de configuración consta de módulos fotovoltaicos, inversor y contador eléctrico bidireccional. Como su nombre lo indica se encuentra conectado a la red eléctrica convencional, de esta manera se dispone de dos fuentes de energía, la energía generada por el sistema fotovoltaico y la energía recibida de la red. Con esta configuración se consigue que cuando la generación eléctrica del sistema supera el consumo local, sea posible inyectar la energía sobrante a la red de distribución. Por otro lado, en los momentos en que el sistema no genere energía eléctrica suficiente para abastecer el consumo (durante la noche o en días nublados) la red de distribución seguirá abasteciendo el consumo.

Figura 21. Sistema conectado a la red



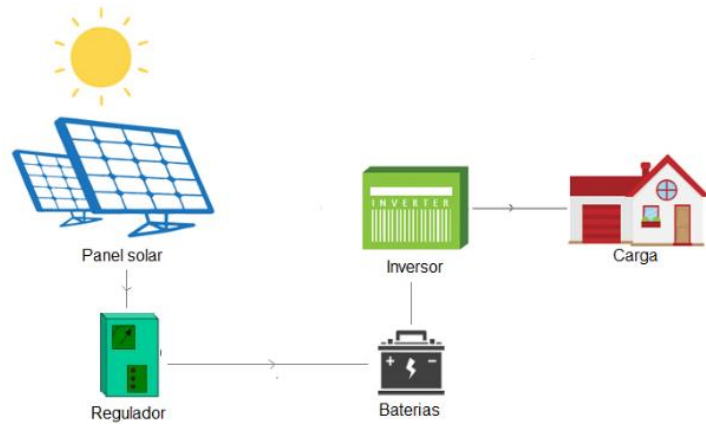
Fuente: EARTHTECH, gried tie. [en línea]. (Recuperado en 30 de julio 2020). Disponible en: <https://www.earthtechproducts.com/>

4.4.2 Sistema solar fotovoltaico autónomo (Off Grid)

Este tipo de configuración consta de módulos fotovoltaicos, regulador, baterías e inversor. Este tipo de sistemas fotovoltaicos depende de baterías para almacenar la energía para su uso inmediato o futuro, es comúnmente usado en lugares aislados en los cuales la red de distribución eléctrica no se encuentra disponible, y debido a

la necesidad de utilizar baterías estos sistemas son más costosos que los sistemas On Grid. Con esta configuración se logra un abastecimiento óptimo de energía siempre y cuando la generación sea suficiente para abastecer el consumo local o en su defecto las baterías tengan suficiente energía almacenada.

Figura 22. Sistema autónomo



Fuente: EARTHTECH, grid tie. [en línea]. (Recuperado en 30 de julio 2020). Disponible en: <https://www.earthtechproducts.com/>

5. DESCRIPCIÓN DE LA GRANJA AVICOLA

5.1 DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LA GRANJA

La actividad económica de la granja avícola consiste en el engorde del pollo el cual dura 42 días para la hembra alcanzando un peso aproximado de 2500 gramos y 45 días para el macho alcanzando un peso aproximado de 3000 gramos.

Figura 23. Galpón de la granja avícola



Los pollos se distribuyen en 2 galpones con capacidad de 15000 pollos cada uno para un total de 30000 pollos. Durante este proceso de engorde, el pollo es alimentado de forma manual por un operario que distribuye el alimento en las cestas de alimentación.

El agua se adquiere de un pozo ubicado en la finca y es llevada por medio de una bomba de 3 caballos de fuerza (HP) hacia unos depósitos para realizar un proceso de tratamiento de agua, posteriormente con una segunda bomba de 1 caballo de fuerza (HP), el agua es distribuida a dos tanques con los que cuenta cada galpón de 2000 litros cada uno, finalmente el agua llega a los bebederos desde los tanques por gravedad.

Figura 24. Planta de tratamiento



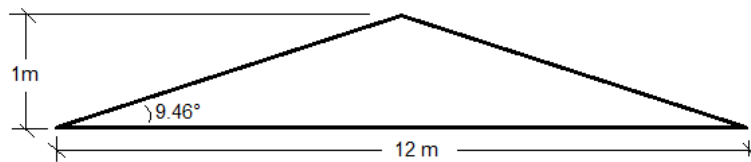
Durante la primera semana los pollos no son capaces de regular su temperatura corporal y teniendo en cuenta que la temperatura ambiente es en promedio 22 °C, es necesaria la utilización de un sistema de calefacción por gas que permite mantener los galpones entre 29°C y 31°C. Posterior a la primera semana, los pollos son capaces de regular su temperatura y su confort lo consiguen a temperaturas de aproximadamente 21°C, por lo cual el sistema de calefacción usualmente no se usa después de la primera semana.

Finalmente, cuando el pollo ha terminado su proceso de engorde en los días establecidos, se procede a enviarlos a la planta de sacrificio. En este tiempo, los galpones pasan por un proceso de limpieza que dura 15 días, durante este proceso se recoge la pollinaza la cual está compuesta por excreta de pollo y cascarilla de arroz, luego se limpia el suelo con agua y se flamea, posteriormente se prepara el suelo con una nueva capa de cascarilla de arroz para la próxima camada de pollos.

5.2 DESCRIPCIÓN FÍSICA Y GEOGRÁFICA DE LOS GALPONES

La granja cuenta con 2 galpones rectangulares, uno de ellos con dimensiones de 12 x 105 metros y el otro con dimensiones de 12 x 110 metros. El techo de ambos galpones es de tipo a dos aguas con una inclinación de 9,46°.

Figura 25. Representación del techo



La granja se encuentra ubicada en la mesa de los santos Santander, específicamente en el punto geográfico definido con latitud 6,92° y longitud -73,06°. Ambos galpones se encuentran ubicados longitudinalmente en dirección 220° suroeste.

Figura 26. Vista satelital de la granja.



Fuente: Google earth

5.3 CONSUMO ENERGÉTICO

Para el correcto funcionamiento de la granja avícola, se cuenta con los equipos mencionados anteriormente, cuyo consumo energético se representa a continuación:

Tabla 1. Consumo energético de los galpones

CONSUMO GALPONES					
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA	USO DIARIO	KWH DIARIO	KWH MES
BOMBA DE AGUA DEL POZO A PLANTA DE TRATAMIENTO	1	3 HP	4 HORAS	9	270
BOMBA DE AGUA A TANQUES	1	1 HP	4 HORAS	3	90
BOMBILLOS	48	100 W	10 HORAS	48	1440
TOTAL					1800

Adicionalmente la granja cuenta con un espacio de bodega en el cual se almacenan ciertos productos y se realizan ciertas actividades relacionadas con la producción.

Tabla 2. Consumo energético de la bodega

CONSUMO BODEGA					
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA	USO DIARIO	KWH DIARIO	KWH MES
BOMBILLOS	16	100 W	8 HORAS	12,8	384
NEVERA	1		24 HORAS		40
TOTAL					424

De los consumos anteriores, el único equipo que se alimenta con corriente continua corresponde a los bombillos, los demás equipos se alimentan de corriente alterna. Al consumo de los galpones y la bodega se le suma el consumo de la vivienda de los galponeros estimada en 70 Kwh/mes. Por lo tanto, el consumo total de la granja avícola es:

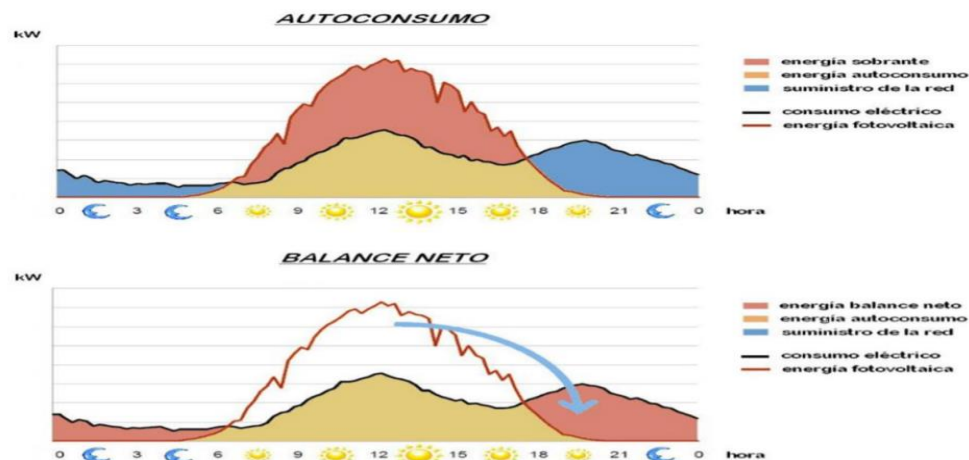
2294 Kwh/mes o 76,46 Kwh/diario.

6. AUTOGENERACIÓN ENERGÉTICA EN COLOMBIA

A partir del 2018 los colombianos pueden aportar energía eléctrica al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y obtener beneficios económicos gracias a la expedición de la resolución CREG 030 de 2018, con la cual se busca regular los aspectos operáticos y comerciales que permite la integración de la autogeneración.

En un comunicado compartido por la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) se contestan las inquietudes que tiene la población general sobre la forma en la cual se va a comercializar esta energía proveniente de los AGPE (auto generadores a pequeña escala) aclarando: “Los excedentes de energía se permutan hasta su consumo. Los excedentes que sea mayores al consumo se liquidan en el mismo periodo de facturación y son pagados por el comercializador al usuario AGPE según acuerdo entre las partes”⁵. Dejando claro que la cantidad de energía que se entrega a la red en algunas horas se compensa con los consumos en otras horas en el mismo periodo de facturación.

Figura 27. Balance del autoconsumo



Fuente: CONSEJO COLOMBIANO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, modelo de energía descentralizada para Colombia. [en línea]. (Recuperado en 05 de enero 2021). Disponible en: <https://redbiocol.org/>

⁵ COMISION DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS, autogeneración a pequeña escala y generación. Bogotá: CREG, 2018. P.56.

Con respecto a la normativa aplicable a la venta de excedentes, la CREG en su comunicado aclara:

“De manera general, el usuario autogenerador que produzca energía con fuentes no convencionales, que tenga una capacidad instalada igual o inferior a 100 KW y que decida vender sus excedentes al sistema siempre contará con un comprador por defecto, que corresponde al comercializador integrado con el operador de red, y su energía se valorará a dos precios”⁶

Figura 28. Costo de venta energía excedente

Ítem	Descripción	Precio
1	Cuando, en un mismo período de facturación, la cantidad de energía que se entrega a la red en algunas horas se compensa con los consumos de otras horas.	Aproximadamente al 90% del costo de cada kilovatio consumido
2	Cuando la cantidad de energía que se entrega a la red, en un mismo período de facturación, excede los consumos.	la diferencia de esa energía se paga, aproximadamente, a un 40% del precio del costo del servicio de energía.

Fuente: COMISION DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS, autogeneración a pequeña escala y generación. Bogotá: CREG, 2018. p.9.

Aclarando que cuando la energía entregada excede los consumos, dicho excedente se puede vender en un 40% del servicio de energía, dicho porcentaje representa aproximadamente el costo por generación que normalmente la población paga por el servicio de energía eléctrica.

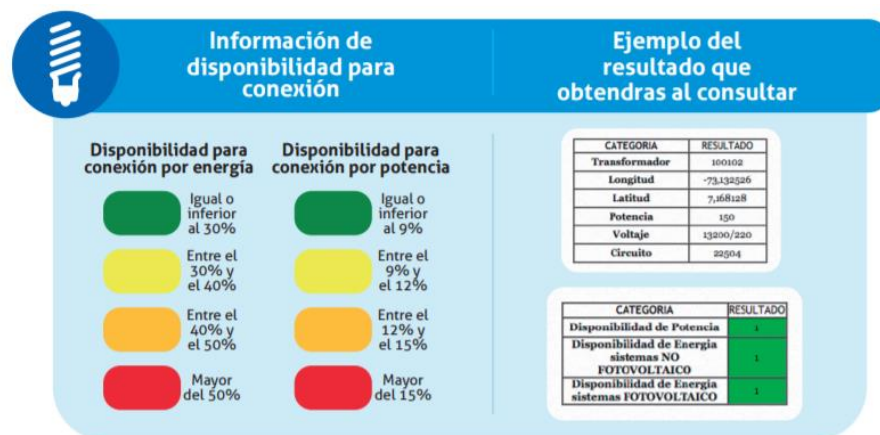
⁶ Ibid, p.

7. DISEÑO EN DETALLE DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

7.1 VERIFICACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE LA RED

Antes de comenzar a realizar el proyecto, es necesario verificar la disponibilidad de la red en la página de la empresa prestadora del servicio eléctrico para garantizar que el sistema se puede conectar a la red. Al momento de la búsqueda, la página puede presentar los siguientes resultados

Figura 29. Posibles resultados de disponibilidad



Fuente: ESSA, autogeneración. [en línea]. (Recuperado en 11 de enero 2021). Disponible en: <https://www.essa.com.co/>

Para su interpretación se tiene:

- Color verde: posee disponibilidad de red y puede seguir diligenciando el formulario de conexión.
- Color naranja o amarillo: alguna de las condiciones para la conexión está en el límite de cumplimiento, probablemente se requiera una condición específica para la conexión
- Color rojo: se presenta incumplimiento de algunos parámetros.

Se consulto la disponibilidad de la red para el transformador asociado a la granja avícola arrojando los siguientes resultados

Figura 30. Disponibilidad del transformador

Capacidad nominal transformador (kVA)	Tensión punto de conexión (V)	-Sumatoria de la capacidad nominal de AGPE o GD instalada en función de la capacidad del transformador	Sumatoria de la cantidad de energía que pueden entregar los AGPE o GD conectados (Sin almacenamiento)	Sumatoria de la cantidad de energía que pueden entregar los AGPE o GD conectados (Con almacenamiento)	Circuito	Subestación	Tensión nominal Subestación (kV)	Capacidad nominal S/E (MVA)	Corriente de cortocircuito (kA)	Otros
15	2200				34503	34	13200/2200	null	null	null

Fuente: ESSA, autogeneración. [en línea]. (Recuperado en 11 de enero 2021). Disponible en: <https://www.essa.com.co/>

Por lo tanto, se cuenta con la disponibilidad de la red para instalar un sistema fotovoltaico que irá conectado al transformador consultado.

7.2 ENERGÍA RECIBIDA POR LOS PANELES SOLARES.

Los paneles solares fotovoltaicos generaran más energía si son ubicados de la manera más adecuada posible para que se maximice la radiación que incide sobre ellos. Por tal razón se analizarán 4 diferentes montajes

- Paneles que miran hacia el ecuador con estructura de ángulo variable
- Paneles paralelos al techo del lado sureste
- Paneles paralelos al techo del lado noroeste
- Paneles con estructura para seguimiento continuo

Cada uno de estos montajes harán que los paneles estén orientados en direcciones y con ángulos de inclinación distintos, por lo tanto, cada uno recibe un valor de radiación por metro cuadrado diferente.

7.3 RADIACIÓN GLOBAL SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL EN LA MESA DE LOS SANTOS

Inicialmente, se planeaba realizar la obtención de datos de radiación en el lugar de instalación de los paneles por medios propios, haciendo uso de un piranómetro y un datalogger proporcionados por la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad Industrial de Santander para la medición de dicha radiación. Sin embargo, a raíz de la pandemia ocurrida a causa del virus Covid-19 y por consiguiente las prohibiciones

para ingresar a la Universidad Industrial de Santander además de las dificultades para la movilización a la granja, se tomó la decisión de adquirir los datos de terceros.

Por lo tanto, los datos de radiación fueron obtenidos a través del sitio web de la NASA PREDICTION OF WORLWIDE ENERGY RESOURCES, la cual provee datos de radiación en cualquier lugar del planeta gracias a mediciones satelitales y extrapolaciones. Esta información hace parte de una base de datos consultada comúnmente para estudios de energía solar y se ha demostrado que son lo suficientemente precisos y confiables.

Tabla 3. Radiación global sobre una superficie horizontal promedio diario mensual (1984-2013)

Kwh/m ² diario											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5.33	5.39	5.36	5.17	5.25	5.39	5.72	5.72	5.63	5.12	4.99	4.98

Fuente: NASA, power data access viewer. [en línea]. (Recuperado en 15 de diciembre 2020).
 Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/>

"These data were obtained from the NASA Langley Research Center (LaRC) POWER Project funded through the NASA Earth Science/Applied Science Program."

7.4 CÁLCULO DE LA ENERGÍA PROMEDIO DIARIA MENSUAL RECIBIDA POR UNA SUPERFICIE INCLINADA

Como se mencionó, la energía recibida se calcula para cada uno de los montajes que se desea estudiar. Todos los cálculos se basan en el sistema de ecuaciones explicado en el libro SOLAR-THERMAL ENERGY SYSTEMS ANALYSIS AND DESIGN en su capítulo titulado "Monthly average daily isolation on tilted surfaces" el cual expone el proceso para el cálculo de energía cuando los datos se presentan en valores promedios diarios mensuales. El modelo se basa en la definición de un

coeficiente de claridad (Kt) promedio diario mensual. A continuación, se presenta el modelo

$$\bar{K}t = \frac{\bar{H}}{\bar{H}_0} \quad (1)$$

$$\frac{\bar{H}d}{\bar{H}} = 1.00 - 1.13 * \bar{K}t \quad (2)$$

$$\bar{H}b = \bar{H} - \bar{H}d \quad (3)$$

$$\bar{q}s = \bar{H}b * \bar{R}b + \bar{H}d * R_d + \bar{H} * \rho_r * R_r \quad (4)$$

$$R_d = \cos\left(\frac{\beta}{2}\right)^2 \quad (5)$$

$$R_r = \text{sen}\left(\frac{\beta}{2}\right)^2 \quad (6)$$

$$\bar{R}b = \frac{\overline{\cos(\theta)}}{\overline{\text{sen}(\alpha_s)}} \quad (7)$$

$$\bar{R}b = \frac{\cos(\varnothing - \beta) * \cos(\delta) * \text{sen}(\omega'_{ss}) + \left(\omega'_{ss} * \frac{\pi}{180}\right) * \text{sen}(\varnothing - \beta) * \text{sen}(\delta)}{\cos(\varnothing) * \cos(\delta) * \text{sen}(\omega_{ss}) + \left(\omega_{ss} * \frac{\pi}{180}\right) * \text{sen}(\varnothing) * \text{sen}(\delta)} \quad (8)$$

La ecuación (8) es una simplificación de la ecuación (7) y se utiliza cuando la superficie está orientada mirando hacia el ecuador. Cabe aclarar que el modelo mostrado anteriormente presenta solo las ecuaciones principales, pero es necesario el cálculo de las variables internas tales como la declinación (δ), la radicación extraterrestre promedio diaria mensual (H_0), el ángulo horario del amanecer (w_{ss}), además de la de la utilización de datos en concreto de la granja y de la orientación

especifica de los paneles en cada montaje, tales como la latitud (Φ), reflectividad de la superficie (ρ_r), azimut de los paneles (γ_s) y ángulo de inclinación del panel (β).

Para el caso del montaje de seguimiento continuo también es necesario especificar las relaciones angulares que definen que los rayos del sol inciden normalmente al panel en todo momento del día. Para realizar el cálculo de las variables anteriormente mencionadas y de esta manera dar solución al modelo es necesaria la evaluación en un día específico de cada mes, la tabla 3-2 del libro SOLAR-THERMAL ENERGY SYSTEMS ANALYSIS AND DESIGN recomienda un día característico en cada mes para realizar estos cálculos.

Tabla 4. Día representativo de cada mes

MES	DÍA DEL AÑO	FECHA
Enero	17	17 de enero
Febrero	47	16 de febrero
Marzo	75	16 de marzo
Abril	105	15 de abril
Mayo	135	15 de mayo
Junio	162	11 de junio
Julio	198	17 de julio
Agosto	228	16 de agosto
Septiembre	258	15 de septiembre
Octubre	288	15 de octubre
Noviembre	318	14 de noviembre
Diciembre	344	10 de diciembre

Fuente: R. HOWLL, John; B. BANNEROT, Richard y C. VLIET, Gary. Solar-thermal energy systems análisis and desing. Editorial McGraw Hill Book Company. p.63.

El cálculo en cada uno de los montajes presenta algunas modificaciones producto de variables que se vuelven o dejan de ser constantes; sin embargo, el modelo en esencia es el mostrado anteriormente, para acceder a los sistemas de ecuaciones completos para cada montaje ver anexo A.

Como resultado se obtiene la siguiente tabla que muestra la energía recibida por una superficie de 1 m^2 ubicada en los diferentes montajes analizados. En el montaje

con estructura que mira al sur y variación de ángulo se incluye además el ángulo específico en el cual se debería inclinar la superficie durante cada mes para para obtener dicha energía.

Tabla 5. Comparación de energía para diferentes montajes

	[Kwh/m2 por día]				
	SUPERFICIE HORIZONTAL	SUPERFICIE QUE MIRA AL ECUADOR CON ESTRUCTURA PARA VARIAR EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN	SUPERFICIE PARALELA AL TECHO QUE MIRA HACIA EL SURESTE	SUPERFICIE PARALELA AL TECHO QUE MIRA HACIA EL NOROESTE	SUPERFICIE CON MONTAJE DE SEGUIMIENTO CONTINUO
ENERO	5,33	6,1 ($\beta=30^\circ$)	5,58	4,97	8,29
FEBRERO	5,39	5,714 ($\beta=20^\circ$)	5,52	5,15	7,83
MARZO	5,36	5,403 ($\beta=10^\circ$)	5,37	5,24	7,38
ABRIL	5,17	5,17 ($\beta=0^\circ$)	5,07	5,17	6,96
MAYO	5,25	5,25 ($\beta=0^\circ$)	5,05	5,34	7,27
JUNIO	5,39	5,39 ($\beta=0^\circ$)	5,13	5,54	7,71
JULIO	5,72	5,72 ($\beta=0^\circ$)	5,45	5,87	8,32
AGOSTO	5,72	5,72 ($\beta=0^\circ$)	5,55	5,77	8,09
SEPTIEMBRE	5,63	5,63 ($\beta=0^\circ$)	5,59	5,55	7,87
OCTUBRE	5,12	5,297 ($\beta=20^\circ$)	5,20	4,94	7,16
NOVIEMBRE	4,99	5,53 ($\beta=30^\circ$)	5,18	4,70	7,39
DICIEMBRE	4,98	5,774 ($\beta=30^\circ$)	5,23	4,63	7,70
PROMEDIO	5,34	5,56	5,33	5,24	7,66

7.5 SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para este proyecto se selecciona la configuración con conexión a la red (on grid). Esto debido a que la granja cuenta con acceso a la red eléctrica nacional; por lo tanto, la adquisición y adecuación de espacios para las baterías representa un costo adicional innecesario que normalmente se implementa en lugares aislados sin acceso a la red nacional.

7.6 SELECCIÓN DEL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

Para la selección del panel solar fotovoltaico se tuvo en cuenta criterios tales como: disponibilidad del mercado, beneficio económico y área disponible. Por lo tanto, se presenta una comparación entre siete alternativas de paneles con sus

características más relevantes. La información completa de los paneles puede ser consultada en los datasheet adjunto al anexo B.

7.6.1 Disponibilidad del mercado

Tabla 6. Características de paneles disponibles en el mercado

	PRIMER PANEL	SEGUNDO PANEL	TERCER PANEL	CUARTO PANEL
MARCA	GCL	Jinko Solar (JKM260PP)	Jinko Solar (JKM395M-72H-V)	Amerisolar
DISTRIBUIDOR	SUNCOLOMBIA	SUNCOLOMBIA	SUNCOLOMBIA	GREENENERGY
POTENCIA	385 W	260 W	395 W	385 W
EFICIENCIA	20%	15,89%	19,98%	19,84%
TIPO DE PANEL	Monocristalino	Policristalino	Monocristalino	Monocristalino
NÚMERO DE CELDAS	72	60	144	72
VALOR DEL PANEL	\$ 535.663	\$ 462.000	\$ 462.800	\$ 533.610
VALOR POR WATT	\$ 1.392	\$ 1.777	\$ 1.172	\$ 1.386
FICHA TÉCNICA	GCL-1	JINKO-1	JINKO-2	GREEN-1
ÁREA DE CELDA (M ²)	1,9	1,46	1,9	1,7
ÁREA DE PANEL (M ²)	1,94	1,64	2,1	1,95

Tabla 6. Características de paneles disponibles en el mercado

	QUINTO PANEL	SEXTO PANEL	SÉPTIMO PANEL
MARCA	Amerisolar	Amerisolar	Znshinesolar
DISTRIBUIDOR	GREENENERGY	GREENENERGY	Solartex
POTENCIA	340 W	280 W	435 W
EFICIENCIA	17,52%	17,21%	20%
TIPO DE PANEL	Policristalino	Policristalino	Monocristalino
NÚMERO DE CELDAS	72	60	144
VALOR DEL PANEL	\$ 440.640	\$ 362.880	\$ 629.000
VALOR POR WATT	\$ 1.296	\$ 1.296	\$ 1.446
FICHA TÉCNICA	GREEN-2	GREEN-3	SHINE-1
ÁREA DE CELDA (M ²)	1,76	1,46	1,98
ÁREA DE PANEL (M ²)	1,95	1,63	2,17

Como se mencionó anteriormente, uno de los criterios decisivos es aquel panel que proporcione un beneficio económico mayor, ya que energéticamente se diseña para que todos cumplan con los requerimientos de energía. Como se evidencia en la tabla 6, el panel Jinko Solar presenta el costo por watt producido más bajo de las

siete alternativas por lo que inicialmente representa la mejor opción al momento de la inversión.

Los paneles solares presentan una particularidad y es que, a medida que pasa el tiempo, estos van perdiendo eficiencia en porcentaje diferentes para cada modelo. Por esta razón es necesario analizar que, si se tiene la mejor alternativa hoy, puede que no sea la mejor alternativa en un futuro, ya que posiblemente este modelo de panel a futuro tenga una pérdida de eficiencia mayor a la de sus competidores y como consecuencia produzca menos energía a largo plazo generando menor ganancia en energía producida y mayor dependencia de la red eléctrica.

Por lo tanto, el análisis inicial planteado para las alternativas de paneles solares fotovoltaicos no garantiza que el Jinko Solar sea la mejor alternativa, por lo que se hace necesario hacer una evaluación económica y comparación de alternativas que producen diferentes servicios.

7.6.2 Evaluación económica y comparación de alternativas que producen diferentes servicios para los paneles solares fotovoltaicos

Antes de realizar el análisis económico, es necesario calcular el número de paneles que se requiere para cumplir con los requerimientos energéticos a partir de la información de radiación previamente calculada. Para esto, es necesario aplicar los siguientes conceptos:

$$N_p * Pot * H * F_u * F_t = E_{req} * 1,2$$

Donde:

N_p : Número de paneles

Pot : Potencia nominal del panel

F_u : Factor de uso

F_t : Factor de temperatura

H : Horas solar pico

E_{req} : Energía requerida por la granja avícola

Esta evaluación tiene como objetivo encontrar la alternativa más llamativa desde el punto de vista económico, analizando información presente como la inversión e información futura como los ingresos y egresos que se estima que genere el proyecto a largo plazo. El proyecto se estima para 25 años debido a que este es el tiempo de vida útil de los paneles solares fotovoltaicos.

Para este análisis es necesario conocer o estimar el flujo de caja del proyecto desde el punto de vista de los paneles solares durante su vida útil; por lo tanto, es necesario conocer:

- Ingreso por la venta de energía excedente.
- Ingreso por la reducción de pago de energía producto del autoconsumo.
- Egreso de la inversión inicial de los paneles solares.
- Egreso por la compra de energía a futuro cuando nuestro sistema haya perdido la eficiencia suficiente como para no abastecer nuestro propio consumo

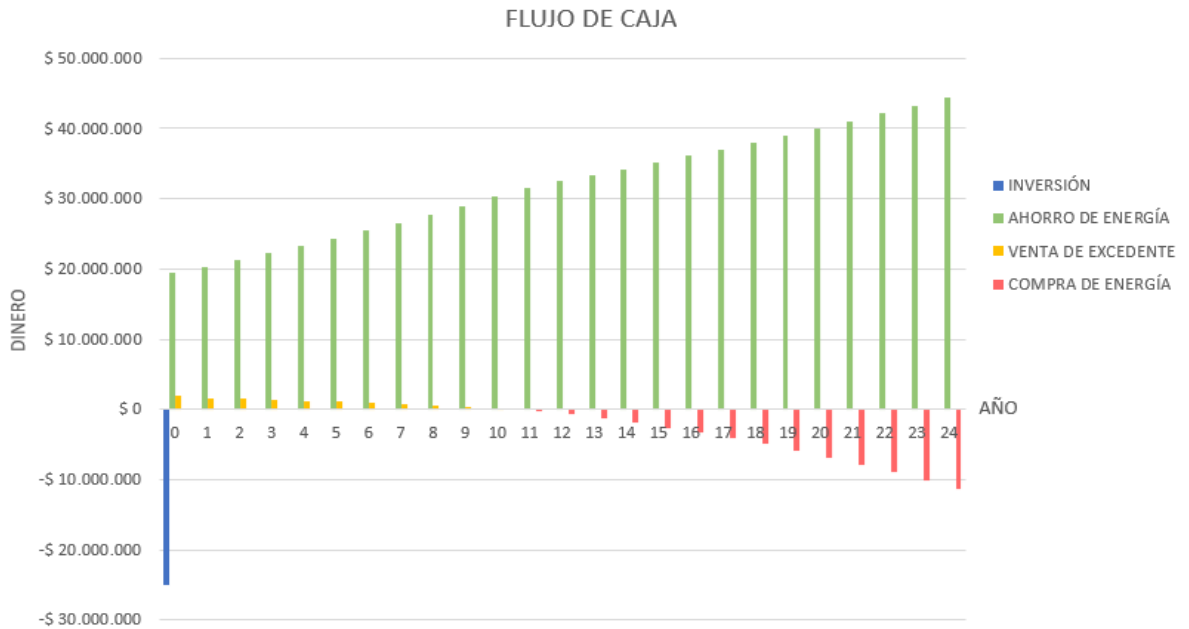
Como es evidente, para poder sacar los datos de ingresos y egresos desde el punto de vista energético, es necesario calcular el costo del kilowatt hora (KWH) a futuro. Como este valor es variable y depende de diversos factores como hora, día, mes, condiciones ambientales, se realizó un estimado teniendo en cuenta la inflación de los últimos 10 años, siendo este promedio la inflación aplicable a la energía para los próximos 25 años. El costo futuro de la energía eléctrica estimada se puede consultar en el anexo C.

Debido a que el flujo de caja para cada panel solar fotovoltaico es extenso, se presenta el flujo de caja de la alternativa ganadora, el flujo de caja de las otras seis alternativas puede ser consultado en el anexo D.

Tabla 7. Flujo de caja para el panel Jinko Solar

AÑO	EFICIENCIA	ENERGÍA PRODUCIDA KWH/AÑO	ENERGÍA CONSUMIDA KWH/AÑO	ENERGÍA EXCEDENTE KWH/AÑO	INGRESO ANUAL POR RECIBO DE ENERGÍA	INGRESO ANUAL POR VENTA DE EXCEDENTE	EGRESO ANUAL POR COMPRA DE ENERGÍA	NETO
0	100%	34200	27528	6672	\$ 19.418.711	\$ 1.882.616	\$ 0	\$ 21.301.327
1	97,0%	33174	27828	5346	\$ 20.313.472	\$ 1.560.958	\$ 0	\$ 21.874.429
2	96,3%	32935	28128	4807	\$ 21.246.991	\$ 1.452.301	\$ 0	\$ 22.699.292
3	95,6%	32695	28428	4267	\$ 22.220.883	\$ 1.334.191	\$ 0	\$ 23.555.073
4	94,9%	32456	28728	3728	\$ 23.236.826	\$ 1.206.102	\$ 0	\$ 24.442.928
5	94,2%	32216	29028	3188	\$ 24.296.569	\$ 1.067.482	\$ 0	\$ 25.364.051
6	93,5%	31977	29328	2649	\$ 25.401.929	\$ 917.754	\$ 0	\$ 26.319.683
7	92,8%	31738	29628	2110	\$ 26.554.799	\$ 756.312	\$ 0	\$ 27.311.110
8	92,1%	31498	29928	1570	\$ 27.757.145	\$ 582.522	\$ 0	\$ 28.339.667
9	91,4%	31259	30228	1031	\$ 29.011.015	\$ 395.720	\$ 0	\$ 29.406.735
10	90,7%	31019	30528	491	\$ 30.318.540	\$ 195.211	\$ 0	\$ 30.513.752
11	90,0%	30780	30828	-48	\$ 31.632.606	\$ 0	-\$ 49.330	\$ 31.583.276
12	89,3%	30541	31128	-587	\$ 32.478.827	\$ 0	-\$ 624.679	\$ 31.854.149
13	88,6%	30301	31428	-1127	\$ 33.345.638	\$ 0	-\$ 1.240.012	\$ 32.105.625
14	87,9%	30062	31728	-1666	\$ 34.233.444	\$ 0	-\$ 1.897.417	\$ 32.336.028
15	87,2%	29822	32028	-2206	\$ 35.142.660	\$ 0	-\$ 2.599.075	\$ 32.543.585
16	86,5%	29583	32328	-2745	\$ 36.073.698	\$ 0	-\$ 3.347.270	\$ 32.726.428
17	85,8%	29344	32628	-3284	\$ 37.026.978	\$ 0	-\$ 4.144.393	\$ 32.882.585
18	85,1%	29104	32928	-3824	\$ 38.002.920	\$ 0	-\$ 4.992.941	\$ 33.009.978
19	84,4%	28865	33228	-4363	\$ 39.001.945	\$ 0	-\$ 5.895.530	\$ 33.106.416
20	83,7%	28625	33528	-4903	\$ 40.024.480	\$ 0	-\$ 6.854.892	\$ 33.169.589
21	83,0%	28386	33828	-5442	\$ 41.070.951	\$ 0	-\$ 7.873.886	\$ 33.197.065
22	82,3%	28147	34128	-5981	\$ 42.141.784	\$ 0	-\$ 8.955.500	\$ 33.186.285
23	81,6%	27907	34428	-6521	\$ 43.237.409	\$ 0	-\$ 10.102.859	\$ 33.134.550
24	80,9%	27668	34728	-7060	\$ 44.358.254	\$ 0	-\$ 11.319.228	\$ 33.039.026

Figura 31. Flujo de caja del panel solar Jinko Solar



Por lo tanto, para tomar una decisión se calcula el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno de los paneles solares, para esto es necesario enviar los flujos de caja a valor presente

$$VP = F * \left(\frac{1}{1 + i} \right)^n$$

$$VPN = VP - INVERSION$$

Donde:

P: Valor presente

F: Valor futuro

I: Tasa de retorno

N: Periodo del flujo de caja

VPN: Valor presente neto

VP: Valor presente

Tabla 8. Tasa de retorno y valor presente neto

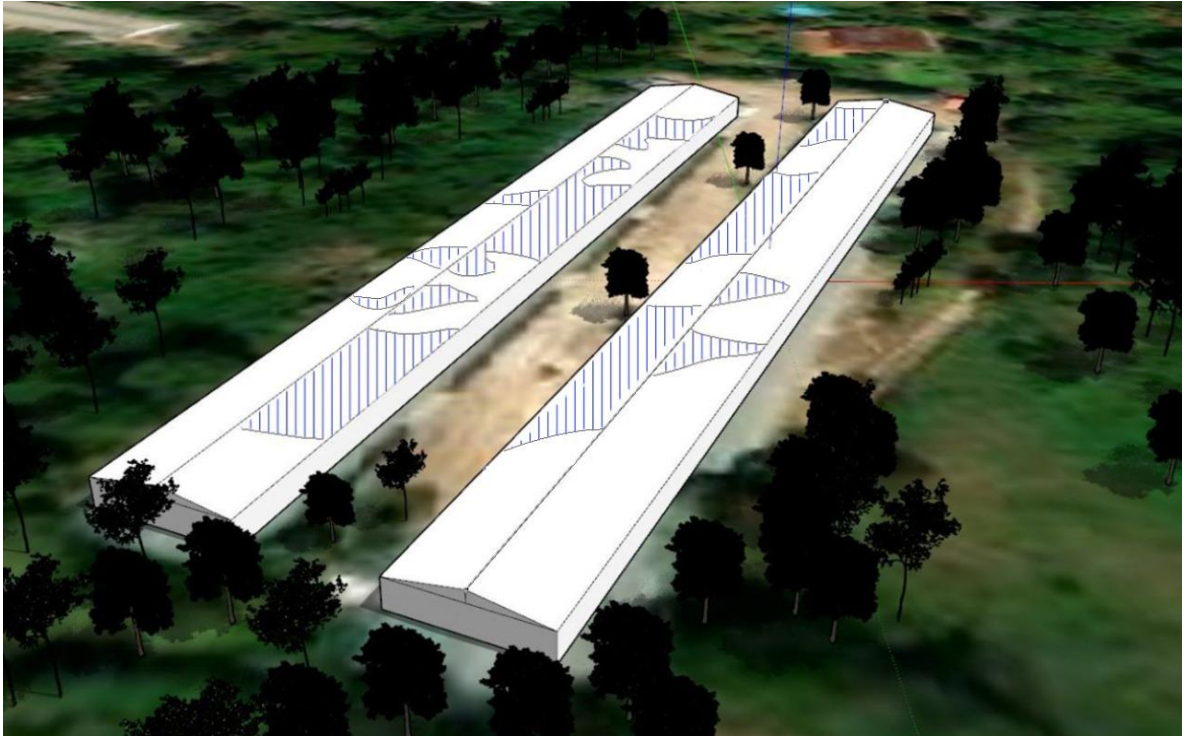
	GCL-1	JINKO-1	JINKO-2	GREEN-1	GREEN-2	GREEN-3	SHINE-1
TASA DE RETORNO	77,17%	60,43%	88,51%	76,25%	82,01%	81,68%	73,03%
VALOR PRESENTE NETO	\$ 94.042.460	\$ 84.789.666	\$ 98.881.646	\$ 93.405.596	\$ 95.398.501	\$ 95.351.352	\$ 92.717.113

Por lo tanto, la alternativa ganadora es el panel solar fotovoltaico Jinko Solar. Como se puede evidenciar, la tasa de retorno y el valor presente neto son altos, esto se debe a que solo se analizó los ingresos y egresos correspondiente al sistema de paneles, hasta este punto no se ha tenido en cuenta los egresos producto de los demás equipos necesarios, debido a que el análisis está enfocado únicamente en la selección de los módulos solares.

7.6.3 Área efectiva

Para adquirir la mayor energía posible y que el sistema fotovoltaico presente altas eficiencias, es necesario evitar que las sombras se posen sobre los paneles solares; para esto, se realizó un análisis con el programa SketchUp con el objetivo de visualizar las áreas efectivas del techo donde se presentan menos sombras durante las horas solar pico, producto de factores externos como árboles.

Figura 32. Área disponible sobre el techo



Las áreas achuradas son las zonas donde se minimizan las sombras, estas representan un área de 550 m².

7.7 SELECCIÓN DE SOPORTE DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Para el soporte de los paneles solares fotovoltaicos, se tienen en cuenta las siguientes configuraciones:

- Sistema fijo paralelo al techo, en este sistema, el panel adquiere la misma inclinación del techo con respecto a una superficie horizontal.
- Sistema que permite la variación del ángulo de inclinación con respecto a una horizontal del panel mes a mes.
- Sistema de seguimiento continuo que permita el movimiento del panel durante todo el día.

Como se determinó previamente en la tabla 5, cada una de estas configuraciones tiene la capacidad de captar más energía que otras como se resume a continuación

Tabla 9. Energía disponible por m²

	ANÁLISIS ENERGÉTICO			
	ESTRUCTURA INCLINADA CON VARIACIÓN	PARALELO SURESTE	PARALELO NORESTE	SEGUIMIENTO CONTINUO
ENERGÍA PROMEDIO DIARIA MENSUAL (KWH/M ² /DÍA)	5,56	5,33	5,24	7,66

La tabla 9 indica la cantidad de energía promedio diaria que se adquiere por metro cuadrado con cada una de las bases, entre mayor energía se adquiera, menos paneles solares fotovoltaicos se requieren, menos soportes y se reduce el número de equipos necesarios. Pero es necesario analizar qué tan viable económicamente hablando se presenta cada una de estas alternativas

Tabla 10. Factores económicos que afectan la selección del soporte

	ESTRUCTURA INCLINADA CON VARIACIÓN	PARALELO SURESTE	PARALELO NORESTE	SEGUIMIENTO CONTINUO
NÚMERO DE PANELES				
NÚMERO DE PANELES	51	54	57	38
PRECIO UNITARIO	\$ 462.800	\$ 462.800	\$ 462.800	\$ 462.800
COSTO TOTAL PANELES	\$ 23.602.800	\$ 24.991.200	\$ 26.379.600	\$ 17.586.400
BASE DE LOS PANELES				
PRECIO UNITARIO	\$ 1.000.000	\$ 220.000		\$ 1.880.000
NÚMERO DE PANELES POR ESTRUCTURA	1	1		1
CANTIDAD DE ESTRUCTURA NECESARIAS	51	54	57	38
COSTO TOTAL BASE	\$ 51.000.000	\$ 11.880.000	\$ 12.540.000	\$ 71.440.000
INSTALACIÓN				
COSTO DE INSTALACION	\$ 7.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.100.000	\$ 11.000.000
ADECUACION DE ESPACIO				
COSTO TOTAL	\$ 6.415.200	\$ 6.415.200	\$ 6.415.200	\$ 2.000.000
INVERSIÓN				
INVERSIÓN TOTAL	\$ 84.810.400	\$ 42.078.800	\$ 44.227.200	\$ 102.026.400

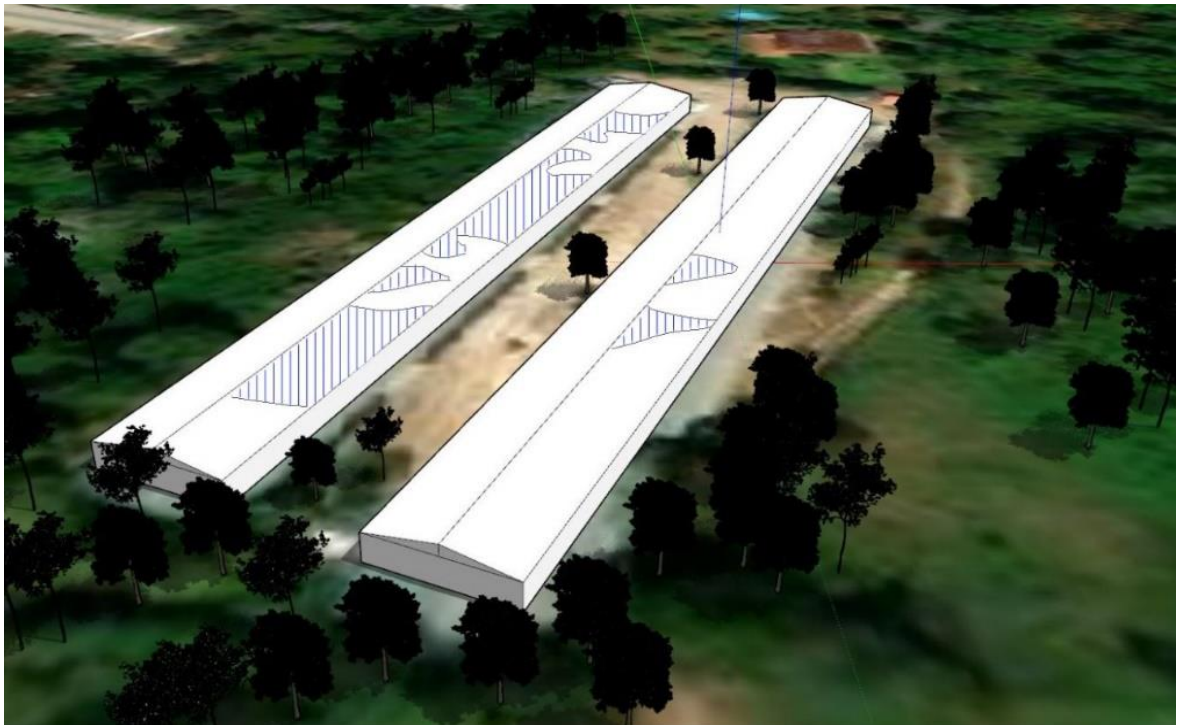
Por lo tanto, se obtiene que la alternativa con mejor beneficio económico es la de instalar los paneles solares fotovoltaicos paralelos al techo en el lado sureste. La información de las estructuras puede ser consultada en el anexo E. Hasta el momento se tiene la siguiente información:

Tabla 11. Elementos seleccionados

PANEL SOLAR	JINKO SOLAR
NÚMERO DE PANELES	54
UBICACIÓN	Paralelos al techo sureste

Por lo tanto, el área efectiva sobre el techo ahora solo implica el lado sureste que cuenta con 220 m², área suficiente para instalar los 54 paneles con un impacto mínimo de sombra.

Figura 33. Área efectiva sobre el techo sureste



7.8 SELECCIÓN DEL INVERSOR

Para la selección de un inversor en un proyecto solar fotovoltaico conectado a la red (on grid) se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La potencia máxima de entrada del inversor debe ser mayor a la potencia máxima del arreglo de paneles
- La corriente máxima de entrada del inversor debe ser mayor a la corriente de máxima potencia (I_{mp}) del arreglo de paneles
- El voltaje de máxima potencia (V_{mp}) y Voltaje de circuito abierto (V_{oc}) deben estar en el rango de entrada de voltaje al inversor
- El voltaje y la frecuencia de salida del inversor debe corresponder con los valores de la red.

Para conocer la información técnica anteriormente mencionada, es necesario definir una distribución de los paneles solares fotovoltaicos ya que según la forma en la que estos se distribuyan, su voltaje y corriente resultante varían.

Tabla 12. Características técnicas Jinko Solar

CARACTERÍSTICAS DEL PANEL PARA CONDICIONES ESTANDARES	
POTENCIA	395 W
VOLTAJE DE MÁXIMA POTENCIA (V_{pm})	41,4 V
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA (I_{pm})	9,55 A
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO (V_{oc})	49,5 V

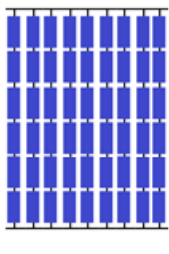
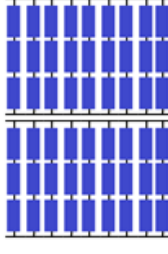
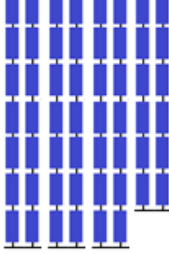
En la tabla anterior se presenta información sobre el panel Jinko Solar necesaria para calcular los datos de corriente y voltaje resultante. Cabe resaltar, que cuando tenemos elementos en serie, el valor del voltaje se suma y la corriente permanece constante; por el contrario, cuando los paneles están organizados en paralelo, el valor de la corriente se suma y el voltaje permanece constante.

7.8.1 Distribución de los paneles solares fotovoltaicos

Para determinar la distribución más adecuada de los paneles solares fotovoltaicos, es necesario tener en cuenta las ventajas y desventajas producto de una conexión en serie.

- Cuando se instalan paneles en serie el voltaje aumenta; por lo tanto, se presentan menos pérdidas cuando se transporta la energía y se utilizan cables con menor diámetro implicando menores costos.
- Cuando se instalan paneles en serie, el arreglo de paneles trabaja a la potencia del panel menos eficiente; es decir, si tan solo un panel se ve afectado por una sombra y su producción disminuye, todos los paneles trabajarán a dicha producción. Por lo tanto, se propone los siguientes arreglos

Tabla 13. Distribución de los paneles

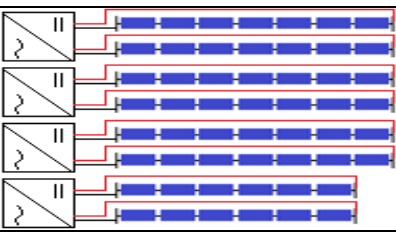
	UN GRUPO	DOS GRUPOS	
	DISTRIBUCIÓN 1	DISTRIBUCIÓN 2	DISTRIBUCIÓN 3
DISTRIBUCION			
NÚMERO DE PANELES	54	54	54
PANELES POR GRUPO	54	27	14
POTENCIA TOTAL POR GRUPO	21330 W	10665 W	5530 W
VOLTAJE DE MÁXIMA POTENCIA (V _{pm}) POR GRUPO	248,4 V	124,3 V	289,8 V
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA (I _{pm}) POR GRUPO	85,95 A	85,95 A	19,1 A
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO (V _{oc}) POR GRUPO	297 V	148,5 V	346,5 V
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO (V _{oc}) PARA EL DÍA MÁS FRÍO (16 °C)	202 V	101 V	353 V

De la tabla anterior es muy importante resaltar que se debe calcular el voltaje de circuito abierto a la menor temperatura a la cual este expuesto el inversor, para el caso de la mesa de los santos se promedia en 16 °C, esto es debido a que cuando la temperatura disminuye, el voltaje de los paneles aumenta; por lo tanto, es necesario tener seguridad de que el inversor tenga la capacidad de soportar dicho voltaje cuando se presente esta situación de temperatura.

Cuando se van a conectar los arreglos al inversor, este cuenta con varias entradas llamadas STRINGS, a cada una de estas entradas puede conectarse un ramal de paneles en serie. Estas entradas son importantes ya que pueden limitar la corriente del inversor; por ejemplo, puede que el inversor tenga una capacidad de 40A de corriente, pero por string solo permita 20A; por lo tanto, no se pueden inyectar los 40A en una sola entrada. Este concepto es aplicable para el tercer arreglo.

Debido a que el número de ramales en serie de la configuración 1 y 2 es superior al número de strings que puede tener un inversor, se hace necesaria la utilización de cajas combinadoras.

Tabla 14. Información por string distribución 3.

STRING	CARACTERÍSTICAS
DISTRIBUCIÓN	
NÚMERO DE STRING POR INVERSOR	2
PANELES POR STRING	7
VOLTAJE DE MÁXIMA POTENCIA (V _{pm}) POR STRING	289,8 V
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA (I _{pm}) POR STRING	9,55 A
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO (V _{oc}) POR STRING	346,5 V
NÚMERO DE INVERSORES NECESARIOS	4

Para poder satisfacer las demandas de energía y los requerimientos del proyecto, se presentan las siguientes alternativas de inversores disponibles en el mercado, la información completa de los inversores se puede consultar en el anexo F.

Tabla 15. Información técnica de los inversores

	INVERSOR 1	INVERSOR 2	INVERSOR 3
ENTRADA			
INVERSOR	FRONIUS (PRIMO 3.8-1)	SOLIS (SOLIS-1P5K-4G)	KACO
POTENCIA MÁXIMA	3-6 KW	5.8 KW	43,5 KW
MÁXIMA CORRIENTE POR STRING	18A/18A	11A/11A	85A
MÁXIMA CORRIENTE TOTAL	36A	22A	85A
VOLTAJE MÁXIMO	600 V	600 V	1100V
VOLTAJE DE MPPT	200-480 V	100-500V	360-900V
NÚMERO DE ENTRADAS	2	2	2
SALIDA			
VOLTAJE	208/240V	220V	120/208V
FRECUENCIA	60 HZ	50/60 HZ	50/60 HZ
COSTO	\$ 6.900.000	\$ 3.690.000	\$ 18.100.000

Comparando la información técnica de los inversores con los datos de voltaje y corriente resultante para cada distribución, y verificando que se cumplan las condiciones necesarias para la selección del inversor mencionadas anteriormente, se presenta a continuación la compatibilidad de cada inversor con cada distribución.

Tabla 16. Compatibilidad de los inversores con los arreglos

INVERSORES			
	DISTRIBUCIÓN 1	DISTRIBUCIÓN 2	DISTRIBUCIÓN 3
FRONUS	NO	NO	SI
SOLIS	NO	NO	SI
KACO	NO	NO	SI
INVERSIÓN			
FRONUS			\$ 27.600.000
SOLIS			\$ 14.760.000
KACO			\$ 72.400.000

Se selecciono el inversor SOLIS ya que representa la inversión mínima para el proyecto y satisface los requerimientos técnicos de la distribución.

7.9 CÁLCULO DEL CABLE CONDUCTOR

El cálculo de las dimensiones de los conductores se realiza siguiendo los parámetros exigidos por la norma NTC 2050 en su sección 690 que incluye lineamientos para el diseño de redes eléctricas en sistemas solares fotovoltaicos. La sección transversal del conductor se calcula por medio de la siguiente ecuación

$$S = \frac{2 * L * I}{\gamma * \Delta V}$$

Donde:

S: sección transversal del conductor [mm²]

L: longitud del conductor [m]

I: capacidad de corriente del conductor [A]

γ : conductividad del conductor [m/Ω*mm²] (γ del cobre a 70°C = 46.82 m/Ω*mm²)

ΔV : caída de tensión admisible [V]

Debido a la conexión en serie de los módulos solares, el dimensionamiento de los conductores se realiza con base a la corriente de corto circuito de un solo panel; ya que, al estar el circuito en serie, la corriente del sistema es la misma.

$$I_{sc} = 10,23 \text{ A}$$

Para una correcta y segura selección, la capacidad de corriente de los conductores se debe recalcular teniendo en cuenta un factor de seguridad de al menos 1.25

$$I = 1,25 * I_{sc} = 12,78 \text{ A}$$

Los conductores deben tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea menor al 1.5%

$$\Delta V = \# \text{paneles en serie} * V_{pm} * 0,015$$

$$\Delta V = 7 * 41,4 * 0,015$$

$$\Delta V = 4,347 \text{ V}$$

La longitud de los conductores se estima sumando las distancias que hay desde el lugar donde se ubicara el inversor hasta el módulo más lejano del bloque de 7 módulos conectados en serie. Como los paneles serán ubicados de manera que su lado más largo (2m) se ubica horizontalmente el primer tramo de conductor tendrá una longitud de 14 m, a este valor se le debe sumar la altura del galpón 2.5m ya que el inversor será ubicado en cercanías al suelo y se agrega además una longitud extra como valor de seguridad a criterio del diseñador, en este caso dicho valor será de 3 m. Por lo tanto, la longitud del conductor será:

$$L = 19,5 \text{ m}$$

A partir de la información anterior, calculamos la sección transversal del conductor

$$S = \frac{2 * 19,5 * 12,78}{46,82 * 4,347}$$

$$S = 2,45 \text{ mm}^2$$

La norma NTC 2050 en su tabla 310-16 presenta un catálogo de conductores de los cuales se selecciona un conductor con sección transversal de 3.3 mm² y calibre AWG 12 que soporta corrientes hasta de 20 A por lo tanto satisface los requerimientos de la instalación. Teniendo en cuenta que el conductor se debe instalar en cada uno de los bloques de 7 de paneles en serie, es decir una longitud total de aproximadamente 150 m.

Tabla 17. Características del conductor de corriente continua

SECCION TRANSVERSAL	3,3 mm ²
CALIBRE AWG	12
CORRIENTE	20 A
COSTO UNITARIO POR METRO	\$ 2.875
COSTO TOTAL	\$ 230.000

7.10 CÁLCULO DEL CONDUCTOR A LA SALIDA DEL INVERSOR:

La sección transversal del conductor a la salida del inversor estará dada por la ecuación

$$S = \frac{2 * L * I * \cos(\varphi)}{\gamma * \Delta V}$$

Donde:

S: sección transversal del conductor [mm²]

L: longitud del conductor [m]

I: intensidad máxima de salida del inversor [A]

γ : conductividad del conductor [m/Ω*mm²] (γ del cobre a 70°C = 46.82 m/Ω*mm²)

ΔV : caída de tensión admisible [V]

Φ : Factor de rendimiento del inversor

En este caso la longitud del conductor es la distancia entre el inversor y la ubicación del medidor bidireccional, el cual será ubicado en la casa de los galponeros, es decir a una distancia aproximada de 25 m. La intensidad máxima a la salida del inversor está especificada en su datasheet con un valor de 25 A, y la caída de tensión se calcula con base en el voltaje a la salida del inversor (220 V)

$$\Delta V = 220 * 0.015$$

$$\Delta V = 3.3 \text{ V}$$

Por lo tanto, la sección transversal del conductor

$$S = \frac{2 * 25 * 25 * 1}{46.82 * 3.3}$$

$$S = 8.1 \text{ mm}^2$$

Se selecciona un conductor con sección transversal de 8.36 mm² y calibre AWG 8.

Tabla 18. Características del conductor de corriente alterna

SECCION TRANSVERSAL	8,36 mm ²
CALIBRE AWG	8
CORRIENTE	25A
COSTO UNITARIO POR METRO	\$ 5.600
COSTO TOTAL	\$ 140.000

7.11 PROTECCIONES ELECTRICAS

7.11.1 Protecciones eléctricas para corriente continua.

Para proteger el sistema fotovoltaico de sobre tensiones, arcos eléctricos y demás fenómenos que puedan afectar no solo su buen funcionamiento; sino también la integridad de las personas que se encuentren cerca del sistema cuando sucede uno de estos fenómenos, es necesario cuidar el sistema con elementos de seguridad tale como:

- **Fusible:** El fusible es un dispositivo que se quema interrumpiendo el flujo de corriente, cuando la intensidad supera las condiciones normales.
- **Desconector:** Es un interruptor que permite detener el flujo de energía para poder realizar arreglos en el sistema fotovoltaico.
- **Supresor de picos:** Es un dispositivo que sirve para derivar cargas transitorias a tierra como rayos y así evitar sobre tensiones.

Para la selección de estos sistemas, es necesario conocer el voltaje de circuito abierto y corriente de corto circuito, y aplicarles un factor de seguridad para determinar los valores nominales que fluyen sobre el sistema.

$$V = V_{oc} * \text{Factor de seguridad}$$

$$V = (49,5 * 7) * 1,04$$

$$V = 360,36 \text{ V}$$

$$I = I_{sc} * \text{Factor de seguridad}$$

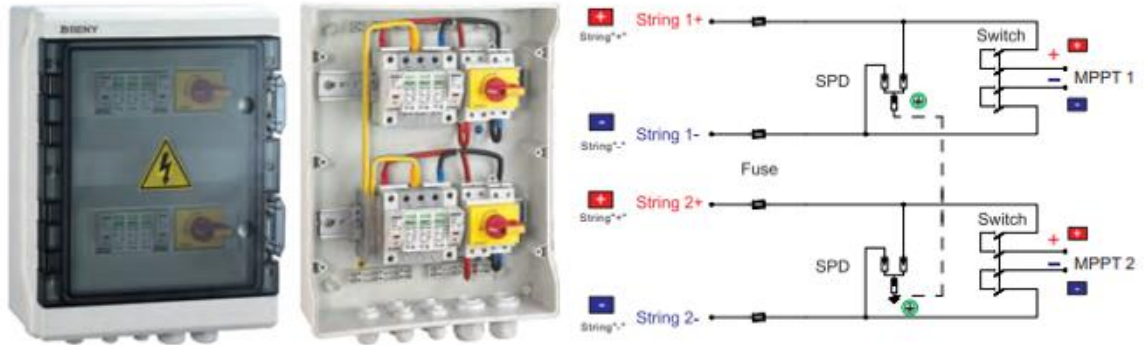
$$I = 10,23 * 1,25$$

$$I = 12,78 \text{ A}$$

Dichos valores de corriente y voltaje serían los máximos admisibles en el sistema, en caso de que el sistema alcance valores por encima del rango, los elementos de protección se activarían.

En el mercado, se dispone de cajas combinadoras que cumplen dos funciones: la primera, es funcionar como nodos y unir dos cadenas de paneles en serie para que salgan en paralelo; la segunda, brindar a los equipos protección necesaria en un dispositivo compacto; por esto, se ha tomado la decisión de implementar estos sistemas, aunque son un poco más costoso son mucho más sencillos de instalar y presentan certificaciones IP65 que permite ubicarlos en la intemperie sin afectar su funcionamiento

Figura 34. Caja combinadora



Fuente: caja combinadoras. [en línea]. (Recuperado en 18 de enero 2021). Disponible en: <https://b2b.technosun.com/>

Para este caso se escogió una caja combinadora de dos entradas y dos salidas en las cuales van conectados internamente los fusibles, desconectores y protecciones contra sobretensiones, tal como se muestra en la figura 34. A continuación se presenta información sobre la caja, para ver el datasheet completo puede consultarse en el anexo G.

Tabla 19. Información de la caja combinadora

ENTRADAS	2
SALIDAS	2
FUSIBLES	15A
VOLTAJE	1000 V
NUMERO DE CAJAS NECESARIAS	4
COSTO UNITARIO	\$ 930.000
COSTO TOTAL	\$ 3.720.000

7.11.2 Protecciones eléctricas para corriente alterna

Para el circuito de corriente alterna es necesario seleccionar un fusible que soporte la máxima corriente y voltaje de salida del inversor, 25 A y 220 V respectivamente

Tabla 20. Características del fusible de corriente alterna

MARCA	Cooper Bussman
CORRIENTE	25A
VOLTAJE	250 V
COSTO FUSIBLE	\$ 37.000
COSTO PORTA FUSIBLES	\$ 38.000

Adicionalmente se agregó una protección para sobretensiones que proteja al sistema de corriente alterna.

Tabla 21. Características de protección para sobretensiones

VOLTAJE MÁXIMO	420 V
CORRIENTE MÁXIMA	20A
UP	MENOR QUE 2 KV
COSTO UNITARIO	\$ 104.000

El valor de Up corresponde al voltaje máximo instantáneo que soporta el equipo; para los sistemas fotovoltaicos el valor de Up 0,5 a 1 KV.

7.11.3 Sistema de puesta a tierra

Un sistema fotovoltaico debe tener puestas a tierra que desvíen eventuales picos de corriente hacia la tierra, protegiendo así a los equipos y al personal humano. Primordialmente dichas puestas a tierra deben estar ubicadas en el circuito de corriente continua, en el circuito de corriente alterna y en los equipos. La NTC 2050, en su sección 690 especifica ciertos parámetros para tener en cuenta:

- La conexión de puesta a tierra del circuito de corriente continua se puede hacer en cualquier punto del circuito de salida fotovoltaico.
- Se deben poner a tierra todas las partes expuestas metálicas no portadoras de corriente, tales como los soportes de los módulos solares.
- El electrodo de puesta a tierra de los equipos debe tener una sección transversal mayor a la de los conductores de los circuitos

Tabla 22. Característica del electrodo de puesta a tierra

MATERIAL	Cobre
LONGITUD	2,40 m
DIAMETRO	12,7 mm
COSTO	\$80.000

Para determinar el conductor de puesta a tierra que se encarga de conectar el electrodo enterrado en tierra, con los equipos y partes del sistema fotovoltaico, la sección transversal se extrae cumpliendo la norma técnica NTC 2050, tabla 250-94 para el sistema de corriente alterna, y la tabla 250-95 para los conductores de canalización y equipos

Figura 35. Conductor del electrodo de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1.000	67,44	2/0	107,21	4/0
1.200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1.600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2.000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2.500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3.000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4.000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5.000	354,69	700 kcmil	608,04	1.200 kcmil
6.000	405,36	800 kcmil	608,04	1.200 kcmil

Fuente: CODIGO ELECTRICO COLOMBIANO, Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Bogotá: NTC, 1998.p.123

Debido a que la corriente máxima presente en el sistema es de 12,78 A, se selecciona en la tabla una corriente nominal de 15 A.

Tabla 23. Característica del conductor de puesta a tierra en corriente continua

MATERIAL	Cobre
LONGITUD	100 m
AWG	14
COSTO	\$126.000

Figura 36. Conductor de puesta a tierra para corriente alterna

Sección Transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio revestido de cobre *	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils
33,62 o menor	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	<u>8,36</u>	<u>8</u>	13,29	6
42,2 o 53,5	1o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,50	1/0

Fuente: CODIGO ELECTRICO COLOMBIANO, Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Bogotá: NTC, 1998.p.122

Tabla 24. Característica del conductor de puesta a tierra en corriente alterna

MATERIAL	Cobre
LONGITUD	100 m
AWG	8
COSTO	\$497.000

7.12 MEDIDOR BIDIRECCIONAL

Para poder hacer parte del negocio energético nacional y aportar energía excedente a la red, es necesario la adquisición de un medidor bidireccional, que permite contabilizar la energía importada y exportada de la red, cuya inversión es de \$678.000.

7.13 RECOMENDACIONES DE INFRAESTRUCTURA

Debido a que cada panel tiene un peso aproximado de 20 kg, lo que implica que el techo deberá soportar aproximadamente 1080 kg incluyendo los soportes de los paneles, se recomienda cambiar las tejas que se encuentran actualmente en el galpón debido a que estas presentan un deterioro considerable que probablemente no permitan la correcta instalación de los paneles.

Se reemplazarán por tejas más resistentes con un espesor mayor que permite la penetración de tuercas para la correcta instalación de los paneles solares.

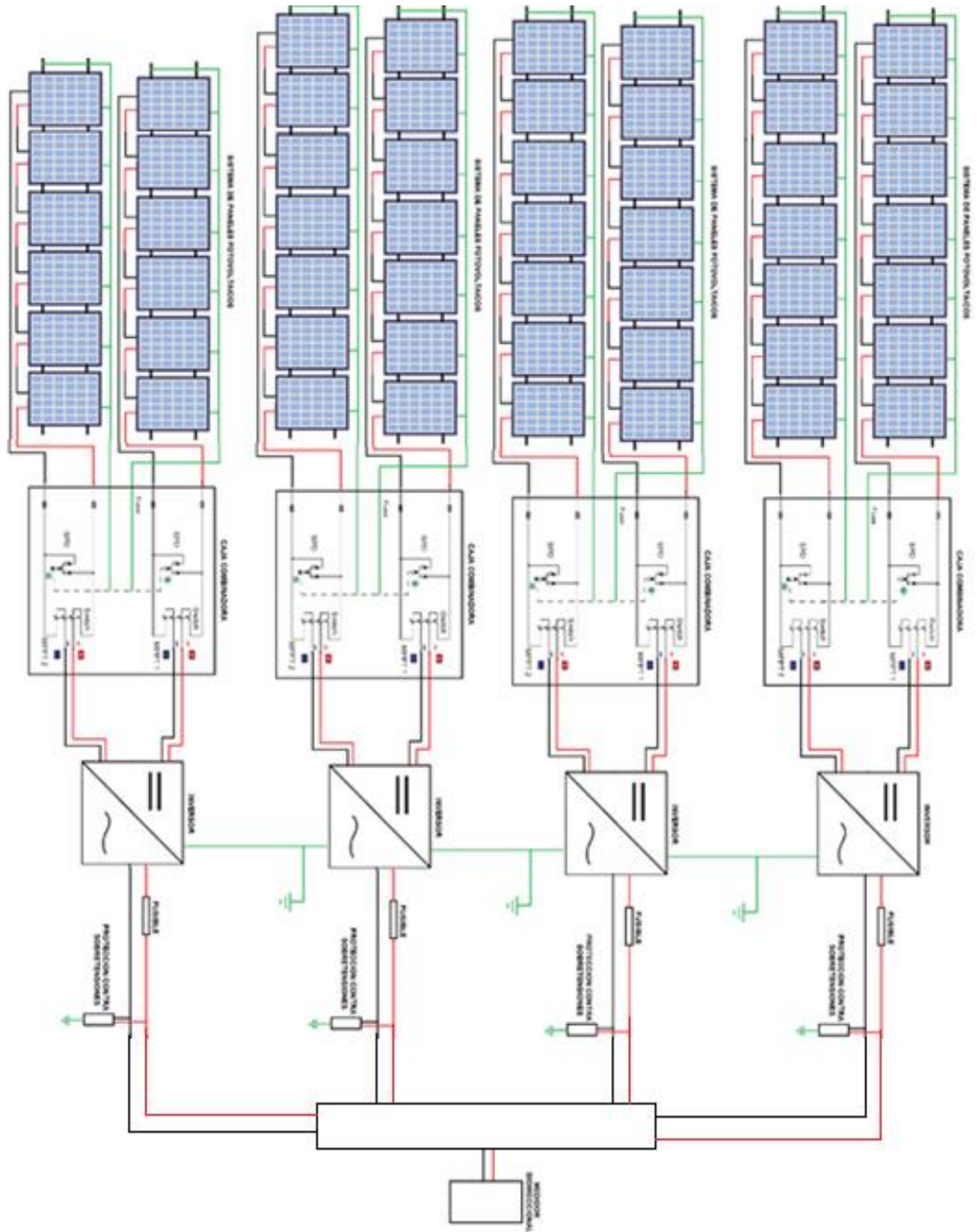
Tabla 25. Especificaciones de la teja

LARGO	5,9 m
ANCHO	0,94 m
ESPESOR	2,5 mm
NÚMERO DE TEJAS NECESARIAS	24
PRECIO UNITARIO	\$ 267.300
PRECIO TOTAL	\$ 6.415.200

7.14 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN

Como ya se cuentan con todos los elementos y equipos de la instalación fotovoltaica, se realiza una representación eléctrica de la conexión de los elementos que intervienen en este proyecto.

Figura 37. Diagrama eléctrico de la instalación



8. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO.

Para realizar el análisis económico del proyecto, es necesario recolectar información sobre los ingresos y egresos que se espera el proyecto tenga durante los 25 años de vida útil con una rentabilidad mínima de 20% (criterio propuesto por el inversionista). A continuación, se presenta la inversión total que requiere el proyecto para su puesta en marcha.

Tabla 26. Inversión del proyecto solar fotovoltaico

INVERSIÓN	
PANELES SOLARES FOTOVOLTICOS	\$ 24.991.200
INVERSORES	\$ 14.760.000
SOPORTES	\$ 11.880.000
TEJAS	\$ 6.415.200
MEDIDOR BIDIRECCIONAL	\$ 678.000
CABLEADO Y PROTECCIONES	\$ 4.783.000
ACCESORIOS (CAJAS, TUBERIA, AJUSTADORES ETC)	\$3.000.000
INSTALACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO	\$ 11.000.000
ESTUDIO INGENIERIL	\$ 13.000.000
TOTAL	-\$ 90.507.400

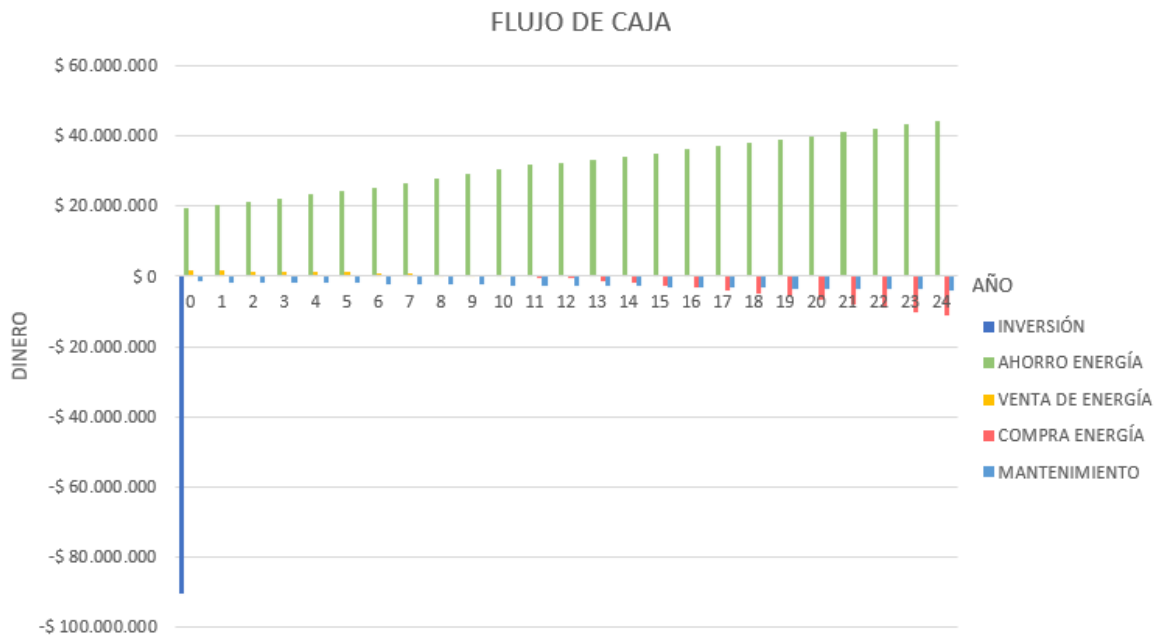
De igual forma, se presentan los ingresos y egresos que tendrá el proyecto durante los siguientes 25 años de vida útil los cuales son:

- Ingreso anual que se obtiene por el ahorro de energía que se deja de pagar producto del autoconsumo.
- Ingreso por la venta de energía durante los años en los cuales la producción supera el consumo.
- Egreso por compra de energía a la red para los años en los que el consumo excede la producción.
- Egreso por la limpieza de los paneles para evitar sombras y el mantenimiento de los equipos, soportes, cableado etc.

Tabla 27. Flujo de caja del proyecto

FLUJO DE CAJA EN LOS 25 AÑOS DE VIDA UTIL DEL PROYECTO					
AÑO	INGRESO ANUAL POR AHORRO DE ENERGÍA	INGRESO ANUAL POR VENTA DE EXCEDENTE	EGRESO ANUAL POR COMPRA DE ENERGÍA	EGRESO POR LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO	NETO
1	\$ 19.418.711	\$ 1.882.616	\$ 0	-\$ 1.500.000	\$ 19.801.327
2	\$ 20.313.472	\$ 1.560.958	\$ 0	-\$ 1.600.000	\$ 20.274.429
3	\$ 21.246.991	\$ 1.452.301	\$ 0	-\$ 1.700.000	\$ 20.999.292
4	\$ 22.220.883	\$ 1.334.191	\$ 0	-\$ 1.800.000	\$ 21.755.073
5	\$ 23.236.826	\$ 1.206.102	\$ 0	-\$ 1.900.000	\$ 22.542.928
6	\$ 24.296.569	\$ 1.067.482	\$ 0	-\$ 2.000.000	\$ 23.364.051
7	\$ 25.401.929	\$ 917.754	\$ 0	-\$ 2.100.000	\$ 24.219.683
8	\$ 26.554.799	\$ 756.312	\$ 0	-\$ 2.200.000	\$ 25.111.110
9	\$ 27.757.145	\$ 582.522	\$ 0	-\$ 2.300.000	\$ 26.039.667
10	\$ 29.011.015	\$ 395.720	\$ 0	-\$ 2.400.000	\$ 27.006.735
11	\$ 30.318.540	\$ 195.211	\$ 0	-\$ 2.500.000	\$ 28.013.752
12	\$ 31.632.606	\$ 0	-\$ 49.330	-\$ 2.600.000	\$ 28.983.276
13	\$ 32.478.827	\$ 0	-\$ 624.679	-\$ 2.700.000	\$ 29.154.149
14	\$ 33.345.638	\$ 0	-\$ 1.240.012	-\$ 2.800.000	\$ 29.305.625
15	\$ 34.233.444	\$ 0	-\$ 1.897.417	-\$ 2.900.000	\$ 29.436.028
16	\$ 35.142.660	\$ 0	-\$ 2.599.075	-\$ 3.000.000	\$ 29.543.585
17	\$ 36.073.698	\$ 0	-\$ 3.347.270	-\$ 3.100.000	\$ 29.626.428
18	\$ 37.026.978	\$ 0	-\$ 4.144.393	-\$ 3.200.000	\$ 29.682.585
19	\$ 38.002.920	\$ 0	-\$ 4.992.941	-\$ 3.300.000	\$ 29.709.978
20	\$ 39.001.945	\$ 0	-\$ 5.895.530	-\$ 3.400.000	\$ 29.706.416
21	\$ 40.024.480	\$ 0	-\$ 6.854.892	-\$ 3.500.000	\$ 29.669.589
22	\$ 41.070.951	\$ 0	-\$ 7.873.886	-\$ 3.600.000	\$ 29.597.065
23	\$ 42.141.784	\$ 0	-\$ 8.955.500	-\$ 3.700.000	\$ 29.486.285
24	\$ 43.237.409	\$ 0	-\$ 10.102.859	-\$ 3.800.000	\$ 29.334.550
25	\$ 44.358.254	\$ 0	-\$ 11.319.228	-\$ 3.900.000	\$ 29.139.026

Figura 38. Representación gráfica del flujo de caja



8.1 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Uno de los indicadores más importantes a la hora de analizar un proyecto es el periodo de recuperación de la inversión (PRI) permitiendo a los inversionistas conocer el tiempo en que el dinero podrá ser recuperado y a partir de cuándo se generan ganancias. Para este análisis fue necesario enviar todos los flujos de caja neto a valor presente.

$$P = F * \left(\frac{1}{1 + i} \right)^n$$

Tabla 28. Valor presente del flujo de caja

AÑO	FLUJO EN VALOR PRESENTE	FLUJO ACUMULADO
0	\$ 16.501.106	\$ 16.501.106
1	\$ 14.079.465	\$ 30.580.571
2	\$ 12.152.368	\$ 42.732.938
3	\$ 10.491.451	\$ 53.224.390
4	\$ 9.059.497	\$ 62.283.887
5	\$ 7.824.573	\$ 70.108.460
6	\$ 6.759.269	\$ 76.867.729
7	\$ 5.840.042	\$ 82.707.771
8	\$ 5.046.662	\$ 87.754.433
9	\$ 4.361.739	\$ 92.116.172
10	\$ 3.770.314	\$ 95.886.486
11	\$ 3.250.667	\$ 99.137.153
12	\$ 2.724.860	\$ 101.862.013
13	\$ 2.282.515	\$ 104.144.528
14	\$ 1.910.559	\$ 106.055.087
15	\$ 1.597.950	\$ 107.653.037
16	\$ 1.335.359	\$ 108.988.396
17	\$ 1.114.909	\$ 110.103.305
18	\$ 929.948	\$ 111.033.253
29	\$ 774.864	\$ 111.808.117
20	\$ 644.919	\$ 112.453.036
21	\$ 536.119	\$ 112.989.155
22	\$ 445.094	\$ 113.434.249
23	\$ 369.003	\$ 113.803.251
24	\$ 305.453	\$ 114.108.704

Para poder determinar con mejor precisión el periodo de recuperación de la inversión (PRI) se plantea la siguiente ecuación

$$PRI = A + \left(\frac{B - C}{D} \right)$$

Donde:

A: Año anterior a la recuperación de la inversión

B: inversión

C: Flujo acumulado del año anterior al de recuperación

D: Flujo del año en que se recupera la inversión

$$PRI = 8 + \left(\frac{90.507.400 - 87.754.433}{4.361.739} \right)$$

$$PRI = 8,63$$

Como resultado, la inversión se puede recuperar en el año 8 y en el mes 7.

8.2 CRITERIOS QUE DEFINEN LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

Como parte fundamental del proyecto, la persona interesada en implementar el sistema de paneles solares compartió el interés de tener una tasa de retorno del 20% y de presentarse una rentabilidad inferior no sería aceptado.

Para conocer si el proyecto cumple con este requerimiento, se calcula el criterio de valor presente neto (VPN) si este criterio arroja un valor positivo indica que el proyecto es viable y satisface el requerimiento del 20% de rentabilidad.

$$\text{VALOR PRESENTE NETO} = \text{VALOR PRESENTE} - \text{INVERSION}$$

Tabla 29. Criterios de viabilidad

TASA DE RETORNO ESPERADA	20%
VALOR PRESENTE (VP)	\$ 114.108.704
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	\$ 23.601.304
TASA INTERNA DE RETORNO	25,04%

Por lo que el proyecto cumple con las exigencias económicas propuestas por el inversionista.

9. ANÁLISIS DEL PROYECTO CON UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO CONTINUO.

Como parte de los objetivos de este trabajo de grado que busca comparar proyectos fotovoltaicos de movimiento continuo con aquellos que permanecen fijos, se presenta el análisis energético y económico que representa un proyecto de tal dimensión. Para este punto, los paneles solares fotovoltaicos siguen siendo el Jinko Solar, debido a que su selección es propia y no depende del tipo de montaje.

9.1 ENERGÍA CAPTADA

Tal como lo evidencia la tabla 9, un sistema fotovoltaico con seguimiento continuo es la configuración que mayor energía promedio recibe por metro cuadrado, con una generación energética alrededor del 30% por encima de aquellas configuraciones fijas, lo que conlleva a un sistema con menor número de paneles e inversores. Se desea analizar si esta reducción de equipos es lo suficiente como para amortiguar los costos de inversión en estructuras y poder representar un beneficio económico.

A la hora de implementar estos sistemas, existen costos adicionales que se deben asumir tales como:

- **Cimentación:** Para la correcta instalación de las estructuras de un sistema fotovoltaico con seguimiento continuo y debido al terreno no uniforme presente en los alrededores de la granja, es necesaria la adecuación del suelo, para lo cual se realiza un proceso de cimentación y lograr una superficie plana y resistente que permita la correcta instalación y soporte el peso de los equipos y estructuras.
- **Estructura de seguimiento continuo:** Se selecciona un bastidor marca ECO-WORTHY disponible en el mercado, que gracias a dos actuadores lineales consigue libertad de movimiento en dos ejes. Las dimensiones del bastidor permiten la instalación de un panel por bastidor.

Figura 39. Estructura de seguimiento continuo.



Fuente: Amazon. [en línea]. (Recuperado en 20 de enero 2021). Disponible en: <https://www.amazon.com/>

Tabla 30. Costos asociados al soporte de seguimiento continuo

SEGUIMIENTO CONTINUO	
NÚMERO DE PANELES	38
PRECIO UNITARIO	\$ 462.800
COSTO TOTAL PANELES	\$ 17.586.400
BASE DE LOS PANELES	
NÚMERO DE PANELES POR BASE	1
NÚMERO DE BASES	38
PRECIO UNITARIO	\$ 1.880.000
COSTO TOTAL BASES	\$ 71.440.000
CIMENTACION	
NÚMERO DE CIMENTACIONES	38
PRECIO UNITARIO	\$ 100.000
COSTO TOTAL CIMENTACION	\$ 3.800.000
INSTALACION	
INSTALACION TOTAL	\$ 11.000.000
INVERSION TOTAL	\$ 103.826.400

9.2 SELECCIÓN DEL INVERSOR

Para la selección de inversor, se propuso la distribución mostrada en la tabla 31. Con base en la tabla 12, se genera la siguiente información técnica del arreglo.

Tabla 31. Características del arreglo

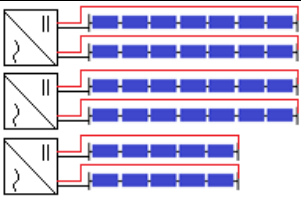
NUMERO DE GRUPOS	CARACTERISTICAS
DISTRIBUCION	
NÚMERO DE PANELES	38
PANELES POR STRING	7
POTENCIA TOTAL POR GRUPO	2765 W
VOLTAJE DE MÁXIMA POTENCIA (V _{pm}) POR GRUPO	289,8 V
CORRIENTE DE MÁXIMA POTENCIA (I _{pm}) POR GRUPO	9,55 A
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO (V _{oc}) POR GRUPO	346.5 V
NÚMERO DE INVERSORES	3

Tabla 32. Información técnica del inversor

INVERSOR	
ENTRADA	
INVERSOR	SOLIS
POTENCIA MÁXIMA	4.8 KW
MÁXIMA CORRIENTE POR STRING	11A/11A
MÁXIMA CORRIENTE TOTAL	22 A
VOLTAJE MAXIMO	600 V
VOLTAJE DE MPPT	100-500 V
NÚMERO DE ENTRADAS	2
SALIDA	
VOLTAJE	220 V
FRECUENCIA	50/60 HZ
COSTO	\$ 3.690.000

Como se puede observar la información técnica del inversor es adecuada para las características del arreglo. Por lo tanto, se selecciona el inversor SOLIS, con la información técnica de la tabla 32, si se desea conocer más información del inversor, puede consultarse el anexo F.

9.3 CÁLCULO DEL CABLE CONDUCTOR EN CONTINUA

El cálculo de la sección transversal del conductor se realiza acorde a los lineamientos y ecuaciones ya utilizadas en el capítulo 7.8 de este libro. En este caso el montaje se realiza con 2 bloques de 7 paneles en serie y uno con 5 paneles en serie, por lo tanto:

$$\Delta V = \#panelesserie * Vpm * 0,015$$

$$\Delta V = 7 * 41,4 * 0,015$$

$$\Delta V = 4,347 \text{ V}$$

La longitud de los conductores se estima sumando las distancias que hay desde el lugar donde se ubicara el inversor hasta el módulo más lejano del bloque de 7 módulos conectados en serie, en este caso es necesario considerar una distancia prudente entre cada estructura de seguimiento continuo con el fin de evitar que se produzcan sombras entre ellos, se estima una distancia de:

$$L = 50 \text{ m}$$

A partir de la información anterior, calculamos la sección transversal del conductor

$$S = \frac{2 * 50 * 12,78}{46,82 * 4,347}$$

$$S = 6,3 \text{ mm}^2$$

La norma NTC 2050 en su tabla 310-16 presenta un catálogo de conductores de los cuales se selecciona un conductor con sección transversal de 8,36 mm² y calibre AWG 08 que soporta corrientes hasta de 25 A; por lo tanto, satisface los requerimientos de la instalación.

Tabla 33. Características del conductor de corriente continua

SECCIÓN TRANSVERSAL	8,36 mm ²
CALIBRE AWG	8
CORRIENTE	25 A
COSTO	\$ 344.000

9.4 CÁLCULO DEL CONDUCTOR A LA SALIDA DEL INVERSOR

El inversor Solis presenta una corriente de salida de 25 A y voltaje de salida 220 V; por lo tanto, el conductor utilizado será el mismo seleccionado previamente en el capítulo 7.9 de este libro ya que presenta las mismas características de salida.

Tabla 34. Características del conductor de corriente alterna

SECCIÓN TRANSVERSAL	8,36 mm ²
CALIBRE AWG	8
CORRIENTE	25 A
COSTO	\$ 140.000

9.5 PROTECCIONES ELÉCTRICAS

Las protecciones seleccionadas en el capítulo 7.10 del este libro tienen como criterios de selección los valores de corriente de corto circuito, voltaje de circuito abierto y los valores de intensidad máxima y voltaje de salida del inversor. En este caso el valor de corriente de corto circuito permanece igual al del montaje anteriormente analizado debido a que los bloques de paneles siguen estando conectados en serie. Así mismo, los valores de intensidad máxima y voltaje de salida del inversor no presentan variación con respecto al montaje anterior; sin embargo, es necesario recalcular el voltaje de circuito abierto debido a la variación en el número de paneles conectado en serie, así:

$$V = V_{oc} * \text{Factor de seguridad}$$

$$V = (49,5 * 7) * 1,04$$

$$V = 360,36 \text{ V}$$

Habiendo realizado este cambio, se determina que todos los elementos de protección seleccionados para el montaje anterior incluyendo electrodos y conductores de puesta a tierra, cumplen con los requerimientos necesarios para ser utilizados en este montaje, con la única diferencia de que en este caso será necesaria la adquisición de tres cajas combinadoras debido a la presencia de solo 3 bloques de paneles en serie.

Tabla 35. Información de la caja combinadora

ENTRADAS	2
SALIDAS	2
FUSIBLES	15 A
VOLTAJE	1000 V
NÚMERO DE CAJAS NECESARIAS	3
COSTO TOTAL	\$ 2.790.000

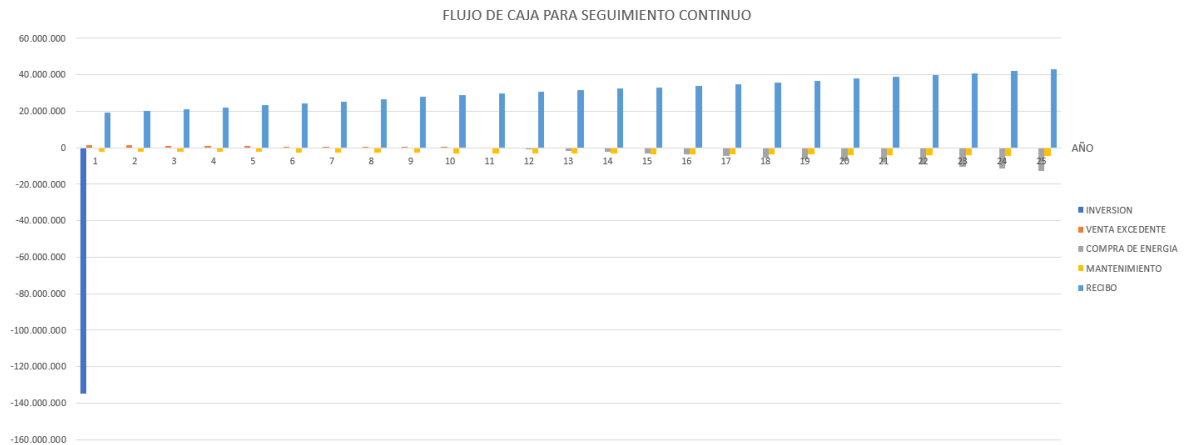
10. VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO CON UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO CONTINUO

El proceso para determinar la viabilidad económica del proyecto con seguimiento continuo obedece al mismo planteamiento realizado en el capítulo 8. A continuación, se presenta la inversión requerida para este tipo de proyecto.

Tabla 36. Inversión del proyecto con seguimiento continuo

INVERSIÓN	
PANELES SOLARES FOTOVOLTICOS	\$ 17.586.400
INVERSORES	\$ 11.070.000
SOPORTES	\$ 71.440.000
CIMENTACIÓN	\$ 3.800.000
MEDIDOR BIDIRECCIONAL	\$ 678.000
CABLEADO Y PROTECCIONES	\$ 3.274.000
ACCESORIOS (CAJAS, TUBERIA, AJUSTADORES ETC)	\$3.000.000
INSTALACION Y SUPERVISION DEL PROYECTO	\$ 11.000.000
ESTUDIO INGENIERIL	\$ 13.000.000
TOTAL	-\$ 134.848.400

Figura 40. Flujo de caja para seguimiento continuo



10.1 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Para el cálculo del periodo de recuperación de la inversión se sigue el mismo procedimiento realizado en el capítulo 8.1 del presente libro.

Tabla 37. Valores presentes del proyecto

AÑO	FLUJO EN VALOR PRESENTE	FLUJO ACUMULADO
0	\$ 15.837.854	\$ 15.837.854
1	\$ 13.525.983	\$ 29.363.837
2	\$ 11.686.435	\$ 41.050.271
3	\$ 10.099.160	\$ 51.149.431
4	\$ 8.729.158	\$ 59.878.590
5	\$ 7.546.362	\$ 67.424.951
6	\$ 6.524.924	\$ 73.949.875
7	\$ 5.547.864	\$ 79.497.739
8	\$ 4.836.862	\$ 84.334.600
9	\$ 4.217.075	\$ 88.551.675
10	\$ 3.553.842	\$ 92.105.517
11	\$ 2.977.015	\$ 95.082.532
12	\$ 2.491.966	\$ 97.574.498
13	\$ 2.084.296	\$ 99.658.794
14	\$ 1.741.843	\$ 101.400.637
15	\$ 1.454.338	\$ 102.854.975
16	\$ 1.213.109	\$ 104.068.084
17	\$ 1.010.837	\$ 105.078.921
18	\$ 841.348	\$ 105.920.269
19	\$ 699.433	\$ 106.619.702
20	\$ 580.697	\$ 107.200.399
21	\$ 481.438	\$ 107.681.837
22	\$ 398.535	\$ 108.080.372
23	\$ 329.358	\$ 108.409.730
24	\$ 271.695	\$ 108.681.426

Como se puede evidenciar en la tabla 37, no es posible recuperar la inversión dentro de los 25 años de vida útil del proyecto.

10.2 CRITERIOS QUE DEFINEN LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

Para la definición de los criterios que avalan la viabilidad del proyecto, se sigue el mismo procedimiento realizado en el capítulo 8.2 del presente libro, obteniendo los siguientes resultados

Tabla 38. Criterios de viabilidad del sistema de seguimiento continuo

TASA DE RETORNO ESPERADA	20%
VALOR PRESENTE (VP)	\$ 108.681.426
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	-\$ 26.166.974
TASA INTERNA DE RETORNO	16,22%

11. INSENTIVOS POR LA INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES AL SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL COLOMBIANO

Con el objetivo de promover el uso y desarrollo de las energías renovables no convencionales, el gobierno nacional colombiano por medio de la ley 1725 de 2014 busca establecer el marco legal para el desarrollo de las energías renovables. Para esto, se creó una serie de incentivos que busca motivar a la población en general a apostarle a esta nueva forma de energía

El Artículo 11, plantea que aquellas personas que inviertan en las fuentes no convencionales de energía (FNCE), tendrán derecho en los próximos 5 años de realizada la inversión el descuento del cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión en su declaración de renta. Cabe aclarar que dicha reducción nunca podrá ser superior al 50% de la declaración total de renta.

El Artículo 12, plantea que todos aquellos equipos que sean usados para la inversión, producción y utilización de energía a partir de fuentes no convencionales serán exentos de IVA.

El Artículo 13, plantea que los equipos usados para la inversión, producción y utilización de proyectos energéticos de fuentes no convencionales y que sea necesaria su importación; es decir, que no se produzcan a nivel nacional, estos estarán exentos de aranceles.

El Artículo 14, plantea que la tasa anual de depreciación será no mayor al veinte por ciento (20%) para los equipos, maquinaria, obras que sean necesarias para la inversión y operación en la producción energética con fuentes no convencionales de energía.

12. CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema de generación solar fotovoltaico que satisface el requerimiento energético de 2294 Kwh/diario presente en la granja avícola. Se logra este resultado gracias a la implementación de 54 paneles solares fotovoltaicos de tipo monocristalinos de 395 watts cada uno, instalados paralelos al techo del lado sureste de uno de los galpones.

Se definió un sistema con configuración on grid debido a la disponibilidad de red eléctrica pública con la que cuenta la granja avícola.

Se definió una distribución de 4 bloques de paneles solares, tres de ellos conformados por dos grupos de 7 paneles conectados en serie y uno por dos grupos de 6 paneles en serie; por lo tanto, se implementaron cuatro inversores marca Solis de 5,8 Kw.

Se determino la viabilidad económica del proyecto teniendo como resultado una tasa interna de retorno de 25,04%, esto se obtiene con una inversión de \$90.507.400 con un periodo de retorno de 8 años y 7 meses.

Se estableció que un sistema con seguimiento continuo genera aproximadamente un 30% más de energía por metro cuadrado con respecto a un sistema fijo. Sin embargo, para este caso de estudio implicaría una inversión de \$134.848.400 produciendo una tasa interna de retorno de 16,22%.

Se determinó que, el proyecto con paneles solares fotovoltaicos paralelos al techo del lado sureste resulta viable presentando una tasa interna de retorno que supera la expectativa del 20% del inversionista; por lo tanto, el proyecto de inversión es aceptado. Por otro lado, el proyecto de seguimiento continuo se descarta automáticamente debido a que su tasa interna de retorno es inferior a la tasa de retorno espera; por lo tanto, no se recupera la inversión durante el tiempo de vida útil.

BIBLIOGRAFIA

AUTOSOLAR. Estructura cubierta metálica. [En línea]. (Recuperado en 15 de diciembre 2021). Disponible en: <https://autosolar.es/>

CONSEJO COLOMBIANO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. Modelo de energía descentralizada para Colombia. [En línea]. (Recuperado en 05 de enero 2021). Disponible en: <https://redbiocol.org>

COMISION DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS. Autogeneración a pequeña escala y generación. [En línea]. (Recuperado en 05 de enero 2021). Disponible en: <https://www.creg.gov.co>

ESSA. Autogeneración. [en línea]. (Recuperado en 11 de enero 2021). Disponible en: <https://www.essa.com.co>

FRONIUS PRIMO. Inversores. [en línea]. (Recuperado en 15 de diciembre 2021). Disponible en: <https://www.fronius.com/>

NASA. Power data access viewer. [en línea]. (Recuperado en 15 de diciembre). Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/>

R. HOWLL, John; B. BANNEROT, Richard y C. VLIET, Gary. Solar-thermal energy systems análisis and desing. Editorial McGraw Hill Book Company.

SOLARTEX. Inversores. [en línea]. (Recuperado en 15 de diciembre 2021). Disponible en: <https://www.solartex.co/>

SUNCOLOMBIA. Paneles solares. [en línea]. (Recuperado en 12 de diciembre 2021). Disponible en: <https://www.suncolombia.com/>

TECHNOSUN. Caja combinadora. [en línea]. (Recuperado en 18 de enero 2021). Disponible en: <https://b2b.technosun.com/>

ANEXOS

ANEXO A. CODIGOS PARA EL CALCULO DE ENERGIA DIARIA PROMEDIO

Estructura que mira al sur con variación de ángulo

paneles con estructura con variacion de angulo de inclinacion sobre el techo (mirando al sur)

$\phi = 6,92$ *latitud en el lugar de ubicacion de la granja*

$\text{decli} = 23,45 \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right]$ *declinacion, se calcula evaluando en el día apropiado del mes*

$n = 344$ *día apropiado para el calculo recomendado por el libro*

$H = 4,98$ *H es la radiacion global diaria promedio mensual terrestre sobre una superficie horizontal*

$K_t = \frac{H}{H_o}$ *Kt es el indice de claridad diario promedio mensual*

$H_o = \frac{24}{\pi} \cdot 1,353 \cdot \left[1 + 0,034 \cdot \cos \left(360 \cdot \frac{n}{365} \right) \right] \cdot \left[\cos(\phi) \cdot \cos(\text{decli}) \cdot \sin(wss) + \pi \cdot \frac{wss}{180} \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\text{decli}) \right]$

H_o es la radiacion diaria promedio mensual extraterrestre sobre una superficie horizontal, se calcula evaluando en

$wss = \arccos \left[-\tan(\phi) \cdot \tan(\text{decli}) \right]$ *wss es el angulo horario del amanecer*

$wss_{prima} = \arccos \left[-\tan(\phi) \cdot \tan(\text{decli}) \right]$ *wssprima es el angulo horario efectivo superficial del amanecer para una superficie que mira hacia el sur, esta ecuacion se utiliza cuando decli y lat tienen signos opuestos*

$\frac{H_d}{H} = 1 - 1,13 \cdot K_t$ *H_d es la radiacion difusa diaria promedio mensual en una superficie horizontal, esta ecuacion es una correlacion desarrollada por investigadores entre K_t y H_d*

$H_b = H - H_d$ *H_b es la radiacion directa diaria promedio mensual sobre una superficie horizontal*

$q_s = H_b \cdot R_b + H_d \cdot R_d + H \cdot \rho \cdot R_r$ *q_s es la energia diaria promedio mensual que recibe la placa solar inclinada*

$R_b = \frac{\cos[\phi - \beta] \cdot \cos[\text{decli}] \cdot \sin[wss_{prima}] + \frac{\pi \cdot wss_{prima}}{180} \cdot \sin[\phi - \beta] \cdot \sin[\text{decli}]}{\cos[\phi] \cdot \cos[\text{decli}] \cdot \sin[wss] + \frac{\pi \cdot wss}{180} \cdot \sin[\phi] \cdot \sin[\text{decli}]}$

$R_d = \cos^2 \left[\frac{\beta}{2} \right]$ *R_d es el factor de configuracion radiante de la superficie inclinada con el cielo, representa la fraccion de la radiacion difusa que golpea en la superficie*

$$R_r = \sin^2 \left[\frac{\beta}{2} \right] \quad R_r \text{ es el factor de configuracion de radiacion de la superficie inclinada con la tierra y sus alrededores}$$

$\rho = 0,1$ rho es la reflectividad difusa efectiva de la superficie, es un valor que esta relacionado con el material

Estructura paralela al techo

PANELES PARALELOS ALTECHO

PRIMERO SE DEBE ENCONTRAR LA HORA A LA QUE AMANECE EN EL DIA REPRESENTATIVO DEL MES RECOMENDADO POR EL LIBRO

$\phi = 6,92$ latitud en el lugar de ubicacion de la granja

$$\text{decli} = 23,45 \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right] \quad \text{declinacion, se calcula evaluando en el dia apropiado del mes}$$

$n = 344$ dia apropiado para el calculo recomendado por el libro

$$\text{wss} = \arccos \left[-\tan(\phi) \cdot \tan(\text{decli}) \right] \quad \text{wss es el angulo horario del amanecer}$$

EL RESULTADO ES 87,04° PARA EL MES DE DICIEMBRE

ENTONCES SE NECESITA CALCULAR LOS VALORES DE COS(THETA) Y SIN(ALPHA_s) DURANTE EL DIA REPRESENTATIVO PARA LUEGO CALCULAR LOS PROMEDIOS

EL CALCULO SE HACE EN UNA TABLA PARAMETRICA DANDO VALORES A W DESDE LA HORA DEL AMANECER QUE YA SE CALCULO HASTA LA HORA DEL ANOCHECER

EN ESTE CASO ES NECESARIO CONOCER LOS VALORES DE BETA EL CUAL ES LA INCLINACION DEL TECHO Y AZIMMUT DE PANEL

$\phi = 6,92$ latitud en el lugar de ubicacion de la granja

$$\text{decli} = 23,45 \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right] \quad \text{declinacion, se calcula evaluando en el dia apropiado del mes}$$

$n = 344$ dia apropiado para el calculo recomendado por el libro

$\beta = 9,46$ angulo de inclinacion del techo

azimutpanel = - 50 direccion en la que mira una de las aguas del techo

$$\begin{aligned} \cos[\theta] = & \sin[\text{decli}] \cdot [\sin(\phi) \cdot \cos(\beta) - \cos(\phi) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\text{azimutpanel})] + \cos[\text{decli}] \cdot \cos[w] \\ & \cdot [\cos(\phi) \cdot \cos(\beta) + \sin(\phi) \cdot \sin(\beta) \cdot \cos(\text{azimutpanel})] + \cos[\text{decli}] \cdot \sin[\beta] \cdot \sin[\text{azimutpanel}] \\ & \cdot \sin[w] \end{aligned}$$

$$\sin[\alpha_s] = \sin[\phi] \cdot \sin[\text{decli}] + \cos[\phi] \cdot \cos[\text{decli}] \cdot \cos[w]$$

$$A = \cos[\theta]$$

$$B = \sin[\alpha_s]$$

UNA VEZ SE TIENEN LOS DATOS DE $\cos(\theta)$ Y $\sin(\alpha_s)$ DURANTE EL DIA REPRESENTATIVO SE CALCULA EL PROMEDIO POR MEDIO DE EXCEL

TENIENDO LOS VALORES PROMEDIOS SE PUEDE SEGUIR EL PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL EXPLICADO EN EL LIBRO PARA EL CALCULO DE q_s

$$\cos_{\theta_{\text{prom}}} = 0,5491$$

$$\sin_{\alpha_{\text{prom}}} = 0,5078$$

$$\phi = 6,92 \text{ latitud en el lugar de ubicacion de la granja}$$

$$\text{decli} = 23,45 \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right] \text{ declinacion, se calcula evaluando en el dia apropiado del mes}$$

$$n = 344 \text{ dia apropiado para el calculo recomendado por el libro}$$

$$H = 4,98 \text{ H es la radiacion global diaria promedio mensual terrestre sobre una superficie horizontal}$$

$$K_t = \frac{H}{H_o} \text{ Kt es el indice de claridad diario promedio mensual}$$

$$H_o = \frac{24}{\pi} \cdot 1,353 \cdot \left[1 + 0,034 \cdot \cos \left(360 \cdot \frac{n}{365} \right) \right] \cdot \left[\cos(\phi) \cdot \cos(\text{decli}) \cdot \sin(wss) + \pi \cdot \frac{wss}{180} \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\text{decli}) \right]$$

H_o es la radiacion diaria promedio mensual extraterrestre sobre una superficie horizontal, se calcula evaluando en

$$wss = \arccos \left[-\tan(\phi) \cdot \tan(\text{decli}) \right] \text{ wss es el angulo horario del amanecer}$$

$$\frac{H_d}{H} = 1 - 1,13 \cdot K_t \text{ H_d es la radiacion difusa diaria promedio mensual en una superficie horizontal, esta ecuacion es una correlacion desarrollada por investigadores entre Kt y H_d}$$

$$H_b = H - H_d \text{ H_b es la radiacion directa diaria promedio mensual sobre una superficie horizontal}$$

$$q_s = H_b \cdot R_b + H_d \cdot R_d + H \cdot \rho \cdot R_r \text{ q_s es la energia diaria promedio mensual que recibe la placa solar inclinada}$$

$$R_b = \frac{\cos_{\theta_{\text{prom}}}}{\sin_{\alpha_{\text{prom}}}}$$

$$R_d = \cos^2 \left[\frac{\beta}{2} \right] \text{ R_d es el factor de configuracion radiante de la superficie inclinada con el cielo, representa la fraccion de la radiacion difusa que golpea en la superficie}$$

$$R_r = \sin^2 \left[\frac{\beta}{2} \right] \text{ R_r es el factor de configuracion de radiacion de la superficie inclinada con la tierra y sus alrededores}$$

$$\rho = 0,1 \text{ rho es la reflectividad difusa efectiva de la superficie, es un valor que esta relacionado con el material}$$

$$\beta = 9,46 \text{ angulo de inclinacion del techo}$$

Seguimiento continuo

PRIMERO SE DEBE ENCONTRAR LA HORA A LA QUE AMANECE EN EL DIA REPRESENTATIVO DEL MES RECOMENDADO POR EL LIBRO

$$\phi = 6,92 \quad \text{latitud en el lugar de ubicacion de la granja}$$

$$\text{decli} = 23,45 \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right] \quad \text{declinacion, se calcula evaluando en el dia apropiado del mes}$$

$$n = 344 \quad \text{dia apropiado para el calculo recomendado por el libro}$$

$$\text{wss} = \arccos \left[-\tan(\phi) \cdot \tan(\text{decli}) \right] \quad \text{wss es el angulo horario del amanecer}$$

EL RESULTADO ES 87,04° PARA EL MES DE DICIEMBRE

ENTONCES SE NECESITA CALCULAR LOS VALORES DE COS(THETA) Y SIN(ALPHA_s) DURANTE EL DIA REPRESENTATIVO PARA LUEGO CALCULAR LOS PROMEDIOS

EL CALCULO SE HACE EN UNA TABLA PARAMETRICA DANDO VALORES A W DESDE LA HORA DEL AMANECER QUE YA SE CALCULO HASTA LA HORA DEL ANOCHECER

EN ESTE CASO ES NECESARIO EL VALOR DE BETA SE DEFINE A TRAVES DE RELACIONES QUE DEFINEN EL SEGUIMIENTO CONTINUO DEL SOL

$$\phi = 6,92 \quad \text{latitud en el lugar de ubicacion de la granja}$$

$$\text{decli} = 23,45 \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right] \quad \text{declinacion, se calcula evaluando en el dia apropiado del mes}$$

$$n = 344 \quad \text{dia apropiado para el calculo recomendado por el libro}$$

$$\beta = \theta_z \quad \text{angulo de inclinacion del techo}$$

$$\cos[\theta_z] = \sin[\alpha_s]$$

$$\theta = 0$$

$$\sin[\alpha_s] = \sin[\phi] \cdot \sin[\text{decli}] + \cos[\phi] \cdot \cos[\text{decli}] \cdot \cos[w]$$

$$A = \cos[\theta]$$

$$B = \sin[\alpha_s]$$

UNA VEZ SE TIENEN LOS DATOS DE COS(THETA) Y SIN(ALPHA_s) DURANTE EL DIA REPRESENTATIVO SE CALCULA EL PROMEDIO POR MEDIO DE EXCEL

TENIENDO LOS VALORES PROMEDIOS SE PUEDE SEGUIR EL PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL EXPLICADO EN EL LIBRO PARA EL CALCULO DE q_s, EN ESTE CASO SE HACE NECESARIO TRABAJAR CON UN VALOR DE BETA PROMEDIO

$$\cos_{\text{thetaprom}} = 1$$

$$\sin_{\text{apilhasprom}} = 0,5078$$

$\phi = 6,92$ *latitud en el lugar de ubicacion de la granja*

$\text{decli} = 23,45 \cdot \sin \left[360 \cdot \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right]$ *declinacion, se calcula evaluando en el dia apropiado del mes*

$n = 344$ *dia apropiado para el calculo recomendado por el libro*

$H = 4,98$ *H es la radiacion global diaria promedio mensual terrestre sobre una superficie horizontal*

$K_t = \frac{H}{H_o}$ *Kt es el indice de claridad diario promedio mensual*

$H_o = \frac{24}{\pi} \cdot 1,353 \cdot \left[1 + 0,034 \cdot \cos \left(360 \cdot \frac{n}{365} \right) \right] \cdot \left[\cos(\phi) \cdot \cos(\text{decli}) \cdot \sin(wss) + \pi \cdot \frac{wss}{180} \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\text{decli}) \right]$

Ho es la radiacion diaria promedio mensual extraterrestre sobre una superficie horizontal, se calcula evaluando en

$wss = \arccos \left[-\tan(\phi) \cdot \tan(\text{decli}) \right]$ *wss es el angulo horario del amanecer*

$\frac{H_d}{H} = 1 - 1,13 \cdot K_t$ *Hd es la radiacion difusa diaria promedio mensual en una superficie horizontal, esta ecuacion es una correlacion desarrollada por investigadores entre Kt y Hd*

$H_b = H - H_d$ *Hb es la radiacion directa diaria promedio mensual sobre una superficie horizontal*

$q_s = H_b \cdot R_b + H_d \cdot R_d + H \cdot \rho \cdot R_r$ *qs es la energia diaria promedio mensual que recibe la placa solar inclinada*

$R_b = \frac{\cos \theta_{\text{prom}}}{\sin \alpha_{\text{prom}}}$

$R_d = \cos^2 \left[\frac{\beta}{2} \right]$ *Rd es el factor de configuracion radiante de la superficie inclinada con el cielo, representa la fraccion de la radiacion difusa que golpea en la superficie*


$R_r = \sin^2 \left[\frac{\beta}{2} \right]$ *Rr es el factor de configuracion de radiacion de la superficie inclinada con la tierra y sus alrededores*

$\rho = 0,1$ *rho es la reflectividad difusa efectiva de la superficie, es un valor que esta relacionado con el material*

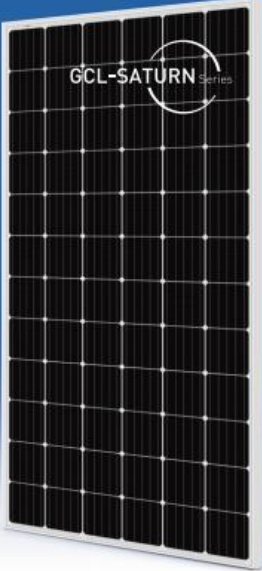
$\beta = 57,3$

ANEXO B. HOJA DE DATOS DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

GCL-1



GCL-M6/72H Monocrystalline Module 365-400W




400W
Maximum Power Output


20.6%
Maximum Module Efficiency

0~+5W
Power Output Guarantee


Cell Type




5BB




Ideal choice for large scale ground installation




High conversion efficiency due to top quality wafers and advanced cell technology




Selected encapsulating material and stringent production process control ensure the product is highly PID resistant and snail trails free



Optimized system performance due to module level current sorting



Special cell process ensures great performance under low irradiance conditions

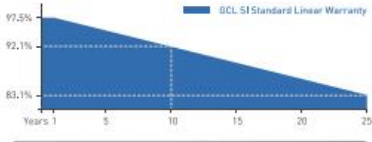


Highly transparent self-cleaning glass brings additional yield and easy maintenance

GCL Delivers Reliable Performance Over Time

- World-class manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Fully automatic facility and world-class technology
- Rigorous quality control to meet the highest standard: ISO9001:2015, ISO14001: 2015 and OHSAS: 18001 2007
- Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing test: IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2- 68)
- Long term reliability tests
- 2×100% EL inspection ensuring defect-free modules






Linear Performance Warranty



10 Years Product Warranty | 25 Years Linear Power Warranty

* Please refer to GCL standard warranty for details.

Additional Insurance Backed by Swiss RE

* Please refer to GCL for details.

GCL-M6/72H

Monocrystalline Module 365-400W

Electrical Specification (STC*)

Maximum Power	P _{max} (W)	365	370	375	380	385	390	395	400
Maximum Power Voltage	V _{mp} (V)	39,20	39,40	39,60	39,80	39,98	40,17	40,35	40,53
Maximum Power Current	I _{mp} (A)	9,31	9,39	9,47	9,55	9,63	9,71	9,79	9,87
Open Circuit Voltage	V _{oc} (V)	47,60	47,80	48,00	48,20	48,40	48,60	48,80	49,00
Short Circuit Current	I _{sc} (A)	9,89	9,97	10,05	10,13	10,21	10,29	10,37	10,45
Module Efficiency	(%)	18,8	19,1	19,3	19,6	19,8	20,1	20,4	20,6
Power Output Tolerance	(W)	0--5							

* Irradiance 1000W/m², Module Temperature 25°C, Air Mass 1.5

Electrical Specification (NOCT*)

Maximum Power	P _{max} (W)	270,75	274,43	278,50	282,22	285,98	288,97	292,76	296,58
Maximum Power Voltage	V _{mp} (V)	36,10	36,30	36,50	36,70	36,90	37,00	37,20	37,40
Maximum Power Current	I _{mp} (A)	7,50	7,56	7,63	7,69	7,75	7,81	7,87	7,93
Open Circuit Voltage	V _{oc} (V)	44,20	44,30	44,90	44,70	44,90	45,10	45,30	45,50
Short Circuit Current	I _{sc} (A)	8,00	8,06	8,12	8,19	8,25	8,32	8,39	8,46

* Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s

Mechanical Data

Number of Cells	72 Cells (6x12)
Dimensions of Module L*W*H [mm]	1956*992*35mm (77*39,85*1,38 inches)
Weight [kg]	22,2 kg
Glass	High transparency solar glass 3,2mm (0,13 inches)
Backsheet	White
Frame	Silver, anodized aluminium alloy
J-Box	IP68 Rated
Cable	4,0mm ² (0,006 inches ²), 1,200mm (47,24 inches)
Number of diodes	3
Wind/ Snow Load	2400Pa/ 5400Pa*
Connector	MC Compatible

* For more details please check the installation manual of GCLSI

Temperature Ratings

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	+0,06%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0,30%/°C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0,39%/°C

Packaging Configuration

Module per box	30 pieces
Module per 40' container	720 pieces

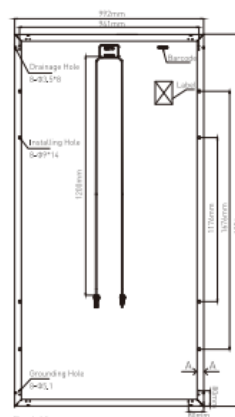
Maximum Ratings

Operational Temperature	-40--85°C
Maximum System Voltage	1500V DC
Max Series Fuse Rating	20A

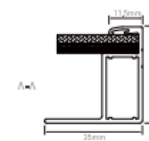
Optional

Connector: Original MC4

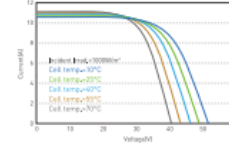
Module Dimension



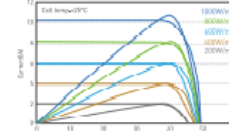
Back View



I-V Curve at Different Temperature (400W)



I-V/P-Y Curve at Different Irradiation (400W)



CAUTION: READ INSTALLATION MANUAL BEFORE USING THE PRODUCT



Contact Us for More Information

website: www.gclsi.com email: gclsi@clax@gclsi.com



AGOTADO Panel Solar-GCL-GCL M6/72H-MONO CRYSTALLINE MODULE **385W**
\$535,663

[VER FICHA TÉCNICA](#)

AGOTADO

Envío y Devolución

Categoría: Paneles Solares



www.jinkosolar.com



JKM275PP-60

260-270 Vatios

MÓDULO POLICRISTALINO

Tolerancia positiva 0/+3%

Fábrica con certificación ISO9001:2008,
ISO14001:2004, OHSAS18001

Productos con certificación IEC61215, IEC61730

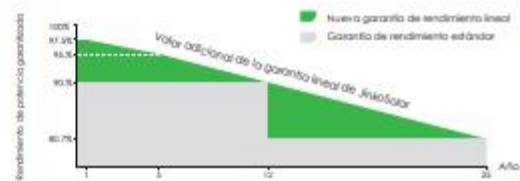


Principales características

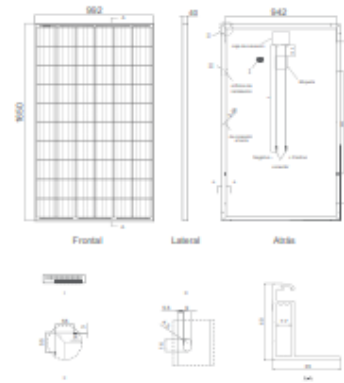
- Célula solar 4 bus bar:**
 La célula solar 4 bus bar adopta una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de los módulos, ofrece un mejor aspecto estético, lo que es perfecto para su instalación en los tejados.
- Potencia Elevada:**
 Los módulos de 60 células policristalinas alcanzan potencias de hasta 275Wp.
- Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):**
 Se garantiza una degradación limitada de la potencia del módulo Eagle causada por la Degradación Potencial Inducida (PID por sus siglas en inglés) bajo condiciones de 60°C/85% de humedad relativa para la producción en masa.
- Rendimiento con baja irradiación lumínica:**
 El avanzado cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.
- Resistencia en condiciones climatológicas adversas:**
 Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (5.400 Pascal).
- Resistencia en condiciones ambientales extremas:**
 Alta resistencia a la brisa marina y al amoníaco, certificado por TÜV NORD.
- Coefficiente de Temperatura:**
 El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía de producto + 25 Años de garantía de potencia lineal



Dibujos técnicos

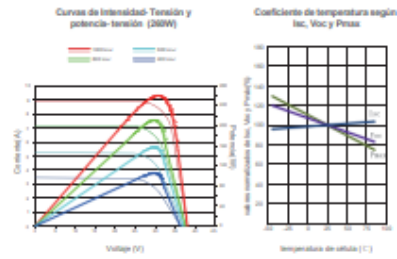


Embalaje

(Dos cajas = un panel)

25 pzs./caja, 50 pzs./caja, 700 pzs./40 HQ contenedores

Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



Características mecánicas

Tipo de célula	Policristalina	156x156mm (6 pulgadas)
Nº de células	60 (6x10)	
Dimensiones	1650x992x40mm (65,00x39,05x1,57 pulgadas)	
Peso	19,0kg (41,9 libras)	
Vidrio frontal	3,2 mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado	
Estructura	Aleación de aluminio anodizado	
Caja de conexión	Clase IP67	
Cables de salida	TUV 1x4,0 mm², longitud 900 mm	

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	JKM250PP		JKM265PP		JKM270PP		JKM275PP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmáx)	250Wp	194Wp	265Wp	198Wp	270Wp	202Wp	275Wp	205Wp
Tensión en el punto Pmáx-VMPP (V)	31.1V	28.3V	31.4V	28.7V	31.7V	29.0V	32.0V	29.3V
Corriente en el punto Pmáx-IMPP (A)	8.37A	6.84A	8.44A	6.91A	8.52A	6.97A	8.61A	7.00A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	38.1V	35.1V	38.6V	35.3V	38.8V	35.6V	39.1V	35.9V
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	8.98A	7.26A	9.03A	7.31A	9.09A	7.35A	9.15A	7.37A
Eficiencia del módulo (%)	15.89%		16.19%		16.50%		16.80%	
Temperatura de funcionamiento (°C)					-40°C~+85°C			
Tensión máxima del sistema					1000VDC (IEC)			
VALORES máximos recomendados de los fusibles					15A			
Tolerancia de potencia nominal (%)					0~+3%			
Coefficiente de temperatura de PMAx					-0.40%/°C			
Coefficiente de temperatura de VOC					-0.30%/°C			
Coefficiente de temperatura de ISC					0.06%/°C			
TEMPERATURA operacional nominal de célula					45±2°C			

STC: ☀️ Radiación 1000 W/m² 🏠 Célula módulo 25°C ☁️ AM=1.5

NOCT: ☀️ Radiación 800 W/m² 🏠 Ambiente módulo 20°C ☁️ AM=1.5 🌀 Velocidad del viento



Panel Solar-JINKO-JKM275PP-60 260-270 Vatios MÓDULO POLICRISTALINO

\$462,000

[VER FICHA TÉCNICA >](#)

1 disponibles

[AÑADIR AL CARRITO](#)

Envío y Devolución

Categoría: Paneles Solares

Etiquetas: Soluciones Energéticas, Tecnología Fotovoltaica

JINKO-2

www.jinkosolar.com



Cheetah HC 72M-V

380-400 vatios

MÓDULO MONO PERC

Tolerancia de alimentación positiva del 0→+3%

- Semicélula
- Mono PERC 72 células

PERC



CARACTERÍSTICAS CLAVE

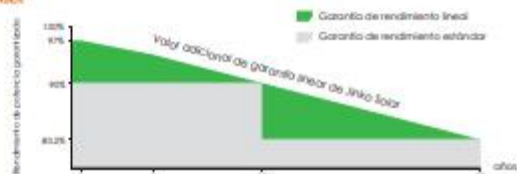
- Celda solar 5 Busbar**
 La celda solar 5 busbar adopta tecnología nueva para mejorar la eficiencia de los módulos y posee un mejor aspecto estético, convirtiéndose en una opción perfecta para instalaciones en techos.
- Alta eficiencia**
 Mayor eficiencia de conversión de módulos (hasta un 19.88 %) como resultado de la estructura de semicélulas (característica de baja resistencia).
- Voltaje del sistema**
 Se aumenta el voltaje máximo a 1500 V y las cuerdas del módulo se extienden un 50%, lo que reduce el BOS total del sistema.
- Resistencia a PID**
 Excelente rendimiento anti PID, garantía de degradación de energía limitada para la producción máxima.
- Rendimiento con poca luz:**
 La textura avanzada de la superficie y del vidrio permite alcanzar un excelente rendimiento en ambientes con poca luz.
- Resistencia a condiciones climáticas adversas**
 Certificado para soportar carga de viento (2400 pascales) y carga de nieve (5400 pascales).
- Durabilidad contra condiciones ambientales extremas**
 Alta resistencia contra niebla salina y amoníaco con la certificación de TÜV NORD.

GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

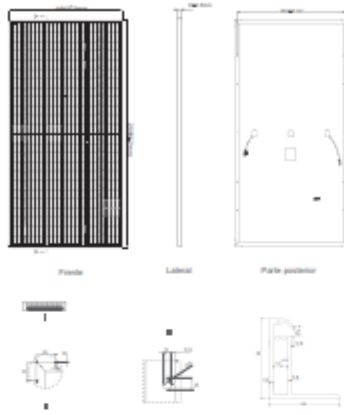
Garantía del producto de 10 años • Garantía de potencia lineal de 25 años



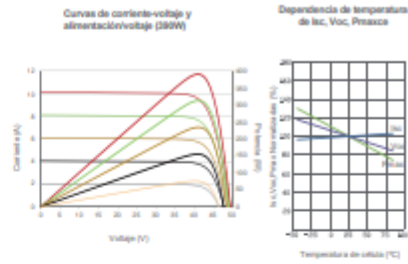
Certificación de fábrica ISO9001:2008,
 ISO14001:2004, OHSAS18001.
 Producto con certificación IEC61730, IEC61215



Planos de ingeniería



Rendimiento eléctrico y dependencia de temperatura



Configuración del embalaje

(Dos pallets = Una pila)
 26 piezas/pallet , 52 piezas/pila, 572 piezas/contenedor de HQ de 40'

Características mecánicas

Tipo de célula	PERC Monocristalina 158.75x158.75mm
Cont. de células	144 (6x24)
Dimensiones	2008x1002x40mm (79.06x39.45x1.57 inch)
Peso	22.5 kg (49.6 lb)
Vidrio frontal	3.2 mm, capa antirreflejante, transmisión alta, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones	Clasificación IP67
Cables de salida	TUV 2x4.0mm ² , (+) 290 mm, (-) 345 mm o longitud personalizada

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	JKM080M-72H-V		JKM385M-72H-V		JKM390M-72H-V		JKM395M-72H-V		JKM400M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Alimentación máxima (Pmax)	380Wp	286Wp	385Wp	290Wp	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp
Voltaje de alimentación máximo (Vmp)	40.5V	38.6V	40.8V	38.8V	41.1V	39.1V	41.4V	39.2V	41.7V	39.6V
Voltaje de alimentación máximo (Imp)	9.38A	7.42A	9.44A	7.48A	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A
Voltaje con circuito abierto (Voc)	48.9V	47.5V	49.1V	47.7V	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9.75A	7.88A	9.92A	7.95A	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A
STC de eficiencia del módulo (%)	18.89%		19.14%		19.38%		19.63%		19.88%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C → +85°C									
Voltaje máximo del sistema	1500VDC (IEC)									
Clasificación de fusibles serie máxima	20A									
Tolerancia de alimentación	0 → +3%									
Coefficientes de temperatura de Pmax	-0.36%/°C									
Coefficientes de temperatura de Voc	-0.28%/°C									
Coefficientes de temperatura de Isc	0.048%/°C									
Temperatura nominal de funcionamiento de la célula (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀ Irradiancia 1000W/m² 🌡 Temperatura de la célula 25 °C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiancia 800W/m² 🌡 Temperatura ambiente 20 °C ☁ AM=1.5 🌬 Velocidad del viento 1



Panel Solar-JINKO-JKM275PP-60 260-270 Vatios MÓDULO POLICRISTALINO

\$462,000

[VER FICHA TÉCNICA](#)

1 disponibles

[AÑADIR AL CARRITO](#)

Envío y Devolución

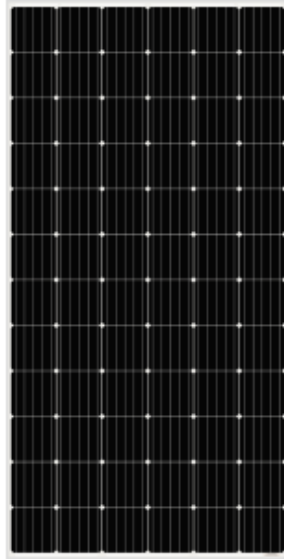
Categoría: Paneles Solares

Etiquetas: Soluciones Energéticas, Tecnología Fotovoltaica



AS-6M-PERC

MÓDULO MONOCRISTALINO - 72 CELDAS



RENDIMIENTO AVANZADO & VENTAJAS COMPROBADAS

- Módulo monocristalino tecnología PERC de alta eficiencia de conversión hasta 19.84%, mediante celdas de cinco busbar
- Baja degradación y excelente rendimiento en condiciones de alta temperatura y poca luz.
- El robusto marco de aluminio garantiza que los módulos soporten cargas de viento de hasta 3600 Pa y cargas de nieve de hasta 5400 Pa.
- Alta confiabilidad contra condiciones ambientales extremas (pasando pruebas de salinidad, amoníaco y granizo).
- Resistencia a la degradación por potencial inducido (PID)
- Tolerancia de potencia positiva de 0 ~ +3 %.

CERTIFICACIONES

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC 62716, IEC 61701, IEC TS 62804, CE, CQC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), KS(South Korea), BIS(India), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2015: Quality management system
- ISO14001:2015: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

GARANTÍA ESPECIAL

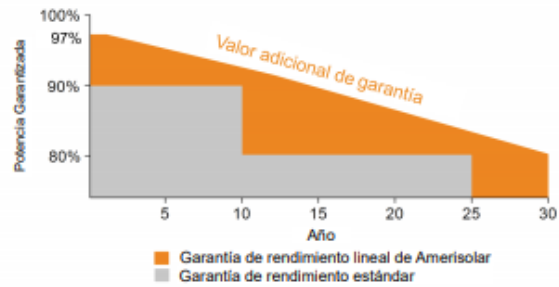
- 20 años de garantía limitada del producto.
- Garantía limitada de potencia lineal: 12 años 91.2% de la potencia nominal de salida, 30 años 80.6% de la potencia nominal de salida.

Apasionados

Por ofrecer una

Solución Energética

Innovadora



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN TEC						
Potencia Máxima (P _{max})	360W	365W	370W	375W	380W	385W
Voltaje de Circuito Abierto (V _{oc})	47.6V	47.8V	48.0V	48.2V	48.4V	48.6V
Corriente de Corto Circuito (I _{sc})	9.71A	9.78A	9.85A	9.92A	9.99A	10.06A
Voltaje a Potencia Máxima (V _{mp})	39.0V	39.2V	39.4V	39.6V	39.8V	40.0V
Corriente a potencia Máxima (I _{mp})	9.24A	9.32A	9.40A	9.47A	9.55A	9.63A
Eficiencia del Módulo, (%)	18.55	18.81	19.07	19.33	19.58	19.84
Temperatura de Funcionamiento	-40°C to +85°C					
Voltaje Máximo del Sistema	1000V DC/1500V DC					
Clasificación de Resistencia al Fuego	Tipo 1(De acuerdo con UL1703)Clase C(IEC61730)					
Máxima Clasificación de Fusibles de la Serie	15A					

TEC: Irradiancia 1000W/m², Temperatura de las celdas 25°C, AM1.5

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN TNOC						
Potencia Máxima (P _{max})	288W	272W	276W	279W	283W	287W
Voltaje de Circuito Abierto (V _{oc})	44.1V	44.3V	44.5V	44.7V	44.9V	45.1V
Corriente de Corto Circuito (I _{sc})	7.87A	7.92A	7.98A	8.04A	8.09A	8.15A
Voltaje a Potencia Máxima (V _{mp})	35.0V	36.1V	36.3V	36.5V	36.7V	36.9V
Corriente a Potencia Máxima (I _{mp})	7.47A	7.54A	7.61A	7.65A	7.72A	7.78A

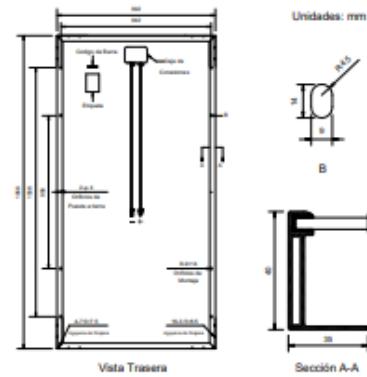
TNOC: Irradiancia 800W/m², Temperatura Ambiente 20°C, Velocidad del viento 1 m/s

CARACTERÍSTICAS MECANICAS	
Tipo de Célula	Monocristalino de 6 pulgadas
Numero de Celdas	72 (6x12)
Dimensiones del Módulo	1956x992x40mm (77.01x39.06x1.57pulg)
Peso	21kg (46.3lbs)
Cubierta Frontal	3.2mm (0.12pulg) vidrio templado con recubrimiento AR
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de Conexiones	IP67, 3 diodos
Cable	4mm ² (0.006pulg ²), 1000mm (39.37pulg)
Conector	MC4 o compatible con MC4

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA	
Temperatura Nominal de Operación de Célula (TNOC)	45°C±2°C
Coefficientes de temperatura de P _{max}	-0.38%/°C
Coefficientes de temperatura de V _{oc}	-0.29%/°C
Coefficientes de temperatura de I _{sc}	0.052%/°C

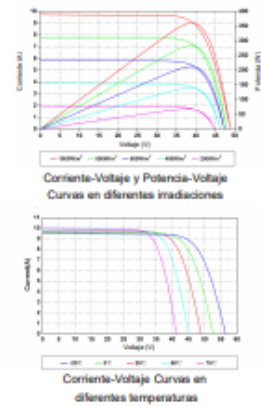
EMBALAJE	
Embalaje Estándar	26 und/pallet
Cantidad de módulos por contenedor de 20'	260 Und
Cantidad de módulos por contenedor de 40'	624und(GP/694Und)(H2)

PLANOS DE INGENIERIA

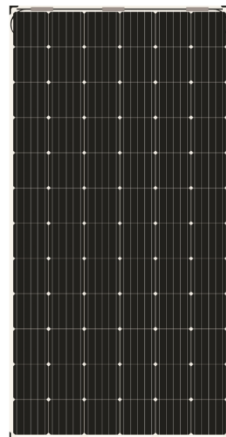


Las especificaciones en esta hoja de datos están sujetas a cambios sin previo aviso

IV CURVAS



Amerisolar y el Logotipo de Amerisolar denotan con ® que son marcas registradas de Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.



Panel fotovoltaico Mono Perc AS-6M-PERC

\$533.610

Módulo fotovoltaico monocristalino AMERISOLAR USA Co. TECNOLOGÍA "PERC" MÁXIMO RENDIMIENTO - 72 Celdas potencia 360W - "grade A" Garantía 20 años sobre los defectos del producto y 30 años en rendimiento (CERTIFICADO PERTE)

Descargar ficha técnica

- 1 + [AGREGAR AL CARRITO](#)

Categoría: PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS - AMERISOLAR

f v in



Distribuidor Oficial para Colombia

AS-6P

MÓDULO POLICRISTALINO - 72 CELDAS

RENDIMIENTO AVANZADO & VENTAJAS COMPROBADAS



- Módulo de alta eficiencia de conversión hasta 17.78% mediante el uso de células solares de alta eficiencia y tecnología de fabricación avanzada.
- Baja degradación y excelente rendimiento en condiciones de alta temperatura y poca luz.
- El robusto marco de aluminio garantiza que los módulos soporten cargas de viento de hasta 2400 Pa y cargas de nieve de hasta 5400 Pa.
- Alta confiabilidad contra condiciones ambientales extremas (pasando pruebas de salinidad, amoníaco y granizo).
- Resistencia a la degradación inducida (PID)
- Tolerancia de potencia positiva de 0 - +3 %.

CERTIFICACIONES

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, CE, CQC, OGC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), Kemco(South Korea), KS(South Korea), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Sistema de manejo de calidad
- ISO14001:2004: Sistema de Gestion Ambiental
- OHSAS18001:2007: Sistema de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo

Apasionados

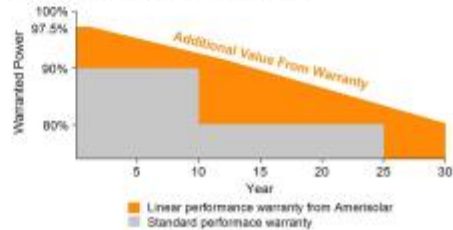
Por ofrecer una

Solución Energética

Innovadora

GARANTÍA ESPECIAL

- 20 años de garantía limitada del producto.
- Garantía limitada de potencia lineal: 12 años 91.2% de la potencia nominal de salida, 30 años 80.6% de la potencia nominal de salida.



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN TEC

Potencia Máxima (P _{max})	300W	305W	310W	315W	320W	325W	330W	335W	340W
Voltaje de Circuito Abierto (V _{OC})	45.3V	45.4V	45.5V	45.6V	45.7V	45.8V	45.9V	46.0V	46.1V
Corriente de Corto Circuito (I _{SC})	8.68A	8.76A	8.85A	8.93A	9.04A	9.15A	9.26A	9.38A	9.50A
Voltaje a Potencia Máxima (V _{mp})	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V
Corriente a Potencia Máxima (I _{mp})	8.18A	8.29A	8.41A	8.52A	8.63A	8.74A	8.85A	8.96A	9.07A
Eficiencia del Módulo (%)	15.46	15.72	15.98	16.23	16.49	16.75	17.01	17.26	17.52
Temperatura de Funcionamiento	-40°C to +85°C								
Voltaje Máximo del Sistema	1000V DC								
Clasificación de Resistencia al Fuego	Tipo 1 (De acuerdo con UL1703) Clase C (IEC61730)								
Máxima Clasificación de Fusibles de la Serie	15A								

TEC: Irradiancia 1000W/m², Temperatura de las celdas 25°C, AM1.5

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS EN TNOC

Potencia Máxima (P _{max})	221W	224W	228W	232W	236W	239W	243W	247W	251W
Voltaje de Circuito Abierto (V _{OC})	41.7V	41.6V	41.9V	42.0V	42.1V	42.2V	42.3V	42.4V	42.5V
Corriente de Corto Circuito (I _{SC})	7.03A	7.10A	7.17A	7.23A	7.32A	7.41A	7.50A	7.60A	7.70A
Voltaje a Potencia Máxima (V _{mp})	33.4V	33.5V	33.6V	33.7V	33.8V	33.9V	34.0V	34.1V	34.2V
Corriente a Potencia Máxima (I _{mp})	6.62A	6.69A	6.76A	6.86A	6.96A	7.05A	7.15A	7.25A	7.34A

TNOC: Irradiancia 800W/m², Temperatura Ambiente 20°C, Velocidad del viento 1 m/s

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tipo de Célula	Policristalino 5BB 150x156mm (6x6) pulg
Numero de Celdas	72 (6x12)
Dimensiones del Módulo	1956x992x40mm (77.01x39.06x1.57) pulg
Peso	22.5kg (49.6lbs)
Cubierta Frontal	3.2mm (0.13) pulg, vidrio templado con revestimiento AR
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de Conexión	IP67, 3 diodos
Cable	4mm ² (0.006) pulg ² , 1000mm (39.37) pulg
Conector	MC4 o compatible con MC4

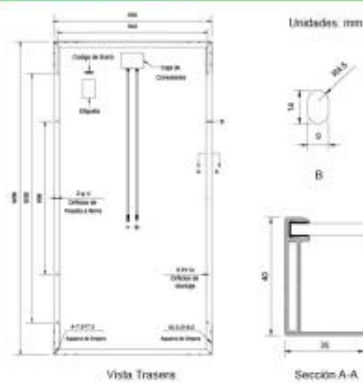
CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA

Temperatura Nominal de Operación de Celda (TNOC)	45°C±2°C
Coefficientes de temperatura de P _{max}	-0.41%/°C
Coefficientes de temperatura de V _{OC}	-0.31%/°C
Coefficientes de temperatura de I _{SC}	0.05%/°C

EMBALAJE

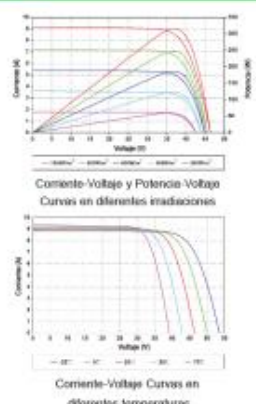
Embalaje Estándar	26 und/pallet
Cantidad de módulos por contenedor de 20'	260 Und
Cantidad de módulos por contenedor de 40'	572 und (27*10 und/20')

PLANOS DE INGENIERIA



Las especificaciones en esta hoja de datos están sujetas a cambios sin previo aviso

IV CURVAS



PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO AS-6P-340W

\$440.640

Módulo fotovoltaico policristalino AMERISOLAR USA Co. - 72 Cells potencia 340WP *5 Bus Bar** *grade A* ALTO RENDIMIENTO - Tolerancia positiva de 0/+3%. Garantía de 20 años sobre los defectos del producto y 30 años de rendimiento - (CERTIFICADO RETIE).

Descargar ficha técnica

- 1 + **AÑADIR AL CARRITO**

Categoría: PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS - AMERISOLAR

Etiquetas: modulo, panel, solar

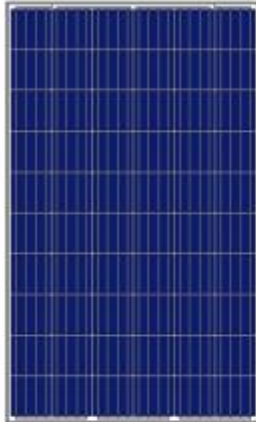




Distribuidor Oficial para Colombia

AS-6P 30

MÓDULO POLICRISTALINO - 60 CELDAS



RENDIMIENTO AVANZADO & VENTAJAS COMPROBADAS

- Módulo de alta eficiencia de conversión hasta 17.52% mediante el uso de células solares de alta eficiencia y tecnología de fabricación avanzada.
- Baja degradación y excelente rendimiento en condiciones de alta temperatura y poca luz.
- El robusto marco de aluminio garantiza que los módulos soporten cargas de viento de hasta 2400 Pa y cargas de nieve de hasta 5400 Pa.
- Alta confiabilidad contra condiciones ambientales extremas (pasando pruebas de salinidad, amoníaco y granizo).
- Resistencia a la degradación inducida (PID)
- Tolerancia de potencia positiva de 0 ~ +3 %.

CERTIFICACIONES

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, CE, CQC, CGC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), Kemco(South Korea), KS(South Korea), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Sistema de manejo de calidad
- ISO14001:2004: Sistema de Gestión Ambiental
- OHSAS18001:2007: Sistema de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo

GARANTÍA ESPECIAL

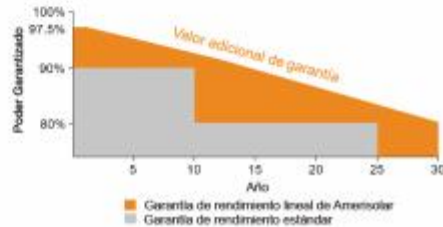
- 20 años de garantía limitada del producto.
- Garantía limitada de potencia lineal: 12 años 91.2% de la potencia nominal de salida, 30 años 80.6% de la potencia nominal de salida.

Apasionados

Por ofrecer una

Solución Energética

Innovadora



CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS EN TEC

Potencia Maxima (P _{max})	250W	250W	250W	265W	270W	275W	280W	285W
Voltaje de Circuito Abierto (V _{oc})	38.0V	38.1V	38.2V	38.3V	38.4V	38.5V	38.6V	38.7V
Corriente de Corto Circuito (I _{sc})	8.75A	8.83A	8.90A	8.98A	9.09A	9.20A	9.31A	9.42A
Voltaje a Potencia Maxima (V _{mp})	30.3V	30.5V	30.7V	30.8V	31.1V	31.3V	31.5V	31.7V
Corriente a Potencia Maxima (I _{mp})	8.26A	8.37A	8.47A	8.58A	8.69A	8.79A	8.89A	9.00A
Eficiencia del Modulo (%)	15.37	15.67	15.98	16.29	16.60	16.90	17.21	17.52
Temperatura de Funcionamiento	-40°C to +85°C							
Voltaje Maximo del Sistema	1000V DC							
Clasificación de Resistencia al Fuego	Type 1(De acuerdo con UL1703)/Clase C(IEC61730)							
Maxima Clasificación de Fusibles de la Serie	15A							

TEC: Irradiancia 1000W/m², Temperatura de las celdas 25°C, AM1.5

CARACTERÍSTICAS EN TNOC

Potencia Maxima (P _{max})	184W	188W	191W	195W	198W	202W	206W	210W
Voltaje de Circuito Abierto (V _{oc})	35.0V	35.1V	35.2V	35.3V	35.4V	35.5V	35.6V	35.7V
Corriente de Corto Circuito (I _{sc})	7.09A	7.15A	7.21A	7.27A	7.36A	7.45A	7.54A	7.63A
Voltaje a potencia Maxima (V _{mp})	27.6V	27.8V	27.9V	28.1V	28.3V	28.5V	28.7V	28.8V
Corriente a Potencia Maxima (I _{mp})	6.67A	6.77A	6.85A	6.94A	7.04A	7.08A	7.16A	7.27A

TNOC: Irradiancia 600W/m², Temperatura ambiente 20°C, Velocidad del viento 1 m/s

CARACTERÍSTICAS MECANICAS

Tipo de Célula	Polisilicio 5BB 156x156mm (6x6pulg)
Numero de Celdas	60 (6x10)
Dimensiones del Modulo	1640x962x35mm (64.57x39.06x1.38pulg)
Peso	11kg (24 lbs)
Cubierta Frontal	3.2mm (0.13pulg) vidrio templado con revestimiento AR
Marco	Aluminio de aluminio anodizado
Caja de Conexión	IP67, 3 diodos
Cable	4mm ² (0.006pulg ²), 900mm (35.43pulg)
Conector	MC4 o compatible con MC4

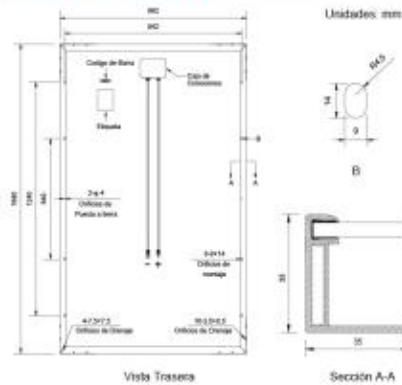
CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA

Temperatura Nominal de Operación de Celda (TNOC)	45°C±2°C
Coefficiente de temperatura de P _{max}	-0.41%/°C
Coefficiente de temperatura de V _{oc}	-0.31%/°C
Coefficiente de temperatura de I _{sc}	0.05%/°C

EMBALAJE

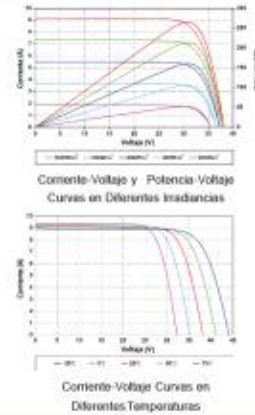
Embalaje Estándar	30 und/pallet
Cantidad de modulos por contenedor 20'	360 und
Cantidad de modulos por contenedor de 40'	640 und (21'x39'x11'42")

PLANOS DE INGENIERIA



Las especificaciones en este hoja de datos están sujetas a cambios sin previo aviso.

IV CURVAS



PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO AS-6P30-280W

\$362.880

Modulo fotovoltaico policristalino AMERISOLAR USA Co. - 60 Cells potencia 280WP -5 BUS BAR* "grade A" ALTO RENDIMIENTO - tolerancia positiva de 0/+3% Garantia 20 años sobre los defectos del producto y 30 años en rendimiento (CERTIFICADO RETIE).

Descargar ficha técnica

- 1 + [AÑADIR AL CARRITO](#)

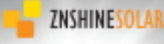
Categoría: PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS - AMERISOLAR

Etiquetas: modulo, panel solar


SHINE-1

ZXM6-NH144 Series

Znshinesolar 9BB **HALF-CELL** Monocrystalline PV Module



Mono Poly Solutions


144

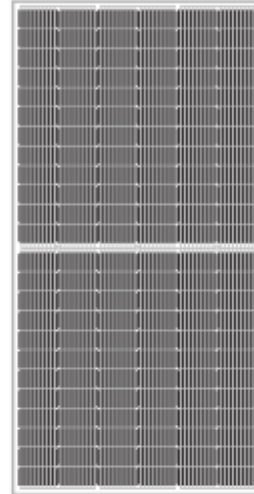
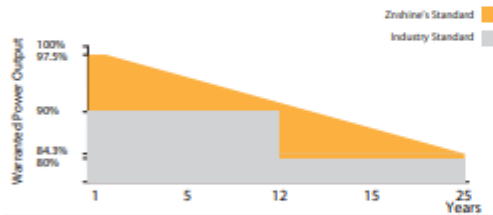
420W | 425W | 430W | 435W | 440W | 445W







Made with selected materials and components to grant quality, duration, efficiency and through outputs, the ZXM6-NH144 monocrystalline modules by ZNSHINE SOLAR(power output 420 up to 445Wp, represent a highly flexible solution for diverse installation types, from industrial rooftop plants to small home PV systems or large ground surfaces. This allows you to produce clean energy whilst reducing your energy bill.

ZNSHINE SOLAR' S ZXM6-NH144 Monocrystalline solar modules are tested and approved by international acknowledged laboratories, so that we can offer our customers a reliable and price-quality optimized product. The linear warranty on product outputs further ensures increased security and return on investments over time.

12 years product warranty/25 years output warranty

0.55% Annual Degradation over 25 years



 <p>9 Busbar Solar Cell</p> <p>No power loss thanks to improved temperature co-efficient caused by 9 busbar solar cell</p>	 <p>High Efficiency</p> <p>Graphene coating can increase about 2W of the module efficiency by rising around 0.5% of the light transmission</p>
 <p>Anti PID</p> <p>Limited power degradation of ZXM6-NH144 module caused by PID effect is guaranteed under strict testing condition for mass production</p>	 <p>Better Weak Illumination Response</p> <p>Lower temperature coefficient and wide spectral response, Higher power output, even under low-light settings</p>
 <p>Certified to withstand the most challenging environmental conditions</p> <p>5400 Pa snow load 2400 Pa wind load</p>	 <p>Customerization——Graphene Coating</p> <p>Graphene coating modules can increase power generation and self-cleaning, also can save maintenance cost</p>



ZnShine PV-Tech Co., LTD, founded in 1988, is a world-leading high-performance PV module manufacturer, PV power station developer, EPC and power station operator. With its state-of-the-art production lines, the company boasts module output of 5GW. Bloomberg has listed ZnShine as a global Tier 1 PV manufacturer and Top 4 reliable PV supplier. www.znshinesolar.com

ZXM6-NH144 Series Zshinesolar 9BB HALF-CELL monocrystalline PV Module



ELECTRICAL PROPERTIES | STC*

Module Type	ZXM6-NH144-425/M	ZXM6-NH144-425/M	ZXM6-NH144-435/M	ZXM6-NH144-435/M	ZXM6-NH144-440/M	ZXM6-NH144-445/M
Nominal Power Watt Pmax(W)	420	425	430	435	440	445
Power Output Tolerance Pmax(%)	0~+3	0~+3	0~+3	0~+3	0~+3	0~+3
Maximum Power Voltage Vmp(V)	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0	43.2
Maximum Power Current Imp(A)	9.96	10.03	10.10	10.17	10.24	10.31
Open Circuit Voltage Voc(V)	50.6	50.8	51.0	51.2	51.4	51.6
Short Circuit Current Isc(A)	10.45	10.50	10.55	10.60	10.66	10.72
Module Efficiency (%)	19.32	19.55	19.78	20.01	20.24	20.47

*STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000W/m², Module Temperature 25°C, AM 1.5
 *The data above is for reference only and the actual data is in accordance with the practical testing

ELECTRICAL PROPERTIES | NMDT*

Maximum Power Pmax(W)	312.4	316.0	319.6	323.4	327.2	330.9
Maximum Power Voltage Vmp(V)	39.3	39.5	39.8	40.0	40.2	40.5
Maximum Power Current Imp(A)	7.95	7.99	8.04	8.09	8.14	8.17
Open Circuit Voltage Voc(V)	47.1	47.2	47.4	47.6	47.8	47.9
Short Circuit Current Isc(A)	8.44	8.48	8.52	8.56	8.61	8.65

*NMDT (Nominal module operating temperature): Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 25°C, AM 1.5, Wind Speed 1m/s
 *The data above is for reference only and the actual data is in accordance with the practical testing

TEMPERATURE RATINGS

NMDT	44°C ±2°C
Temperature coefficient of Pmax	-0.36%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.29%/°C
Temperature coefficient of Isc	0.05%/°C

*Do not connect fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection

MECHANICAL DATA

Solar cells	166×83 mm
Cells orientation	144 (6×24)
Module dimension	2094×1038×35 mm
Weight	24 kg
Glass	High transparency, low iron, tempered Glass 3.2 mm (AR-coating)
Junction box	IP 68, 3 diodes
Cables	4 mm ² , 350 mm
Connectors	MC4-compatible

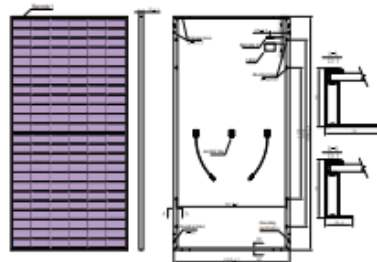
WORKING CONDITIONS

Maximum system voltage	1500 VDC
Operating temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum series fuse	20 A
Maximum load (snow/wind)	5400 Pa / 2400 Pa

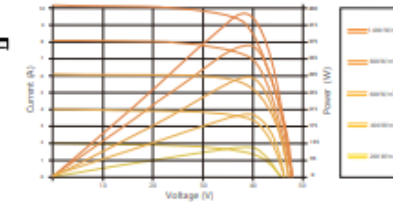
PACKAGING INFORMATION

Packing Type	40' HQ
Piece/Box	30
Piece/Container	660

DIMENSION OF THE PV MODULE (mm)

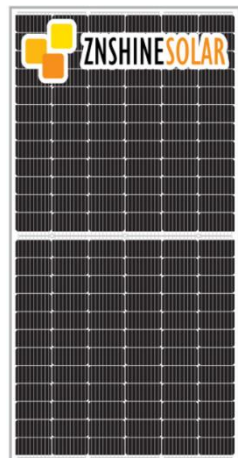


I-V CURVES OF THE PV MODULE



Add : 1# Zhiyi Industrial Zone, Jintan/Jiangsu 213251, P.R. China
 Tel: +86 519 6822 0223 E-mail: info@zshinesolar.com

Remark: please read safety and installation instructions before using the product! Subject to change without prior notice © ZSHINESOLAR 2020 | Version: ZXM6-NH144-2021.0



144 MEDIA CELDA / 435 WATTS / MONO



★★★★★ (1 valoración de cliente)

\$ 629.000

1 Añadir al carrito

Añadir a la lista de deseos

SKU: ZXM6-NH144 Categoría: Paneles Solares Monocristalinos



Comparte este Producto :



ANEXO C. COSTO FUTURO DE LA ENERGÍA

INFLACION ULTIMOS 10 AÑOS	
2020	1,23%
2019	3,80%
2018	3,18%
2017	4,09%
2016	5,75%
2015	6,77%
2014	3,66%
2013	1,94%
2012	2,44%
2011	3,73%
2010	3,17%
2009	2%
PROMEDIO	3,48%

AÑO	TARIFA
2021	\$ 705,417
2022	\$ 729,965
2023	\$ 755,368
2024	\$ 781,655
2025	\$ 808,856
2026	\$ 837,005
2027	\$ 866,132
2028	\$ 896,274
2029	\$ 927,464
2030	\$ 959,740
2031	\$ 993,139
2032	\$ 1.027,700
2033	\$ 1.063,464
2034	\$ 1.100,473
2035	\$ 1.138,769
2036	\$ 1.178,398
2037	\$ 1.219,406
2038	\$ 1.261,842
2039	\$ 1.305,754
2040	\$ 1.351,194
2041	\$ 1.398,216
2042	\$ 1.446,873
2043	\$ 1.497,225
2044	\$ 1.549,328
2045	\$ 1.603,245

ANEXO D. FLUJO DE CAJA DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

AÑO	EFICIENCIA	ENERGIA PRODUCIDA KWH/AÑO	ENERGIA CONSUMIDA KWH/AÑO	ENERGIA EXCEDENTE KWH/AÑO	INGRESO ANUAL POR RECIBO DE ENERGÍA	INGRESO ANUAL POR VENTA DE EXCEDENTE	EGRESO ANUAL POR COMPRA DE ENERGÍA	NETO
0	100%	33792	27528	6264	\$ 19.418.711	\$ 1.767.492		\$ 21.186.203
1	97,5%	32947	27828	5119	\$ 20.313.472	\$ 1.494.735		\$ 21.808.207
2	96,9%	32744	28128	4616	\$ 21.246.991	\$ 1.394.847		\$ 22.641.838
3	96,3%	32542	28428	4114	\$ 22.220.883	\$ 1.286.196		\$ 23.507.079
4	95,7%	32339	28728	3611	\$ 23.236.826	\$ 1.168.294		\$ 24.405.120
5	95,1%	32136	29028	3108	\$ 24.296.569	\$ 1.040.628		\$ 25.337.197
6	94,5%	31933	29328	2605	\$ 25.401.929	\$ 902.662		\$ 26.304.592
7	93,9%	31731	29628	2103	\$ 26.554.799	\$ 753.834		\$ 27.308.632
8	93,3%	31528	29928	1600	\$ 27.757.145	\$ 593.553		\$ 28.350.698
9	92,7%	31325	30228	1097	\$ 29.011.015	\$ 421.204		\$ 29.432.220
10	92,1%	31122	30528	594	\$ 30.318.540	\$ 236.141		\$ 30.554.682
11	91,5%	30920	30828	92	\$ 31.681.936	\$ 37.688		\$ 31.719.623
12	90,9%	30717	31128	-411	\$ 32.666.346		-\$ 437.160	\$ 32.229.186
13	90,3%	30514	31428	-914	\$ 33.580.012		-\$ 1.005.638	\$ 32.574.374
14	89,7%	30311	31728	-1417	\$ 34.517.709		-\$ 1.613.153	\$ 32.904.556
15	89,1%	30109	32028	-1919	\$ 35.480.002		-\$ 2.261.732	\$ 33.218.270
16	88,5%	29906	32328	-2422	\$ 36.467.469		-\$ 2.953.500	\$ 33.513.969
17	87,9%	29703	32628	-2925	\$ 37.480.696		-\$ 3.690.675	\$ 33.790.021
18	87,3%	29500	32928	-3428	\$ 38.520.280		-\$ 4.475.581	\$ 34.044.699
19	86,7%	29298	33228	-3930	\$ 39.586.829		-\$ 5.310.647	\$ 34.276.182
20	86,1%	29095	33528	-4433	\$ 40.680.959		-\$ 6.198.413	\$ 34.482.547
21	85,5%	28892	33828	-4936	\$ 41.803.300		-\$ 7.141.536	\$ 34.661.764
22	84,9%	28689	34128	-5439	\$ 42.954.490		-\$ 8.142.794	\$ 34.811.696
23	84,3%	28487	34428	-5941	\$ 44.135.177		-\$ 9.205.091	\$ 34.930.085
24	83,7%	28284	34728	-6444	\$ 45.346.020		-\$ 10.331.463	\$ 35.014.557

FICHA TÉCNICA	GLC-1
NÚMERO DE PANELES	54
INVERSIÓN	\$ 28.925.802
TASA DE RETORNO	77,17%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	\$ 94.042.460

AÑO	EFICIENCIA	ENERGIA PRODUCIDA KWH/AÑO	ENERGIA CONSUMIDA KWH/AÑO	ENERGIA EXCEDENTE KWH/AÑO	INGRESO ANUAL POR RECIBO DE	INGRESO ANUAL POR VENTA DE	EGRESO ANUAL POR COMPRA DE ENERGÍA	NETO
0	100,0%	33180	27528	5652	\$ 19.418.711	\$ 1.594.806		\$ 21.013.517
1	97,5%	32351	27828	4523	\$ 20.313.472	\$ 1.320.507		\$ 21.633.979
2	96,8%	32118	28128	3990	\$ 21.246.991	\$ 1.205.640		\$ 22.452.631
3	96,1%	31886	28428	3458	\$ 22.220.883	\$ 1.081.179		\$ 23.302.061
4	95,4%	31654	28728	2926	\$ 23.236.826	\$ 946.595		\$ 24.183.421
5	94,7%	31421	29028	2393	\$ 24.296.569	\$ 801.335		\$ 25.097.904
6	94,0%	31189	29328	1861	\$ 25.401.929	\$ 644.818		\$ 26.046.748
7	93,3%	30957	29628	1329	\$ 26.554.799	\$ 476.438		\$ 27.031.236
8	92,6%	30725	29928	797	\$ 27.757.145	\$ 295.557		\$ 28.052.702
9	91,9%	30492	30228	264	\$ 29.011.015	\$ 101.510		\$ 29.112.525
10	91,2%	30260	30528	-268	\$ 30.052.538		-\$ 266.002	\$ 29.786.536
11	90,5%	30028	30828	-800	\$ 30.859.673		-\$ 822.263	\$ 30.037.410
12	89,8%	29796	31128	-1332	\$ 31.686.589		-\$ 1.416.917	\$ 30.269.673
13	89,1%	29563	31428	-1865	\$ 32.533.687		-\$ 2.051.963	\$ 30.481.724
14	88,4%	29331	31728	-2397	\$ 33.401.369		-\$ 2.729.493	\$ 30.671.876
15	87,7%	29099	32028	-2929	\$ 34.290.042		-\$ 3.451.693	\$ 30.838.349
16	87,0%	28867	32328	-3461	\$ 35.200.116		-\$ 4.220.853	\$ 30.979.263
17	86,3%	28634	32628	-3994	\$ 36.132.004		-\$ 5.039.367	\$ 31.092.638
18	85,6%	28402	32928	-4526	\$ 37.086.124		-\$ 5.909.737	\$ 31.176.387
19	84,9%	28170	33228	-5058	\$ 38.062.893		-\$ 6.834.583	\$ 31.228.310
20	84,2%	27938	33528	-5590	\$ 39.062.732		-\$ 7.816.640	\$ 31.246.091
21	83,5%	27705	33828	-6123	\$ 40.086.064		-\$ 8.858.772	\$ 31.227.292
22	82,8%	27473	34128	-6655	\$ 41.133.314		-\$ 9.963.970	\$ 31.169.343
23	82,1%	27241	34428	-7187	\$ 42.204.906		-\$ 11.135.362	\$ 31.069.544
24	81,4%	27009	34728	-7719	\$ 43.301.267		-\$ 12.376.216	\$ 30.925.052

FICHA TÉCNICA	JINKO-1
NÚMERO DE PANELES	80
INVERSIÓN	\$ 36.960.000
TASA DE RETORNO	60,43%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	\$ 84.789.666

AÑO	EFICIENCIA	ENERGIA PRODUCIDA KWH/AÑO	ENERGIA CONSUMIDA KWH/AÑO	ENERGIA EXCEDENTE KWH/AÑO	INGRESO ANUAL POR RECIBO DE ENERGÍA	INGRESO ANUAL POR VENTA DE EXCEDENTE	EGRESO ANUAL POR COMPRA DE ENERGÍA	NETO
0	100%	33432	27528	5904	\$ 19.418.711	\$ 1.665.912		\$ 21.084.623
1	97,0%	32429	27828	4601	\$ 20.313.472	\$ 1.343.420		\$ 21.656.892
2	96,4%	32233	28128	4105	\$ 21.246.991	\$ 1.240.313		\$ 22.487.303
3	95,8%	32037	28428	3609	\$ 22.220.883	\$ 1.128.402		\$ 23.349.285
4	95,2%	31841	28728	3113	\$ 23.236.826	\$ 1.007.200		\$ 24.244.026
5	94,7%	31645	29028	2617	\$ 24.296.569	\$ 876.196		\$ 25.172.765
6	94,1%	31449	29328	2121	\$ 25.401.929	\$ 734.855		\$ 26.136.784
7	93,5%	31253	29628	1625	\$ 26.554.799	\$ 582.615		\$ 27.137.413
8	92,9%	31057	29928	1129	\$ 27.757.145	\$ 418.889		\$ 28.176.034
9	92,3%	30861	30228	633	\$ 29.011.015	\$ 243.062		\$ 29.254.078
10	91,7%	30665	30528	137	\$ 30.318.540	\$ 54.491		\$ 30.373.031
11	91,1%	30469	30828	-359	\$ 31.313.186		-\$ 368.750	\$ 30.944.436
12	90,6%	30273	31128	-855	\$ 32.194.469		-\$ 909.037	\$ 31.285.431
13	90,0%	30077	31428	-1351	\$ 33.099.168		-\$ 1.486.482	\$ 31.612.685
14	89,4%	29881	31728	-1847	\$ 34.027.844		-\$ 2.103.017	\$ 31.924.828
15	88,8%	29685	32028	-2343	\$ 34.981.073		-\$ 2.760.662	\$ 32.220.411
16	88,2%	29489	32328	-2839	\$ 35.959.437		-\$ 3.461.532	\$ 32.497.905
17	87,6%	29293	32628	-3335	\$ 36.963.532		-\$ 4.207.840	\$ 32.755.692
18	87,0%	29097	32928	-3831	\$ 37.993.963		-\$ 5.001.898	\$ 32.992.065
19	86,4%	28901	33228	-4327	\$ 39.051.348		-\$ 5.846.127	\$ 33.205.221
20	85,9%	28705	33528	-4823	\$ 40.136.315		-\$ 6.743.057	\$ 33.393.258
21	85,3%	28509	33828	-5319	\$ 41.249.503		-\$ 7.695.333	\$ 33.554.169
22	84,7%	28313	34128	-5815	\$ 42.391.562		-\$ 8.705.722	\$ 33.685.840
23	84,1%	28117	34428	-6311	\$ 43.563.153		-\$ 9.777.114	\$ 33.786.039
24	83,5%	27921	34728	-6807	\$ 44.764.950		-\$ 10.912.533	\$ 33.852.417

FICHA TÉCNICA	GREEN-1
NÚMERO DE PANELES	54
INVERSIÓN	\$ 28.814.940
TASA DE RETORNO	76,25%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	\$ 93.405.596

AÑO	EFICIENCIA	ENERGIA PRODUCIDA KWH/AÑO	ENERGIA CONSUMIDA KWH/AÑO	ENERGIA EXCEDENTE KWH/AÑO	INGRESO ANUAL POR RECIBO DE ENERGÍA	INGRESO ANUAL POR VENTA DE EXCEDENTE	EGRESO ANUAL POR COMPRA DE	NETO
0	100%	33216	27528	5688	\$ 19.418.711	\$ 1.604.964		\$ 21.023.675
1	97,5%	32385	27828	4557	\$ 20.313.472	\$ 1.330.717		\$ 21.644.189
2	96,6%	32093	28128	3965	\$ 21.246.991	\$ 1.198.104		\$ 22.445.095
3	96,3%	31985	28428	3557	\$ 22.220.883	\$ 1.112.019		\$ 23.332.901
4	95,7%	31784	28728	3056	\$ 23.236.826	\$ 988.808		\$ 24.225.634
5	95,1%	31584	29028	2556	\$ 24.296.569	\$ 855.675		\$ 25.152.244
6	94,5%	31383	29328	2055	\$ 25.401.929	\$ 712.079		\$ 26.114.008
7	93,9%	31183	29628	1555	\$ 26.554.799	\$ 557.452		\$ 27.112.251
8	93,3%	30982	29928	1054	\$ 27.757.145	\$ 391.201		\$ 28.148.345
9	92,7%	30782	30228	554	\$ 29.011.015	\$ 212.703		\$ 29.223.719
10	92,1%	30582	30528	54	\$ 30.318.540	\$ 21.308		\$ 30.339.849
11	91,5%	30381	30828	-447	\$ 31.222.773		-\$ 459.162	\$ 30.763.611
12	90,9%	30181	31128	-947	\$ 32.096.181		-\$ 1.007.325	\$ 31.088.855
13	90,3%	29980	31428	-1448	\$ 32.992.565		-\$ 1.593.085	\$ 31.399.481
14	89,7%	29780	31728	-1948	\$ 33.912.468		-\$ 2.218.393	\$ 31.694.075
15	89,1%	29580	32028	-2448	\$ 34.856.441		-\$ 2.885.293	\$ 31.971.148
16	88,4%	29379	32328	-2949	\$ 35.825.046		-\$ 3.595.923	\$ 32.229.122
17	87,8%	29179	32628	-3449	\$ 36.818.852		-\$ 4.352.519	\$ 32.466.333
18	87,2%	28978	32928	-3950	\$ 37.838.442		-\$ 5.157.419	\$ 32.681.023
19	86,6%	28778	33228	-4450	\$ 38.884.406		-\$ 6.013.069	\$ 32.871.337
20	86,0%	28577	33528	-4951	\$ 39.957.346		-\$ 6.922.026	\$ 33.035.320
21	85,4%	28377	33828	-5451	\$ 41.057.871		-\$ 7.886.965	\$ 33.170.907
22	84,8%	28177	34128	-5951	\$ 42.186.604		-\$ 8.910.680	\$ 33.275.923
23	84,2%	27976	34428	-6452	\$ 43.344.173		-\$ 9.996.095	\$ 33.348.078
24	83,6%	27776	34728	-6952	\$ 44.531.219		-\$ 11.146.264	\$ 33.384.955

FICHA TÉCNICA	GREEN-2
NÚMERO DE PANELES	61
INVERSIÓN	\$ 26.879.040
TASA DE RETORNO	82,01%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	\$ 95.398.501

AÑO	EFICIENCIA	ENERGIA PRODUCIDA KWH/AÑO	ENERGIA CONSUMIDA KWH/AÑO	ENERGIA EXCEDENTE KWH/AÑO	INGRESO ANUAL POR RECIBO DE ENERGÍA	INGRESO ANUAL POR VENTA DE EXCEDENTE	EGRESO ANUAL POR COMPRA DE ENERGÍA	NETO
0	100%	33060	27528	5532	\$ 19.418.711	\$ 1.560.946		\$ 20.979.657
1	97,5%	32233	27828	4405	\$ 20.313.472	\$ 1.286.306		\$ 21.599.778
2	96,9%	32034	28128	3906	\$ 21.246.991	\$ 1.180.152		\$ 22.427.143
3	96,3%	31834	28428	3406	\$ 22.220.883	\$ 1.065.051		\$ 23.285.934
4	95,7%	31635	28728	2907	\$ 23.236.826	\$ 940.511		\$ 24.177.337
5	95,1%	31435	29028	2407	\$ 24.296.569	\$ 806.013		\$ 25.102.582
6	94,5%	31236	29328	1908	\$ 25.401.929	\$ 661.014		\$ 26.062.943
7	93,9%	31036	29628	1408	\$ 26.554.799	\$ 504.948		\$ 27.059.746
8	93,3%	30837	29928	909	\$ 27.757.145	\$ 337.218		\$ 28.094.363
9	92,7%	30637	30228	409	\$ 29.011.015	\$ 157.204		\$ 29.168.219
10	92,1%	30438	30528	-90	\$ 30.229.169		-\$ 89.371	\$ 30.139.798
11	91,5%	30239	30828	-589	\$ 31.076.135		-\$ 605.801	\$ 30.470.334
12	90,9%	30039	31128	-1089	\$ 31.945.440		-\$ 1.158.066	\$ 30.787.374
13	90,3%	29840	31428	-1588	\$ 32.837.615		-\$ 1.748.035	\$ 31.089.579
14	89,7%	29640	31728	-2088	\$ 33.753.197		-\$ 2.377.664	\$ 31.375.534
15	89,1%	29441	32028	-2587	\$ 34.692.737		-\$ 3.048.998	\$ 31.643.739
16	88,4%	29241	32328	-3087	\$ 35.656.792		-\$ 3.764.177	\$ 31.892.615
17	87,8%	29042	32628	-3586	\$ 36.645.931		-\$ 4.525.440	\$ 32.120.491
18	87,2%	28842	32928	-4086	\$ 37.660.733		-\$ 5.335.128	\$ 32.325.604
19	86,6%	28643	33228	-4585	\$ 38.701.784		-\$ 6.195.691	\$ 32.506.094
20	86,0%	28443	33528	-5085	\$ 39.769.685		-\$ 7.109.687	\$ 32.659.998
21	85,4%	28244	33828	-5584	\$ 40.865.042		-\$ 8.079.794	\$ 32.785.247
22	84,8%	28044	34128	-6084	\$ 41.988.473		-\$ 9.108.811	\$ 32.879.662
23	84,2%	27845	34428	-6583	\$ 43.140.605		-\$ 10.199.662	\$ 32.940.943
24	83,6%	27645	34728	-7083	\$ 44.322.077		-\$ 11.355.406	\$ 32.966.671

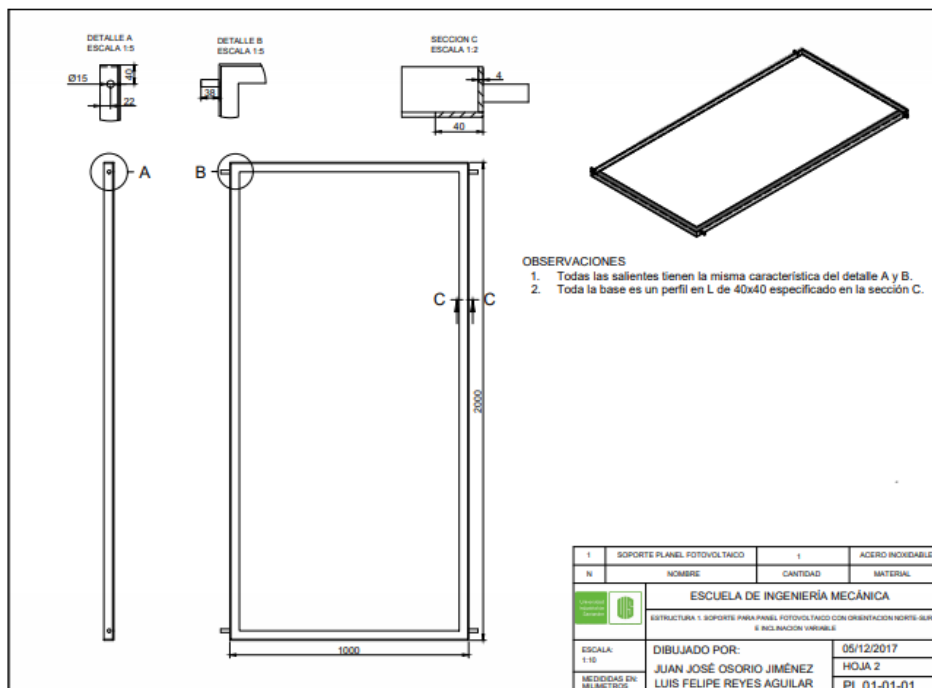
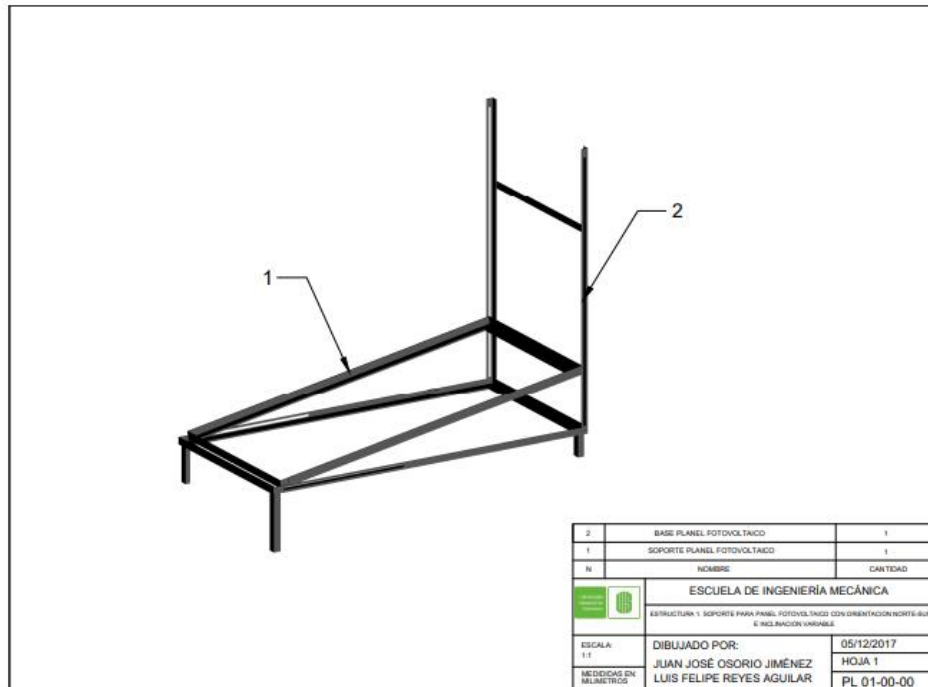
FICHA TÉCNICA	GREEN-3
NÚMERO DE PANELES	74
INVERSIÓN	\$ 26.853.120
TASA DE RETORNO	81,68%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	\$ 95.351.352

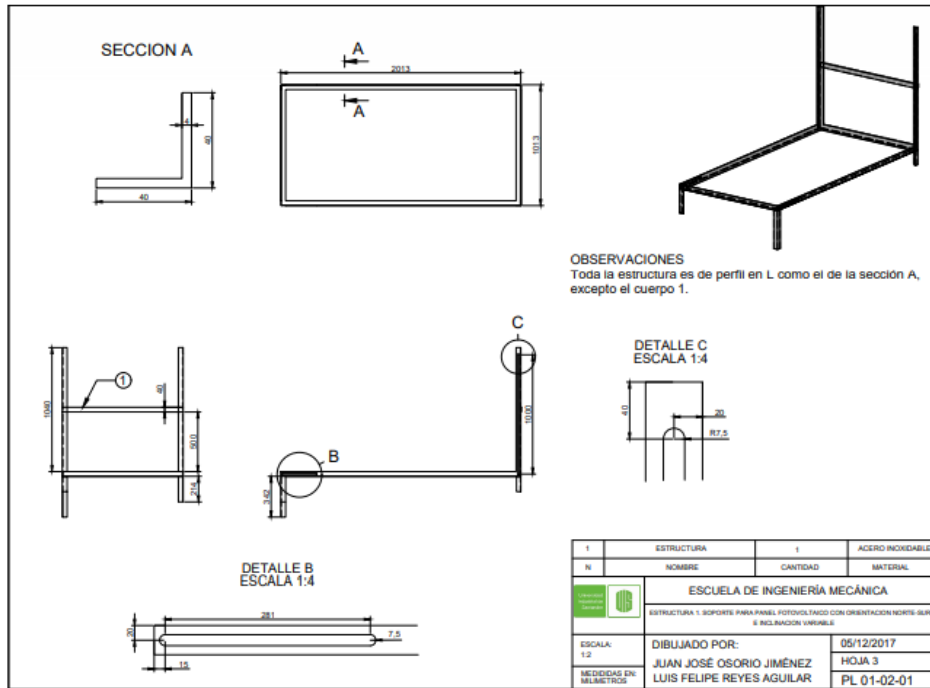
AÑO	EFICIENCIA	ENERGIA PRODUCIDA KWH/AÑO	ENERGIA CONSUMIDA KWH/AÑO	ENERGIA EXCEDENTE KWH/AÑO	INGRESO ANUAL POR RECIBO DE ENERGÍA	INGRESO ANUAL POR VENTA DE EXCEDENTE	EGRESO ANUAL POR COMPRA DE ENERGÍA	NETO
0	100%	33132	27528	5604	\$ 19.418.711	\$ 1.581.262		\$ 20.999.973
1	97,5%	32304	27828	4476	\$ 20.313.472	\$ 1.306.842		\$ 21.620.314
2	97,0%	32121	28128	3993	\$ 21.246.991	\$ 1.206.617		\$ 22.453.608
3	96,4%	31939	28428	3511	\$ 22.220.883	\$ 1.097.834		\$ 23.318.716
4	95,9%	31757	28728	3029	\$ 23.236.826	\$ 980.018		\$ 24.216.844
5	95,3%	31575	29028	2547	\$ 24.296.569	\$ 852.672		\$ 25.149.241
6	94,8%	31393	29328	2065	\$ 25.401.929	\$ 715.276		\$ 26.117.206
7	94,2%	31210	29628	1582	\$ 26.554.799	\$ 567.285		\$ 27.122.084
8	93,7%	31028	29928	1100	\$ 27.757.145	\$ 408.128		\$ 28.165.273
9	93,1%	30846	30228	618	\$ 29.011.015	\$ 237.206		\$ 29.248.222
10	92,6%	30664	30528	136	\$ 30.318.540	\$ 53.894		\$ 30.372.435
11	92,0%	30481	30828	-347	\$ 31.325.776		-\$ 356.160	\$ 30.969.616
12	91,5%	30299	31128	-829	\$ 32.222.122		-\$ 881.384	\$ 31.340.738
13	90,9%	30117	31428	-1311	\$ 33.142.917		-\$ 1.442.733	\$ 31.700.185
14	90,4%	29935	31728	-1793	\$ 34.088.778		-\$ 2.042.084	\$ 32.046.694
15	89,8%	29753	32028	-2275	\$ 35.060.332		-\$ 2.681.402	\$ 32.378.930
16	89,3%	29570	32328	-2758	\$ 36.058.224		-\$ 3.362.745	\$ 32.695.479
17	88,7%	29388	32628	-3240	\$ 37.083.110		-\$ 4.088.261	\$ 32.994.849
18	88,2%	29206	32928	-3722	\$ 38.135.660		-\$ 4.860.201	\$ 33.275.459
19	87,6%	29024	33228	-4204	\$ 39.216.558		-\$ 5.680.917	\$ 33.535.641
20	87,1%	28841	33528	-4687	\$ 40.326.503		-\$ 6.552.869	\$ 33.773.635
21	86,5%	28659	33828	-5169	\$ 41.466.208		-\$ 7.478.629	\$ 33.987.579
22	86,0%	28477	34128	-5651	\$ 42.636.398		-\$ 8.460.886	\$ 34.175.513
23	85,4%	28295	34428	-6133	\$ 43.837.817		-\$ 9.502.451	\$ 34.335.367
24	84,9%	28113	34728	-6615	\$ 45.071.220		-\$ 10.606.262	\$ 34.464.958

FICHA TÉCNICA	SHINE-1
NÚMERO DE PANELES	48
INVERSIÓN	\$ 30.192.000
TASA DE RETORNO	73,03%
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	\$ 92.717.113

ANEXO E. HOJA DE DATOS DE LAS ESTRUCTURAS

ESTRUCTURA CON VARIACIÓN DE ÁNGULO





CARRERA 11 No.17-41
San Gil - Santander
Tel. 7240306 – Cel. 3004281001
f.inox@hotmail.com

COTIZACIÓN

Ciudad y Fecha: San Gil, 15 de diciembre de 2020

Nombre: Juan Jose Osorio Jimenez Nit o CC: _____

De acuerdo a su solicitud, se envía listado de costos:

Ítem	Descripción	Cant.	V/Unitario	V/Total
1	SopORTE para panel solar construido según plano, en ángulo de 1 1/2 x 1/8 en acero inoxidable 304	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Valor total				\$ 1.000.000

NOTA: Los precios estipulados no incluyen IVA.
Validez de la oferta: 20 días calendario.
Forma de pago: 50% al realizar el pedido y 50% a la entrega.

Atentamente:


SÉRGIO VELANDIA CÁCERES
Nit: 1098408337-7
Representante Legal
Cel. 3123867317- 3004281001

PARALELOS AL TECHO

Se recomienda usar un tornillo autofortalecido punta broca máx. M8 y arandela de sellado.

Perfil compatible: G1

EPDM

1650/2000x1000

Soporte coplanar continuo fijación a correas para cubierta metálica

03V-03H

Válido para:

- Todo tipo de cubiertas metálicas.
- Anclaje a correas.
- En disposición horizontal válida para módulos de ancho especial.

Disponibilidad de tuercas antirrobo.
Material 100% reciclable.
Cómoda instalación.

El kit incluye:

- Fijaciones S03
- Perfiles G1
- Uniones UG1
- Presores laterales
- Presores centrales

Número de paneles

Vertical: de 1 a 6 módulos
Horizontal: de 1 a 3 módulos

Para módulos de 60 y 72 células (1650/2000x1000) de 33 a 50 mm de espesor.

Viento: 150 km/h

MATERIALES: Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6
Tornillería acero inoxidable A2-70

-Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
-Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada

Para más información consultar

Herramientas necesarias:

Seguridad:

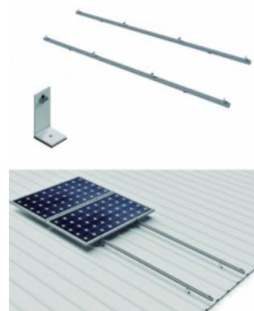
Par de apriete:

- Tornillo Presor: 7 Nm
- Tornillo M8 Hexagonal: 20 Nm
- Tornillo M10 Hexagonal: 40 Nm
- Tornillo M6,3 Hexagonal: 10 Nm

03V Disposición de los módulos en vertical

03H Disposición de los módulos en horizontal

Reservado el derecho a efectuar modificaciones · Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original



51,70€ SIN IVA

42,73 €

★★★★★
17 Opiniones

Envío: Gratuito en compras superiores a 150€, inferiores 7,5€

Entrega: Recibelo el miércoles 13 de enero

Fabricante: Sunfer | Cod. Artículo: 1501011

Cantidad: - 1 +

Extras del producto: Seguro MAPFRE [¿Como funciona?](#) -2,14 €

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR

Estructura Cubierta Metálica 2 paneles opiniones [Ver más opiniones](#)

Javier M ★★★★★ 01.12.2020

Cumple su función

5 años de garantía

14 días de devolución

100% pago seguro

Secured by

ANEXO F. HOJA DE DATOS DEL INVERSOR

FRONIUS 3.8-1 Y FRONIUS 6.0-1

TECHNICAL DATA FRONIUS PRIMO					
INPUT DATA	PRIMO 3.8-1	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 7.6-1	PRIMO 8.2-1
Recommended PV power [kWp]	3.0 - 6.0 kW	4.0 - 7.5 kW	4.8 - 9.3 kW	6.1 - 11.7 kW	6.6 - 12.7 kW
Max. usable input current (MPPT 1/MPPT 2)	18 A / 18 A	18 A / 18 A	18 A / 18 A	18 A / 18 A	18 A / 18 A
Total max. DC current	36 A				
Max. array short circuit current (1.25 I _{max}) (MPPT 1/MPPT 2)	22.5 A / 22.5 A				
Operating voltage range	80 V - 600 V				
Max. input voltage	600 V				
Nominal input voltage	410 V	420 V	420 V	420 V	420 V
Admissible conductor size DC	AWG 14 - AWG 6				
MPP Voltage Range	200 - 480 V	240 - 480 V	240 - 480 V	250 - 480 V	270 - 480 V
Number of MPPT	2				
OUTPUT DATA	PRIMO 3.8-1	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 7.6-1	PRIMO 8.2-1
Max. output power	240 V: 3800 W 208 V: 3800 W	5000 W	6000 W	7600 W	8200 W
Max. continuous output current	240 V: 15.8 A 208 V: 18.3 A	20.8 A	25.0 A	31.7 A	34.2 A
Recommended OCPD/AC breaker size	240 V: 20 A 208 V: 25 A	30 A	35 A	40 A	45 A
Max. Efficiency	96.7 %	96.9 %	96.9 %	96.9 %	97.0 %
CEC Efficiency	95.0 %	95.5 %	96.0 %	96.0 %	96.5 %
Admissible conductor size AC	AWG 14 - AWG 6				
Grid connection	208 / 240 V				
Frequency	60 Hz				
Total harmonic distortion	< 5.0 %				
Power factor (cos φ _{ac})	0.85-1 ind./cap.				
INPUT DATA	PRIMO 10.0-1	PRIMO 11.4-1	PRIMO 12.5-1	PRIMO 15.0-1	
Recommended PV power [kWp]	8.0 - 12.0 kW	9.1 - 13.7 kW	10.0 - 15.0 kW	12.0 - 18.0 kW	
Max. usable input current (MPPT 1/MPPT 2)	33.0 A / 18.0 A				
Total max. DC current	51 A				
Max. array short circuit current (1.25 I _{max}) (MPPT 1/MPPT 2)	41.3 A / 22.5 A				
Operating voltage range	80 V - 600 V				
Max. input voltage	600 V				
Nominal input voltage	415 V	420 V	425 V	440 V	
Admissible conductor size DC	AWG 14 - AWG 6 copper direct, AWG 6 aluminum direct (AWG 10 copper or AWG 8 aluminum for overcurrent protective devices up to 60A, from 61 to 100A minimum AWG 8 for copper or AWG 6 aluminum has to be used), AWG 4 - AWG 2 copper or aluminum with optional input combiner				
MPP Voltage Range	220 - 480 V	240 - 480 V	260 - 480 V	320 - 480 V	
Integrated DC string fuse holders	4- and 4+ for MPPT 1 / no fusing required on MPPT 2				
Number of MPPT	2				
OUTPUT DATA	PRIMO 10.0-1	PRIMO 11.4-1	PRIMO 12.5-1	PRIMO 15.0-1	
Max. output power	240 V: 9995 W 208 V: 9995 W	11400 W	12500 W	15000 W	
Max. continuous output current	240 V: 41.6 A 208 V: 48.1 A	47.5 A	52.1 A	62.5 A	
Recommended OCPD/AC breaker size	240 V: 60 A 208 V: 70 A	60 A	70 A	80 A	
Max. Efficiency	96.7 %				
CEC Efficiency	96.0 %				
Admissible conductor size AC	AWG 10 - AWG 2 copper (solid / stranded / fine stranded) (AWG 10 copper or AWG 8 aluminum for overcurrent protective devices up to 60A, from 61 to 100A minimum AWG 8 for copper or AWG 6 aluminum has to be used), AWG 6 - AWG 2 copper (solid / stranded) MultiContactWiringable with AWG 12				
Grid connection	208 / 240 V				
Frequency	60 Hz				
Total harmonic distortion	< 2.5 %				
Power factor (cos φ _{ac})	0-1 ind./cap.				



Nuevo
**Inversor Fronius Primo 3.8
 Kw 208/240**

\$ 6.900.000

Publicación pausada

Información sobre el vendedor

Ubicación
 Kennedy, Bogotá D.C.

195

Ventas en los últimos 30 días

No brinda buena atención

Entrega sus productos a tiempo

SOLIS-1

Datasheet

Model	Solo-1P2-38-40	Solo-1P3-38-40	Solo-1P3-38-40	Solo-1P4-40	Solo-1P4-48-40	Solo-1P3-48	Solo-1P4-48
Energy Source	PV						
Input Data (DC)							
Max. DC input power (kW)	3	3.8	4.2	4.6	5.3	5.8	6.6
Max. DC input voltage (V)	100	400					
Start-up voltage (V)	66	120					
MPPPT voltage range (V)	50-400	100-500					
Max. input current (A)	11A/11A						
MPPPT number/Max input string number	3/2						
Output Data (AC)							
Rated output power (kW)	3.5	3	3.6	4	4.6	5	6
Max. apparent input power (kVA)	3.8	3.3	4	4.4	5 (N.G. by VDE4105)	5	6
Max. output power (kW)	2.8	2.3	4	4.4	5 (N.G. by VDE4105)	5	6
Rated grid voltage (V)	230						
Grid voltage range (V)	160-265						
Rated grid frequency (Hz)	50/60						
Operation phase	Single						
Rated grid output current (A)	16.9	15	16.7	17.4	20	21.7	27.3
Max. output current (A)	19.3	16.7	19	21	25.1 (21.7 by IEC61837)	25	27.3
Power Factor (at rated output power)	0.8 ~ 0.9						
THDi (at rated output power)	<1.8%						
DC injection current (mA)	<20						
Grid frequency range (Hz)	47-52 or 57-62						
Efficiency							
Max. efficiency	97.6%			96.1%			
EU efficiency	97.1%			97.3%			
MPPPT efficiency	~99.0%						
Protection							
DC reverse polarity protection	Yes						
Reverse current protection	Yes						
Output over current protection	Yes						
Output over voltage protection	Yes						
Insulation resistance monitoring	Yes						
Residual current detection	Yes						
Surge protection	Yes						
Islanding protection	Yes						
Temperature protection	Yes						
Integrated DC switch	Optional						
General Data							
Dimensions (mm)	310Wx430Hx160D (mm)						
Weight (kg)	11.5						
Topology	Transcathodes						
Self consumption (night)	<1W/night						
Operating ambient temperature range	-25~40°C						
Ingress protection	IP45						
Noise emission (typical)	<30 dBA						
Cooling concept	Natural convection						
Max. operation altitude	4000m						
Designed lifetime	~20 years						
Grid connection standard	EN50438, GB12, GB17, AS4777.2:2015, VDE4128-1-1, IEC61727, VDE 04105						
Relative humidity	0~100%						
Safety EMC standard	IEC6188-11-2, NB/T 32864, EN1500-6-1, GB10000-6-3						
Features							
DC connection	MC4-compatible						
AC connection	IP67-rated plug						
Display	LCD/200°C						
Communication connections	4 pins RS485 connector						
Warranty	5 years standard (extend to 20 years)						



★★★★★ (1 valoración de cliente)

\$ 3.960.000

1 [Añadir al carrito](#)

[Añadir a la lista de deseos](#)



Comparte este Producto :



KACO-1

Technical Data

DC input data		29.0 TLS LV
Max. recommended PV generator power		43 500 W
MPP range		360 – 900 V
Operating range		360 – 1050 V
Rated DC voltage / start voltage		410 V / 480 V
Max. no-load voltage		1 100 V
Max. input current		85 A
Max. short circuit current $I_{sc,max}$		190 A
Number of MPP tracker		1
Connection per tracker		S / B / M: 1; XL: 6
AC output data		
Rated output		29 000 VA @ 138 V / 240 V 29 000 VA @ 127 V / 220 V 27 500 VA @ 120 V / 208 V
Max. power		30 100 VA
Line voltage		138 V / 240 V (3 / N / PE; 3 / PEN) 127 V / 220 V (3 / N / PE; 3 / PEN) 120 V / 208 V (3 / N / PE; 3 / PEN)
Voltage range (Ph-Ph)		166 – 346 V
Rated frequency (range)		50 Hz / 60 Hz (42 – 68 Hz)
Rated current		3 x 69.8 A @ 240 V 3 x 76.1 A @ 220 V 3 x 76.5 A @ 208 V
Max. current		3 x 76.5 A
Reactive power / cos phi		0 – 100 % S_{nom} / 0.30 ind. – 0.30 cap.
Max. total harmonic distortion (THD)		1.6 %
Number of grid phases		3
General data		
Max. efficiency		97.3 %
Europ. efficiency		96.9 %
CEC efficiency		97.0 %
Standby consumption		2.5 W
Circuitry topology		transformerless
Mechanical data		
Display		graphical display + LEDs
Control units		4-way navigation + 2 buttons
Interfaces		Ethernet, USB, RS485, optional: 4-DI
Fault signalling relay		potential-free NDC max. 30 V / 1 A
DC connection		S / B / M: max. 120 mm ² cable plug, Cu / Al XL: DC plugs (SUNCLIX)
AC connection		screw terminals, max. 95 mm ² , Cu / Al
Ambient temperature		-20 °C – +60 °C ¹⁾
Humidity		0 – 100%
Max. installation elevation (above MSL)		3 000 m
Min. distance from coast		2 000 m / 500 m (OD+ version)
Cooling		temperature controlled fan
Protection class		IP65
Noise emission		< 61 db(A)
H x W x D		760 x 500 x 425 mm
Weight		70 kg (S), 71 kg (B / M), 73 kg (XL)
Certifications		
Safety		IEC 61108-1, IEC 61108-2, IEC 61108-3, EN 61000-6-1, IEC 61000-3-11, IEC
Grid connection rule		overview see homepage / download area

¹⁾Power derating at high ambient temperatures

Versions	S	B	M	XL
Number of DC inputs	1	1	1	6
DC switch	-	✓	✓	✓
String protection PV+	-	-	-	✓
DC surge protection	-	-	○	Type 1 + 2
AC surge protection	-	-	○	○
OD+	*	*	*	*

standard = ✓ upgradeable = ○ optional = *



★★★★★ (1 valoración de cliente)

\$ 18.100.000

1

Añadir a la lista de deseos

SKU: IM-LACO29KW Categoría: Inversores Grid Tie



KACO

Comparte este Producto :



ANEXO G. HOJA DE DATOS CAJA COMBINADORA



Solar DC String Box 2 Strings Input 2 Strings Output DC



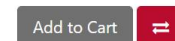
General Data		DC Surge Arrester	BUD-40/3
Model No.	BHS-2/2	Max Operation Voltage (Ucpr)	1000V
Input	2 strings	Standard Compliance with	EN 50539 Type 2
Output	2 strings	Maximum Discharge Current	40 KA
Maximum Voltage	1000V	Certification	TUV CE
Max DC Short Circuit Current Per Input (Isc)	15A (Changeable)		
Maximum Current Output	32A		
Enclosure		DC fuse holder	BR-30
Material Type	Polycarbonate/ABS	LED Indicator	Yes
Degree of Protection	IP65	Rated Working Voltage	1000V
Degree of Resistance to Impacts	IK10	Fuse Link	10x38mm LITTEL 15A
Dimension (WxHxD)	292 x 370 x 132mm	Certification	UL, CB, CE
Cable input Entry	PG09 Cable Gland, 2.5-16mm ²		
Output Cable Gland	PG21 2.5-16mm ²		
DC Switch Disconnecter		Environment	
Rated Insulation Voltage (Ui)	1000V	Operating Temperature	-20°C~+60°C
Rated Current (Ie)	32A	Humidity	99%
Category	DC21B/IPV2	Altitude	2000M
Standard Compliance with	IEC 60947-3	Installation	Wall Mounting
Certification	UL, TUV, KEMA, SAA, CE		



[ELE370] Caja combinadora con protecciones | 2 strings entrada/2 strings salida| fusibles 15A | disyuntor 25A | 1.000V DC | BENY

~~244.90 €~~ 211.23 €

296.33 € 255.59 € with taxes



ANEXO H. MEDIDOR BIDIRECCIONAL



ISKRA

Medidor bidireccional Iskra MT174 3F/2F/1F 208/120VAC 60Hz con protocolos

\$677.990 COP

SKU: MT174-D2

Disponibilidad:

4

MEDIDA

Directa

