



ESTUDIO DE UN MÉTODO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID APLICADA AL SECTOR RURAL EN UNA
CORRALEJA EN ZAPATOCA MUNICIPIO DE SANTANDER

PROYECTO DE GRADO

EDINSON FABIAN ROJAS GÓMEZ

1102549099

CAROLINA HERRERA SERRANO

109861906

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA, JULIO 2021**



**ESTUDIO DE UN MÉTODO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID APLICADA AL SECTOR RURAL EN UNA
CORRALEJA EN ZAPATOCA MUNICIPIO DE SANTANDER**

Proyecto de Grado

**EDINSON FABIAN ROJAS GÓMEZ 1102549099
CAROLINA HERRERA SERRANO 1098619068**

Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en electricidad industrial

DIRECTORES:

**ALFREDO RAFAEL ACEVEDO PICÓN
JERSON ERASMO LEÓN ALMEIDA**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA

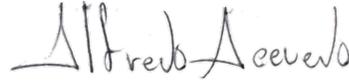
**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA, JULIO 2021**

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Nota de Aceptación





Firma del Evaluador

Firma del Director

DEDICATORIA

Primeramente, doy gracias a DIOS, qué me ha dado la gracia de realizar este proyecto y quien me ha acompañado en esta batalla. En segundo lugar, a mis padres y hermanos que me han tenido la paciencia, me han brindado su apoyo, y acompañamiento en este proceso, en tercer lugar, a el padre Jesús sacerdote de la iglesia católica, quien me ha apoyado y orado a DIOS por mi proyecto, y a todas las personas que nos han brindado sus oraciones y buenos deseos, para alcanzar este logro, DIOS bendiga sus Familias, amén.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a DIOS por este logro, a nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional, a el padre Jesús A. Vicario parroquial, y todas las personas que nos han colaborado con su conocimiento, a el ingeniero Jerson León, el ingeniero Alfredo Acevedo el ingeniero Fabio Gonzales que nos han guiado y acompañando en este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u>	14
<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	15
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	19
1.3. OBJETIVOS	22
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	23
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	25
2.1. MARCO HISTÓRICO	25
2.2. MARCO CONCEPTUAL	25
2.3. MARCO TEÓRICO	32
2.3.1. TIPOS DE CÉLULAS DE SILICIO.....	34
2.4. SISTEMA DE CONEXIÓN FOTOVOLTAICA	36
<u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....</u>	38
3.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.	38
3.3. ETAPAS DEL PROYECTO.	41
<u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	42
4.1. ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA.....	42
4.2. ESTUDIÓ GEOGRÁFICO DEL LUGAR EN DONDE SE PRESENTA LA PROBLEMÁTICA PARA LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA ALTERNATIVA.....	46
4.2.1. CALCULO DEL ANGULO DE DECLINACION DE LA TIERRA	47
4.2.2. CALCULO DEL ANGULO HORARIO.....	48
4.2.3. ANGULO DE INCLINACIÓN OPTIMA (B):	48
4.3. ESTUDIO DE LA CARGA, DEMANDA MÁXIMA DE LA CORRALEJA.	53
4.3.1. DATOS DE LA PICA PASTO:	53

4.3.2.	CONTROL DE ACTIVIDADES DE CONSUMO EN LA CORRALEJA EN LA FINCA EL COMEDERO	54
4.3.3.	CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS Y DEMANDA DE LA CORRALEJA DE LA FINCA EL COMEDERO.	55
4.3.4.	CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS Y DEMANDA CON PROYECCIÓN DE CONSUMO DE LA CORRALEJA DE LA FINCA EL COMEDERO.	56
4.4.	SELECCIÓN DEL SISTEMA A APLICAR.....	57
4.4.1.	ELECCIÓN DE PANELES SOLARES:.....	57
4.4.2.	RENDIMIENTO DE LA INSTALACION:	62
4.4.3.	RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE POR MES DESFAVORABLE Y PROMEDIO DÍA.....	62
4.4.4.	HORAS SOLAR PICO:	64
4.4.5.	RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE PARA LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS O CALCULO DE HORAS PICO DE SOL (HSP): 1 HORA PICO SOL = 1KW/M^2.....	64
4.4.6.	CÁLCULO PARA LOS PANELES SOLARE A UTILIZAR	64
4.4.7.	CALCULO PARA LAS BATERÍAS	65
4.4.8.	ELECCIÓN DE LA BATERÍA:	66
4.4.9.	BASE PARA LAS BATERÍAS:	67
4.4.10.	SELECCIÓN DEL INVERSOR.....	68
4.5.	ESTUDIÓ DEL PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA OFF GRID	77
4.5.1.	PRESUPUESTO DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA.	77
4.5.2.	COSTOS DE LA INSTALACIÓN:	79
4.6.	BOSQUEJO DE LEVANTAMIENTO DEL PROYECTO.....	80
4.7.	DESARROLLO DEL DISEÑO UNIFILAR EXISTENTE.....	84
4.8.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN AL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	85
4.8.1.	MANTENIMIENTO DE LOS PANELES:	86
4.9.	ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD Y RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.	87
4.9.1.	DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CORRALEJA:.....	87
4.9.2.	PRESUPUESTO DISEÑO FOTOVOLTAICO OFF GRID.	90
5.	<u>RESULTADOS</u>	<u>94</u>
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>98</u>
7.	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>100</u>
8.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>101</u>

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	<u>IMAGEN DEL MUNICIPIO DE ZAPATOCA.....</u>	<u>16</u>
FIGURA 2.	<u>SISTEMA DE DESCARGA DIRECTA PARA UN ORDEÑADERO DE DOS PUESTOS CON ECOBUCKET.FUENTE: (AGRI-LAC, 2018).....</u>	<u>20</u>
FIGURA 3.	<u>FUNCIONAMIENTO DE UN PANEL SOLAR.....</u>	<u>27</u>
FIGURA 4.	<u>: DIAGRAMA CONEXIÓN ESTRELLA</u>	<u>29</u>
FIGURA 5.	<u>DIAGRAMA CONEXIÓN TRIÁNGULO</u>	<u>30</u>
FIGURA 6.	<u>LINGOTES DE SILICIO</u>	<u>33</u>
FIGURA 7.	<u>PANEL MONOCRISTALINO Y POLICRISTALINO.....</u>	<u>34</u>
	<u>EN LA TABLA NÚMERO 1, LISTA DE CHEQUEO SE REGISTRA EL CUMPLIMIENTO DE LA FASE EN EL TIEMPO PROPUESTO, SI SE PRESENTAN IMPROVISTOS Y NO FUE CULMINADA (FOTO SI PRESENTA INCONVENIENTE), O SIMPLEMENTE NO SE APRUEBA.....</u>	<u>40</u>
FIGURA 8.	<u>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....</u>	<u>41</u>
FIGURA 9.	<u>IMAGEN DE LA UBICACIÓN FINCA COMEDERO</u>	<u>42</u>
FIGURA 10.	<u>FOTOGRAFÍA FIGURA DE LA CORRALEJA</u>	<u>43</u>
FIGURA 11.	<u>FOTOGRAFÍA LATERAL DE LA CORRALEJA</u>	<u>43</u>
FIGURA 12.	<u>ILUMINACIÓN Y TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE.....</u>	<u>44</u>
FIGURA 13.	<u>FOTOGRAFÍA DE LA CORRALEJA Y SU ILUMINACIÓN.....</u>	<u>44</u>
FIGURA 14.	<u>FOTOGRAFÍA DE LA PICA PASTO EN FUNCIONAMIENTO.....</u>	<u>45</u>

<u>FIGURA 15.</u>	<u>CARGAS DE PASTO PARA SER PROCESADA.....</u>	<u>45</u>
<u>FIGURA 16.</u>	<u>COORDENADAS DE LA CORRALEJA.....</u>	<u>46</u>
<u>FIGURA 17.</u>	<u>DECLINACIÓN SOLAR.....</u>	<u>47</u>
<u>FIGURA 18.</u>	<u>LOCALIZACIÓN DE LAS COORDENADAS PROPUESTAS.....</u>	<u>49</u>
<u>FIGURA 19.</u>	<u>LOCALIZACIÓN Y SELECCIÓN DE IRRADIACIÓN.....</u>	<u>50</u>
<u>FIGURA 20.</u>	<u>DATOS MENSUALES DE IRRADIACIÓN.....</u>	<u>50</u>
<u>FIGURA 21.</u>	<u>IRRADIACIÓN SOLAR MENSUAL.....</u>	<u>51</u>
<u>FIGURA 22.</u>	<u>RATIO DIFUSA MENSUAL.....</u>	<u>51</u>
<u>FIGURA 23.</u>	<u>RATIO DIFUSA GLOBAL Y TEMPERATURA MEDIA MENSUAL.....</u>	<u>52</u>
<u>FIGURA 24.</u>	<u>CURVA DE DEMANDA POR EQUIPO.....</u>	<u>55</u>
<u>FIGURA 25.</u>	<u>CARACTERÍSTICAS DEL PANEL SOLAR.....</u>	<u>59</u>
<u>FIGURA 26.</u>	<u>FICHA TÉCNICA PARTE 1 DE 2, PANEL SELECCIONADO.....</u>	<u>60</u>
<u>FIGURA 27.</u>	<u>FICHA TÉCNICA PARTE 2 DE 2, PANEL SOLAR.....</u>	<u>61</u>
<u>FIGURA 28.</u>	<u>BATERÍAS PLOMO ACIDO.....</u>	<u>66</u>
<u>FIGURA 29.</u>	<u>BATERÍAS DE LITIO.....</u>	<u>66</u>
<u>FIGURA 30.</u>	<u>BASE PARA LAS BATERÍAS.....</u>	<u>67</u>
<u>FIGURA 31.</u>	<u>FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA.....</u>	<u>68</u>
<u>FIGURA 32.</u>	<u>INVERSORES.....</u>	<u>70</u>
<u>FIGURA 33.</u>	<u>DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE INFISOLAR HIBRIDO.....</u>	<u>70</u>

<u>FIGURA 34.</u>	<u>FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR INFISOLAR HIBRIDO</u>	<u>71</u>
	<u>FUENTE: (AUTOSOLAR, INFINISOLAR).....¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u>	
<u>FIGURA 35.</u>	<u>PROTECCIONES.</u>	<u>72</u>
<u>FIGURA 36.</u>	<u>CALIBRE DE CONDUCTOR PARA CORRIENTE DC</u>	<u>73</u>
<u>FIGURA 37.</u>	<u>CALIBRE DE CONDUCTOR PARA CORRIENTE DC</u>	<u>74</u>
<u>FIGURA 38.</u>	<u>CALIBRE DE CONDUCTOR PARA CORRIENTE AC</u>	<u>75</u>
<u>FIGURA 39.</u>	<u>INVERSIÓN EN 25 AÑOS</u>	<u>78</u>
<u>FIGURA 40.</u>	<u>BOSQUEJO EN AUTOCAD ESQUEMA ARQUITECTÓNICOS.....</u>	<u>81</u>
<u>FIGURA 41.</u>	<u>FICHA TÉCNICA DE LA ESTRUCTURA PARA PANEL SOLAR EN TEJADO.</u>	<u>82</u>
<u>FIGURA 42.</u>	<u>FICHA TÉCNICA MODELO DE INSTALACIÓN.....</u>	<u>83</u>
<u>FIGURA 43.</u>	<u>DIAGRAMA UNIFILAR EXISTENTE. FUENTE: (AUTORES)</u>	<u>84</u>
<u>FIGURA 44.</u>	<u>DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....</u>	<u>86</u>
<u>FIGURA 45.</u>	<u>RESIBO DE LUZ PERTENECIENTE A LA CORRALEJA FINCA EL COMEDERO.</u>	<u>88</u>
<u>FIGURA 46.</u>	<u>TARIFAS ESSA 2020.....</u>	<u>89</u>
<u>FIGURA 47.</u>	<u>CALCULO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA Y COSTO DE FACTURACION:</u>	<u>91</u>
<u>FIGURA 48.</u>	<u>RETORNO DE LA INVERSIÓN CON CONSUMO ACTUAL NETO.....</u>	<u>91</u>
<u>FIGURA 49.</u>	<u>RETORNO DE INVERSIÓN PARA EL SISTEMA EXISTENTE</u>	<u>92</u>

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

<u>FIGURA 50.</u>	<u>RETORNO DE INVERSIÓN APLICANDO EL CONSUMO DE LAS CARGAS FUTURAS</u>	<u>92</u>
<u>FIGURA 51.</u>	<u>DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA PROPUESTO.....</u>	<u>96</u>

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA 1.</u>	<u>CHECKLIST</u>	<u>40</u>
<u>TABLA 2.</u>	<u>CUADRO DE CARGAS EXISTENTE DE LA CORRALEJA:</u>	<u>53</u>
<u>TABLA 3.</u>	<u>HORAS DE CONSUMO DE ENERGÍA AL DÍA DE LA CORRALEJA EN COMEDEROS.</u>	<u>54</u>
<u>TABLA 4.</u>	<u>RESUMEN DE CONSUMO ACTUAL MES</u>	<u>56</u>
<u>TABLA 5.</u>	<u>RESUMEN DE CONSUMO CON CARGAS FUTURAS</u>	<u>56</u>
<u>TABLA 6.</u>	<u>CONSUMO ENERGÉTICO ESTIMADO</u>	<u>57</u>
<u>TABLA 7.</u>	<u>ELECCIÓN DE PANELES SOLARES.</u>	<u>58</u>
<u>TABLA 8.</u>	<u>LATITUD, LONGITUD Y ÁNGULO OPTIMO PVGIS-NSRDB.....</u>	<u>62</u>
<u>TABLA 9.</u>	<u>DATOS PEOR MES IRRADIACIÓN SOLAR</u>	<u>63</u>
<u>TABLA 10.</u>	<u>DATOS BATERÍA.....</u>	<u>65</u>
<u>TABLA 11.</u>	<u>LA TABLA DE POTENCIAS NOMINALES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.</u>	<u>69</u>
<u>TABLA 12.</u>	<u>RESUMEN DE CÁLCULOS.</u>	<u>69</u>
<u>TABLA 13.</u>	<u>DATOS DE INVERSORES:</u>	<u>70</u>
<u>TABLA 14.</u>	<u>PROTECCIONES.</u>	<u>72</u>
<u>TABLA 15.</u>	<u>CONDUCTORES SELECCIONADOS</u>	<u>76</u>

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

<u>TABLA 16.</u>	<u>CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA</u>	<u>77</u>
<u>TABLA 17.</u>	<u>COTIZACIÓN PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO.....</u>	<u>78</u>
<u>TABLA 18.</u>	<u>COSTOS DE OPERACIÓN.</u>	<u>79</u>
<u>TABLA 19.</u>	<u>COSTOS DE MANO DE OBRA.....</u>	<u>79</u>
<u>TABLA 20.</u>	<u>INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO.....</u>	<u>80</u>
<u>TABLA 21.</u>	<u>NECESIDAD ENERGÉTICA SUPLIDA POR EL OPERADOR.....</u>	<u>90</u>
<u>TABLA 22.</u>	<u>CALCULO FOTOVOLTAICO PARA SISTEMA EXISTENTE.</u>	<u>90</u>
<u>TABLA 23.</u>	<u>. DATOS GENERALES DE MOTORES TRIFÁSICOS ASINCRÓNICOS CON ROTOR EN CORTOCIRCUITO</u>	<u>94</u>
<u>TABLA 24.</u>	<u>RESUMEN DE CONEXIÓN DE 9 PANELES EN SERIE:</u>	<u>97</u>

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene como fin reemplazar el consumo de una instalación existente, por una instalación fotovoltaica renovable permitiendo abastecer la demanda existente y proveer una carga mayor para consumos futuros, aplicados a la ganadería en la zona; el ahorro sostenible en el municipio de Zapatoca Santander aun no es muy convincente para la gente de la vereda, por los altos costos de implementación del sistema, los implementos de la instalación ,y la desconfianza de que el sistema cumpla con lo requerido por la finca el comedero.

Nuestro propósito como estudiantes de la Universidad Unidades Tecnológicas de Santander, es realizar los estudios pertinentes para calcular el sistema que la finca el comedero requiere para la demanda energética proveniente de una corraleja perteneciente a esta finca y en la cual se cumple una labor de ordeño en altas horas de la madrugada, para lo cual se hará selección de los equipos requeridos e indicados para el funcionamiento del sistema fotovoltaico que cumpla con un presupuesto asequible que garantice el cumplimiento de la producción que allí se realiza.

PALABRAS CLAVE. Estudio, fotovoltaico, Finca Ganadera, Zapatoca.

INTRODUCCIÓN

Las energías alternativas o renovables como se conocen comúnmente, se establecieron con el fin de darle un respiro al medio ambiente que se venía afectando considerablemente por la contaminación que se genera con los métodos convencionales como las fuentes hídricas, debido a sus represas; la explotación de productos fósiles, debido a la explotación del suelo, entre otros; y es por esta razón que implementar un sistema de energía renovable no solo aporta un beneficio significativo al medio ambiente, sino que también con el pasar del tiempo dará un respiro económico a aquellas personas que tengan altos consumos energéticos y lo instalen.

Una de las energías más empleadas a nivel mundial, es la energía fotovoltaica, ya que depende de la luz solar o específicamente de la radiación solar diaria para generar energía mediante módulos conformados por paneles solares que a su vez están constituidos por pequeñas fotoceldas que experimentan un proceso químico, resultando en la generación de energía eléctrica, que se transporta para suplir las necesidades energéticas de los interesados.

Con el pasar de los años estos sistemas son más asequibles que en años pasados, debido a su demanda han disminuido su valor económico, y ha permitido el mejoramiento de las tecnologías, permitiendo así que empresarios, hacendados, colegios y algunos hogares, de Santander, tengan la posibilidad de implementar estos sistemas para su beneficio y el beneficio del medio ambiente.

Se va a emplear una metodología descriptiva para la ejecución del presente desarrollo tecnológico, ya que se pretende realizar un estudio de viabilidad técnica y económica para la implementación de un sistema fotovoltaico que supla un sistema existente y tenga proyección de cargas futuras.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

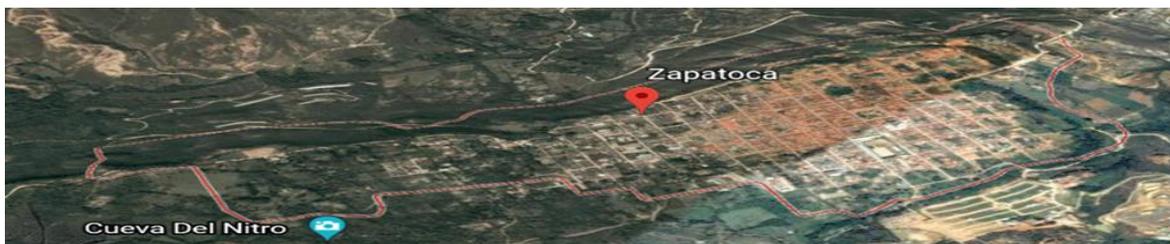
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector ganadero, está en constante desarrollo, la lechería especializada es un tipo de agro negocio basado en la producción de leche, lo cual se hace muy llamativo para las empresas ganaderas; sin embargo existe la preocupación por los costos que tiene el llevar a cabo este sistema, especialmente pese a lo que se ha vivido en los últimos años con respecto a la pandemia mundial de la covid, la cual ha dejado enormes pérdidas en todos los sectores económicos, no siendo este ajeno a la problemática;

En el municipio de Zapatoca se encuentra una propiedad que ha optado por un ahorro progresivo en los consumos, siendo el costo energético su principal, objetivo a minimizar. Este predio tiene una corraleja que cuenta con un sistema de ordeño convencional, el cual se pretende industrializar a futuro, lo cual generaría un costo abrupto en la factura eléctrica mensual.

Se busca con el presente proyecto dar una solución a la corraleja ubicada en la finca El Comedero, en la vereda Montenegro en el municipio de Zapatoca en la vía hacia municipio de Galán. En la cual se implementaría un sistema energético renovable en remplazo del sistema convencional existente.

Figura 1. imagen del municipio de Zapatoca.



Fuente: (google maps).

Según (Martin, 2020) gracias a la implementación de las energías convencionales, la agricultura se ha elevado más del triple desde el año 1968 hasta hoy. Lo que ha llevado a industrializar procesos en la agricultura en vista de la globalización, en la mayoría de las hectáreas existentes de regadío a nivel mundial, en el 94% es utilizado el método del riego por gravedad, y el 6% es utilizado por el riego por aspersión o goteo; en la industrialización de la agricultura muchos países optan por agilizar los procesos, uno de estos más claros ejemplos es España en donde el 70% de las 3.4 millones de hectáreas de regadío, existentes se riegan con el método de aspersión mientras que el 30% restantes utilizan el método tradicional por gravedad.

Según (Agronet, 2019) la principal diferencia entre un equipo solar y un sistema de riego convencional es el coste energético cero. la energía que usamos de sistemas convencionales para mover el agua de una parte inferior a una parte superior, es ahora remplazada por la energía tomada del sol, esta energía la convertimos en energía eléctrica a través de paneles solares. En el caso del riego se requieren baterías de alta capacidad y larga duración.

Según (Celsia, 2018) Colombia, uno de los países más privilegiados, en recurso solar, u horas de sol en comparación con otros países como Alemania, en Colombia el promedio de la radiación es de 4.5KWH/m² en el transcurso del año, superando la media mundial es de 3.9KWH/m²/d.

Las zonas más favorecidas con este brillo son el pacifico, costa atlántica región central y Orinoquia.

Santander es el segundo departamento a nivel nacional que cuenta con más de 1859 de ganaderos distribuidos en 14 municipios y cuenta con 11.808 ganaderos a nivel nacional distribuidos en 15 departamentos. (Fedegan y Areandina, 2021).

Antes en las fincas ganaderas cuando no había un suministro de energía eléctrica o cuando la red eléctrica fallaba mucho, se tenía que suplir con otros medios de generación por medio de diésel o calderas de gasolina. Hoy en día se puede suplir con las energías renovables aprovechando los recursos del ecosistema como el sol, el viento, etc. (Contextoganadero, 2021)

Por estar Zapatoca a una altura considerable las incidencias de los rayos solares favorecen la generación de energía al sistema fotovoltaico en comparación con otros municipios.

Como se ha mencionado con antelación, para el presente proyecto surge como pregunta de investigación: ¿Cómo elaborar un estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema de energía eléctrica renovable, que pueda ser utilizado en una aplicación enfocada al ordeño de bovinos en una finca localizada en el municipio de Zapatoca Santander?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Colombia está avanzando en cuanto a la implementación de las energías renovables, especialmente la energía fotovoltaica, por lo que para Zapatoca ser uno de los primeros municipios en la ejecución de un sistema alternativo, promueve en su desarrollo tecnológico, social, y cultural, que aporta innovación ahorro y fuente de empleo a la comunidad

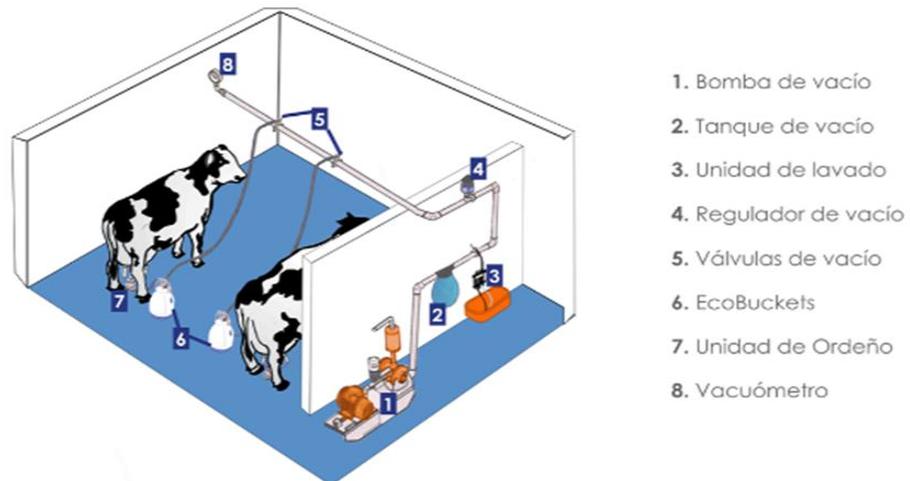
Este estudio y diseño constará en suplir la demanda energética existente en la corraleja, utilizando un sistema de energía alternativa, promoviendo el ahorro del consumo energético en la facturación eléctrica a mediano o largo plazo a partir del momento de su instalación. Se considera que el costo de su facturación eléctrica es un poco elevado, ya que actualmente se paga alrededor de \$124.000 pesos colombianos netos mes con un subsidio del 15% por estratificación, por una hora de funcionamiento de la pica pasto día, y 3 horas y 30 minutos al día, de iluminación led e iluminación fluorescente compacta que constituyen un total de 12 bombillos de 60 W en el corral. Un inconveniente del sistema actual es que en ocasiones cuando hay tormenta por ser zona rural se mueven mucho las líneas de red eléctrica, presentando cortes de energía parciales, raramente temporales, y en ocasiones fluctuaciones energéticas que impiden el abastecimiento de la demanda energética de la corraleja, posponiendo el desempeño de la labor de ordeño manual de bovinos, por cuestiones higiénicas y de seguridad a sus trabajadores. Para la corrección de este problema sé ha optado por un método de energía fotovoltaica off grid, ya que la demanda de iluminación de la corraleja es en un período determinado de tres horas y media diarias que es el tiempo que dura el ordeño de bovinos, cuya realización es en horas de la madrugada, por otra parte, como ya se ha mencionado anteriormente, en ese mismo lugar se requiere a su vez darle funcionamiento a la maquina picadora de pasto que tiene un motor trifásico de tres caballos y un funcionamiento de una hora diaria, sé pretende que a lo largo del tiempo hayan cargas futuras.

En el estudio y diseño del sistema eléctrico fotovoltaico se estima una reserva de potencia eléctrica de 3000W para cargas futuras que van hacer implementadas en un sistema de ordeño mecánico, e iluminación por si se requiere. En la actualidad se está ordeñando un promedio de 73 vaca por día a mano con un personal laboral de 6 obreros y una producción de 500 litros, en un tiempo de 3 horas. La idea de implementar a futuro el sistema de ordeño es obtener una mejor productividad y calidad del producto.

Según la empresa (AGRI-LAC) ofrecen equipos de descarga directa a cubo, siendo un sistema muy práctico y portátil. Este sistema se llama ECOBUCKET, que se puede distribuir en varios puestos de ordeño según sea el criterio.

También ofrecen equipos fijos para salas de ordeños para grandes lecherías, tales equipos como: aula de ordeño brete a la par, aula de ordeño tándem, aula de ordeño espina de pescado.

Figura 2. sistema de descarga directa para un ordeñadero de dos puestos con ecobucket.



Fuente: (agri-lac, 2018)

la invitación de la realización de este estudio es importante para las Unidades Tecnológicas de Santander, debido a que es un proyecto enfocado a el estudio y aplicación de las energías alternativas en Santander, demostrando la confiabilidad por parte de los empresarios ganaderos y agricultores, en la Universidad y sus estudiantes UTS.

Colombia es un país rico en recursos naturales, recursos que se pueden aprovechar sin dar afectación al medio ambiente, uno de esos recursos es la energía solar aplica en diversas zonas del país implementando el autoconsumo urbano tanto rural y aplicada en diversas funciones, en ese caso es aplicada al sector productivo de la ganadería permitiendo un buen servicio energético y el autoconsumo. (Plata, 2016).

Los países cada día se encuentran en un total crecimiento y desarrollo, y a su vez incrementa la demanda del consumo energético y Colombia no es la excepción. Pero que también afecta en el medio ambiente, la parte social y económica. Colombia es un país con mucha radiación solar y es un recurso que se puede aprovechar al máximo, pero falta mucha más incentiva por parte de la sociedad gubernamental. (Gómez et al.,2017)

En la actualidad en Colombia se encuentra mucha población que carece de un servicio eléctrico, esto se debe a que son zonas muy remotas y el costo de la conectividad a un servicio eléctrico no es rentable para las empresas distribuidoras de servicios y mucho más cuando no hay un apoyo gubernamental. (Franco et al., 2007).

La mayor parte de la producción en Colombia depende del consumo de energía eléctrica, cada día el consumo es mayor y es reto tanto para el país como a nivel mundial, es cada día mayor mantener el abastecimiento y se ha implementado un uso mayor de energías no renovables. (Rodríguez, 2018)

El mundo va cambiando y con ello va la globalización, formando un desarrollo tecnológico supliendo las necesidades energéticas y de las personas que aún no cuentan con servicio, el desarrollo de estas nuevas tecnologías como la fotovoltaica ayudara para lograr el suministro energético en zonas remotas. (Cote, 2017)

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio, diseño y análisis de viabilidad económica de un sistema de energía alternativa fotovoltaica mediante un sistema off grid de potencia superior a. 1000 W, y estimación de la factibilidad, para ser aplicado en el sector ganadero en zona rural del municipio de Zapatoca Santander.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio de cargas para determinar la carga que demanda actualmente la corraleja en la finca el comedero en Zapatoca, y así hacer la recomendación pertinente del sistema fotovoltaico que más convenga y se ajuste a esta necesidad sea on grid u off grid.
- Realizar el diseño de un sistema fotovoltaico, que se ajuste a los requerimientos energéticos, y la proyección de sus cargas, para beneficio económico del propietario de la corraleja.
- Seleccionar los equipos adecuados para implementar el sistema FV que suministre la energía para los procesos de producción descritos por medio de un análisis a pequeña escala del mercado actual.

- Realizar un estudio de viabilidad financiera del sistema proyectado para la decisión sobre su implementación.

1.4. ESTADO DEL ARTE

Hoy en día, temas como el calentamiento mundial y el uso racional de energía, ha venido concientizando a las personas a ver otros medios de energía para ir mitigando el uso de combustibles fósiles, entonces es necesario un incremento de energías renovables que reduzcan en gran parte el consumo de combustibles fósiles. Países que se encuentran en la zona ecuatorial como Colombia son países muy ricos en energía solar y es un recurso que se puede explotar masivamente, implementando avances tecnológicos y productividad a gran escala y con ello que vallan de la mano con la realización de proyectos hasta el punto que la mayor parte de energía del país sea energías renovables. (Barrera y Castilla, 2018)

Según estudios realizados en Colombia por la UPME, el país tiene una cobertura energética del 95,6% en el año 2012 y el 1,7% con cobertura aislada. La producción energética en el país, como la combustión de combustibles, biomasa, y las emisiones fugitivas hacen referencia a producción del 37% y solo aportan un 23,2% de energía en el país.

En Colombia existen diversas alternativas de energías renovables que garantizan un suministro rentable para el país y con los sitios medioambientales aceptables, de todos los recursos renovables que cuenta el país, el de mayor importancia viene siendo el de energía solar ya que cuenta con una disponibilidad elevada de radiación en casi todo el país. (Vanegas at al., 2015)

La energía eléctrica hoy en día es indispensable en todas las regiones del mundo, que va de la mano con el desarrollo y la globalización mundial. Colombia es un país

rico en fuentes hídricas, por lo tanto, la mayor parte de generación eléctrica en el país es a base de represas de agua reteniendo gran parte del agua que deberían fluir por sus cauces. En temporadas de verano en algunas partes del país se alcanzan a ver afectadas algunas represas hídricas y a su vez algunas poblaciones aguas abajo que dependen del cauce del río.

Colombia es un país que ya está tomando conciencia respecto a energías renovable, pero todavía les falta ese auge en el tema renovable que son las mejores fuentes que van junto con la preservación del medio ambiente, entre las energías renovable, se encuentran la más conveniente para utilizar en Colombia que es la energía solar. Ya que el país se encuentra en la línea del ecuador, siempre va a tener radiación solar todos los días del año. (Pinzón, 2016).

Colombia es un país con desarrollo de actividades de ganadería prácticamente en todo el país y se ha desempeñado en su productividad siendo cuestionada fuertemente en la parte productiva y ambiental con el fin de que llegue a un equilibrio a un nivel tecnológico aceptable y sostenible en todos los puntos económicos y ambientales para un buen desarrollo. (Ruiz y Janica, 2012)

La ganadería en Colombia es un sector económico alto en el tema de exportación, enfrenta un alto nivel competitivo por el tratado de libre comercio con otros países exportadores, esto hace que los productores o ganaderos sean más exigentes en el tema de la productividad para estar en la eficacia competitiva por las exigencias del mercado internacional. (Archila et al., 2015).

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO HISTÓRICO

El físico Alexandre Edmond Becquerel en 1839 al experimentar con una pila electroquímica llevando en su composición electrodos de platino, descubrió el efecto fotoeléctrico, en la que se manifestó un aumento de corriente como consecuencia de la exposición a la luz solar.

Pero hasta el año 1883 fue diseñada y creada la primera celda solar con una eficiencia del 1% por Charles Fritts, utilizando el selenio (Se) como semiconductor cubierto con una capa delgada de oro (Au)

Hoy en día la predecesora de las celdas solares fue elaborada y patentada por Russell Ohl en 1946 y ya manejaba como semiconductor el silicio (Si) y en 1954 se elaboraron celdas más modernas.

En 1957 aparecieron las primitivas celdas comerciales que fueron implementadas en los satélites espaciales por la Unión Soviética y los Estados Unidos.

En finales de los años 70 y principios de los 80 ya se ve implementada la energía solar fotovoltaica en granjas y áreas rurales. Y en el año 1994 fue realizada la primera conferencia mundial fotovoltaica en Hawái. Cada día la producción de energía fotovoltaica va aumentando hasta llegar una producción al año 2017 de 300 GW instalada en todo el mundo. (Fernández, 2017).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

El consecuencia fotoeléctrico, se caracteriza por la creación de una corriente eléctrica entre dos materiales diferentes que entran en contacto y quedan expuestos a la radiación solar, posteriormente a la radiación electromagnética, creándose energía eléctrica por medio de células fotovoltaicas de (Si)puro con la adición de impurezas de otros elementos químicos a partir de estos las células empiezan a generar electricidad en corriente continua (CC), utilizando la luz solar como fuente,

el (si) es un material semiconductor en el que su comportamiento depende si la fuente externa lo excita o no.

El efecto fotovoltaico inicia cuando un fotón sacude un electrón en la órbita final del átomo (Si). Este último electrón se llama electrón de valencia y toma la energía a medida que el fotón anda y el fotón se convierte en una partícula luminosa de luz.

Si la energía ganada por el electrón supera la fuerza gravitacional (energía de valencia) del núcleo, éste deja su órbita y el átomo queda libre y por tanto puede pasar por el material para ser (Si), de modo que para que este fenómeno surta efecto, la fuerza fotónica requerida golpea con valores de al menos 1,2 eV.

Cada electrón libre deja un agujero detrás hasta que es agarrado por un electrón que sale de otro átomo, y estos movimientos se denominan cargas eléctricas.

Cada movimiento del electrón deja un vacío en la posición anterior, que es ocupado por otro electrón que ha salido de otro átomo y a este movimiento se le llama cargas eléctricas.

En las celdas solares tradicionales el campo eléctrico derivado por la unión PN es de 0,5 V, lo cual quiere decir que una parte del material excede de electrones o cargas negativas, mientras la parte restante carece de estos, y se dice que viene siendo cargas positivas.

El núcleo mantiene una fuerza gravitacional, si el electrón aumenta su energía de valencia, abandona su órbita y es capaz de pasar a través del material.

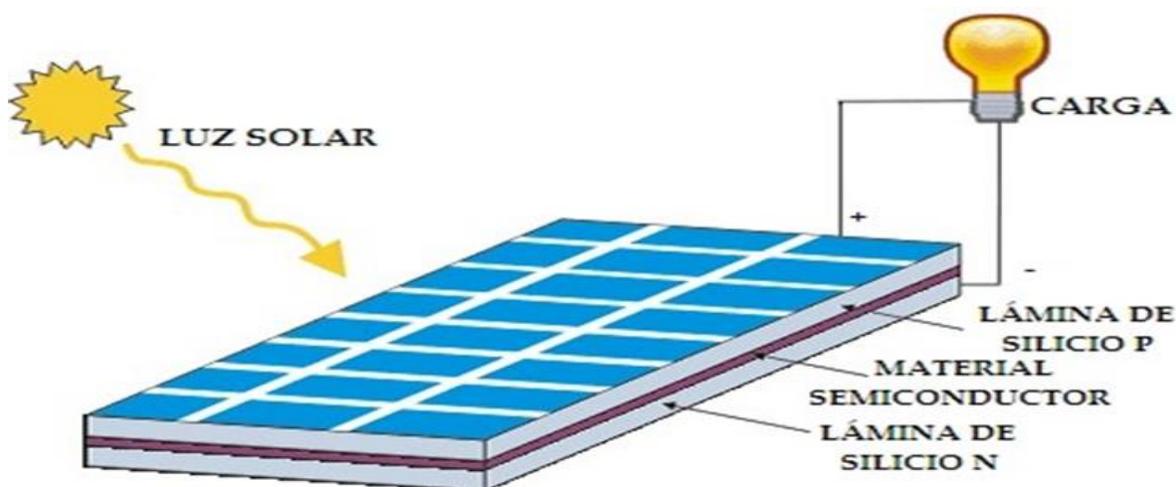
Los materiales semiconductores tienen una energía muy pequeña proveniente de los fotones que les consiente liberar electrones de sus átomos, esta banda de fotones recibe el nombre de (gap). No todos los electrones están separados por fotones, esto se debe a la pérdida de energía al pasar por el material, esta pérdida se produce en el momento del choque. En donde los fotones pierden demasiada energía para mover un electrón.

Cuando decimos que hay pérdidas por reflexión, nos referimos a los fotones cuando atraviesan la lámina del material sin chocar con los electrones ni los reflejados.

Estas pérdidas son inevitables porque el tratamiento superficial de la célula

fotovoltaica con tratamientos anti reflectantes no producirá el efecto fotovoltaico.
(Planes, 2015, 2020).

Figura 3. funcionamiento de un panel solar



Fuente: Konradlew, Blogger. (2012).

Cobro de energía eléctrica según el excedente:

Según Barbera (2013) menciona que la energía que se consume en un sistema fotovoltaico es la energía que se produce instantáneamente para las cargas menores, si no hay consumo y el sistema es mixto y está respaldado por baterías esta energía se almacena para posteriormente ser utilizada, si sobrepasa las cargas de la batería o si en su defecto las baterías ya están cargadas la energía es inyectada a la red, esta energía inyectada recibe una compensación económica menor al cobro de factura según la regulación planteada en cada país.

Inversores:

El inversor convierte el voltaje de la corriente continua a un voltaje de salida de corriente alterna con una tensión y frecuencia de acuerdo a la necesidad. De esta

manera la energía proveniente de los paneles solares puede ser inyectada a la red eléctrica o en las baterías. Los inversores más eficientes tratan de alcanzar la onda senoidal en la entrada del transformador. (Energía y Network, junio, 2018).

Caja de protecciones:

La caja se encarga de proteger la instalación eléctrica de un cortocircuito, conteniendo en su interior todas las protecciones y conexiones necesarias para el funcionamiento del sistema. (Barbera, 2013).

Puesta a tierra:

delimita el voltaje que puede dañar el equipo, y bloqueos que nunca pueden ocurrir en su presencia. Asegurándose de activar las protecciones. (Barbera, 2013).

Baterías:

Este dispositivo se encarga de acumular la energía proveniente de los paneles fotovoltaicos para su posterior uso en días nublados o cuando el consumo supere la carga generada, se encuentran en variedad, las más comerciales son gel, plomo ácido, litio, entre otras; las más usuales son las baterías húmedas, secas clasificadas según su capacidad en Amperios hora (Ah) (Twenergy, 2019).

Controlador de carga:

Encargado e controlar la carga y descarga de la barteria, su instalacion se realiza entre el panel y la bateria.

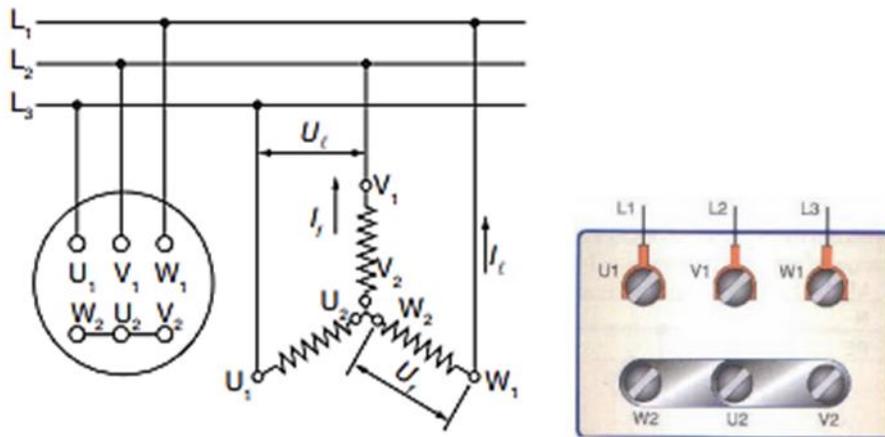
El regulador solar MPPT o controlador MPPTpermite lograr la máxima potencia de los paneles solares esforzandolos a trabajar siempre en el punto de máxima potencia. (AutoSolar, 2019)

corriente de arranque de las maquinas rotativas:

i. conexión estrella

En la conexión estrella, la corriente de fase es igual a la corriente de línea ($I_F=I_L$) y la tensión aplicada de fase es igual a la tensión de línea sobre raíz de tres. $V_F=V_L/\sqrt{3}$

Figura 4. : diagrama conexión estrella

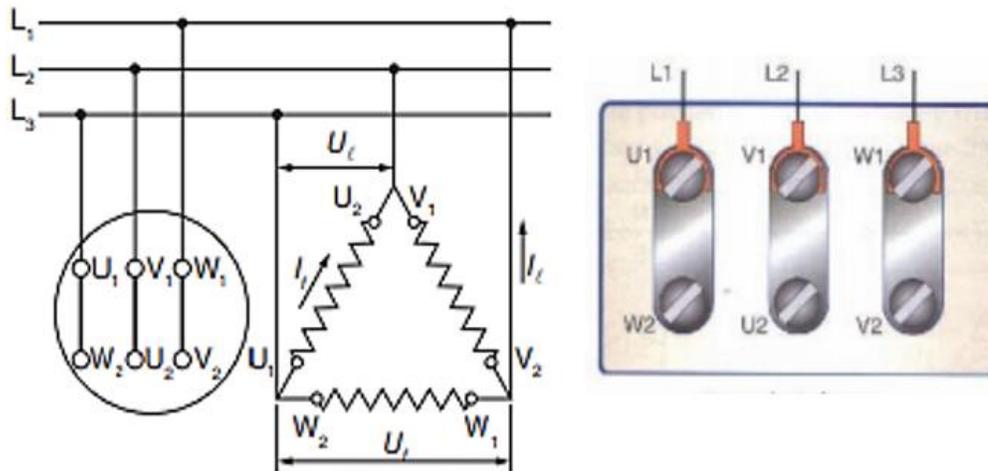


Fuente: (Motores eléctricos)

i. CONEXIÓN TRIÁNGULO

En la conexión triángulo, el voltaje de fase es igual al voltaje de línea ($V_F=V_L$) y la corriente de fase es igual a la corriente de línea sobre raíz de tres. $I_F=I_L/\sqrt{3}$

Figura 5. diagrama conexión triángulo



Fuente: (Motores eléctricos)

La relación sobre la corriente de arranque es de 5 a 7 veces mayor a la corriente nominal. (Motores eléctricos).

Mantenimiento en el sistema propuesto:

mantenimiento correctivo:

Es un proceso de corregir una situación, realizado después de una avería o problema en cualquier parte del mismo, con el propósito es recrear su función. Se usa cuando es imposible predecir o prevenir fallas, el mantenimiento correctivo queda como única opción. esta labor sera desarrollada por una empresa externa especializada.

Mantenimiento preventivo:

El mantenimiento preventivo es lo mismo que la atención primaria.

El propósito es prevenir o reducir las secuelas de una falla o mal funcionamiento del sistema del aparato, evita los eventos antes de que sucedan.

Este plan de mantenimiento permite identificar fallas recurrentes y reducir daño por interrupción, aumenta la vida útil del equipo, reduce los costos de reparación, identifica las debilidades de la instalación a partir de la larga lista de ventajas, la norma NTC 114 aconseja hacer este mantenimiento como mínimo una vez al año para todos los equipos que componen la instalación, la empresa que realice la instalación deberá tener una lista de chequeo que haga cumplir lo que exige el retie para estas instalaciones especiales.

Mantenimiento predictivo:

El pronóstico se basa en determinar la situación del sistema funcionamiento, es decir, se basa en sistemas que ya han emitido algún tipo de aviso de fallo, por lo tanto, este programa de mantenimiento intenta comprender los señales, entonces actúa.

En la previsión de mantenimiento, las pruebas no destructivas se suelen realizar como punto de referencia. Vibración, medición de temperatura, termómetro, intensidad, voltaje, etc. (Campos, M. 2012)

Análisis financiero

el contexto financiero debe juzgarse cualitativa y cuantitativamente sin embargo, existen pros y contras de asignar recursos a un plan de estudio y diferentes criterios de evaluación para un proyecto, de hecho es importante poder hacer suposiciones y supuestos válidos en la que el proyecto este inmerso y rendir utilidad u beneficio. (Tiberti, 2016).

2.3. MARCO TEÓRICO

Los paneles solares están clasificados según la pureza de los elementos que los componen, por lo general son fabricados en silicio; que es un material semiconductor muy utilizado en la tecnología fotovoltaica gracias a sus propiedades semiconductoras y su abundancia en la corteza terrestre siendo el segundo material más abundante después del oxígeno, es necesario aclarar que no siempre se encuentra en estado puro, por lo que es necesario procesar en el laboratorio para alcanzar su más alta pureza.

El (SiO₂) puede convertirse en monocristalino o silicio policristalino por medio de un proceso de transformación.

Para la fabricación de los paneles solares monocristalinos se utilizan los lingotes cilíndricos de silicio de alta pureza, cortados en finas laminas con puntas redondeadas que son unidas para conformar la célula fotovoltaica.

Los paneles de silicio monocristalinos cuentan con la mayor eficiencia aproximada al 20% y rendimiento especialmente en los lugares más nublados y a bajas temperaturas gracias al aumento del vatio KWh/KW ofreciendo una mayor potencia por superficie.

Los paneles de silicio policristalinos son menos eficientes que los monocristalinos con una eficiencia promedio aproximada al 17 % y su ratio es menor, lo que lo hace muy mala opción para climas nublados, pero gracias a su capacidad de soportar mayores temperaturas es ideal para climas calientes, su fabricación es más económica que la del monocristalino su lingote tiene una forma cuadrada y su color es azulado no uniforme gracias a un conglomerado de cristales de silicio. (Arguilaga et al.,)

Figura 6. lingotes de silicio



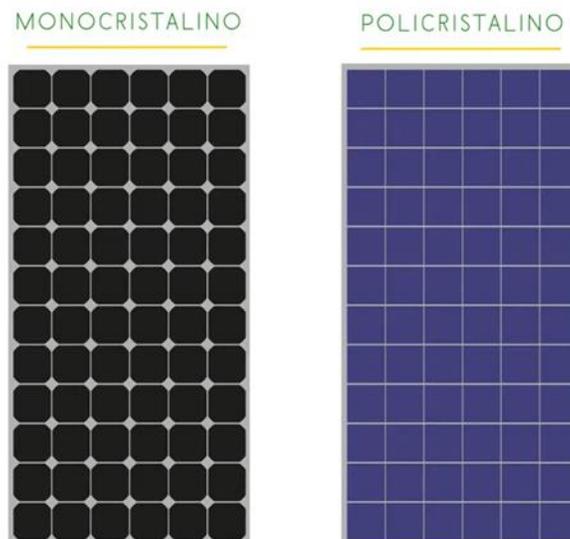
Silicio policristalino



silicio monocristalino

Fuente: (Arguilaga, et al.,)

Figura 7. Panel Monocristalino y Policristalino



Fuente: (AutoSolar)

2.3.1. TIPOS DE CÉLULAS DE SILICIO

- Células de silicio amorfo

Para la elaboración de este tipo de célula, el (Si) en su evolución genera un gas que se implanta en la lámina de vidrio y el resultado de la celda viene siendo de un gris muy oscuro.

Ventajas

- trabaja con poca luz, inclusive en días con nubosidad.
- tecnología económica.
- se acoplan en soportes rígidos o flexibles.

Desventajas

- bajo rendimiento en días muy soleados.
- las células se deterioran mucho más rápido con el tiempo.

- Células de silicio monocristalino.

En la elaboración de este tipo de célula, el (Si) fundido cuando es enfriado se solidifica formando una sola pieza grande de cristal, este cristal es cortado en finas capas que dan lugar a las células y tornando un color azul oscuro uniforme.

Ventajas

- Tiene un alto rendimiento.

Desventajas

- Tiene un costo económico elevado.

- Células de silicio policristalino

En la fabricación de este tipo de célula, durante el enfriamiento del (Si) en un molde se crean muchos cristales. La fotocélula es de un azul claro, pero no es parejo, se aprecian diferentes colores creados por la variedad de cristales.

Ventajas

- El lingote es mucho más económico en la producción que el monocristalino.

Desventajas

- Bajo aprovechamiento en escenarios de días soleados bajos.

- Células de silicio Tándem

La fabricación de este tipo de célula, es una sobre posición monolítico de dos células separados, mediante la combinación de dos células, una con una capa fina de (Si) amorfo sobre el (Si) cristalino. Este método hace mejorar la efectividad en comparación con las células individuales separadas, siendo microcristalinas, amorfas, u cristalinas.

Ventajas

- Tiene un óptimo rendimiento.
- Tiene mucha más sensibilidad en un extenso rango de longitud de onda.

Desventajas

- Tiene un precio de elaboración muy elevado por la superposición de las dos células.

- Célula multiunión

la fabricación de este tipo de célula es de muy alta eficiencia y solo se desarrollan para aplicaciones especiales, estas células están formadas de capas finas empleando la epitaxia por haz de luz.

Ventajas

- Tiene un óptimo rendimiento.
- Tiene mucha más sensibilidad en un extenso rango de longitud de onda.

Desventajas

- Tiene un precio de elaboración muy elevado
(Arguilaga, et al.,)

2.4. SISTEMA DE CONEXIÓN FOTOVOLTAICA

- Conexión híbrida

La conexión eléctrica híbrida, se hace por medio de los inversores híbridos, permitiendo el uso de la red eléctrica y el uso de baterías. La idea es que el sistema eléctrico fotovoltaico supla toda la demanda de la carga, pero llegando el caso no

supla toda la demanda de la carga, entraría la red eléctrica en funcionamiento a suplir dicha carga, también las baterías no serán recargadas con la red eléctrica sino solo con el sistema fotovoltaico. Y cuando son días óptimos del sistema eléctrico fotovoltaico y hay una oferta mayor de energía que demanda, esa energía adicional se le puede inyectar a la red eléctrica. El inversor híbrido tiene múltiples tipos de conexión tales como:

- **Modo aislado:** es un sistema con baterías, pero en el momento en que las baterías no tienen carga o el sistema fotovoltaico no este ofertando la cantidad de energía demandada, entra en operación la red eléctrica.
- **Modo back-up:** en este modo de conexión, el sistema de baterías se mantiene cargadas constantemente y solo entran en funcionamiento cuando la red eléctrica cae. Cuando las baterías estén en su totalidad de carga, el inversor le empieza a inyectar a la red.
- **Modo autoconsumo:** en este modo de conexión, la energía excedente del sistema fotovoltaico se le puede inyectar a la red o a un sistema de baterías para los respaldos nocturnos, pero cuando se mantiene las baterías cargadas y el excedente va la red es necesario tener un controlador externo.
- **Modo soporte de red:** para este modo de conexión se adapta un valor determinado en la que se adapta la potencia del sistema fotovoltaico para que se mantenga constante y en qué momento debe entrar la red eléctrica, pero es necesario un controlador externo. (AutoSolar, 2021)

- **Conexión on grid**

La conexión on grid, es un sistema que no usa baterías y es conectado a red eléctrica para suplir la demanda energética cuando el sistema fotovoltaico decae o para exportar energía a la red cuando la oferta del sistema fotovoltaico es mayor.

- **Conexión off grid** La conexión off grid, es un sistema que usa baterías y que es independiente de la red. (Solartik, 2020).

3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

La metodología del presente proyecto es de tipo descriptiva con enfoque a un desarrollo tecnológico, ya que es un estudio realizado en campo en el municipio de Zapatoca en donde se pretende implementar un sistema fotovoltaico suplantando uno conectado a red existente.

El interesado en el estudio, nos comenta que uno de sus objetivos a futuro es la innovación, por lo que se requiere pensar en cargas futuras; para lo cual es necesario conocer la carga demandada y observar para ver que acontecimientos ambientales se presentan en la zona.

Como equipo de trabajo en este proyecto ,se tiene claro que nuestro enfoque es cualitativo y cuantitativo por lo que en conjunto se realizara en la finca ubicada en Zapatoca Colombia una checklist en donde se pretende llevar a cabo el proceso de identificar, clasificar, las cargas de una corraleja en esta zona por lo cual se trazarán las fases que compondrán los lineamientos del estudio, en el cual se recolectaran los datos mediante tablas tabuladas, video, fotografía, gráficos, para lo cual se dividirá el proyecto en 8 fases.

3.1. Cronograma de actividades.

Fase1: ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA:

En esta fase es necesario recolectar datos, que permitan establecer un consumo diario de la corraleja en horas/días. Para determinar qué tipo de energía alternativa es la más adecuada para satisfacer las necesidades del cliente.

Fase 2: ESTUDIO GEOGRÁFICO DEL LUGAR EN DONDE SE PRESENTA LA PROBLEMÁTICA (ZAPATOCA) PARA LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA ALTERNATIVA:

En esta fase se estudiará el clima, la temperatura de la zona, las horas solares diarias, la humedad de la zona, para determinar que equipos se deben implementar.

Fase 3: ESTUDIO DE LA CARGA, DEMANDA MÁXIMA DE LA CORRALEJA:

En esta fase se hacen los respectivos cálculos para determinar exactamente el consumo real de la corraleja.

Fase 4: SELECCIÓN DEL SISTEMA A APLICAR:

En esta fase, basados en los conocimientos previos se analizan los equipos a implementar en el sistema referente a sus características técnicas

Fase 5: ESTUDIO DEL PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA:

En esta fase, que va de la mano de la fase 4 se analizara el presupuesto que implica el aplicar calidad, rendimiento, imprevistos presentes en la adquisición de los equipos.

Fase 6: PLANO DEL PROYECTO.

Fase 7: DESARROLLO DISEÑO: UNIFILAR EXISTENTE, Y DE CONEXIÓN, AL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Fase 8: ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD Y RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

En esta fase se planifica, se realizan estudios de viabilidad, de la inversión que se va a realizar, el ahorro que pueda obtenerse implementando el proyecto, la calidad y el gasto en el tiempo de incertidumbre.

Tabla 1. Checklist

LISTA DE CHEQUEO				
ETAPAS	✓ APROBADA	✗ NO APROBADA	JUSTIFICACIÓN	FOTO SI HAY INCONVENIENTE
fase 1	✓			
fase 2	✓			
fase 3	✓			
fase 4	✓			
fase 5	✓			
fase 6	✓			
fase 7	✓			
fase 8	✓			

Fuente: (Autores).

En la tabla número 1, lista de chequeo se registra el cumplimiento de la fase en el tiempo propuesto, si se presentan imprevistos y no fue culminada (foto si presenta inconveniente), o simplemente no se aprueba.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

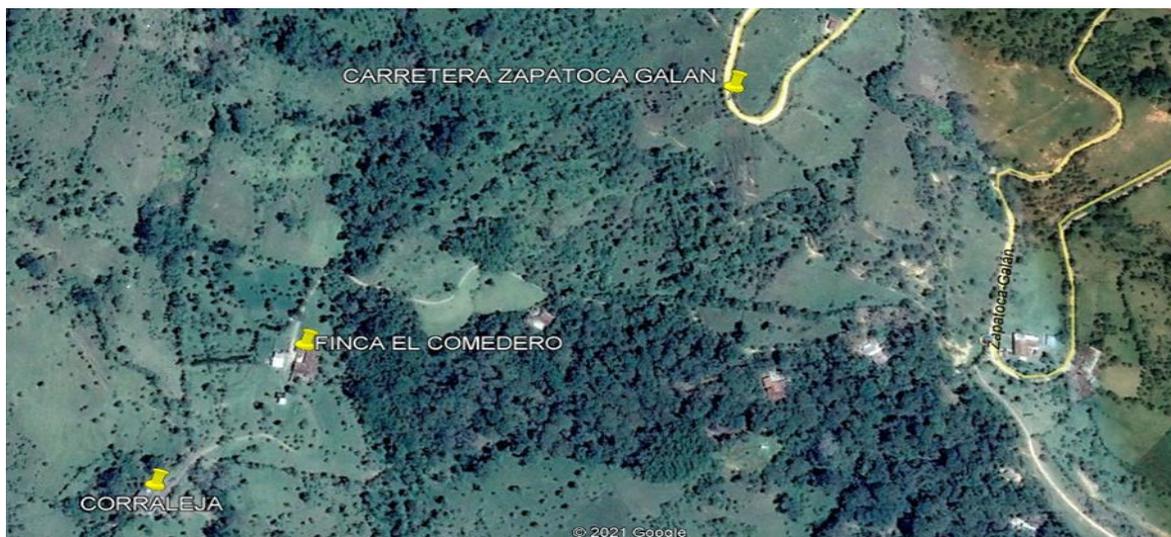
Para la finca el comedero ubicado en el municipio de Zapatoca en Santander, implementar un sistema off-grid, es un avance tecnológico importante, que NO SOLO pretende a futuro hacer un aporte al medio ambiente y su objetivo de ahorro sostenible, sino que da la confianza de sistematizar las técnicas realizadas en la finca, sin la preocupación del gasto que conllevaría el proceso.

Primera fase ejecutada:

4.1. Estudio de la problemática.

El estudio del proyecto iniciará con una visita previa al lugar, que permitirá evaluar las condiciones ambientales y atmosféricas y el estado de la corraleja. A continuación, la ubicación de la finca el comedero.

Figura 9. Imagen de la ubicación finca comedero.



Fuente:(google maps.)

Figura 10. Fotografía Figura de la corraleja.



Fuente: (Autores).

Figura 11. Fotografía lateral de la corraleja



Fuente: (Autores).

Figura 12. Iluminación y tablero de distribución existente



Fuente: (Autores).

Figura 13. Fotografía de la corraleja y su iluminación.



Fuente: (Autores).

Figura 14. Fotografía de la pica pasto en funcionamiento.



Fuente: (Autores).

Figura 15. cargas de pasto para ser procesada



Fuente: (Autores).

Segunda Fase desarrollada:

4.2. Estudió geográfico del lugar en donde se presenta la problemática para la aplicación de la energía alternativa.

Zapatoca es un municipio que combina muchos climas desde el frío cerca a sus cordilleras más altas hasta climas más cálidos. su ambiente es por lo general húmedo, este municipio delimita por el norte con Girón y vetulia, hacia el sur con Galán, hacia el oriente con Girón y la mesa de los Santos, y al occidente con San Vicente de chucuri.

a continuación, las coordenadas de la corraleja ubicada en la finca el Comedero del municipio de Zapatoca.

Figura 16. Coordenadas de la corraleja.

PROYECTO CORRALEJA		
Localizacion	zapatoca/Norte de Santander	
Pais	Colombia	
region	America del sur	
Zona Climatica	mayor mente nublado-humedo.	
latitud	6,748129°	NORTE
longitud	-73,282881	OESTE
msnm	1610	METROS

Fuente: (Autores).

FUENTE : (SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA FOTOVOLTAICA)

4.2.1. CALCULO DEL ANGULO DE DECLINACION DE LA TIERRA

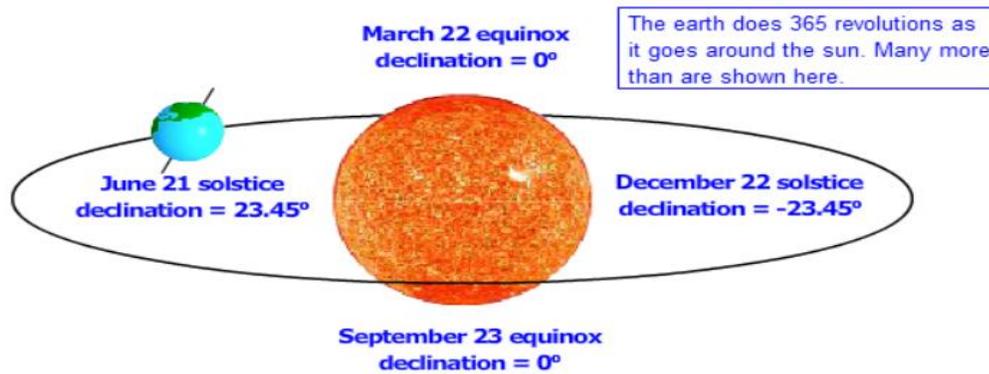


Figura 17. Declinación solar.

Fuente: (pveducation.org)

Este ángulo permite conocer la inclinación relativa respecto a la línea horizontal en relación al sol

Formula:

$$\delta = 0,006918 - 0,399912(\cos \alpha) + (0,070257)(\sin \alpha) - (0,006758) - (\cos 2\alpha) \\ + (0,000907)(\sin 2\alpha) - 0,002697(\cos 3\alpha) + (0,00148)(\sin 3\alpha)(180\pi)$$

$\alpha =$ Posicion angular de la tierra

$$\delta = 0,006918 - 0,399912(\cos 2.8747) + (0,070257)(\sin 2.8747) - (0,006758) \\ - (\cos 2(2.8747)) + (0,000907)(\sin 2(2.8747)) \\ - 0,002697(\cos 3(2.8747)) + (0,00148)(\sin 3(2.8747))(180\pi)$$

$$\delta = 23,38^\circ$$

4.2.2. CALCULO DEL ANGULO HORARIO

Salida del sol:

$$\cos ws = -\tan \emptyset \tan \delta$$

$$\emptyset = \textit{Latitud de Zapatoca}$$

$$\cos ws = -\tan(6,7481) \tan(23,38)$$

$$\cos ws = -0,051154$$

$$ws = 92,93^\circ$$

Puesta del sol:

$$\cos ws' = -\tan(\emptyset - \beta) \tan \delta$$

$$\beta = \textit{Angulo de inclinacion de la superficie}$$

$$\cos ws' = -\tan(6,7481 - 15) \tan(23,38)$$

$$\cos ws' = 0,06269$$

$$ws' = 86,40^\circ$$

4.2.3. Angulo de inclinación optima (β):

ECUACION 2

$$\beta = (3,7 + 0,69) \times \textit{latitud del lugar}$$

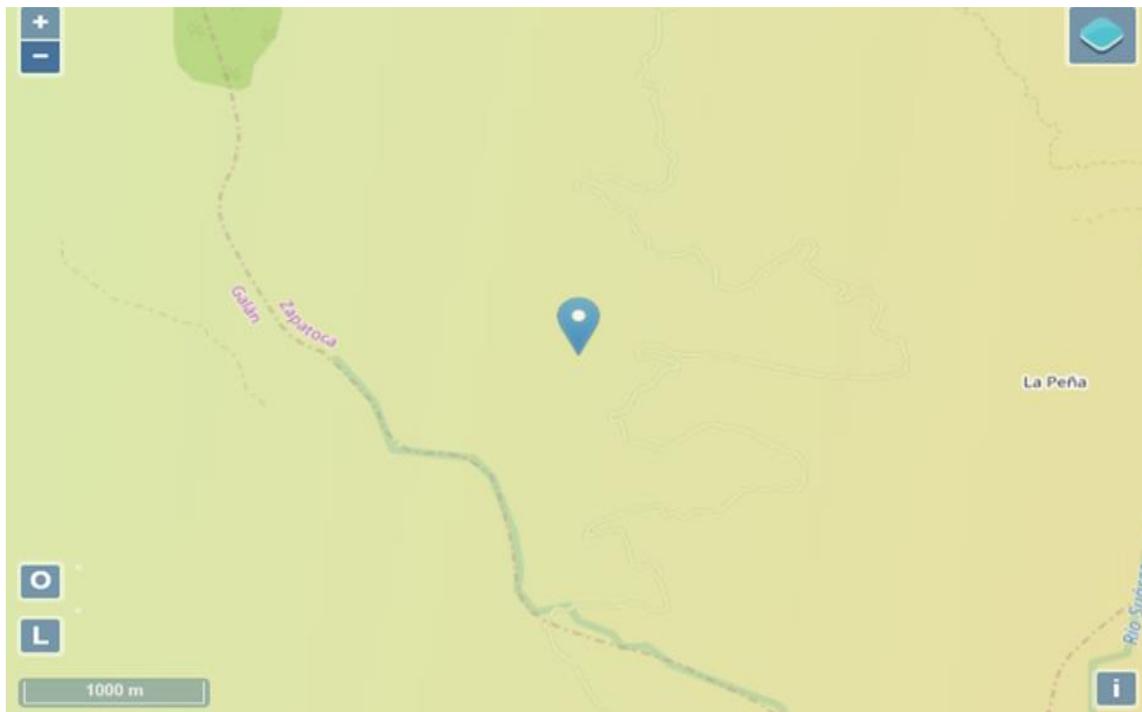
Fuente(pvgis 2019)

Angulo de inclinacion optima Para Zapatoca

$$\beta = (3,7 + 0,69) \times 6.748129^\circ = 29.^\circ 37' 27.43''$$

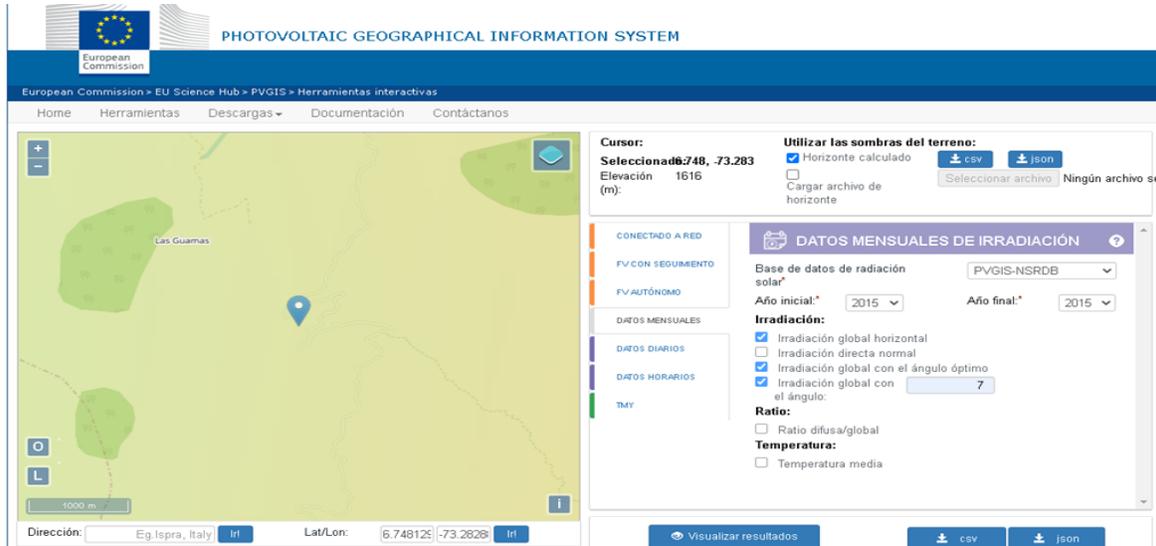
β es el ángulo entre la horizontal y el plano de la superficie del panel fotovoltaico, es recomendable cuando la radiación llegue a ser perpendicular al plano de la superficie del panel.

Figura 18. localización de las coordenadas propuestas.



Fuente: (PVGIS European Union, 2001-2021)

Figura 19. localización y selección de irradiación



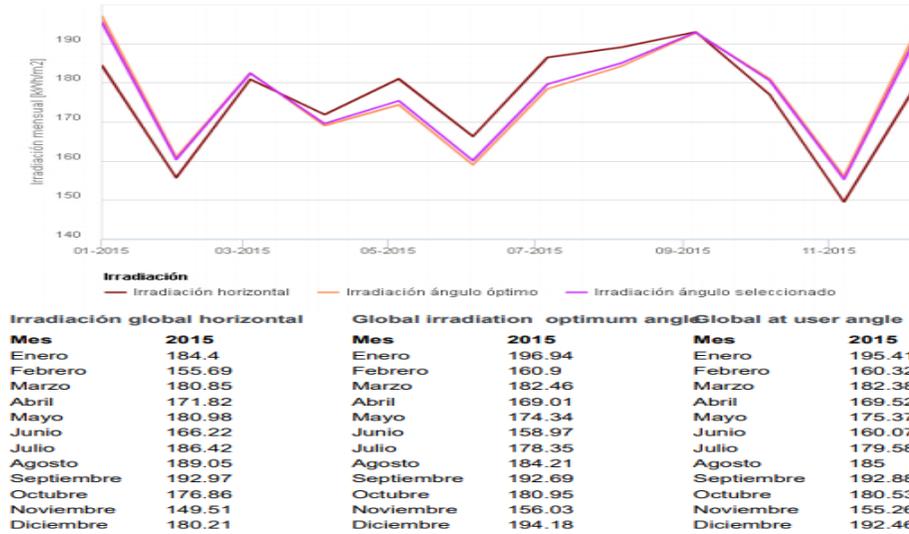
Fuente: (PVGIS European Union, 2001-2021)

Figura 20. datos mensuales de irradiación.



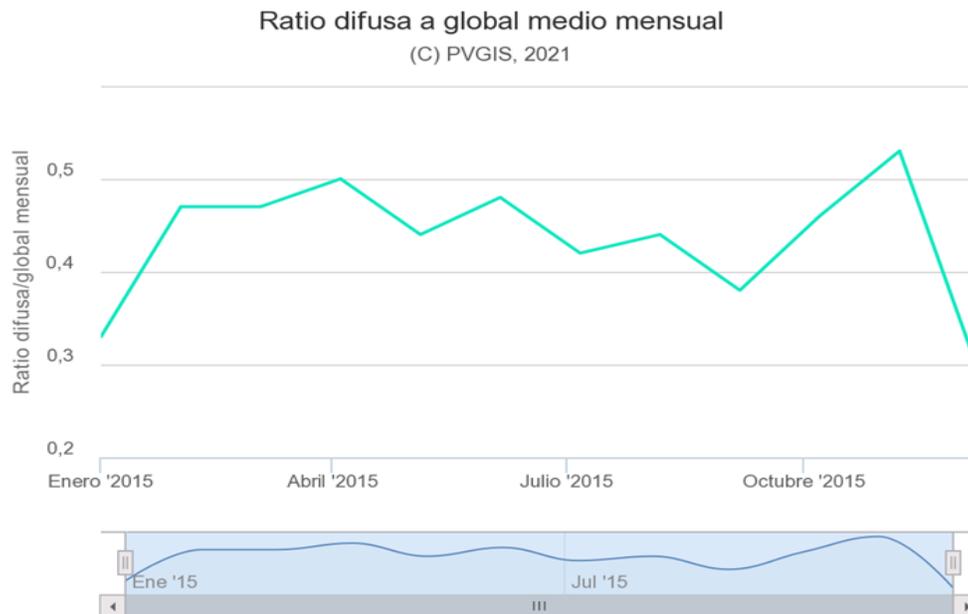
Fuente: (PVGIS European Union, 2001-2021)

Figura 21. irradiación solar mensual.



Fuente: (PVGIS European Union, 2001-2021)

Figura 22. Ratio difusa mensual



Fuente: (PVGIS European Union, 2001-2021)

Figura 23. ratio difusa global y temperatura media mensual.



Ratio difusa a global medio mensual



Ratio difusa/global

Month	2015
Enero	0.33
Febrero	0.47
Marzo	0.47
Abril	0.5
Mayo	0.44
Junio	0.48
Julio	0.42
Agosto	0.44
Septiembre	0.38
Octubre	0.46
Noviembre	0.53
Diciembre	0.29

Temperatura media mensual



Temperatura media mensual

Month	2015
Enero	18.1
Febrero	17.7
Marzo	17.8
Abril	18.1
Mayo	18.4
Junio	18.3
Julio	18
Agosto	18.5
Septiembre	18.9
Octubre	18.4
Noviembre	17.9
Diciembre	18

Fuente: (PVGIS European Union, 2001-2021)

Tercera fase desarrollada:

4.3. Estudio de la carga, demanda máxima de la corraleja.

Se realiza el estudio del sistema de cargas existentes en la corraleja para tener una idea más clara del dimensionamiento al que se debe llevar el sistema fotovoltaico a implementar, a continuación, se muestra los resultados en la tabla 2.

4.3.1. DATOS DE LA PICA PASTO:

La demanda de la pica pasto es de 3 caballos de fuerza =3Hp.

HP= Caballos de fuerza= 1Hp =746 W

W=Vatios=1 W =0.0013404 Hp

Demanda del motor de la pica pasto = 3Hp*746W= 2238 W

Tabla 2. Cuadro de cargas EXISTENTE de la corraleja:

CUADRO DE CARGAS										
DESCRIPCIÓN	P(W)	S(Va)	F.P	CANTIDAD	P.(W) TOTAL	VL	VF	I(A)*1,25	I(A)	BK
motor pica pasto	2238	2797,5	0,8	1	2238	220		9,18779559	7,35023647	8,452771939
iluminación	60	66,6666667	0,9	13	780		127	8,53018373	6,82414698	7,847769029
tomacorrientes	162	180	0,9	3	486		127	5,31496063	4,2519685	4,88976378
otras	1220	1525	0,8	1	1220		127	15,0098425	12,007874	13,80905512
cargas futuras	3000	3750	0,8	1	3000		127	36,9094488	29,5275591	33,95669291
TOTAL					7724	220	127	74,9522313	59,961785	68,95605278

Fuente(autores).

4.3.2. Control de actividades de consumo en la corraleja en la finca el comedero

Se realizar el estudio de las horas de implementación del recurso energético en la corraleja, a continuación, la descripción en la tabla 3.

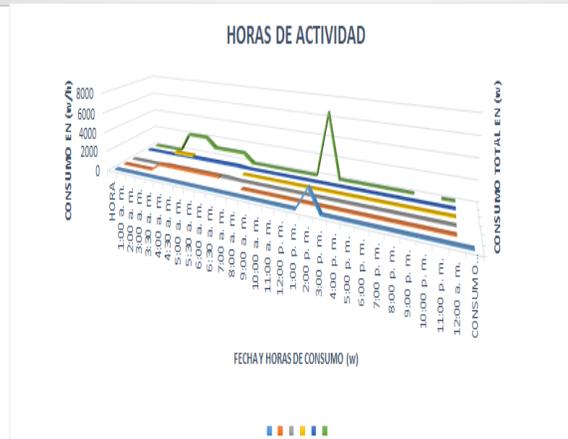
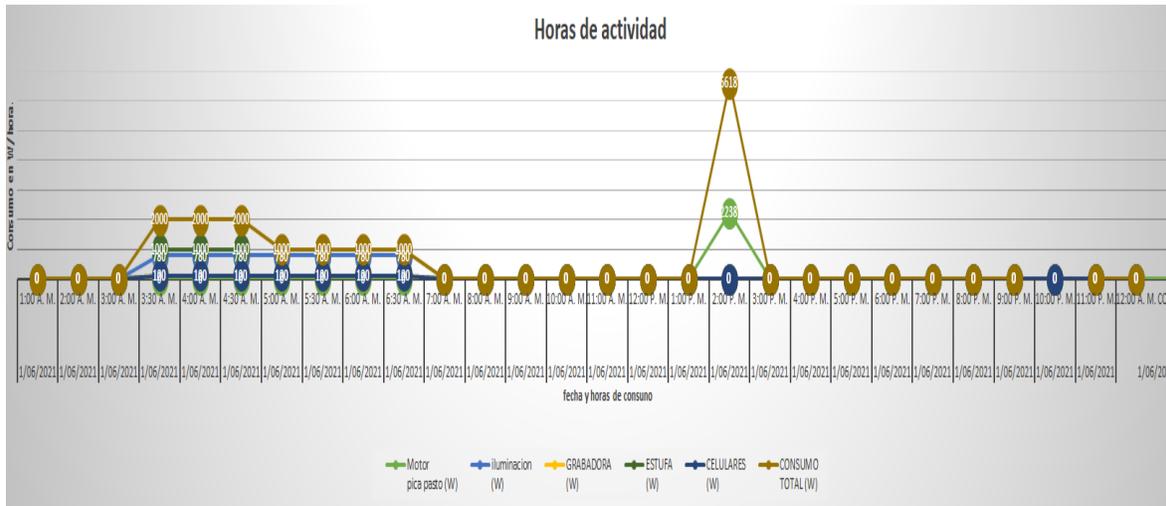
Tabla 3. Horas de consumo de energía al día de la corraleja en comederos.

CONTROL DE ACTIVIDADES DE CONSUMO EN LA CORRALEJA FINCA EL COMEDERO								
FECHA DE ESTUDIO	HORA	Motor pica pasto (W)	Iluminación (W)	GRABADORA (W)	ESTUFA (W)	CELULARES (W)	CONSUMO TOTAL (W)	
1/06/2021	1:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	2:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	3:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	3:30 a. m.	0	780	100	1000	120	2000	
1/06/2021	4:00 a. m.	0	780	100	1000	120	2000	
1/06/2021	4:30 a. m.	0	780	100	1000	120	2000	
1/06/2021	5:00 a. m.	0	780	100		120	1000	
1/06/2021	5:30 a. m.	0	780	100		120	1000	
1/06/2021	6:00 a. m.	0	780	100		120	1000	
1/06/2021	6:30 a. m.	0	780	100		120	1000	
1/06/2021	7:00 a. m.	0		0	0	0	0	0
1/06/2021	8:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	9:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	10:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	11:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	12:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	1:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	2:00 p. m.	2238	0	0	0	0	6618	
1/06/2021	3:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	4:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	5:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	6:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	7:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	8:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	9:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	10:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	11:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0
1/06/2021	12:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0
	CONSUMO DIA (KW)	SE CONSUME EN LA CORRALEJA SEIS MIL SEICIENTOS DICEIOCHO WATTS AL DIA						

Fuente: (Autores).

El siguiente diagrama Figura 21, muestra que el pico de consumo más alto se realiza en horas de la tarde en presencia de luz solar, lo que permite que el sistema a implementar sea más eficiente.

Figura 24. Curva de demanda por equipo.



Fuente: (autores)

4.3.3. Cuadro de distribución de cargas y demanda de la corraleja de la finca el comedero.

Teniendo en cuenta que el consumo de energía de la corraleja se realiza en horas muy tempranas de la mañana en ausencia de sol, se realiza el cuadro de consumo energético para implementar el sistema adecuado que permita cumplir con la demanda. A continuación, en la tabla número 4 se muestran los resultados.

Tabla 4. Resumen de consumo actual mes

CUADRO DE DEMANDA DE ENERGIA actual							
DESCRIPCION	CANTIDAD	Potencia. Nominal(W)	USO DIA/MES	USO HORAS/DIA	Potencia. Total (W)	Dem TOTAL(Wh)/ DIA	DemTOTAL AC (Wh)/MES
Motor pica pasto	1	2238	30	1	2238	2238	67140
iluminacion	13	60	30	3,5	780	2730	81900
grabadora	1	100	30	3,5	100	350	10500
Celular	4	30	30	2,5	120	300	9000
estufa	1	1000	30	1	1000	1000	30000
cargas futuras	1	0	0	0	0	0	0
			TOTAL:	11,5	4238	6618	198540

Fuente: (autores)

Energía demandada por día =6618W

Energía demandada por mes =6618*30=198540W =198.54 KW/MES

4.3.4. Cuadro de distribución de cargas y demanda con proyección de consumo de la corraleja de la finca el comedero.

Una de las prioridades de la viabilidad del estudio es que se pueda aumentar la carga para tecnificar a pequeña escala el sistema actual de producción descrito con anterioridad en la justificación del proyecto a continuación en la tabla número 5 se muestran los resultados.

Tabla 5. Resumen de consumo con cargas futuras

CUADRO DE DEMANDA DE ENERGIA actual							
DESCRIPCION	CANTIDAD	Potencia. Nominal(W)	USO DIA/MES	USO HORAS/DIA	Potencia. Total (W)	Dem TOTAL(Wh)/ DIA	DemTOTAL AC (Wh)/MES
Motor pica pasto	1	2238	30	1	2238	2238	67140
iluminacion	13	60	30	3,5	780	2730	81900
grabadora	1	100	30	3,5	100	350	10500
Celular	4	30	30	2,5	120	300	9000
estufa	1	1000	30	1	1000	1000	30000
cargas futuras	1	3000	30	1	3000	3000	90000
			TOTAL:	12,5	7238	9618	288540

Fuente: (autores)

Energía demandada por día(ET) FUTURO=9618 W

Energía demandada por mes (ET) FUTURO=9618*30=288540 W =288.54 KW/MES

En la tabla 6 se muestra la descripción del cálculo real mensual

Tabla 6. Consumo energético estimado

Consumo Energetico Estimado	
Descripción	CONSUMO
Cantidad	1
Potencia(w)	9618
Energía(W-h)dia	9618
energia total teorica ET	9618
Consumo Real Mensual	
Total = 288540	Wattios

Fuente: (autores)

Cuarta fase desarrollada:

4.4. Selección del sistema a aplicar.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas de Zapatoca, en especial su radiación

Se ha optado por la implementación de un sistema fotovoltaico off grid, para lo cual se desarrollarán los siguientes cálculos.

4.4.1. Elección de paneles solares:

Existe variedad de métodos para elegir qué tipo de panel se requiere, algunos muy sencillos que permiten para hallar el panel fotovoltaico adecuado para cada instalación, una de las condiciones específicas es evaluar el panel según el área de trabajo en m². Es recomendable dimensionar el sistema ya que se entiende que la climatología varia con el tiempo y puede que los consumos también lo hagan.

Tabla 7. Elección de paneles solares.

E l e c c i o n d e l p a n e l s o l a r	Distribuidor	Solartex	Autosolar	Autosolar	SUNCOLOMBIA
	pais de envio	colombia/Bta.	Peru/Colombia, B	Peru/Colombia, B	colombia/Bta.
	marca	ZNSHINE	JA SOLAR	JA SOLAR	CHEETAH
	referencia	ZXM6-NH156-430/M	JAM72S20 440-465/MR	JAM72S20 440-465/MR	JKM395M-72H-V
	tipo de celda	MONO PERC	MONOPERC	MONOPERC	MONOPERC
	N° de celulas	156	144	144	144
	VOLTAJE DE TRABAIO		24 V	24 V	
	potencia nominal (Pmax)	430 Wp	450 Wp	455 Wp	395 W
	voltaje circuito abierto (Voc)	53,6 V	49,7 V	49,85V	49,5 V
	voltaje a la potencia nominal Vmpp(V)	44,8 V	41,52 V	41,81 V	41,4 V
	corriente a potencia nominal (Impp)	9,6 A	10,84 A	10,88 A	9,55 A
	corriente de corto circuito (Isc)	10,14 A	11,36 A	11,41 A	10,23 A
	eficiencia STC(%)	19,67%	20,20%	20,40%	19,63 5
	temp coef de P. max (%/°C)	3%	-0,35 % / °C	-0,35 % / °C	-0,36%/°C
	temp coef Voc (%/°C)	- 0,29 %/°C	-0,27% /°C	-0,27 % /°C	-0,28%/°C
	temp coef Isc (%/°C)	0,05 %7°C	0,044%/°C	0,044 % / °C	0,048%/°C
	temperatura nominal de la celda opera(NOCT)	44+ -3°C	45+ -2°C	45+ -2% °C	45+ -2% °C
	largo (mm)	218	2120	2120	2008
	ancho (mm)	100	1052	1052	1002
	espesor (mm)	35	40	40	40
TIPO DE VIDRIO	templado,anti refle,bj H alto transpte	RIGIDO	RIGIDO	ant refle, vid templado	
peso	24 Kg	25 Kg	25Kg	22,5 Kg	
GARANTIA DEL PRODUCTO	12 AÑOS	12 AÑOS	12 AÑOS	12 AÑOS	
hueco mínimo (mm)	619.000	677.326	691.236	462800	
Costo transporte	37.400	37.400	37.400	37.400	
Costo Total.	656.400	714.726	728.636	500.200	

Fuente: (autores)

El panel seleccionado para instalar en la corraleja es el **ZNSHINE ZXM6-NH156-430/M**

MONO PERC , con una potencia nominal (P_{max}) de 430 W, con un voltaje circuito abierto (V_{oc}) de 53,6 V, voltaje a la potencia nominal $V_{mpp}(V)$ de 44,8 V , corriente a potencia nominal (I_{mpp}) de 9,6 A , y corriente de corto circuito (I_{sc}) 10,14 A.

Distribuido por SOLARTEX Colombia.

Figura 25. características del panel solar

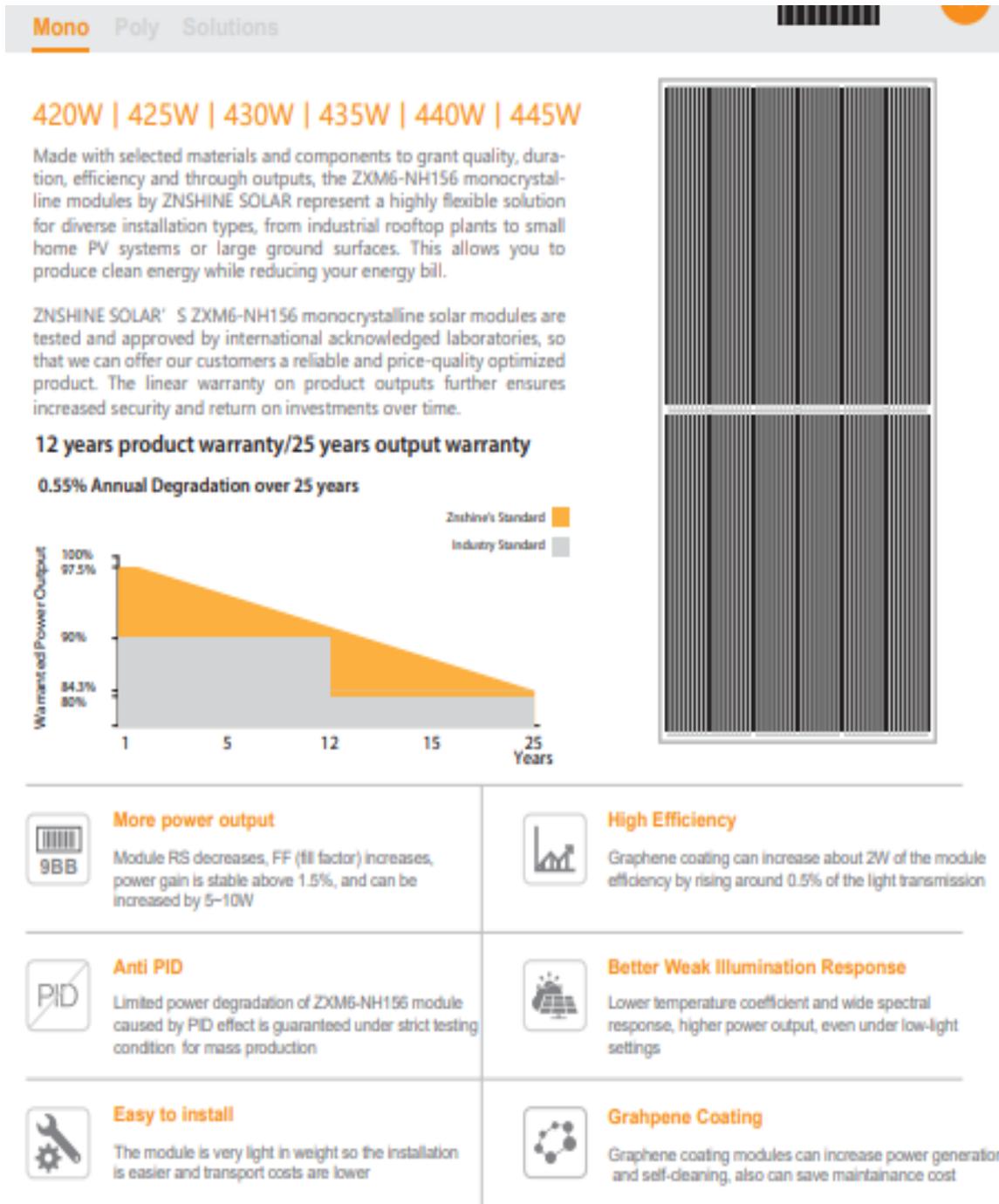
Panel Solar 430 Watts 156 Celdas Mono ZNSHINE

Características del Producto

No. de Modelo	ZXM6-NH156-430/M
Garantía	
Garantía de Producto	12 Años
Características Eléctricas en STC	
Potencia Máxima (P_{max})	430 Wp
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (V_{max})	44,8 V
Corriente en el punto de máxima potencia (I_{max})	9,6 A
Tensión en Circuito Abierto (V_{oc})	53,6 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	10,14 A
Eficiencia	19,67 %
Tolerancia de Potencia (+)	+ 3 %
Tolerancia de Potencia (-)	- 3 %
Condiciones de prueba estándar (STC): Masa de aire AM 1,5, radiación 1000W/m ² , temperatura de célula 25°C,	

Fuente: (solartex)

Figura 26. Ficha técnica parte 1 de 2, Panel seleccionado.



Fuente: (solartex).

Figura 27. ficha técnica parte 2 de 2, panel solar.

ZXM6-NH156 Series | Zshinesolar 9BB HALF-CELL
Mono PV Module



ELECTRICAL PROPERTIES | STC*

Module Type	ZXM6-NH156 -420/M	ZXM6-NH156 -425/M	ZXM6-NH156 -430/M	ZXM6-NH156 -435/M	ZXM6-NH156 -440/M	ZXM6-NH156 -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)	44.2	44.5	44.8	45.1	45.4	45.7
Maximum Power Current Imp(A)	9.51	9.56	9.60	9.65	9.70	9.74
Open Circuit Voltage Voc(V)	53.0	53.3	53.6	53.9	54.2	54.5
Short Circuit Current Isc(A)	10.06	10.10	10.14	10.18	10.22	10.27
Module Efficiency (%)	19.21	19.44	19.67	19.90	20.12	20.35

*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 | NMOT*

Maximum Power Pmax(Wp)	312.6	316.2	319.6	323.4	327.1	330.6
Maximum Power Voltage Vmp(V)	40.9	41.2	41.5	41.8	42.1	42.3
Maximum Power Current Imp(A)	7.64	7.67	7.70	7.74	7.77	7.82
Open Circuit Voltage Voc(V)	49.3	49.6	49.9	50.1	50.4	50.7
Short Circuit Current Isc(A)	8.12	8.16	8.19	8.22	8.25	8.30

*NMOT(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

NMOT	44°C ±3°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

WORKING CONDITIONS

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

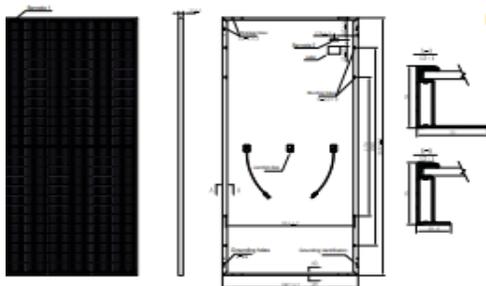
MECHANICAL DATA

Solar cells	Mono 158.75*79.375mm
Cells orientation	156 (6*26)
Module dimension	2182*1002*35 mm
Weight	24 kg
Glass	3.2mm heat strengthened glass
Junction box	IP 68, 3 diodes
Cables	4 mm ² , 350 mm
Connectors	MC4-compatible

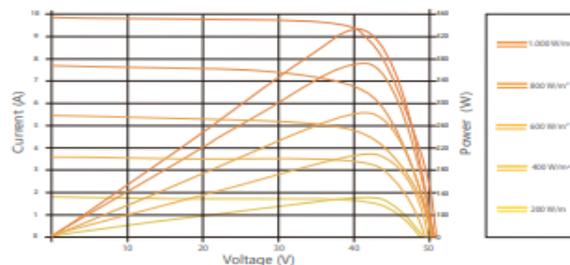
PACKAGING INFORMATION

Packing Type	40' HQ
Piece/Box	30
Piece/Container	650/700

DIMENSION OF THE PV MODULE (mm)



I-V CURVES OF THE PV MODULE



Add : 1#, Zhixi Industrial Zone, Jintan, Jiangsu 213251, P.R. China
Tel: +86 519 6822 0233 E-mail: info@zshinesolar.com

Remark: please read safety and installation instructions before using the product | Subject to change without prior notice © ZSHINE SOLAR 2020 | Version: ZXM6-NH156-2006E

Fuente : (solartex).

ECUACION

la potencia pico como potencia = área del módulo * eficiencia / 100

$$P_p = \frac{2186 * 0.5\%}{100} = 10,93 \text{ W}$$

4.4.2. RENDIMIENTO DE LA INSTALACION:

la carga total diaria se le aplica un rendimiento del 75% para abastecer la demanda.
(PVGIS)

$$\frac{(9618 \text{ W/día})}{0,75} = 12824 \text{ W/día}$$

Energía necesaria = 12824 W/día.

Tabla 8. latitud, longitud y ángulo óptimo PVGIS-NSRDB

Latitud (grados decimales):	6.748
Longitud (grados decimales):	-73.28281
Base de datos de radiación	PVGIS-NSRDB
Ángulo de pendiente óptimo (grados):	8

Fuente: PVGIS (c) Europea Unión, 2001-2021

4.4.3. Radiación solar incidente por mes desfavorable y promedio día

El mes más desfavorable de radiación solar, es el mes de noviembre con 156.03 (kWh*m2) / mes, como muestra la tabla número 9, por lo que con el dato de este mes más desfavorable dividido por el número de días al mes nos da como resultado las horas solar pico (HSP).

Tabla 9. datos peor mes irradiación solar

Year	month	H(h)_m	H(i_opt)_m	H(i)_m	Kd	T2m
2015	Jan	184.4	196.94	195.41	0.33	18.1
2015	Feb	155.69	160.9	160.32	0.47	17.7
2015	Mar	180.85	182.46	182.38	0.47	17.8
2015	Apr	171.82	169.01	169.52	0.5	18.1
2015	May	180.98	174.34	175.37	0.44	18.4
2015	Jun	166.22	158.97	160.07	0.48	18.3
2015	Jul	186.42	178.35	179.58	0.42	18
2015	Aug	189.05	184.21	185	0.44	18.5
2015	Sep	192.97	192.69	192.88	0.38	18.9
2015	Oct	176.86	180.95	180.53	0.46	18.4
2015	Nov	149.51	156.03	155.26	0.53	17.9
2015	Dec	180.21	194.18	192.46	0.29	18

Fuente: (PVGIS European Union, 2001-2021)

H(h)_m: irradiación solar durante todo el mes (kWh/m²) en un ángulo a cero grados

H(i_opt) _ m: irradiación solar durante todo el mes (kWh/m²) en un ángulo óptimo a 8 grados

H(i)_m: irradiación solar durante todo el mes (kWh/m²) en un ángulo óptimo a 7 grados

Kd: Relación entre la irradiación difusa y la global (-)

T2m: promedio de temperatura de 24 horas (grados Celsius)

4.4.4. HORAS SOLAR PICO:

Las horas solar pico corresponde al numero en que el la irradiancia solar se mantiene hipoteticamente constante llegando a un valor de 1000 W/m² .

Radiacion de la tabla 9 Radiación solar incidente:

$$\frac{156.03(\text{kWh} * \text{m}^2) / \text{mes}}{30} = 5.2 (\text{kWh} * \text{m}^2) / \text{día}$$

4.4.5. Radiación solar incidente para los módulos fotovoltaicos O CALCULO DE HORAS PICO DE SOL (HSP): 1 hora pico sol = 1KW/m²

$$HSP = \frac{\text{radiacion tabla}}{1KW/m^2}$$

$$HSP = \frac{5.2(\text{kWh} * \text{m}^2) / \text{día}}{1KW/m^2} = 5.2HSP$$

4.4.6. Cálculo para los paneles solare a utilizar

Número de módulos

$$= (\text{energía necesaria}) / (\text{HSP} * \text{rendimiento de trabajo} * \text{potencia pico del módulo})$$

Rendimiento de trabajo: se asimila el balance de pérdidas procedentes por ensuciamiento y/o deterioro de los paneles fotovoltaicos (habitualmente 0,7 – 0,8).

(Clickrenovables, 2015)

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{energía necesaria}}{(\text{HSP} * \text{rendimientode trsbsjo} * \text{potencia pico del módulo})}$$

$$\text{Número de módulos} = \frac{12824}{(5.2*0.7*430)} = 8.2 = 9 \text{ módulos.}$$

4.4.7. Calculo para las baterías

Para las zonas rurales se recomienda que las baterías tengan un abastecimiento de energía de 4 a 6 días. (PVGIS).

capacidad de las batería

$$= \frac{(energía\ necesaria * días\ de\ autonomía)}{(voltaje * profundidad\ de\ descarga\ de\ la\ batería)} \times pérdidas\ de\ la\ batería$$

$$Capacidad\ de\ las\ batería = \frac{(12824 * 3)}{(48 * 0.8)} * 1,15 = 1152.156Ah$$

Tabla 10.datos batería

CLASE DE BATERÍA PARA EL INVERSOR HIBRIDO TRIFÁSICO INFISOLAR						
BATERÍAS	DISTRIBUIDOR	REFERENCIA	V (DC)	I (DC)	% DESCARGA	PRECIO
Plomo bajo antimonio y acido electrolito	Baterías y amperios	Sopzs	2V*24 baterías en serie	1270Ah	80%	26.697.104
Litio	Autosolar	US3000	48V	74Ah	90%	6.038.060
ENVASE	REVISIÓN	GARANTÍA	VIDA UTIL	ENVASE	Dimensiones (mm)	
Plomo bajo antimonio y acido electrolito	3 mese	2 años	15 Años	Polipropilen o Traslúcido	No especifica	
Litio	Sin revisión	10 Años con	Mas 10 Años	No especifica	442*420*132	

Fuente: (Baterías y Amperios, Autosolar)

4.4.8. ELECCIÓN DE LA BATERÍA:

Se ha elegido la batería de Plomo bajo antimonio y ácido electrolito DE REFERENCIA SOPZS DE 1270 Ah A 2V. gracias a su capacidad de almacenamiento y economía, su conexión será en serie para obtener 48V.

Cada batería es de largo 174, ancho 198, alto 640 milímetros.

Su comercializador es Baterías y amperios.

Figura 28. baterías plomo acido



Fuente: (Baterías y Amperios)

Figura 29. baterías de litio.

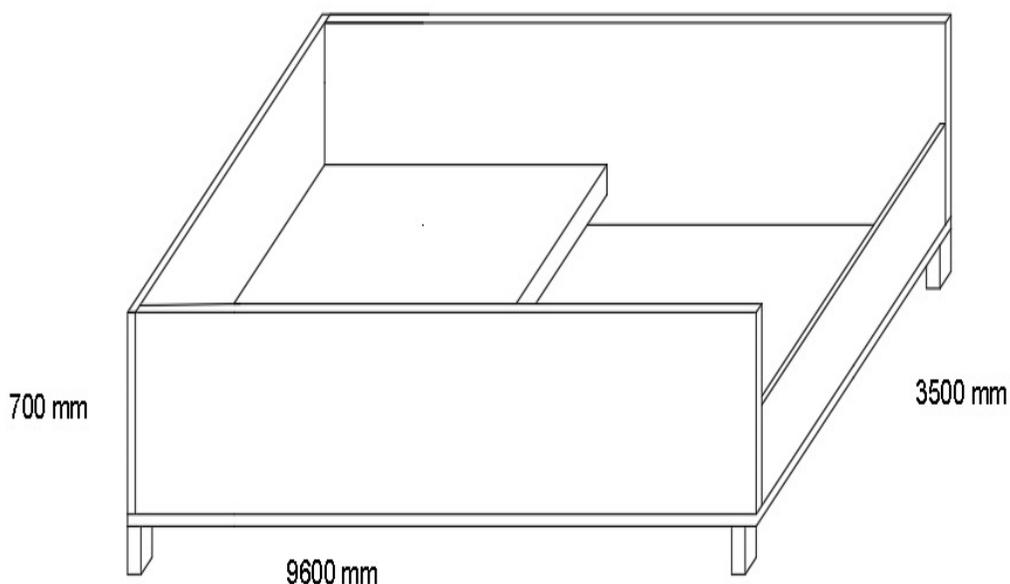


Fuente: (Autosolar Colombia)

4.4.9. Base para las baterías:

Se ha diseñado la siguiente estructura para las baterías, (figura 26.) debido a que es importante mantener las baterías a una distancia prudente, en un lugar fresco y seco para su cuidado observación y mantenimiento.

Figura 30. Base para las baterías.



Fuentes: (Autores.)

Figura 31. ficha técnica de la batería.



Baterías FORMULA STAR SOLAR

Monoblock 12V Solar Plomo-Ácido Abierto (VLA)

FS SOLAR	Modelo	V	Capacidad Ah C100	Medidas max. (mm)		
				Largo	Ancho	Alto
FORMULA STAR SOLAR						
	FS 70 SOLAR	12	66	242	175	190
	FS 80 SOLAR	12	80	278	175	190
	FS 110 SOLAR	12	105	353	175	190
	FS 155 SOLAR	12	155	513	189	223
	FS 200 SOLAR	12	200	513	223	223
	FS 260 SOLAR	12	260	518	276	242

Elementos 2V Estacionario-Solar Plomo-Ácido Abierto (VLA)

- De acuerdo a la normativa DIN 40736-1 (Elementos OPzS), IEC 60896-11, IEC 62485-2 e IEC 61427.
- Placa positiva tubular. Mantenimiento mínimo gracias al bajo contenido en antimonio y una mayor reserva de electrolito.
- Clasificación Eurobat: Long Life (diseño de vida de 20 años a 20°C). Contenedor transparente de SAN
- 2.400 ciclos de vida al 60% de profundidad de descarga a 20°C.

Foto producto	Modelo	Descripción	Capacidad (Ah) C10 (1.8 V/Km, 20°C)	Capacidad (Ah) C100	Medidas máx. (mm)			Peso Kg
					Largo	Ancho	Alto	
	FS 100	2 OPzS 100	126	184	103	206	380	13,8
	FS 150	3 OPzS 150	180	258	103	206	380	15,7
	FS 200	4 OPzS 200	215	296	103	206	380	17,5
	FS 250	5 OPzS 250	270	373	124	206	380	21,4
	FS 300	6 OPzS 300	324	448	145	206	380	25,7
	FS 350	5 OPzS 350	396	544	124	206	496	28,4
	FS 420	6 OPzS 420	474	651	145	206	496	33,5
	FS 490	7 OPzS 490	541	759	166	206	496	38,6
	FS 500	5 OPzS 500	609	886	145	206	671	42,0
	FS 600	6 OPzS 600	672	949	145	206	671	45,8
	FS 700	7 OPzS 700	836	1207	191	210	671	60,0
	FS 800	8 OPzS 800	893	1256	191	210	671	63,8
	FS 900	9 OPzS 900	1028	1458	233	210	671	73,0
	FS 1000	10 OPzS 1000	1114	1565	233	210	671	79,2
	FS 1100	11 OPzS 1100	1287	1853	275	210	674	82,4
	FS 1200	12 OPzS 1200	1329	1874	275	210	671	91,3
	FS 1400	11 OPzS 1400	1623	2251	275	210	821	110,5
	FS 1500	12 OPzS 1500	1630	2195	275	210	821	115,1
	FS 1700	14 OPzS 1700	1978	2728	397	212	797	143,3
	FS 1875	15 OPzS 1875	2134	2879	397	212	797	148,9
	FS 2000	16 OPzS 2000	2186	2933	397	212	797	154,5
	FS 2250	18 OPzS 2250	2489	3723	482	212	797	184,0
	FS 2500	20 OPzS 2500	2526	4017	482	212	797	201,0
	FS 2750	22 OPzS 2750	3191	4392	576	212	800	253,7
	FS 3000	24 OPzS 3000	3361	4555	576	212	797	230,7
	FS 3250	26 OPzS 3250	3510	4671	576	212	800	175,8

Elementos 2V Estacionario-Solar Plomo-Ácido Abierto (VLA)-Recipiente Traslúcido

- De acuerdo a la normativa EN 50272-2, IEC 60896-11 y IEC 61427.
- Placa positiva tubular. Mantenimiento mínimo gracias a una mayor reserva de electrolito y bajo contenido en antimonio.
- Clasificación Eurobat: Long Life (diseño de vida de 18 años a 20°C). Contenedor de polipropileno translúcido.
- 2.000 ciclos de vida al 60% de profundidad de descarga a 20°C.

Foto producto	Modelo	Capacidad (Ah) C10 (1.8 V/Km, 20°C)	Capacidad (Ah) C100	Medidas máx. (mm)			Peso Kg
				Largo	Ancho	Alto	
	2 FST 215	146	215	65	198	435	11,5
	3 FST 310	215	310	83	198	435	16,4
	3 FST 300	209	302	83	198	505	16,4
	4 FST 500	348	503	101	198	505	23,3
	5 FST 605	422	605	119	198	505	28,0
	4 FST 720	516	721	101	198	640	30,5
	5 FST 860	622	860	119	198	640	36,9
	6 FST 965	711	968	137	198	640	43,4
	7 FST 1270	900	1271	134	198	640	51,6
	8 FST 1380	991	1382	152	198	640	56,1

Fuente: (Baterías y amperios)

4.4.10. selección del inversor

al convertir la potencia del inversor DC/AC, se hace a partir de la potencia total nominal de los equipos de trabajo, este valor se multiplica por el coeficiente de simultaneidad que es de (0,5 a 0,7). (PVGIS European Union, 2001-2021).

Tabla 11. la tabla de potencias nominales de los equipos de trabajo.

potencias nominales		
DESCRIPCION	CANTIDAD	Potencia. Total (W)
Motor pica pasto	1	2238
iluminacion	13	780
grabadora	1	100
Celular	4	120
estufa	1	1000
cargas futuras	1	3000
		7.238

Fuente: (Autores)

$$Potencia\ nominal = 7238 * 0,7 = 5066.7\ W$$

$$Inversor\ a\ seleccionar = 6000\ W$$

Tabla 12. Resumen de cálculos.

calculo fotovoltaico	VALORES	UNIDADES
potencia real	12897	W/h
potencia del panel	430	W
numero de paneles	9	UN
capacidad de la bateria	915	Ah
voltaje del sistema	48	V
numero de baterias	24	UN
I max del regulador	89	A
calculo del conductor	78	A
pot selección inversor	5067	W
stream serie baterias	24	UN
stream paralelo baterias	1	UN
stream serie panel	2	UN
stream paralelo panel	4	UN
V conexión	107	V
I conexión	45	A
pot sistema	4.803	W

Fuente: (Autores).

Tabla 13.datos de inversores:

Distribuidor	tipo de inversor	P(KW)	conexión	Mpts	V(DC) entrada	V (AC)	I (DC) entrada	I (AC) salida	precio	Costo envío
Mercado libre	Trifase Solis Grid Tie 3p6K-4GLV	6 KW	Ongrid con 2 MPTS	2 mpts 160/500V 11V/11V	1000V	110V 220V	11A/11A	15.7A	7.654.900	Gratis
AutoSolar Colombia	Infisolar	10KW	Hibrido Con 2 mppt	400V y 800V y 18.6A por mpts	720vDC nominal Baterías a 48V	120,140 180,280 230, 400V graduables	2*18,6A	80A	12.996.000	Gratis

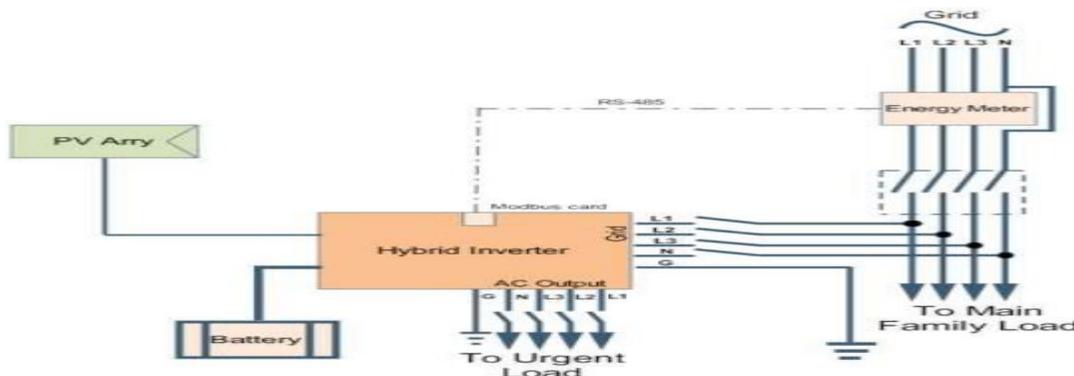
Fuente: (Mercado libre, Autosolar)

Figura 32. inversores



Fuente: (Mercado libre, Autosolar)

Figura 33. diagrama de conexión de infisolar híbrido



Fuente: (Autosolar, Infisolar)

Figura 34. ficha técnica del inversor infisolar hibrido

MODEL	10KW
RATED POWER	10000 W
PV INPUT (DC)	
Maximum DC Power	14850 W
Nominal DC Voltage	720 VDC
Maximum DC Voltage	900 VDC
Working DC Voltage Range	300 VDC ~ 900 VDC
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	320 VDC / 350 VDC
MPP Voltage Range / Full Load MPP Voltage Range	350 VDC ~ 850 VDC / 400 VDC ~ 800 VDC
Maximum Input Current	2*18.6 A
Isc PV (absolute maximum)	25 A
Max. inverter back feed current to the array	0 A
GRID OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Voltage Range	184 - 265 VAC per phase
Output Frequency Range	47.5 ~ 51.5 Hz or 59.3~ 60.5Hz
Nominal Output Current	14.5 A per phase
Inrush Current/Duration	17 A per phase / 20ms
Maximum Output Fault Current/Duration	51 A per phase / 1ms
Maximum output Overcurrent Protection	51 A per phase
Power Factor Range	0.9 lead – 0.9 lag
AC INPUT	
AC Start-up Voltage	120-140 VAC per phase
Auto Restart Voltage	180 VAC per phase
Acceptable Input Voltage Range	170 - 280 VAC per phase
Nominal Frequency	50 Hz / 60 Hz
AC Input Power	10000VA/10000W
Maximum AC Input Current	40 A
Inrush Input Current	40 A / 1ms
BATTERY MODE OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Frequency	50 Hz / 60 Hz (auto sensing)
Output Waveform	Pure sine wave
Output Power	10000VA/10000W
Efficiency (DC to AC)	91%
BATTERY & CHARGER (Lead-acid/Li-ion)	
DC Voltage Range	40 – 60 VDC
Nominal DC Voltage	48 VDC
Maximum Battery Discharging Current	275 A
Maximum Charging Current	200 A

Fuente: (Autosolar, Infinisolar)

Tabla 14. Protecciones.

PROTECCIONES PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO							
DISTRIBUIDOR	MARCA	REFERENCIA	V	I	POLOS	PRECIO	ENIVIO
Solartex	siemens	Eslabón fusible LV HRC	500 VAC 25VDC	80A	1	38000 +iva	toda colomvia
Solartex	Worldsunlight	XL7-63	500VDC	15A	2	114000+iva	toda colomvia
Inter eléctricas	Totalizador ABB	1SDA066705R1	25KVA - A1B 550 V CA- 250 V CC	80 A AC	3	\$ 145,161.00	toda colomvia
Inter eléctricas	Totalizador ABB	1SDA066700R1	25KVA - A1B 550 V CA- 250 V CC	30A AC	3	116512	toda colomvia

Fuente: (solartex, Inter eléctricas 2021)

Figura 35. protecciones.



Fuente: (solartex, Inter eléctricas 2021)

Figura 36. calibre de conductor para corriente DC

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO H1Z222-K 1,0 kV AC (1,5 kV DC) 90°C HF FR						
Conductor		Diámetro Aproximado	Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽¹⁾		
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20°C			Un Cable al Aire	Un Cable Sobre una Superficie	Dos Cables en Contacto Sobre Superficie
mm ²	Ω/km	mm	kg/km	A		
1,5	13,2980	4,74	31	30	29	24
2,5	7,9693	5,21	42	41	39	33
4	4,9408	5,76	58	55	52	44
6	3,2906	6,34	78	70	67	57
10	1,8928	7,33	120	98	93	79
16	1,2036	8,44	183	132	125	107
25	0,7717	10,31	280	176	167	142
35	0,5484	11,66	380	218	207	176
50	0,3815	13,58	537	276	262	221
70	0,2689	15,55	752	347	330	278
95	0,2038	17,94	980	416	395	333
120	0,1592	19,96	1 254	488	464	390
150	0,1281	22,23	1 549	566	538	453
185	0,1048	24,72	1 893	644	612	515
240	0,0793	31,31	2 593	775	736	620

Fuente: (centelsa)

Figura 37. calibre de conductor para corriente DC

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO PV XLPE 2000 V 90 °C SR					
Conductor		Diámetro Aproximado	Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽¹⁾	
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20 °C			Un Cable al Aire	Hasta Tres Conductores en Ducto
AWG / kcmil	Ω/km	mm	kg/km	A	
14	8,4443	5,92	50	30	23
12	5,3149	6,42	65	41	30
10	3,3436	7,06	88	56	41
8	2,1021	8,36	126	78	55
6	1,3226	9,42	182	106	73
4	0,8478	10,44	263	141	96
2	0,5332	11,98	389	190	129
1/0	0,3351	14,94	604	259	172
2/0	0,2659	16,08	739	300	194
4/0	0,1688	19,52	1 140	405	260
250	0,1429	21,56	1 365	455	290
500	0,0728	30,69	2 650	703	430

Fuente: (centelsa)

Figura 38. calibre de conductor para corriente AC

CABLES MONOPOLARES DE COBRE AISLADOS									
TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR									
CALIBRE (AWG o kcmil)	60 °C TW UF			75 °C THW THWN XHHW			90 °C THHN* THWN-2** XHHW* XHHW-2** SINTOX*		
	No. de conductores por Ducto			No. de conductores por Ducto			No. de conductores por Ducto		
	1 a 3	4 a 6	7 a 9	1 a 3	4 a 6	7 a 9	1 a 3	4 a 6	7 a 9
14	15	12	11	20	16	14	25	20	18
12	20	16	14	25	20	18	30	24	21
10	30	24	21	35	28	25	40	32	28
8	40	32	28	50	40	35	55	44	39
6	55	44	39	65	52	46	75	60	53
4	70	56	49	85	68	60	95	76	67
2	95	76	67	115	92	81	130	104	91
1/0	125	100	88	150	120	105	170	136	119
2/0	145	116	102	175	140	123	195	156	137
3/0	165	132	116	200	160	140	225	180	158
4/0	195	156	137	230	184	161	260	208	182
250	215	172	151	255	204	179	290	232	203
300	240	192	168	285	228	200	320	256	224
350	260	208	182	310	248	217	350	280	245
400	280	224	196	335	268	235	380	304	266
500	320	256	224	380	304	266	430	344	301
600	350	280	245	420	336	294	475	380	333
750	400	320	280	475	380	333	535	428	375
800	410	328	287	490	392	343	555	444	389
1000	455	364	319	545	436	382	615	492	431

Fuente: (centelsa)

Tabla 15. conductores seleccionados

CABLES SELECCIONADOS SEGÚN SU AMPERAJE			
LUGAR DE INSTALACIÓN	CABLES AWG	CABLES AWG SISTEMA A TIERRA	AMPERAJE (A)
Paneles solares a inversor	# 2* 14 fotovoltaico PV XLPE 2000	#14 14 fotovoltaico PV XLPE 2000	23
Inversor a baterías	# 3*4+4 14 fotovoltaico PV XLPE 2000	#8 14 fotovoltaico PV XLPE 2000	96
Inversor a tablero de distribución	# 3*4+4 14 fotovoltaico PV XLPE 2000	#8	96
Inversor a tablero distribución red	# 3*8+8	#10	39

Fuente: (centelsa)

Tabla 16. conductores de puesta a tierra

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: (electricaaplicada, NTC 2050)

Quita fase desarrollada:

4.5. Estudió del presupuesto de implementación del sistema off grid .

4.5.1. PRESUPUESTO DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA.

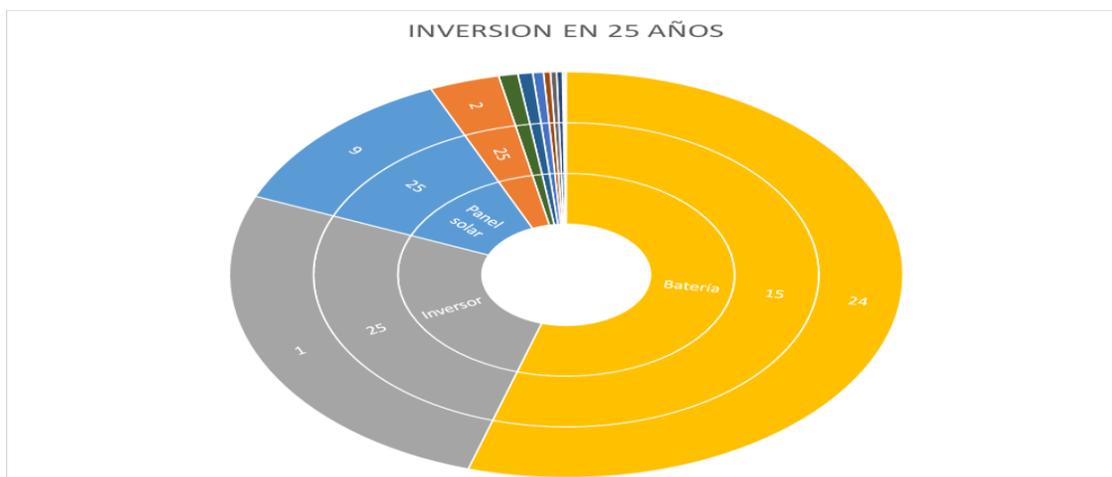
para realizar esta tabla de coste de la instalación del sistema fotovoltaico para la corraleja en el municipio de Zapatoca, fue necesario evaluar la estructura de la corraleja y analizar los requerimientos del usuario, verificar sus objetivos y tener la aprobación para la demanda, para lo cual se realizaron 2 cuadros de cargas tabla número 4 y 5 para así dimensionar una posible carga futura.

Tabla 17. cotización para sistema fotovoltaico.

COTIZACION PARA SISTEMA OFF GRID,HASTA EL TABLERO DE DISTRIBUCION.							
Producto	Referencia	Vida útil en años	Cantidad	Valor unidad	Valor total	Valor Total en 25 años	
Panel solar	ZXM6-NH156-430/M	25	9	656.400	5.907.600	5907600	
estructura placas solares para 5 paneles	JC-HRH-20	25	2	819910	1.639.820	1639820	
Inversor	Hibrido con 2 mppt		1	12996000	12.996.000	12996000	
Batería	Sopzs	15	24	1.112.380	26.697.120	53394240	
soporte para las baterías.	metalico	25	1	250000	250.000	250000	
Conectores MC4	PV-LTM3-1	25	9	4700	42.300	42300	
Cableado Continua	cable solar 6mm	30	100	3450	345.000	345000	
Cableado alterna	CU THHN	30	100	1600	160.000	160000	
Protecciones Magnetotérmico.	1SDA066705R1	10	1	145161	145.161	435483	
Fusibles y portafusibles	Eslabón fusible LV HRC	10	1	45220	45.220	135660	
Protecciones Diferencial.	XL7-63	10	1	135660	135.660	406980	
Gabinete 70 x 50 x25	REBRA	25	1	450000	450.000	450000	
			totales	16.620.481	48.813.881	76163083	

Fuente : (Autores)

Figura 39. inversión en 25 años



Fuente : (Autores)

4.5.2. Costos de la instalación:

Para realizar la operación es necesario desplazarse al lugar en donde se realizará el montaje, en la siguiente tabla número 13 se describen los conceptos por los que se realizan los gastos adicionales.

Tabla 18. costos de operación.

Costo para la empresa por cada trabajador periodo 4 dias					
Personal	Salario	Eps	ARL(NIVEL 5)	Dotación	TOTAL 4D/MESES
Ayudante	234.765	77.224	234.776	45.426	592.191
Ayudante	234.765	77.224	234.776	45.426	592.191
Técnico	286.774	77.224	234.776	45.426	644.200
ING	500.898	77.224	234.776	45.426	858.324
HSQ	340.305	77.224	234.776	45.426	697.731
TOTAL					3.384.637

Fuente: (Autores.)

Tabla 19. Costos de mano de obra.

mano de obra						
descripcion	cantidad	N°	calidad	DIAS	valor	valor total
herramienta	9	1	UN	3	\$15.000	\$ 405.000
diseño	2	1	UN	3	\$200.000	\$ 400.000
gastos varios/ 2 viajes						
transporte	2	5	humano		\$20.000	\$ 200.000
hospedaje	2	1	humano	3	\$40.000	\$ 240.000
comida 3 al	3	5	humano	4	\$20.000	\$ 400.000
total					\$295.000	\$ 1.645.000

Fuente: (Autores.)

Tabla 20. Inversión total del proyecto.

inversión total		
costo del sistema:		\$48.813.881
costo para la empresa en operación		\$ 3.384.637
costos varios		\$ 1.645.000
total		\$53.843.518

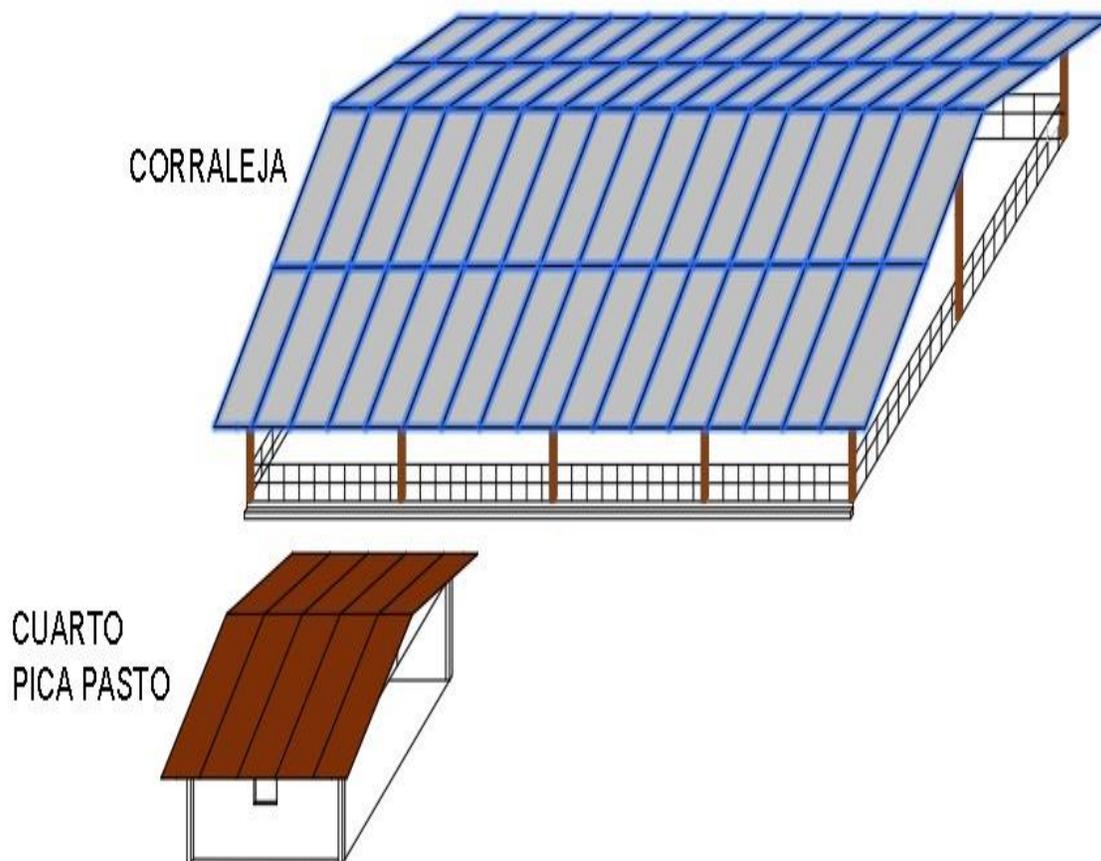
Fuente: (Autores.)

Sexta fase Desarrollada:

4.6. Bosquejo de levantamiento del proyecto.

Se ha realizado un bosquejo de la corraleja y el cuarto de la pica pasto, para especificar su ubicación y actividades que se realizan en el lugar; El corral tiene una capacidad para albergar un promedio de 300 reses, el sistema de iluminación es tipo led de 60W. La pica pasto trabaja con un motor trifásico de 3Hp con una capacidad de producción de 8 cargas de pasto picado por hora. El pasto procesado con otros componentes es usado para las vacas de ordeño y sus terneros con el fin de mejorar la calidad de la producción de leche.

Figura 40. Bosquejo en AutoCAD esquema arquitectónicos.



Fuente: (autores)

Parar instalar los paneles sobre techo es necesario utilizar una estructura por lo que se ha elegido JC-HRH-20 comercializada por autosolar.

Figura 41. Ficha técnica de la estructura para panel solar en tejado.

Data sheet

Solar Mounting System

Teja de Barro

Hersic mounting composes the entire conection grounding lug system, allowing contractors/ installers the flexibility, on-site control and familia- rity of any kind instalation.

FEATURES

Wind Load:	Up to 60m/s
Wind Load:	Up to 1.5KN/m
Installation Site:	Roof
Applicable Module	Clay tile - Roof
ModuleOrientation:	portrait or landscape
Tile angle	parallel to roof
Standar Compliance:	AS/NZS1170.2-2002, SGS
Material:	Anodized Aluminum 6005-T5 + stainless steel 304
Life Span:	More than 25 years

BENEFITS



JC-HRH-20



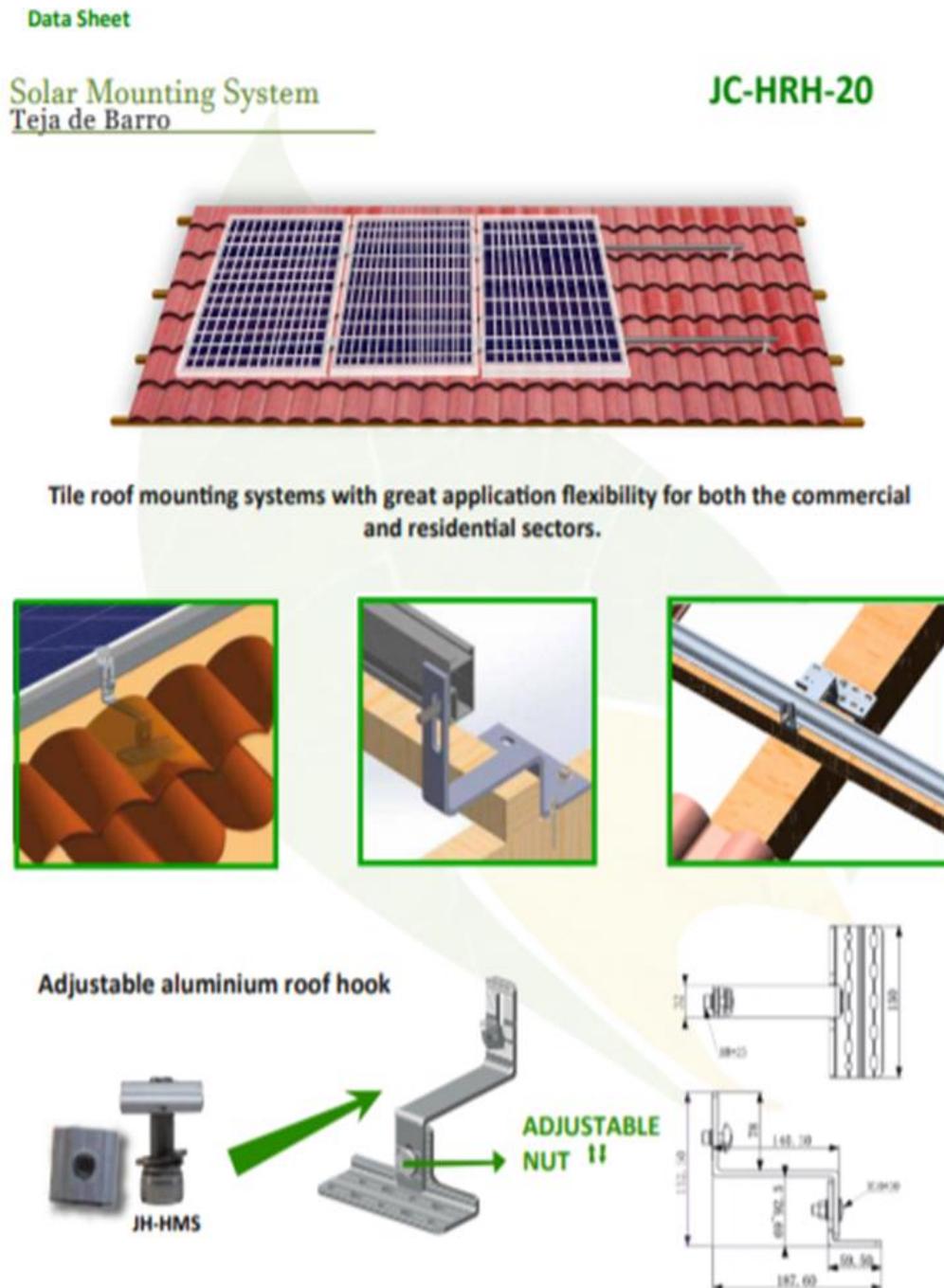
WARRANTY


For all component


Life Span

Fuente : (Autosolar)

Figura 42. Ficha técnica modelo de instalación.



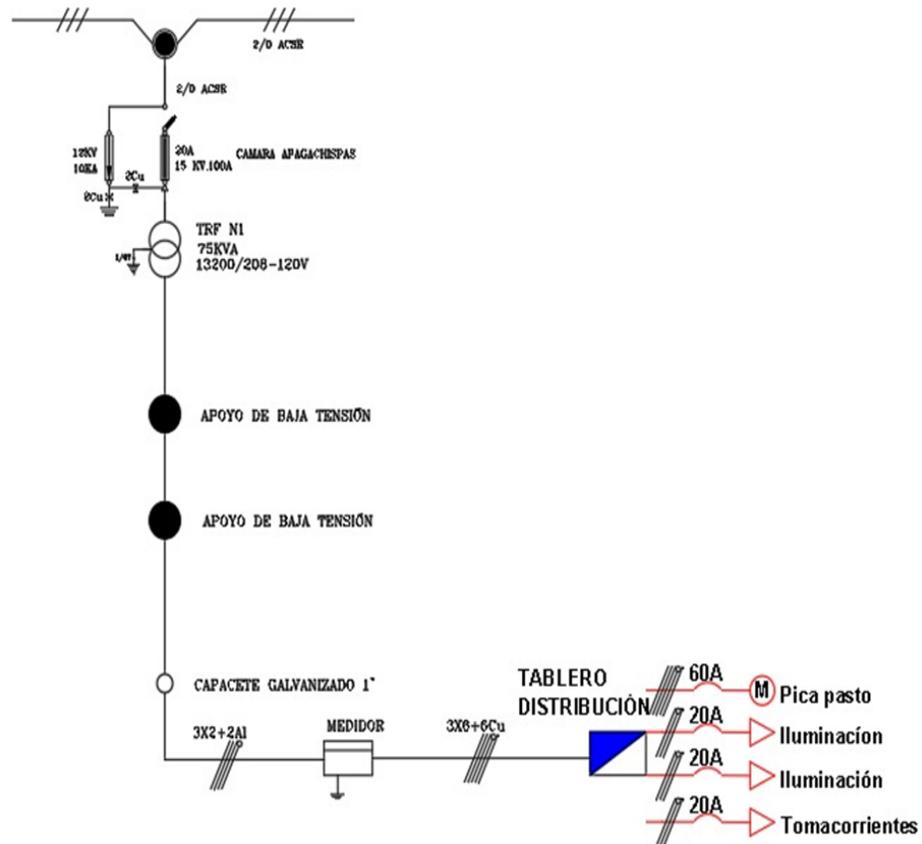
Fuente: (Autosolar).

Séptima fase desarrollada:

4.7. Desarrollo del diseño unifilar existente.

Se realizó el diagrama unifilar del sistema eléctrico existente, para determinar las conexiones de las cargas, y así implementar el sistema fotovoltaico y sus cargas futuras.

Figura 43. Diagrama Unifilar existente.

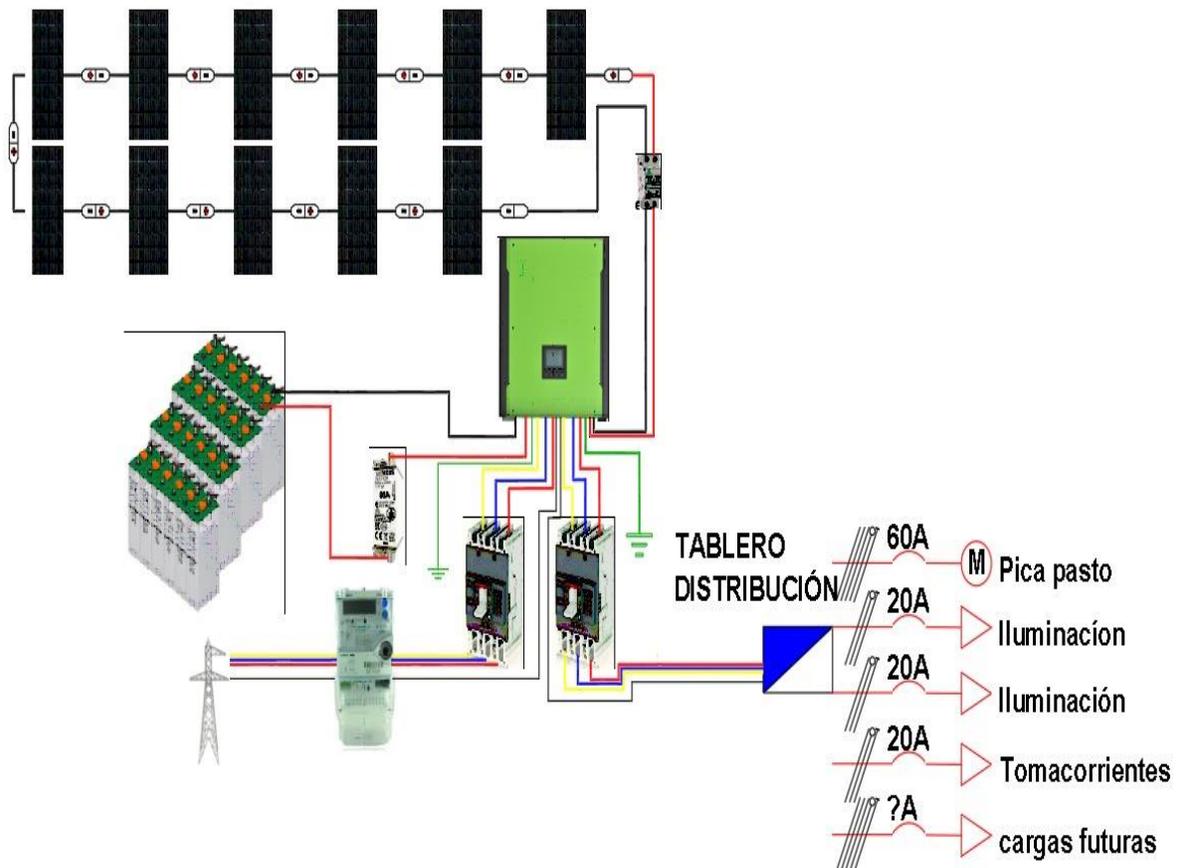


Fuente: (autores)

4.8. Diagrama de conexión al sistema fotovoltaico.

Se realizó el diseño del sistema eléctrico fotovoltaico que supliera la demanda requerida de la corraleja y la pica pasto. Este diseño cuenta con 9 paneles solares de una potencia cada uno de 430 W a 48 V y a 9,6 A. Se conectaron en serie ya que el inversor cuenta con dos entradas MPPT de 18.6 A. cada uno. En este caso se va a usar solo una entrada y queda una en reserva por si se desea extender el sistema fotovoltaico. Antes de conectar los paneles al inversor tiene una protección de dos polos en DC de 16 A. el inversor tiene una salida para las baterías y un fusible de 80 A, que es la demanda máxima requerida, la salida trifásica para conexión a red o generador cuenta con un protección termo magnética de 30 A. que es la potencia máxima que se le puede suministrar adicional al inversor en AC, también cuenta con su conexión de neutro y tierra, y por último la salida regulada a AC con su neutro y tierra y una protección termo magnética de 80 A.

Figura 44. diagrama de conexión del sistema fotovoltaico.



Fuente : (Autores).

4.8.1. MANTENIMIENTO DE LOS PANELES:

El mantenimiento de los módulos fotovoltaicos consta de:

- Lavado periódico del panel: las tareas de limpieza pueden ser realizadas por el usuario, se recomienda lavar el panel con agua y jabón de manos o un jabón no abrasivo, y con paño evitando rayas en las celdas.

- Depósitos de aves: se recomienda colocar antenas elásticas que eviten el posicionamiento de las aves.
- Inspección visual: se realiza para detectar posibles fallas, como la ruptura de un cristal por acciones externas, oxidaciones de los circuitos, daños en las soldaduras de las celdas por humedad,
- Comprobación de estado y conexión de los cables a las terminales (paneles).
- Si es necesario limpieza de terminales.

Octava fase desarrollada:

4.9. Estudio de sostenibilidad y recuperación de la inversión.

se analiza la información de consumos y servicios de la instalación obteniendo como resultado un balance económico que nos permite ver la rentabilidad del proyecto. la corraleja en la finca el comedero en Zapatoca tiene un promedio de 5 horas solar pico eficiente diarias, se asume 30 días de operación.

4.9.1. Demanda de energía eléctrica en corraleja:

El operador de red encargado de la facturación en la finca el comedero en el municipio de Zapatoca es la empresa **ELECTRIFICADORA DE SANTANDER (ESSA)**.

Total demanda 208 KW/MES.(SE ADJUNTA RESIBO.Figura 45)

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Figura 45. resibo de luz perteneciente a la corraleja finca el comedero.

Fecha máxima de pago 02/JUN/2021
Interés moratorios MV: 0.50%

Valor total \$113,195

Alumbrado público

Valor total \$119,440

Valor gravable \$124,905
Tasa impuesto alumbrado público (IAP) 5%
Impuesto municipal alumbrado público \$6,245
Saldo anterior \$0
Total impuesto IAP \$6,245

Valor total \$119,440

Este es el valor que usted paga por el impuesto de alumbrado público en forma adelantada
Lectura No. 012 de mayo 31 de 2013 del municipio de ZAPATOCA, su turno irregular
Sugerencias sobre la liquidación de su impuesto de alumbrado público, comuníquese
en la alcaldía de su municipio a la línea 8252055. Contrato condiciones uniformes, Cláusula 25

ESSA Grupo eam Nit: 890.201.230-1 Carrera 19 No.24-56

Concepto	Valor mes	Saldo
CONSUMO ACTIVA	\$124,905	\$0
SUBSIDIO	-\$11,710	\$0
DESCUENTO COMUN A	\$0	\$0

VALOR DEUDA ENERGIA A DIFERIR \$ 0
Total servicio energía eléctrica \$113,195

Estado de financiamientos

Concepto	Deuda Inicial	Tasa	Cuotas	Saldo	Fecha Inicial	Fecha Final

Liquidación empresa de aseo

Empresa	Estrato	Residencial	Alto	Frec. Barido	Subsidio
Zibros Cobros	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5, Mes 6

Valor Mes Saldo ACTUAL HISTORICO 1 HISTORICO 2

TRNA

Cálculo del consumo

Consumo: 288
Tipo: A5
Lectura Actual: 25498
Lectura Anterior: 5290
Costo Historico: 600,000

Histórico de consumo

MED-6	MED-5	MED-4	MED-3	MED-2	MED-1	MED	PROP
109	200	168	174	167	200	200	100

Fuente: (ESSA,2021).

Cálculos para suplir la demanda actual del sistema existente con el sistema fotovoltaico .

Figura 46. Tarifas ESSA 2020

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. ESP.									
INFORMA A SUS USUARIOS DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, NORTE DE SANTANDER, SUR DEL CESAR, BOLIVAR Y BOYACA									
ESSA se acogió a la opción tarifaria de acuerdo a lo establecido en las Resolución CREG 012 de 2020 y realiza publicación de la tarifa del mes de ABRIL de 2021									
Teniendo en cuenta las resoluciones 119/07, 180/14, 191/14 y 015/16, 015/18, 019/18, 030/18, 158/19, 103/19, 129/19, 036/19, 199/19, 104/20 expedidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, que permiten establecer los costos de la prestación del servicio a usuarios regulados.									
TARIFAS RESIDENCIALES									
ESTRATO		1		2		3		4	
PROPIEDAD	NIVEL MEDIDA	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	
ESSA	I	-60.00%	240.2022	-50.00%	300.2527	-15.00%	510.4297	600.5055	
CLIENTE	I	-60.00%	217.2430	-50.00%	271.5537	-15.00%	461.6413	543.1075	
Nota: El subsidio es aplicado hasta el consumo de subsistencia.									
TARIFAS RESIDENCIALES					TARIFAS NO RESIDENCIALES				
ESTRATO		5 y 6		COMERCIAL / INDUSTRIAL		ACUEDUCTOS. ESP		OFICIAL	
PROPIEDAD	NIVEL MEDIDA	% CONTRIB.	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 20%	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 10%	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	
ESSA	I	20.00%	720.6066	120.1011	720.6066	60.0505	660.5560	600.5055	
CLIENTE	I	20.00%	651.7290	108.6215	651.7290	54.3107	597.4182	543.1075	
	II			98.8164	592.8983	49.4082	543.4901	494.0819	
	III			81.3534	488.1204	40.6767	447.4437	406.7670	
	IV			74.8534	449.1204	37.4267	411.6937	374.2670	
COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO VARIABLE Y FIJO DE PRESTACION DEL SERVICIO (CU) según Res. CREG 119/2007									
Conforme con las resoluciones CREG 180/14, 015/16 y 019/18 el valor (Cfm.) que aplica para el mes de abril de 2021 es 7079.19 \$/factura									
NIVEL MEDIDA	G	T	D	Cv	PR	R	CUv Calculado	CUv Aplicado	CUf Aplicado
	Compra Energía	Costo STN	Costo Distribución	Costo de Comercialización	Costo de Compra, transporte y reducción de pérdidas	Costo de Restricciones	Costo Unitario Variable de Prestación del Servicio	Resoluciones CREG 012 de 2020 y 152 de 2020 opción tarifaria	Costo Unitario Fijo de Prestación del Servicio
	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh
I ESSA	221.0087	36.0825	216.4777	61.5210	49.7175	22.1680	606.9754	600.5055	0.0000
I CLIENTE	221.0087	36.0825	158.6274	61.5210	49.7175	22.1680	549.1251	543.1075	0.0000
II	221.0087	36.0825	141.1545	61.5210	19.0436	22.1680	500.9782	494.0819	0.0000
III	221.0087	36.0825	61.2607	61.5210	14.2726	22.1680	416.3134	406.7670	0.0000
IV	221.0087	36.0825	26.3696	61.5210	9.2426	22.1680	376.3923	374.2670	0.0000
I 50% ESSA (Pilas)	221.0087	36.0825	187.5525	61.5210	49.7175	22.1680	578.0502	571.8065	0.0000
CONSUMO DE SUBSISTENCIA			Alturas inferior a 1000 Mts	Alturas superior o = a 1000 Mts					
Resolución UPME 0355 de 8 de Julio de 2004.			173 kWh	130 kWh					

Fuente. (ESSA, 2021)

4.9.2. PRESUPUESTO DISEÑO FOTOVOLTAICO OFF GRID.

Necesidad energética:

Aquí se muestra la demanda de energía que se requiere en el sistema que hoy por hoy sule el operador de red ESSA y que el sistema fotovoltaico entraría a suplantar.

Tabla 21. Necesidad energética suplida por el operador.

EJECUCION DEL SISTEMA FV	SUMINISTRO MES	SUMINISTRO DIA	SUMINISTRO HORA
KW/HORA			0,28888889
KW/DIA		6,93333333	
KW/MES	208		

Fuente: (Autores).

Tabla 22. Calculo fotovoltaico para sistema existente.

calculo fotovoltaico	VALORES	UNIDADES
potencia real	9298	W/h
potencia del panel	430	W
numero de paneles	6	UN
capacidad de la bateria	915	Ah
voltaje del sistema	48	V
numero de baterias	21,9113226	UN
I max del regulador	64	A
calculo del conductor	56	A
pot selección inversor	3968	W
stream serie baterias	24	UN
stream paralelo baterias	0,91297178	UN
stream serie panel	2	UN
stream paralelo panel	3	UN

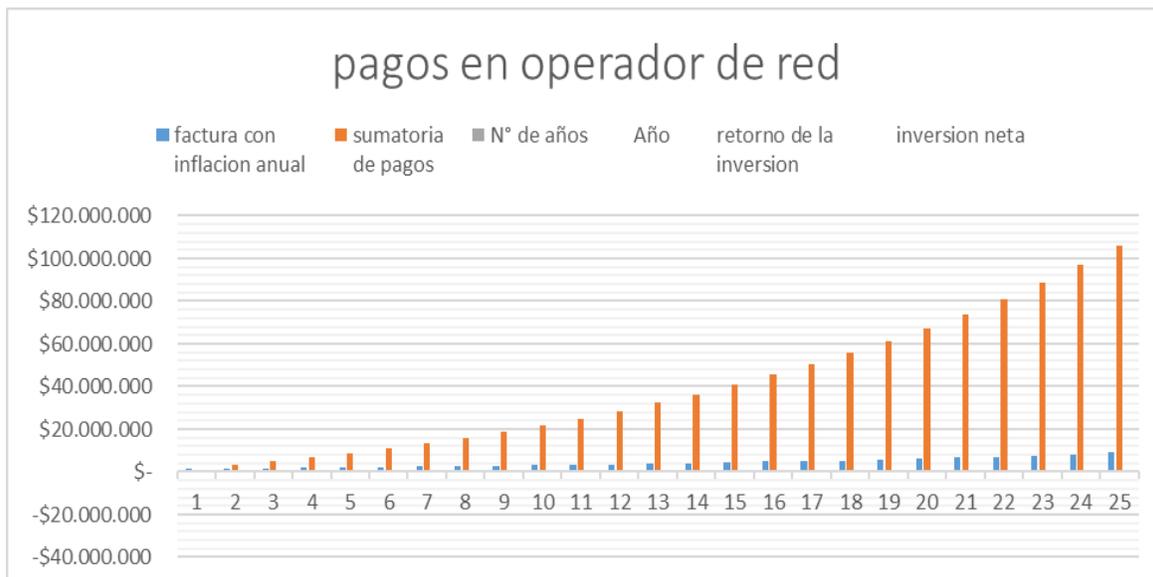
Fuente: (Autores).

Figura 47. Calculo de producción de energía Y COSTO DE FACTURACION:

CONCEPTO	ENERGIA ACTIVA (KW/h)	Valor que cobra el operador de red
Factura del mes		
CONSUMO kWh	208	
VALOR CONSUMO\$		\$ 124.905
VALOR kWh operador de RED	1	\$ 600,51
Valor TOTAL a pagar		\$ 119.440,40
Subsidio que ofrece el operador de RED		\$ 11.710,00
IMPUESTO alumbrado (AP)		\$ 6.245,26
Valor precio en bolsa		\$ 183,36
Potencia instalada en paneles kWh	3,8	
Generación mensual kWh	580,5	
Generación para consumo kWh	19,35	
Generación de excedentes que se utilizan para consumo kWh	9,6	
Generación de excedentes por encima del consumo kWh	9,75	
AHORRO MENSUAL DE USUARIO		\$ 124.905
AHORRO ANUAL DE USUARIO		\$ 1.498.862
AHORRO MENSUAL DE USUARIO con excedentes en la red		\$ 53.633

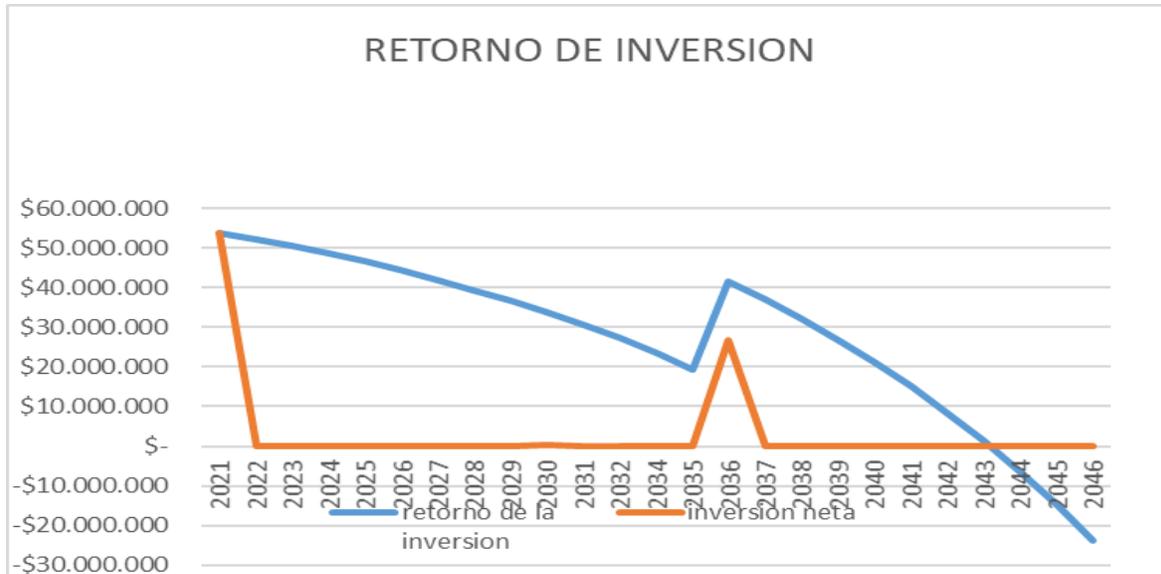
Fuente: (Autores).

Figura 48. retorno de la inversión con consumo actual neto.



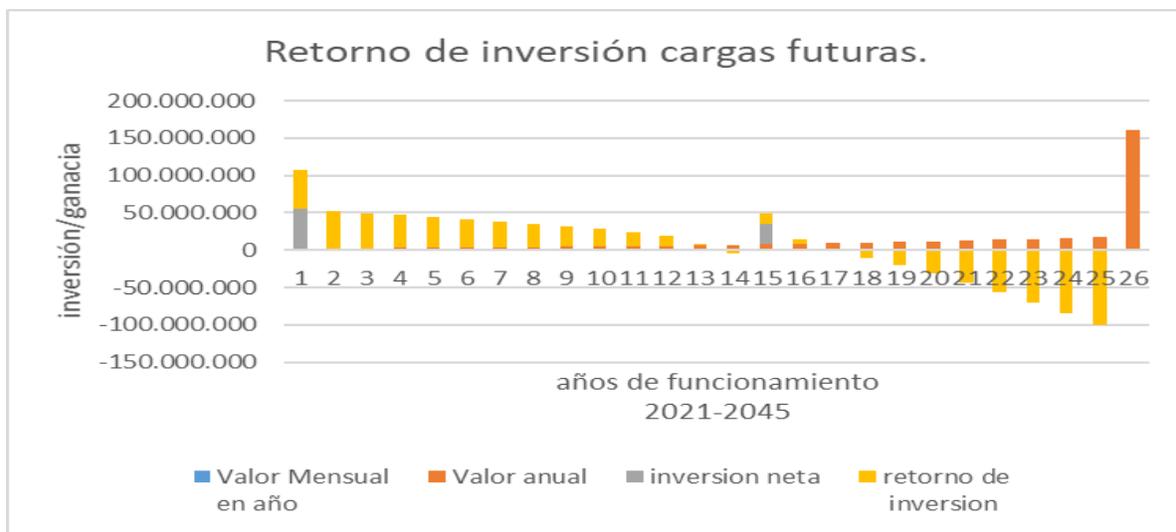
Fuente: (Autores).

Figura 49. Retorno de inversión para el sistema existente



Fuente: (Autores).

Figura 50. Retorno de inversión aplicando el consumo de las cargas futuras



Fuente: (Autores).

El ahorro que se genera en la construcción de este proyecto es del monto total de la factura proveniente actualmente por el operador correspondiente (ESSA) por un valor de \$124,905 CLP, MENSUAL proporcionando a la corraleja de la finca el comedero un ahorro anual de \$1.498.862 CLP ANUAL; Valor que será DESCONTADO del valor total de la INVERSION.

La inversión realizada para este proyecto es de \$53.843.518 CLP; se estima que recuperación de la inversión del 100% será en un tiempo de 22 años para el consumo actual dejando 3 AÑOS de ganancia que alcanzaría un valor de \$23.766.470 CLP a partir de la fecha de ejecución, sí no se recurre a el consumo de carga futura y la conexión mixta, de lo contrario su recuperación podría ser en menos tiempo.

Implementando las cargas futuras, la recuperación de la inversión será en un tiempo de 17 años, (2037); Dejando en los 8 años restantes una ganancia por valor de \$101.145.333 CLP.

El sistema implementado se proyectó para abastecer un consumo próximo por tal razón, produce un 65 % más de la Demanda actual, y un 50% de la demanda Futura concertada; por lo cual si su demanda futura sobrepasa los valor estimado, el sistema tiene la capacidad de suplir al doble lo calculado, además de que gracias a su inversor hibrido el sistema fotovoltaico cuenta con la ventaja de reinventarse e incorporar energía a la red eléctrica existente acogiéndose a los beneficios que promueve la ley 1715 del 2014 de

Ley 1715 del 13 mayo 2014 dispone la regulación de las fuentes alternativas al Sistema Energético Nacional logrando beneficios tributarios. (Congreso de la Republica de Colombia, 2014) ya que como muestra la figura 36, se produce una ganancia de 372 KW/MES, Y UNOS 4470 KW AL AÑO, abasteciendo la demanda actual. Si se quisiese vender la energía restante correspondientes a 9,7 KWh/día

se tendría una utilidad anual de \$639.036 CLP, LO CUAL REDUCIRIA EL RETORNO DE LA INVERSION.

5. RESULTADOS

En términos generales el siguiente proyecto cuenta con una capacidad de generación de 19,35 KW/día con una demanda actual de 6,33 KW/h, y se espera una demanda futura de energía superior a los 9,6 KW/h, debido a que se desea remplazar el sistema de ordeño manual, el sistema genera un excedente del 50 % de la demanda calculada, a petición del propietario.

Se ha optado por un inversor híbrido para la implementación del sistema dado que las funcionalidades de este inversor híbrido son muchas, cuenta con más de una conexión MPPT que permite extender su producción a futuro si se desea con otra conexión de otra rama de paneles solares. También se puede conectar a red o un generador llegando el caso.

Tabla 23.. Datos generales de motores trifásicos asíncronos con rotor en cortocircuito

Potencia	Potencia	Corriente nominal	Corriente de arranque	Velocidad	Rendimiento	Cos φ
0,5 CV	0,37 kW	1,09 A	4,4 Xn	1.390 rpm	74%	0,7
0,75 CV	0,55 kW	1,43 A	7 Xn	1.440 rpm	75%	0,79
1 CV	0,75 kW	1,92 A	6,5 Xn	1.415 rpm	76%	0,92
1,5 CV	1,9 kW	2,75 A	5,5 Xn	1.440 rpm	77%	0,79
2 CV	1,50 kW	3,37 A	7,5 Xn	1.420 rpm	90%	0,94
3 CV	2,20 kW	4,91 A	7,5 Xn	1.420 rpm	93%	0,92
4 CV	3 kW	6,42 A	7,5 Xn	1.420 rpm	94%	0,95
5,5 CV	4 kW	9,45 A	7,5 Xn	1.430 rpm	96%	0,94
7,5 CV	5,5 kW	11,9 A	7,3 Xn	1.470 rpm	99%	0,95
9 CV	7,5 kW	15,1 A	7,5 Xn	1.470 rpm	99%	0,95
15 CV	11 kW	22,9 A	7 Xn	1.470 rpm	90%	0,94
20 CV	15 kW	30,3 A	6 Xn	1.460 rpm	91%	0,93
25 CV	19,5 kW	36,5 A	7,5 Xn	1.470 rpm	92%	0,94
30 CV	22 kW	42,2 A	7,5 Xn	1.475 rpm	92%	0,96

Fuente: (Farina ,2018)

Nota. Estos datos son valores nominales considerando tensión nominal de 380 volts, velocidad nominal de 1.500 revoluciones por minuto,

grado de protección mecánico IP 55, frecuencia de cincuenta hertz, sistema de arranque directo y rendimiento y coseno fi tomados al noventa por ciento de la potencia nominal. (Farina,2018.)

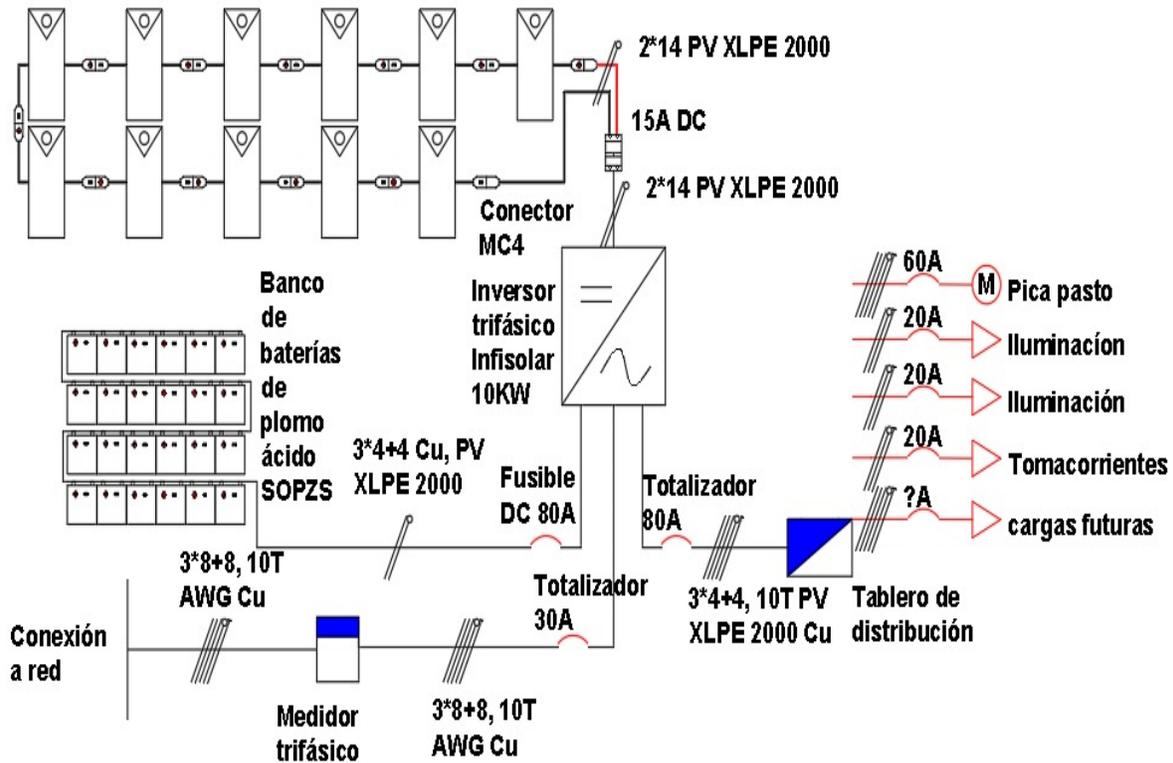
corriente de arranque de las maquinas rotativas para este sistema

La relación sobre la corriente de arranque es de 5 a 7 veces mayor a la corriente nominal. (Motores eléctricos).

En el caso de la corraleja se tiene el motor de la pica pasto en arranque directo y en conexión triángulo con una corriente nominal de 7.35 A. entonces obtendrá una corriente de arranque en peor de los casos de. $7.35 \times 7 = 51.45$ A. El inversor escogido nos soporta una demanda máxima de 80A en AC, entonces con este sistema de arranque directo no afectaría el sistema fotovoltaico.

Figura 51. Diagrama unifilar del sistema propuesto.

Panel solar ZNSHIINE ZXM6-NH156-430/M MONO 48V 9.6A



Fuente: (Autores.)

En el diseño unifilar se especifica la conexión del sistema eléctrico fotovoltaico, se ha elegido un inversor de 10 KW trifásico para suplir la demanda energética en la corraleja, este sistema como se ha mencionado con anteriormente es off grid, este inversor cuenta con la posibilidad de conectarse a la red lo que lo hace muy interesante y un poco más costoso por esta razón, es aconsejable aprovechar dicha función del inversor. Este inversor cuenta con dos entradas MPTS con un voltaje nominal de entrada en DC de 720V y una corriente de 18.6A por cada MPT. Se ha utilizado solo una entrada MPT y dejado la otra entrada de reserva como lo especifica las ventajas o sugerencias propuestas por el comercializador autoSolar, a decisión del cliente. Por otra parte, en la entrada MPT utilizada, se le han conectado 9 paneles solares en serie con una capacidad de cada uno de 430W,

10,14 A y 48V. Con esta conexión suplimos la demanda de energía de la corraleja con un voltaje en serie de 484 V y su voltaje mínimo de entrada en el MPT es de 350 V DC con una corriente máxima de 16.6A.

Tabla 24. Resumen de conexión de 9 paneles en serie:

483,3	V SERIE	voltios
10,14	I SERIE	amperios
4.900,7	P SISTEMA	watts

Nota: no se realizó la conexión como lo muestra la tabla número 12. ya que la corriente supera la corriente máxima de inversor.

Con este proyecto se presenta los resultados de los estudios técnicos y financieros que permite afirmar que el proyecto técnica y financieramente para este sistema de energía eléctrica renovable, solar fotovoltaico es viable siempre que para este caso cumpla con ciertas condiciones; El proyecto requiere 24 baterías, un inversor trifásico, cables y unas protecciones fijas, por ser un sistema calculado a 48V. dependiendo de su carga varia la cantidad de paneles; financieramente si el consumo se mantiene igual el proyecto no es viable ya que a lo largo de 25 años no representa una buena remuneración, pero si aumenta la carga sistema se pagaría a los 17 años después de su instalación y posterior a esto quedaría una ganancia de 100 millones de pesos CLP para este caso para el año 25, si se vendiera el restante de energía suministrada por el sistema a la red, el sistema se pagaría en menos tiempo.

6. CONCLUSIONES

Se realizó un estudio para un sistema fotovoltaico off- grid, que se ubicó en la corraleja de la finca el comedero en Zapatoca, ya que fue el sistema más favorable debido a su radiación óptima.

Este proyecto permitirá que la comunidad, y los empresarios quieran invertir, al ver el beneficio que se genera en especial con los mayores consumos, el avance tecnológico hace que día a día sea más asequible los equipos gracias a que ha aumentado la demanda.

Se cuenta con el diseño de un sistema FV para suministrar parte de la carga consumida por el activo. El diseño partió de la identificación de la carga consumida; con este valor y usando la ubicación del predio se determinó el tamaño del campo FV, las características de potencia de entrada y salida del inversor y las características generales del banco de baterías.

Se realizó un estudio del posible retorno de la inversión en tres casos distintos. El primero es la instalación del sistema para el consumo existente, el segundo se trata de la instalación del sistema FV para consumo con cargas futuras y el tercero se trata de un sistema que fuera de suministrar energía para el consumo de las cargas proyectadas a futuro, inyecte a la red la energía restante, proporcionada por el sistema; Después de finalizado el estudio es posible afirmar que solo es rentable el proyecto si los casos 2 o 3 son implementados. En la eventual situación que decida el dueño del predio implementar el caso 1, la solución presenta un retorno poco atractivo o insuficiente.

Las condiciones eléctricas que deben cumplir tanto el inversor como las baterías que son específicas al proyecto, y permiten afirmar que la oferta en los mercados

nacionales es relativamente pequeña lo cual puede hacer complicado o retador implementar el sistema sin realizar una importación directa.

Este estudio y diseño, puede tener grandes posibilidades a futuro de poderse construir en la finca El Comedero, pudiéndose enfocar no solo a la productividad de ordeño, sino que también a todas las facetas de productividad del campo.

7. RECOMENDACIONES

1. Para un mejor aprovechamiento de la instalación, se recomienda hacer una revisión del cableado de las luminarias, debido al tiempo que lleva en operación.

2. El hallar el inversor no fue nada fácil, debido a que en Colombia aún no ha llegado la tecnología que en otros países ya se está implementando con mayor abastecimiento en sus distribuidores, para este caso se requería un inversor trifásico y la idea principal de cualquier instalación es calcular un sistema evitando darle sobre costos, en base a esta situación se recomienda implementar equipos que no sean provenientes de otros países, o que en su defecto el distribuidor costee él envió.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arguilaga, A., Sales, R., Cuevas, F., Abril., V., Ripol, J. (s.f). *Fabricación de paneles solares*. (Tesis de Tecnología). Universidad Jaume I, Castellón de la Plana España. https://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/temes/treballs/1%20fabricacio%20panells%20_b.pdf.

Fernández, F. (22 febrero de 2017) *historia de la energía solar*. PREMIUM energía. Consultado el 13 de junio de 2021. <https://premiumenergia.es/historia-de-la-energia-solar/>

Planes, O. (13 de4 mayo de 2015) *Efecto fotovoltaico*. ENERGÍA SOLAR. Consultado el 14 de junio de 2021. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/efecto-fotovoltaico>

Planes, O. (13 de mayo de 2015) *¿Qué es el silicio?* ENERGÍA SOLAR. Consultado el 14 de junio de 2021. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica/silicio>

Autosolar. (s,f) *inversores solares*. Autosolar. Consultado. Consultado el 25 de 20021. <https://autosolar.es>

Baterías y Amperios. (s.f). *Baterías solares*. Baterías y Amperios. Consultado el 27 de 2021. <https://bateriasyamperios.com>

Pvigis, (2001-2021) *PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM*. European Commision. Consultado el 26 de 2021. <https://re.jrc.ec.europa.eu>

Autosolar. (s,f) *Baterías solares*. Autosolar. Consultado. Consultado el 25 de 20021.
<https://autosolar.es>

Solartex, (2021) *protecciones*. Solartex consultado el 01 de julio del 2021.
<https://www.solartex.co>

Inter eléctricas, (2021) *protecciones*. Inter eléctricas consultado el 01 de julio de
2021. <https://interelectricas.com.co>

Pinzón, L. (2016) *Alternativa en el aprovechamiento de energía solar ante crisis
energética en Colombia*. Universidad Militar Nueva Granada. 03 de Julio de 2021.
[https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15275/PinzonArevaloLa
dyViviana2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15275/PinzonArevaloLadYViviana2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Barrera, W. Castilla, F. (2018) *propuesta de un sistema fotovoltaico para consumo
eléctrico en el municipio de quebradanegra, Cundinamarca*. Universidad libre de
Colombia. Consultado el 03 de julio de 2010. <https://repository.unilibre.edu.co>

Vanegas, M. Villacaña, E. Arrieta, L. (2015) *Cuantificación y caracterización de la
radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de
transmisibilidad Atmosférica*. Prospectiva. Consultado el 03 de julio de 2021.
<http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n2/v13n2a07.pdf>

Plata, H. (2016) *Estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema de
energías renovables en ganadería*. Universidad industrial de Santander. 03 de Julio
de 2021. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/163485.pdf>

Gómez, J. Murcia, J. cabeza, I. (2017) *La generación solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas*. Universidad Santo Tomás. Consultado el 03 de Julio de 2021.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/G%C3%B3mez2018.pdf?s>

Franco, C. Diner, I. Hoyos, S. (2007) *contribución de la energía al desarrollo de comunidades aisladas no interconectadas: un caso de aplicación de la dinámica de sistemas y los medios de vida sostenibles en el suroccidente colombiano*. Universidad Nacional de Colombia. Consultado el 03 de Julio de 2021.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/download/1728/11624?inline=1>

Ruiz, F. Janica, H. (2012) *efectos ambientales y socio-económicos del sistema de producción ganadero con enfoque ambientalmente sostenible y el sistema tradicional, implementados en las fincas escocia y Alejandría, respectivamente en el municipio de montería, departamento de córdoba*. Universidad Javeriana. Consultado el 4 de Julio de 2021.
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/2505/RuizSoleraFlorAngela2012.pdf>

Archila, C. Gómez, Y. Ríos, J. *sistema de costos para el proceso de doble propósito en pequeños hatos ganaderos en el municipio de Charala, Santander*. Universidad Cooperativa de Colombia. Consultado el 04 de 2021.
<https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/1750/1/PROYECTO%20DE%20GRADO%20GANADERIA%20DOBLE%20PROPOSITO.pdf>

Cote, R. (2017) *incidencia de proyectos que emplean sistemas fotovoltaicos frente a la problemática energética de las zonas rurales en Colombia*. UNAD. Consultado el 04 de Julio de 2010.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13509/88239423.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, M. (2018) *evaluación ambiental de alternativas de suministro energético para una zona no interconectada del contexto Colombiano: caso archipiélago de la plata, consejo comunitario de bahía Málaga*. Universidad Autónoma del Occidente Consultado el 04 de Julio de 2010.
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10506/T08167.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Fedegan, Areandina. (2021) Formación técnicos y tecnólogos en ganadería sostenible. *Cuadernos ganaderos*. (Nº 18)
Contextoganadero,(2021) La necesidad de energía en la ganadería sustentable. Contextoganadro. Consultado el 06 de Julio de 2021.
<https://www.contextoganadero.com/blog/la-necesidad-de-energia-en-la-ganaderia-sustentable>

Centelsa, (s,f) Tablas de información básica. Centelsa. Consultado el 05 de Julio de 2021.
<https://www.centelsa.com/archivos/Tablas-de-informacion-basica-CENTELSA-version-web.pdf>

Elctricconciencia, NTC 2050 (2021) Como calcular el conductor de puesta a tierra de acometidas, alimentadores y ramales. Electricconciencia. Consultado el 05 de Julio de 2021.
<https://www.electricaplicada.com/calcular-conductor-puesta-tierra-acometidas-alimentadores-ramales/>

Agronet. (2019) *Ganaderos ya utilizan riego con paneles solares para tener pastos permanentes*. Agronet. Consultado el 10 de Julio de 2021.

<https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Ganaderos-ya-utilizan-riego-con-paneles-solares-para-tener-pastos-permanentes.aspx>

Energía Solar, (2018) *Energía solar en Colombia: así es el panorama en cifras*. CELSIA. Consultado el 10 de Julio de 2021

<https://blog.celsia.com/new/energia-solar-en-colombia-panorama-en-cifras/>

Camargo, L. Garzón, P. (2018) *Evaluación de la implementación de energía solar fotovoltaica en la ganadería sostenible en Toca, Boyacá*. Universidad católica d Colombia. Consultado el 10 de Julio de 2021.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22386/1/EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20GANADERIA%20SOSTENIBLE.pdf>

Agri-lac, (2018) *Sistemas de ordeños*. Agri-lac. Consultado el 9 de Julio de 2021.

<https://www.agrilac.co>

Energiaynetwork (19 de 06 de 2018) *Función de los Inversores*. Obtenido de Energiaynetwork Web site: <https://www.energiaynetwork.com/blog/post/cual-es-la-funcion-de-los-inversores>

Autosolar. (30 de 02 de 2019). *Reguladores de Carga*. Obtenido de Autosolar Web site: <https://autosolar.es/reguladores-de-carga>

Twenergy. (01 de 04 de 2019). *ENERGÍA SOLAR*. Obtenido de Twenergy Web site: <https://twenergy.com/energia/energia-solar>

Barbera, D. (2013). Introducción a la energía fotovoltaica. España: Universidad de Sevilla.

La tienda industrial. (2018) *Arrancadores estrella triángulo*. La tienda industrial. Consultado el 23 de Julio de 2021. <https://latiendaindustrial.com>

Iguren. (s.f.) *Aplicaciones y uso de los variadores de frecuencia*. Iguren. Consultado el 23 de Julio de 2021. <https://iguren.es/blog/aplicaciones-y-usos-de-los-variadores-de-frecuencia>

Mheducation. (s.f.) *Tipos de arranque de motores asíncronos*. Motores eléctricos. Consultado el 23 de Julio de 2021. <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>

Campos,M.(2012) Manual de Mantenimiento. Consultado el 23 de Julio de 2021 <https://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5074/fichero/Volumen+5%252F9.+Manual+de+Manteminiento.pdf>

Farina,A.(2018)motores eléctricos trifásicos. obtenido de editores revista de ingeniería eléctrica web site:

https://editores-srl.com.ar/revistas/ie/330/farina_motores_electricos.pdf

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

F-DC-125

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO**

VERSIÓN: 1.0

F-DC-125

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO**

VERSIÓN: 1.0