



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO Y  
MICROTURBINAS EÓLICAS PARA ABASTECIMIENTO  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL EN  
ACOPLAMIENTO CON UN INTERCAMBIADOR DE  
CALOR DE SUELO HORIZONTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

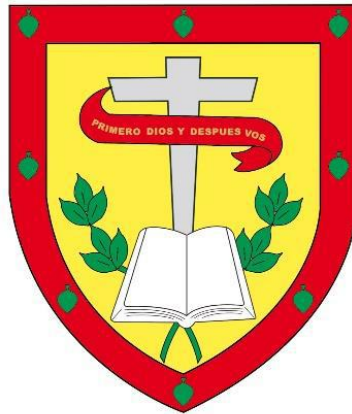
**AUTORES: CARLOS FELIPE ALBARRACÍN SANCÁN**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ICAZA ÁLVAREZ MGS.**

**CUENCA – ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad al servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO Y  
MICROTURBINAS EÓLICAS PARA ABASTECIMIENTO DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL EN ACOPLAMIENTO CON  
UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE SUELO HORIZONTAL  
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTOR: CARLOS FELIPE ALBARRACIN SANCÁN**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ICAZA ÁLVAREZ MSc.**

**MATRIZ CUENCA**

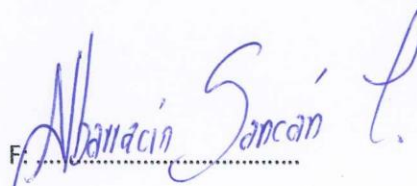
**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESAROLLO**

## Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Carlos Felipe Albarracín Sancán portador de las cédulas de ciudadanía N.º 0105671218. Declaro ser el autor de la obra: "Diseño de un Sistema híbrido fotovoltaico y microturbinas eólicas para abastecimiento de energía eléctrica residencial en acoplamiento con un intercambiador de calor de suelo horizontal", sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 28 de marzo del 2023

  
F. ....  
Carlos Felipe Albarracín Sancán

070596593

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Felipe Albarracín Sancán, bajo mi supervisión.



---

Ing. Daniel Icaza Álvarez MsC.

DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

Gracias a Dios he podido superar cada dificultad y obstáculo que se ha presentado en el trayecto de mi vida, le agradezco por haberme fortalecido y brindado su apoyo incondicional la que me ha permitido escalar en mi vida profesional. Le doy gracias por permitirme haberme formado en una entidad prestigiosa como la Universidad Católica de Cuenca que cuenta con docentes de categoría que mediante sus conocimientos y cátedras nos brindan para ser mejores profesionales. Le doy gracias al Tutor de tesis el ingeniero Daniel Icaza por su apoyo y formación del documento para el desarrollo y obtención del título anhelado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero le agradezco a Dios por permitir cumplir un sueño más en mi vida y me ha permitido llegar a alcanzar los logros a lo largo de estos años, por haberme fortalecido en momentos difíciles. Agradezco a mi familia por estar siempre impulsándome para que pueda conseguir las metas propuestas. Y también agradezco al ingeniero Daniel Icaza a lo largo de estos años ha sabido impulsar la carrera y la formación académica que incentiva a mejorar cada día.

## RESUMEN

En el siguiente trabajo se analiza un sistema híbrido fotovoltaico y eólico en el sector de San Pedro de la ciudad de Cuenca, mediante la aplicación Homer Pro se analiza la radiación solar y la velocidad del viento que nos servirá para la generación de energía que abastecen de electricidad al proyecto de las cabañas propuestas con un diseño planificado mediante eficiencia energética para aprovechar los recursos naturales. También se analiza el sistema geotérmico el comportamiento y análisis combinado con la radiación solar para obtener calefacción y agua caliente para el confort de los usuarios de esta manera poder obtener un ambiente amigable y cálido ya que en la ciudad de Cuenca los cambios son drásticos y varía constantemente por el calentamiento global. El sector escogido para el análisis se encuentra en las periferias de la ciudad mediante los datos obtenidos de la aplicación Homer Pro que está enlazado con la NASA y obtener mayor precisión de resultados. El análisis del sistema consiste en el manejo de datos para satisfacer las necesidades del hotel, cubrir la demanda de energía y que el sistema sea aislado de la red eléctrica convencional, también debe cubrir la demanda de energía para la bomba de calor que esta requiere para el sistema de calefacción horizontal incorporado en las instalaciones de la hostería para un mejor ambiente climático dentro de las instalaciones.

*Palabras clave:* Calefacción horizontal, eficiencia energética, Homer Pro, Sistema híbrido fotovoltaico y eólico.

## ABSTRACT

This work analyzes a hybrid photovoltaic and wind system in the San Pedro area in Cuenca. Solar radiation and wind speed were analyzed using the Homer Pro application. That analysis will be useful for generating energy that will supply electricity to the project of the proposed cabins with a planned design through energy efficiency to take advantage of natural resources. The geothermal system behavior and analysis were also studied in conjunction with solar radiation to obtain heating and hot water for the users' comfort, obtaining a friendly and warm environment, since in Cuenca the changes are drastic and constantly varying due to global warming. The area selected for analysis is on the city's outskirts, using data from the Homer Pro application, which has been linked to NASA to provide more accurate results. The system analysis consists of data management to meet the needs of the hotel, covering the energy demand and isolating the system from the conventional power grid. It must also cover the energy needs of the heat pump for the horizontal heating system that was incorporated into the hotel's facilities to create a better climatic environment within the accommodations.

*Keywords:* horizontal heating, energy efficiency, photovoltaic and wind hybrid, Homer Pro

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>18</b>
Objetivo general .....	21
Objetivos específicos .....	21
Alcance.....	21
Justificación.....	21
<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>23</b>
<b>SISTEMA HÍBRIDO.....</b>	<b>23</b>
1.1 Introducción al sistema Híbrido .....	23
1.2 Dimensionamiento del sistema .....	24
1.3 Prototipos de los sistemas híbridos.....	25
1.4 Ventajas de los Sistemas híbridos .....	26
1.5 Desventajas de los Sistemas híbridos .....	26
1.6 Configuración del Sistema Híbrido .....	26
1.7 Tipos de conexión para el sistema híbrido.....	26
1.8 Edificación Inteligente .....	27
1.9 Eficiencia Energética .....	28
1.10 Banco de baterías .....	29
1.11 Controlador de corriente .....	30
1.12 Inversor de corriente .....	30
1.13 Protección del Sistema .....	31
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>31</b>
<b>2. ENERGÍAS RENOVABLES.....</b>	<b>31</b>
2.1.1 Introducción al sistema solar fotovoltaico .....	31
2.2.1 Introducción al sistema geotérmico .....	37
2.2.2 Sistema geotérmico .....	38
2.2.3 Bomba de calor .....	39
2.2.4 Sistema Vertical y Horizontal .....	40
2.2.5 Bomba de calor acoplada al sistema geotérmico .....	42
2.3.1 Introducción al sistema eólico.....	46

2.3.2 Potencial del sistema eólico .....	46
2.3.3 Aerogenerador .....	46
2.3.3.1 Descripción del aerogenerador.....	47
2.3.3.2 Tipos de configuración del aerogenerador .....	48
2.3.4 Parque eólicos.....	49
2.3.5 Producción del sistema eólico .....	50
2.3.6 Aplicaciones del sistema eólico .....	51
2.3.7 Ventajas del sistema de microturbinas eólicas.....	51
2.3.8 Desventajas del sistema eólico.....	51
<b>CAPITULO 3 .....</b>	<b>52</b>
<b>3. DESAROLLO DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>52</b>
3.1 Ubicación del Proyecto .....	52
3.2 Prototipo estructural del proyecto .....	53
3.3 Análisis de los recursos para el sistema híbrido .....	55
3.4 Sistema energético híbrido obtención de datos mediante Homer PRO .....	68
3.5 Simulación del proyecto mediante la aplicación Homer PRO.....	70
3.6 Recurso potencial para la generación de energía .....	71
3.7 Proyecto inteligente del sistema autónomo .....	76
3.8 Modelo matemático de los sistemas renovables .....	77
3.8.1 Modelo matemático (Sistema Solar Fotovoltaico).....	80
3.8.2 Modelo matemático (Sistema eólico) .....	81
3.8.3 Modelo matemático (Sistema geotérmico).....	82
3.8.4 Modelo matemático (Respaldo de baterías) .....	88
3.8.5 Modelo matemático (Inversor) .....	89
3.8.6 Energía obtenida para el sistema .....	89
<b>CAPITULO 4 .....</b>	<b>90</b>
<b>4. Resultados y Análisis de los Sistemas .....</b>	<b>90</b>
4.1 Comportamiento de la radiación Solar para el sistema .....	90
4.2 Comportamiento de la velocidad del para el sistema.....	91
4.3 Comportamiento del respaldo de energía .....	92
4.4 Temperatura y comportamiento de la bomba de calor .....	93
4.4.1 Operación y rendimiento de la bomba de calor .....	97

4.4.2 Eficiencia térmica y radiación solar .....	99
4.4.3 Diferentes análisis del sistema geotérmico híbrido .....	100
4.4.3.1 Comportamiento del sistema térmico, consumo de agua para la obtención de calefacción o refrigeración .....	100
4.4.3.2 Comportamiento del sistema térmico y temperatura.....	103
4.4.3.3 Rendimiento térmico y rendimiento de la bomba de calor .....	105
4.4.3.4 Uso de energía del sistema para la bomba de calor.....	107
4.5 Comparación de diferentes fuentes generadoras de electricidad .....	109
4.5.1 Análisis de las configuraciones por costos .....	111
4.5.2 Diferentes configuraciones para la optimización de costos .....	113
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>115</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>117</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>129</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Esquema del sistema híbrido.</i> .....	23
<i>Figura 1: Diseño del sistema híbrido y carga del sistema para abastecer las cabañas. Fuente (Autor). Anexo (6).</i> .....	25
<i>Figura 3: Diagrama esquemático del sistema híbrido para edificaciones inteligentes.</i> .....	28
<i>Figura 4: Baterías de Plomo acido para el sistema híbrido.</i> .....	29
<i>Figura 5: Regulador de carga.</i> .....	30
<i>Figura 6: Inversor de corriente.</i> .....	31
<i>Figura 7: Paneles Solares.</i> .....	32
<i>Figura 8: Sistema autonomo híbrido.</i> .....	33
<i>Figura 9: Obtención de la radiación Solar.</i> .....	34
<i>Figura 10: Irradiación Solar.</i> .....	35
<i>Figura 11: Ángulo de inclinación para la configuración del panel solar.</i> .....	35
<i>Figura 12: Panel solar tipo monocristalino.</i> .....	36
<i>Figura 13: Panel solar tipo polycristalino.</i> .....	37
<i>Figura 14: Obtención del sistema geotérmico.</i> .....	39
<i>Figura 15: Bomba de Calor.</i> .....	40
<i>Figura 16: Sistema geotérmico tipo vertical.</i> .....	41
<i>Figura 17: Sistema geotérmico tipo horizontal.</i> .....	41
<i>Figura 18: Esquema del prototipo para el funcionamiento calefacción y almacenamiento.</i>	42
<i>Figura 19: Composición de materiales PCM.</i> .....	44
<i>Figura 20: Sistema híbrido de un colector solar e intercambiador de calor horizontal.</i> .....	45
<i>Figura 21: Partes del aero generador</i> .....	47
<i>Figura 22: Aerogenerador tipo de configuración horizontal de Gedser.</i> .....	48
<i>Figura 23: Aerogeneradores de configuración vertical.</i> .....	49
<i>Figura 24: Parque eólico ubicado en la ciudad de Loja Ecuador.</i> .....	50
<i>Figura 25: Ubicación del proyecto y sus limites.</i> .....	53
<i>Figura 26: Prototipo del Diseño de la cabaña.</i> .....	54
<i>Figura 27: Comportamiento de la radiación solar en la ubicación del proyecto analisis mensual.</i> .....	56

<i>Figura 28: Comportamiento de la velocidad del viento en la ubicación del proyecto analizis mensual. ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 29: Promedio diario de la temperatura y radiación solar para el sistema hibrido geotérmico.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 30: Diseño interno de la cabaña para el sistema geotérmico.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 31: Esquema del sistema geotérmico para abstecer de calefacción o refrigeración mediante la bomba de calor. ....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 32: Esquema del funcionamiento para obtener calefacción. ....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 33: Esquema del funcionamiento para disminuir la temperatura de los ambientes. ....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 34: Esquema del funcionamiento para la obtencion de agua caliente. ....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 35: Esquema del funcionamiento para la obtencion de agua fria y calefacción del sistema. ....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 36: Diseño electrico para el sistema de iluminación y tomacorrientes o carga del sistema ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 37: Símbologia del sistema eléctrico (Auto Cad).....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 38: Pagina de la aplicación enlace de la NASA (Homer Pro). ....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 39: Ubicación del proyecto en la aplicación (Homer Pro).....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 40: Esquema del Sistema Hibrido (Homer Pro).....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 41: Capacidad de generación mediante sistema fotovoltaico (Homer Pro). ....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 42: Capacidad de generación mediante el aerogenerador (Homer Pro).....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 43: Generación de energía mensual del sistema híbrido (Homer Pro).....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 44: Salida del inversor (Homer Pro). ....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 45: Estado de carga de las baterías anual (Homer Pro). ....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 46: Proyecto de las cabañas con el sistema solar, eólico y geotérmico. ....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 47: Representación del sistema autonomo para el proyecto. ....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 48: Esquema del funcionamiento del sistema geotérmico a traves de la bomba de Calor. ....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 49: Comportamiento de la radiación solar durante las 24 horas.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 50: Comportamiento de la velocidad del viento durante las 24 horas.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 51: Densidad del viento durante las 24 horas. ....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 52: Comportamiento del sistema de baterías carga y descarga del respaldo. ....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 53: Comportamiento de la temperatura obtenida en las 24 horas.....</i>	<i>93</i>

<b>Figura 54: Demanda de energía y líquido caliente.</b> .....	<b>94</b>
<b>Figura 55: Consumo promedio del agua caliente para diferentes requerimientos de 1 cabaña para 4 personas.</b> .....	<b>95</b>
<b>Figura 56: Promedio diario del funcionamiento de la bomba de calor (Sin agua caliente).</b>	<b>96</b>
<b>Figura 57: Promedio diario del funcionamiento de la bomba de calor (Con agua caliente).</b>	<b>96</b>
<b>Figura 58: Consumo de energía para el funcionamiento de la bomba de calor.</b> .....	<b>97</b>
<b>Figura 59: Eficiencia del sistema híbrido geotérmico.</b> .....	<b>98</b>
<b>Figura 60: Eficiencia del sistema híbrido geotérmico y consumo eléctrico.</b> .....	<b>99</b>
<b>Figura 61: Aprovechamiento Solar para el sistema geotérmico híbrido.</b> .....	<b>99</b>
<b>Figura 62: Suministro del sistema solar y bomba de calor.</b> .....	<b>100</b>
<b>Figura 63: Análisis de S1 rendimiento térmico y almacenamiento de agua para el uso de la bomba (Calefacción).</b> .....	<b>101</b>
<b>Figura 64: Análisis de S2 rendimiento y almacenamiento de agua para el uso de la bomba (Calefacción).</b> .....	<b>101</b>
<b>Figura 65: Análisis de S3 rendimiento y almacenamiento de agua para el uso de la bomba (Calefacción).</b> .....	<b>102</b>
<b>Figura 66: Análisis diario de S4 rendimiento y almacenamiento de agua para el uso de la bomba (Refrigeración).</b> .....	<b>102</b>
<b>Figura 67: Análisis de S1 sistema lateral (Calefacción).</b> .....	<b>103</b>
<b>Figura 68: Análisis de S2 sistema lateral (Calefacción).</b> .....	<b>103</b>
<b>Figura 69: Análisis de S3 sistema lateral (Calefacción).</b> .....	<b>104</b>
<b>Figura 70: Análisis de S4 sistema lateral (Refrigeración).</b> .....	<b>104</b>
<b>Figura 71: Análisis de S1 aprovechamiento Solar (Calefacción).</b> .....	<b>105</b>
<b>Figura 72: Análisis de S2 aprovechamiento Solar (Calefacción).</b> .....	<b>105</b>
<b>Figura 73: Análisis de S3 aprovechamiento Solar (Calefacción).</b> .....	<b>106</b>
<b>Figura 74: Análisis de S4 aprovechamiento Solar (Refrigeración).</b> .....	<b>106</b>
<b>Figura 75: Análisis del sistema de almacenamiento del ACS S1 (Calefacción).</b> .....	<b>107</b>
<b>Figura 76: Análisis del sistema de almacenamiento del ACS S2 (Calefacción).</b> .....	<b>107</b>
<b>Figura 77: Análisis del sistema de almacenamiento del ACS S3 (Calefacción)</b> .....	<b>108</b>
<b>Figura 78: Análisis del sistema de almacenamiento del ACS S1 (Refrigeración)</b> .....	<b>108</b>
<b>Figura 79: Tiempo de vida del proyecto.</b> .....	<b>111</b>
<b>Figura 80: Diferentes configuraciones para optimizar el sistema híbrido.</b> .....	<b>111</b>

<b>Figura 81: Estrategias y configuraciones de la demanda de energía .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 82: Resultados de un día representativo con las configuraciones analizadas 3B y 3C .....</b>	<b>113</b>
<b>Figura 83: Resultados de un día representativo con las configuraciones analizadas 4B y 4C .....</b>	<b>114</b>
<b>Figura 84: Aprovechamiento de los recursos naturales.....</b>	<b>114</b>
<b>Figura 85: Determinación del sistema híbrido. ....</b>	<b>115</b>
<b>Fuente (Homer Pro 2023).....</b>	<b>115</b>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Tipos de carga eléctrica en el sistema.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 2: Especificaciones del Panel fotovoltaico. ....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 3: Promedio mensual de la radiación solar. ....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 4: Promedio mensual de la velocidad del viento. ....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 5: Especificaciones del aerogenerador. ....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 6: Descripción clima promedio de la Ciudad de Cuenca mensual. ....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 7: Demanda de energía para las cabañas. ....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 8: Resumen general de energía. ....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 9: Especificaciones de la batería. ....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 10: Datos ingresados en la aplicación Homer PRO. ....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 11: Desechos contaminantes de las energías renovables.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 12: Diferentes configuraciones analizadas.....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 13: Diferentes estrategias. ....</i>	<i>110</i>

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1: Resultados obtenidos de “Homer PRO” .....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo 2: Reporte de la aplicación “Homer PRO” .....</b>	<b>140</b>
<b>Anexo 3: Carga y caída de tensión del sistema para las cabañas .....</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 4: Diseño de (auto cad) ilustración de las cabañas .....</b>	<b>151</b>
<b>Anexo 5: Diseño de la cabaña ilustración de mediante la aplicación (Sketchup).....</b>	<b>153</b>
<b>Anexo 6: Esquema del sistema híbrido mediante (Autocad).....</b>	<b>160</b>

## INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un elemento importante para el desarrollo de la humanidad ya que tiene muchas utilidades dentro de los hogares industrias, comercios y transporte para el uso y confort de los usuarios (BARRERO GONZALEZ, 2004). Debido al crecimiento constante del uso de energía se ha optado por implementar nuevas tecnologías para la generación de electricidad ya que ha incrementado progresivamente sus usos por la humanidad (Molina, 2020). Existe varias formas de generar electricidad, pero la problemática radica en el consumo excesivo de combustibles fósiles como materia prima para la generación de energía provocando daños en el medio ambiente ocasionando el conocido efecto invernadero (Florez, s. f.). Otra problemática de los combustibles fósiles es que la materia se va agotando y en un futuro limitar el uso, ya que estas fuentes tienen limitaciones pudiendo llegar a su fin, otra problemática existente es el alto poder calorífico que esta emite al producir electricidad. Las fuentes de energía convencionales derivadas del petróleo como el gas, diésel y el carbón son los causantes del calentamiento global por emanar el monóxido de carbono causando el efecto invernadero (Arango & Arroyave, 2016). El excesivo uso de estos combustibles ha provocado daños directos al ecosistema ocasionando drásticos cambios climáticos o daños directos a la capa de ozono. En la actualidad la problemática es la demanda excesiva de energía y el futuro no está excepta de esta situación, sin embargo, para cubrir estas necesidades se ha optado por alternativas diferentes para la generación de electricidad a través de fuentes de energías renovables (Vargas, s. f.). La obtención de electricidad ha presentado avances tecnológicos que benefician el medio ambiente y aprovechando el recurso natural como la radiación solar para los paneles fotovoltaicos y las ráfagas del viento para la energía eólica (Chancusi & Moreta, 2020). Los hoteles tienen un alto consumo de energía por lo que es necesario buscar alternativas para satisfacer las necesidades del huésped sin reducir el confort, las alternativas más relevantes ahora son las energías renovables. Las energías renovables son las nuevas tecnologías ya que estas tienen un gran beneficio tanto económico y ecológico ayudando a conservar la naturaleza disminuyendo los daños a los que en la actualidad está sometido por los combustibles fósiles (A. Gonzales & Velarde, 2017) y actualmente tiene un gran beneficio de rendimiento para satisfacer la demanda de electricidad. En esta misma línea de eficiencia, está revolucionando la generación de energía a través de los paneles fotovoltaicos. El uso del sistema de energías renovables tiene como función principal de generar energía para el hotel, cubrir la demanda de energía que necesita para la iluminación de las instalaciones y las necesidades del huésped (R. Gonzales, 2019). El aprovechamiento de la energía fotovoltaica y eólica para abastecer el hotel de electricidad y el sistema híbrido geotérmico para abastecer de calefacción en las instalaciones de hospedaje para los usuarios. Las energías renovables han

impulsado su uso por la accesibilidad a los lugares sin energía estos tienen muchas ventajas como recurso propio de la naturaleza e inagotable, pero una de las desventajas es la intermitencia con la que esta genera energía ya que el clima cambia constantemente haciendo que la velocidad del viento obtenga velocidades intermitentes generando inestabilidad en la curva de potencia (Gonzalez et al., 2014). La generación de energía solar fotovoltaica también presenta esta desventaja de ser intermitente al no ser constante la radiación solar no puede generar electricidad ya que transforma de forma directa la radiación solar en energía. El propósito con el sistema híbrido es que la curva de potencia tenga mayor estabilidad para tener un sistema óptimo y de mejor rendimiento en la combinación con la energía solar y la energía eólica. Este sistema ha revolucionado las energías renovables presentando mayor eficiencia el usar este tipo de tecnologías que ofrecen mejoras para la generación de energía y la mayor ventaja es una fuente inagotable. También se conoce que para el sistema sea óptimo, tiene el respaldo de un banco de baterías para suministrar cuando el sistema lo requiera (Castillo et al., 2014). El objetivo es aprovechar el sistema híbrido para la generación de energía a través de un sistema fotovoltaico y eólico y poder prescindir de la red eléctrica, abasteciendo de electricidad las instalaciones y la bomba de calor para la calefacción. Se considera este tipo de generación de energías debido que el tipo de generación biomasa requiere de un alto recurso para obtener la materia orgánica que necesita para su funcionamiento y el sistema de energía por obtención hidráulica es por el requerimiento del caudal y agua para su aprovechamiento otra alternativa descartada por el ambiente en el que se pretende analizar el sistema (Chancusi & Moreta, 2020).

La energía solar fotovoltaica descubierta en 1838 por el francés Edmond Alexandre, experimento que la carga de la pila aumentaba cuando se exponía al sol, la pila era tipo electrolítica compuesta por electrodos de platino hacía que aumentara la corriente. Sin embargo, en 1883 Charles Fritts determina el efecto fotovoltaico que hasta la actualidad se las conoce. Estos dispositivos nos ayudan para el aprovechamiento de energía que el Sol produce para poder transformarlas en electricidad (A. López, s. f.). Este efecto funciona cuando existe luz solar sobre un semiconductor para aumentar la carga de electrones realizando que el voltaje tenga una dirección para generar la corriente eléctrica. Con estos avances tecnológicos en la actualidad se puede emplear de muchas maneras también la energía solar fotovoltaica reduce costos por consumo de electricidad a las empresas generadoras o distribuidoras de energía. Un sistema muy amigable con el medio ambiente que no desecha residuos o contamina el planeta (*Energía Solar Fotovoltaica*, s. f.). La energía solar es renovable, segura, limpia y eficaz nos ayuda para la generación de electricidad y también es productora de calor y frío. Los inversores fotovoltaicos son los

encargados de generar la electricidad, los paneles solares son los encargados de transformar la corriente (Cortazar, 2013).

La energía eólica tiene registro desde el siglo VI D.C. Estas estaban diseñadas de eje vertical estas se utilizaban para bombear el agua y moler granos. Sin embargo, en el siglo XIX existía 3000 molinos utilizados para la generación de energía con una potencia de 200 MW. Se concientizo por estos recursos debido que tipo de energía no renovables se están agotando, sin contar el alza de los precios que este tipo de recursos fósiles tienen constantemente. Se opto como alternativa la energía eólica por su accesibilidad y recurso natural (Guerra, 2013). Obteniendo un gran aporte para la generación de electricidad tanto económica como tecnológica haciendo de tipo de energía competitiva en el mercado energético. El sistema de generación eólica es un tipo de energía renovable por la obtención de electricidad generada por el impulso de las aspas provocadas por las ráfagas de viento, este tipo de energía está entre los más utilizados. La generación de energía tipo eólica también tiene desventajas esto se debe a que el clima tiene cambios minimizando la fuerza del viento o la misma ausencia para producir energía. La solución para este tipo de problemas radica en tener un sistema hibrido conjuntamente con un banco de baterías para mantener un sistema optimo y estable (Bordignon et al., 2021).

Las edificaciones cuentan con un sistema de aire acondicionado, calefacción y ventilación para hacer de los ambientes un lugar más agradable, es importante considerar las estructuras para las edificaciones ya que también son una problemática y poder reducir los gases que provocan el efecto invernadero (Laguna Monroy, s. f.). Para el sistema se debe cubrir totalmente la demanda energética con energías renovables haciendo más interesante y aprovechar un recurso natural. También es importante el análisis de las energías renovables por sus fuentes naturales tienen la desventaja de ser intermitentes también dependen de la región en la que se produzca por el clima presente en cada sector a las que deben estar adecuados estos sistemas. El sistema de calefacción y bomba de calor o refrigeración de los ambientes se puede aplicar con energías renovables concientizando y evitar el uso del sistema por combustibles fósiles, nos permite un mejor rendimiento y la disminución de gases que provocan el efecto invernadero. Esto se considera ya que estudios demuestran que las personas pasan más del 90% de vida en los interiores. Por eso se establece que las edificaciones deben tener respectivamente las adecuaciones para la correcta hermeticidad mejorando el sistema de aislamiento (Leonforte et al., 2022).

El banco de baterías tiene un gran aporte en el sistema, como se había mencionado este sistema suplirá de energía cuando exista intermitencia o ausencia de los generadores que abastecen de electricidad para la edificación conjuntamente con el sistema hibrido, es decir el

banco de baterías tendrá una reserva de energía para mantener una mayor estabilidad en la carga de potencia así no sufrir caídas de tensión, bajones o perturbaciones en el sistema (Thibaud & Roberts, 2015).

### **Objetivo general**

Análisis del sistema híbrido aplicado en el proyecto de una hostería en la Ciudad de Cuenca con el aprovechamiento de energías solar fotovoltaica y microturbinas eólicas en acoplamiento con un sistema de intercambiador de calor geotérmico.

### **Objetivos específicos**

- Generación de energía mediante sistema fotovoltaico y eólico.
- Análisis del sistema híbrido geotérmico.
- Curvas de potencia para la generación de energía y sistema calefacción.
- Estabilidad del sistema mediante el respaldo de un banco de baterías.

### **Alcance**

La presente investigación del uso de energías renovables en los hoteles está en auge debido a los beneficios que estas presentan tanto económicos y tecnológicos estos reducen los daños que son provocados en el ecosistema por la generación de energías convencionales o producidas por combustibles fósiles. La presente investigación se basa en la reducción de energía convencional o energía producida por las grandes empresas utilizando los recursos propios de la naturaleza para el abastecimiento de las instalaciones del proyecto de una hostería ubicada en el sector norte de la ciudad de Cuenca.

### **Justificación**

La generación de energía por fuentes convencionales como el gas, petróleo, carbón, tiene un efecto calorífico para generar electricidad, el generar energía por estas fuentes ha producido daños en el medio ambiente ya que emana grandes cantidades de monóxido de carbono provocando el efecto invernadero que producen cambios climáticos en el medio ambiente y se prevé reducir los daños presentando alternativas para la generación de electricidad. Existe otra limitante de estos recursos convencionales ya que son explotados y se prevé agotamiento a futuro (R. Gonzales, 2019).

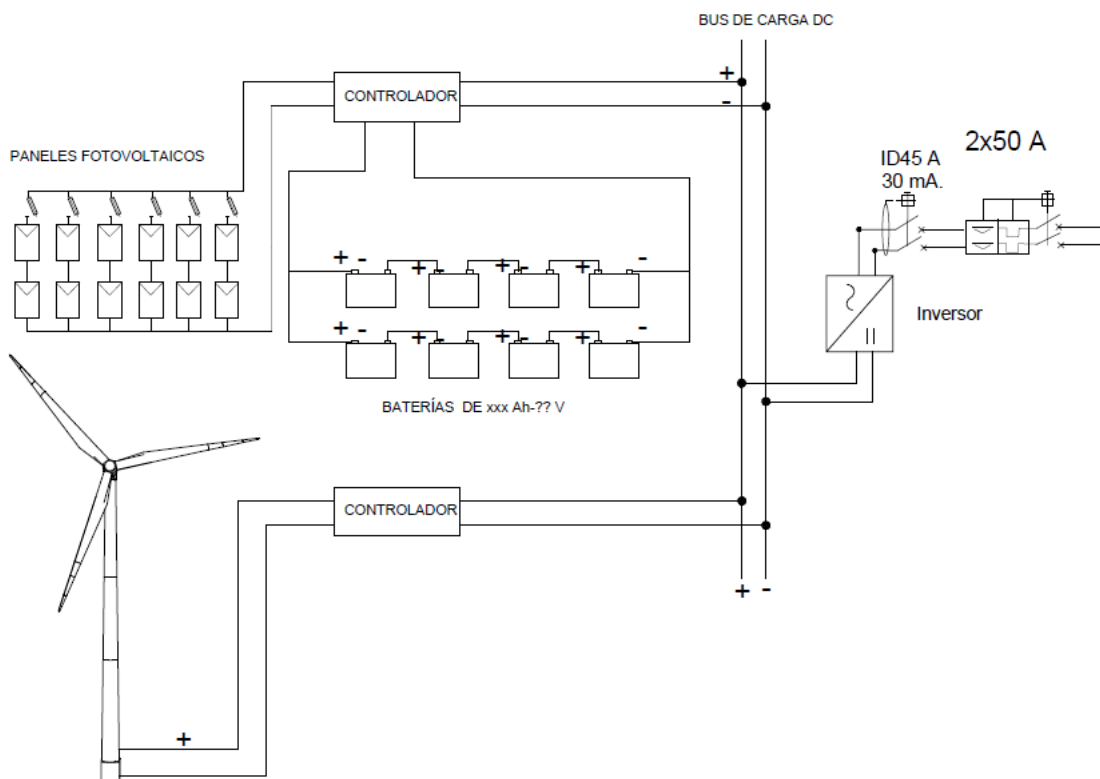
Los sistemas híbridos están compuestos por dos o más fuentes de energías renovables, en este caso se considera el sistema eólico y solar fotovoltaico para cubrir la demanda de energía en la hostería, también se puede se puede conectar el sistema a la red eléctrica, pero en este caso se hará un análisis aislado con un respaldo de un banco de baterías. El análisis propone el rendimiento del sistema, eficiencia del sistema, presentando un estudio de eficiencia energética y estudio del lugar con sistemas inteligentes dentro de la ciudad de Cuenca. Se aprovecha dos recursos naturales como el viento y la radiación solar para el análisis del sistema, pero se debe considerar un respaldo, debido a que los dos sistemas son intermitentes entonces presentan falencias cuando existe ausencia de estos recursos, las baterías actuarán como respaldo causando un mejor rendimiento del sistema para ofrecer estabilidad de energía y el sistema de calefacción o refrigeración para el interior de las instalaciones mediante el sistema geotérmico híbrido en la configuración horizontal.

# CAPITULO 1

## SISTEMA HÍBRIDO

### 1.1 Introducción al sistema Híbrido

Las energías renovables han impulsado su uso por su eficiente manera de generar electricidad reduciendo la contaminación ambiental, siendo su principal fuente de generación el medio ambiente, el sistema de generación eólica y sistema solar fotovoltaico presentan deficiencias por las intermitencias para generar energía esta problemática se debe a la ausencia del viento y la ausencia de radiación solar por los cambios climáticos constantes que existen en la ciudad (Díaz Rodríguez et al., 2021) .



**Figura 1:** Esquema del sistema híbrido.

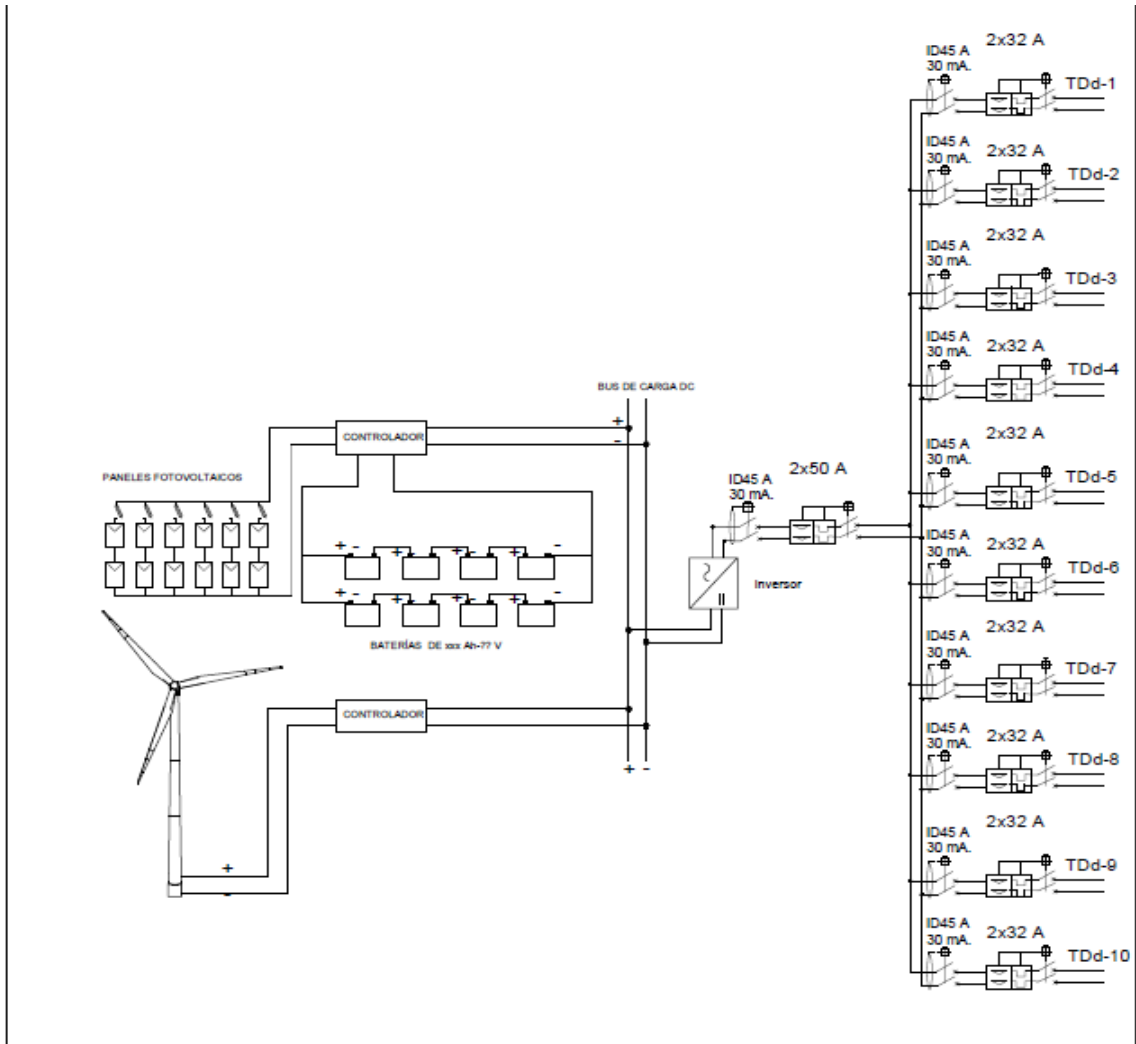
Fuente (Autor). Anexo (6).

La solución a la problemática de la intermitencia para generar energía es el sistema híbrido la combinación de energía solar y energía eólica, con un respaldo de un banco de baterías para almacenar la energía y respaldar el sistema cuando exista ausencia de generación proveniente de las fuentes generadoras (Pisco Vanegas & Torres Quijije, 2021). El objetivo es obtener un sistema óptimo para abastecer de energía a la hostería, siendo eficiente y óptimo para los requerimientos de los usuarios. Se considera las derivadas de sistema eólica y solar ya que son accesibles por la materia prima, no se considera de tipo biomasa por la ausencia de materia orgánica, y la de sistema hidroeléctrica por la falta de agua (Rocabert

et al., 2022). Para el análisis del sistema se considera la carga del establecimiento, la carga de la bomba de calor, durante las horas de funcionamiento debido a que varía según el clima. También se considera la eficiencia energética para la hostería ya que para el análisis del sistema debe ser aislado y no crear deficiencias eléctricas para los usuarios, aprovechando al máximo los recursos naturales. La combinación de estas energías renovables es presentar mayor eficiencia y estabilidad en la curva de potencia ofreciendo un mejor rendimiento de consumo a sus salidas (*Energía para el futuro*, 2022).

## **1.2 Dimensionamiento del sistema**

Se considera varios aspectos importantes para el sistema de generación de energía, desde la carga que esta requiere para abastecer la hostería y la bomba de calor para el sistema de calefacción y confort ya que esta al encender la bomba este genera picos de voltaje en el sistema descargando las baterías que son el respaldo cuando no exista generación de energía. Se analiza el sistema para el aprovechamiento de la generación de energías renovables reduciendo el impacto ambiental, esto debido a que la demanda de energía ha aumentado considerablemente por el crecimiento poblacional (Pisco Vanegas & Torres Quijje, 2021).



**Figura 1:** Diseño del sistema híbrido y carga del sistema para abastecer las cabañas.

Fuente (Autor). Anexo (6).

Dentro del análisis se debe considerar el clima un factor importante que varía constantemente debido a que la radiación solar no es constante y la ausencia de la misma genera intermitencia a los paneles solares para generar energía también afecta la velocidad del viento.

### 1.3 Prototipos de los sistemas híbridos

El sistema híbrido proviene de la configuración de dos o más tipos de generación eléctrica, esta puede ser de tipo convencional o tipo renovable para abastecer los sistemas requeridos (R. Gonzales, 2019).

\* Tipo de configuración de dos o más fuentes de energías renovables.

\* Tipo de configuración energía renovable y conexión convencional o red eléctrica

\* Tipo de configuración de energía renovable y banco de baterías.

#### **1.4 Ventajas de los Sistemas híbridos**

La principal ventaja es complementar los sistemas para obtener eficiencia, potencia y rendimiento de los generadores a base de energías renovables.

El abastecer de energía cuando una de ellas exista ausencia de generación o bajo rendimiento de producción eléctrica.

La ventaja de reducir emisiones monóxido de carbono al utilizar este tipo de energías renovables (*Sistema Híbrido*, 2019)

#### **1.5 Desventajas de los Sistemas híbridos**

Las instalaciones deben ser completamente analizadas para enlazar los diferentes tipos de sistemas requeridos.

Para los diferentes tipos de energías debe existir coordinación y controlados de manera sincronizada.

Las baterías tienen menor duración debido a los sistemas que estén expuestos por los cambios climáticos que existen.

Los costos de instalación son más altos (*Sistema Híbrido*, 2019).

#### **1.6 Configuración del Sistema Híbrido**

Los sistemas híbridos tienen la configuración de generar electricidad en corriente continua, pero para su uso estas deben ser transformadas en corriente alterna ya sea en 110 o 220 voltios respectivamente con una frecuencia de 60 Hz que se utiliza en nuestro país ya que los electrodomésticos vienen con la configuración descrita anteriormente. La generación de electricidad por las energías renovables abastece por corriente directa ya sea sistema fotovoltaico o sistema eólico incluso el respaldo por banco de baterías lo almacena en corriente continua. Para los sistemas de energías renovables existe dispositivos que se encargan de transformar la energía de corriente continua en corriente alterna garantizando las instalaciones del sistema (Díaz Rodríguez et al., 2021).

#### **1.7 Tipos de conexión para el sistema híbrido**

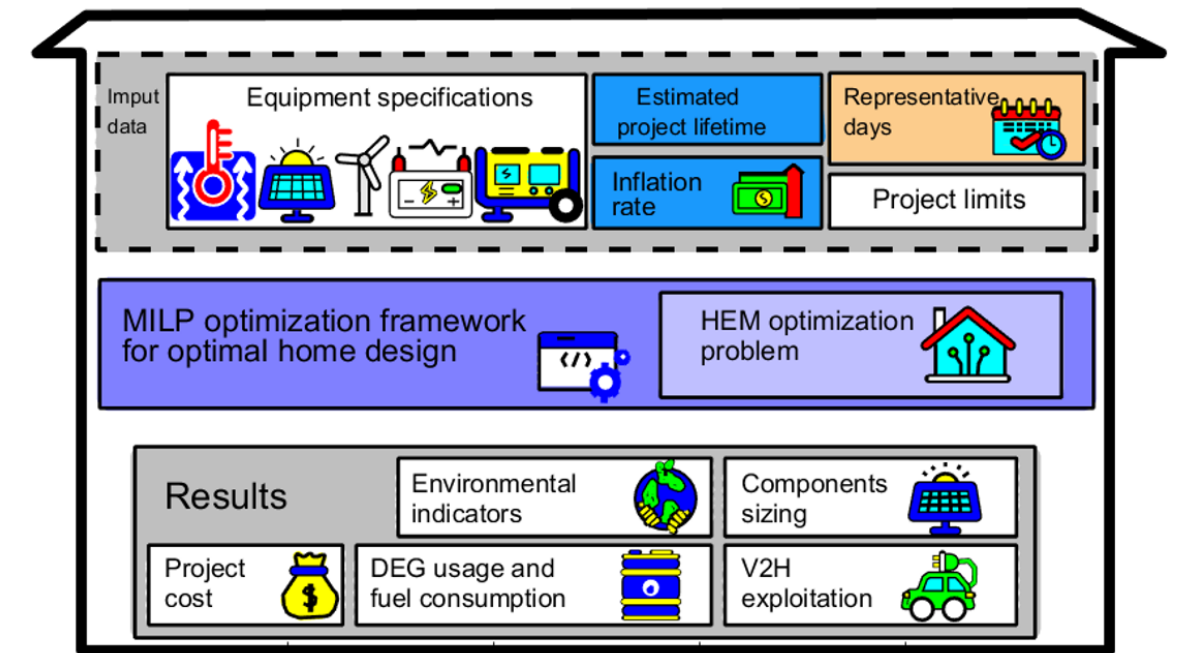
Existe diferentes tipos de configuración para los sistemas híbridos estas pueden ser desde un sistema aislado o conectada a la red.

**Sistema conectado a la red eléctrica:** El sistema híbrido también puede ser conectado a la red, cuando este sistema tenga deficiencias o cargas en el sistema que requieran mayor potencial eléctrico se conecta a la red para no perder eficiencia en el sistema eléctrico.

**Sistema Aislado:** El suministro de energía para un sistema aislado debe ser óptimo ya que este sistema debe proveer de los propios recursos y no depender de más sistemas que abastezcan las aplicaciones requeridas para los usuarios. Este sistema es reconocido ya que aún existe lugares de difícil acceso para las redes convencionales o los costos de instalación son muy elevados.

## 1.8 Edificación Inteligente

Los sistemas de redes inteligentes han mejorado constantemente debido a la gran eficiencia que estas ofrecen en la calidad del servicio, desarrollando una solución a las problemáticas de los consumos innecesarios de energía (Zhang & Gursoy, 2012). El uso de las Tics en las energías renovables son una solución eficiente para intercambiar datos en los sistemas de redes inteligentes con las energías renovables haciendo un sistema más eficiente y óptimo para el desarrollo de la sociedad, esto mejora el rendimiento del sistema al obtener datos en tiempo real del sistema meteorológico. El acoplamiento del sistema debe ser de forma bidireccional para poder obtener un mejor desarrollo del sistema tanto generación de energía por medio de las fuentes renovables y el consumo de energía a través de enchufes inteligentes para su conexión o desconexión (Gheorghe et al., 2017). Las viviendas deben proveer de información constante en estos sistemas tecnológicos para obtener un mejor desarrollo y enviar la información necesaria para tener un control total en los dispositivos de carga o descarga del sistema ya que el cambio climático varía constantemente y las edificaciones deben tener un óptimo desarrollo del sistema sin mostrar déficit en el sistema eléctrico. En la actualidad existen dispositivos inteligentes que se pueden activar o desactivar desde los enchufes estos también tienen la capacidad de ser controlados a través de los dispositivos móviles de esta forma se puede optimizar el consumo de energía. Estos dispositivos también pueden monitorear la carga del sistema ofreciendo un mejor resultado en los paneles fotovoltaicos reduciendo la variación de voltaje y mejorando la capacidad de generación, Estabilidad en la tensión eléctrica y flujos de potencia (reactiva) (Shigenobu et al., 2020).



**Figura 3:** Diagrama esquemático del sistema híbrido para edificaciones inteligentes.

Fuente (Tostado-Véliz et al., 2021).

Los siguientes parámetros descritos son considerados para tener un óptimo rendimiento en las edificaciones inteligentes como son; la carga del sistema debe ser óptima y de calidad, monitoreo constante del sistema, detector de fallas tales como armónicos y caída de tensión (Ponce Jara, 2019) Sistema de conexión y desconexión con controles inteligentes o inalámbricos para el monitoreo y consumo de energía.

### 1.9 Eficiencia Energética

La eficiencia energética es un aspecto importante para las energías renovables de esta manera podemos cuidar el medio ambiente y la economía sin reducir el confort del sistema para los usuarios (Linares Llamas, 2009).

Se debe evaluar e identificar los aspectos importantes donde se puede optimizar energía para reducir los costos económicos por generación y costos de mantenimiento pudiendo sacar el máximo provecho a las energías renovables (García & Carretero, 2022). El reducir el consumo de energía innecesario disminuye la contaminación ambiental e incluso mejora la calidad del aire.

## 1.10 Banco de baterías

En el proyecto de un sistema autónomo el banco de baterías es indispensable, esto se debe a que son las encargadas de almacenar energía cuando exista intermitencia de las fuentes generadoras para poder tener un sistema estable y eficiente (Schallenberg et al., 2008). Las baterías tienen una durabilidad promedio de quince años por lo que se debe considerar en el análisis del mantenimiento debido a que son más susceptibles en el sistema. Para los sistemas autónomos se considera las baterías tipo plomo-ácido (Style & Grove, 2012). El funcionamiento de las baterías de plomo ácido se encarga de transformar la energía eléctrica en energía química a través de las celdas que componen internamente dentro de este proceso existe un 25% de pérdida por la transformación de energía en calor para almacenar en la batería. Estas son eficientes al soportar picos de descarga y descargas total de la batería con un alto rendimiento para almacenar la energía (VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS DE PLOMO ÁCIDO Y LITIO, 2021). La ventaja de estas baterías son los costos ya que son más accesibles económicamente y su ciclo de descarga es menor, para su mejor aprovechamiento estas se deben cargar de forma lenta y obtener un mejor potencial energético.

El mantenimiento de las baterías se realiza cuando existe demasiada aleación de antimonio esto se produce cuando están en funcionamiento generando gasificación. Las baterías no están totalmente selladas ya que en la parte superior cuentan con tapones para la liberación de estos gases que se generan por el funcionamiento. También existen las baterías de plomo ácido que no necesitan mantenimiento ya que estas son completamente selladas (Cómo funcionan las baterías de plomo ácido, 2020).



**Figura 4:** Baterías de Plomo ácido para el sistema híbrido.

Fuente (Recargable Solar de plomo ácido de batería de gel para off-grid/Híbrido Sistema Solar, 2023).

### 1.11 Controlador de corriente

Se encarga de estabilizar los voltajes y corriente que se obtiene mediante los paneles solares para obtener un sistema estable en las baterías. Mediante los reguladores se puede evitar sobrecargas y controlar la descarga de energía de las baterías mejorando el rendimiento del sistema y prolongando la utilidad de los sistemas para su óptimo funcionamiento (Eslava & Olaya, 2015).



**Figura 5:** Regulador de carga.

Fuente (Amazon, 2023).

Los reguladores de carga dependen de la configuración requerida para el sistema estas son necesarias para los sistemas de energías renovables para el óptimo desarrollo de la carga de las baterías y obtener un sistema estable para las cabañas.

### 1.12 Inversor de corriente

Las instalaciones para el funcionamiento de las energías renovables se disponen de un inversor debido a que la energía que se genera a través de los paneles o aerogeneradores son en corriente continua para dar el funcionamiento de las diferentes aplicaciones se requiere en corriente alterna ya sea instalaciones conectadas a la red o tipo autónomas para el sistema en la hostería. Los inversores son los encargados de transformar la corriente continua en corriente alterna para su respectivo funcionamiento.

Para el inversor de corriente se debe considerar varios aspectos:

- Potencia nominal del sistema en vatios (W).
- La carga del sistema no debe superar la potencia del inversor
- La potencia de los generadores no debe superar la potencia del inversor.
- La potencia del banco de baterías no debe superar la potencia del inversor.



**Figura 6:** *Inversor de corriente.*

Fuente (*Mercado Libre*, 2023).

Para una eficiencia en el sistema se debe considerar un inversor de doble potencia debido a que el sistema no debe exceder en carga ni tampoco debe tener un inversor con demasiada potencia para obtener un sistema estable y eficiente debido a que se puede perder energía para no desperdiciarla. Los inversores trabajan a 12, 24, 48 voltios y convirtiendo la tensión de salida en 110 o 220 v con una frecuencia de 60 Hz para su respectivo funcionamiento (*¿Qué es y cómo funciona un inversor de corriente?*, 2020).

### **1.13 Protección del Sistema**

Los sistemas deben tener protección ya sea por falla del sistema o por cargas inusuales estos deben estar en constante monitoreo, también deben actuar de forma rápida y eficaz para tener un sistema estable y confiable la protección debe estar compuesta por:

Control y monitoreo del sistema.

Control en los sistemas de Corriente.

Interruptores en los sistemas de potencia.

Transformadores de tensión y corriente.

Relés de protección (Nieves, 2011).

## **CAPITULO 2**

### **2. ENERGÍAS RENOVABLES**

#### **2.1.1 Introducción al sistema solar fotovoltaico**

El efecto solar fotovoltaico es descubierto por el francés Edmond Alexandre cuando experimento con electrodos y una pila electrolítica al ser expuesta a la luz incrementaba la

corriente. La energía solar fotovoltaica es la transformación de radiación solar en energía eléctrica, es decir el aprovechamiento de la radiación que llega en forma de luz que son capturadas en las placas solares (Montoya, 2011). La energía solar es una herramienta bastante eficiente para cubrir la demanda de electricidad aprovechando la radiación solar un recurso propio de la naturaleza (Berrío & Zuluaga, 2014). En el planeta existe aún lugares que no cuentan con el servicio eléctrico, sectores rurales o distantes por lo que cubrir esta demanda de energía presenta grandes costos económicos o difícil acceso para las instalaciones (Tostado et al., 2021). Para la obtención de energía Solar no existe limitaciones ya que la radiación solar podemos encontrarla en cualquier lugar del planeta haciendo factible su uso y eficiente para poder instalar el sistema sin restricción ya que la fuente es abundante (Estrada Gasca, 2013). Debido a que los Hoteles tienen un alto consumo energético es factible el sistema de energía renovable solar. Los proyectos con energías renovables tienen un gran aprovechamiento energético también son accesibles económicamente ya que son nuevas tecnologías de generación de electricidad pudiendo acoplarse a los sistemas de almacenamiento para el respaldo de energías cuando exista ausencia de radiación solar (Tostado-Véliz et al., 2021). El análisis para el suministro de energía en los sistemas aislados es más minucioso debido a que la radiación solar es un factor que varía constantemente.



**Figura 7:** *Paneles Solares.*

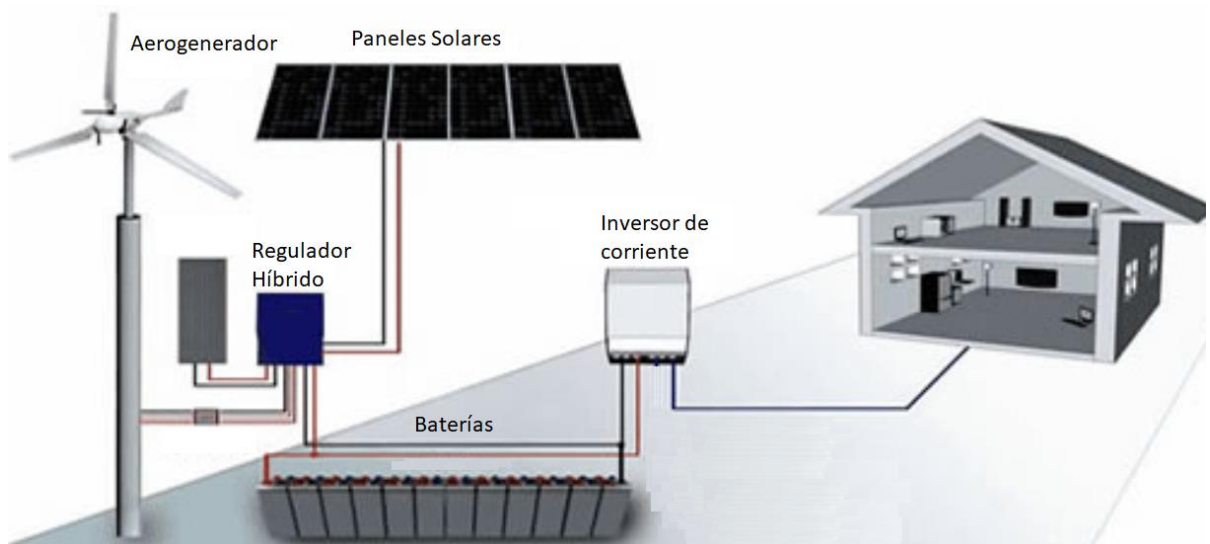
Fuente (*Grainger*, 2023).

Para el dimensionamiento del sistema aislado se debe considerar varios aspectos a través de simulaciones, esto con el propósito de tener mejor eficiencia y un respaldo en el banco de baterías ya que debido a la intermitencia del sistema se evita tener problemas en el consumo de electricidad ya que el sistema es autónomo o como se conoce aislado. Los modelos matemáticos nos sirven para calcular el sistema autónomo es decir el tiempo de horas de radiación solar para generar energía en los paneles solares ya que el sistema es autónomo (Chen, 2012). Los autores de la aplicación para el modelo matemático del sistema aislado

demonstraron que se puede reducir el costo de energía un 25% demostrando eficiencia en los sistemas autónomos. Los autores de estos métodos nos dicen que el sistema es eficiente y de óptimo rendimiento en comparación con otros sistemas ya que se basa en determinar las diferentes variables existentes en el análisis del proyecto (Chen, 2012). A través de la simulación podemos determinar la potencia del sistema y la capacidad de almacenamiento. El dimensionamiento del sistema se determina la potencia desde el pico más alto de consumo de energía (Kaplani & Kaplanis, 2012).

### 2.1.2 Sistema Autónomo

Para los sistemas aislados se considera la generación de energías renovables ya que se debe determinar la disponibilidad de los recursos propios de la naturaleza como la radiación solar que se obtiene para cubrir la carga del sistema (Yoshida & Farzaneh, 2020).



**Figura 8:** Sistema autónomo híbrido.

Fuente (Geep Solar, 2023).

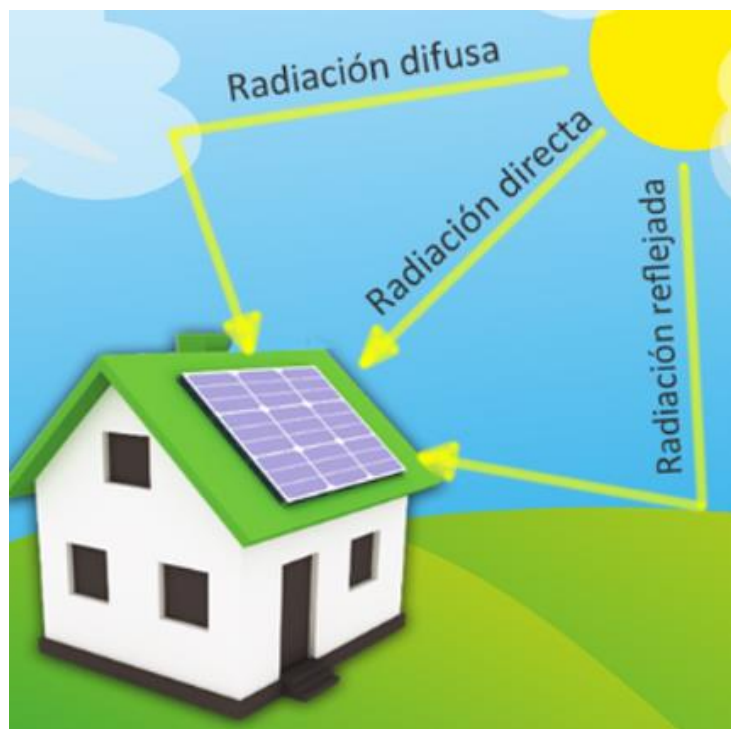
También para este tipo de sistema aislado es considerado la tecnología inteligente que nos permite tener mejor eficiencia de esta cuando lo requiera pudiendo desconectar cualquier aparato electrónico haciendo menor la carga del sistema y reduciendo costos del consumo de energía. Incluso con la calefacción del sistema se requiere este sistema ya que realizara un cambio climático cuando esta requiera o necesite dicha temperatura acorde a un clima agradable (Javadi et al., 2020). El generador autónomo fotovoltaico está conformado por los siguientes elementos en el sistema

- **Generador:** Sistema encargado de transformar la radiación solar en electricidad.
- **Acumulador:** Banco de baterías para almacenar la energía generada en los paneles fotovoltaicos.

- **Regulador:** Controla la generación de electricidad en los paneles y la carga del sistema.
- **Inversor:** Se encarga de transformar la energía en corriente continua generada en los paneles solares para ser utilizada en corriente alterna.
- **Carga:** Sistemas eléctricos que consumen electricidad, tal como televisores, focos led, y otros (Style & Grove, 2012).

### 2.1.3 Radiación Solar

El sol es el encargado de emitir la radiación solar hacia la tierra obteniendo alrededor de 1360 vatios, pero esta sufre atenuación debido a la capa atmosférica obteniendo una radiación sobre la tierra alrededor de 1000 vatios sobre metro cuadrado (Aparicio, 2020).



**Figura 9:** *Obtención de la radiación Solar.*

Fuente(*HelíoEsfera*, 2023).

### 2.1.4 Irradiación Solar

La irradiación solar es la cantidad de energía que puede generar por un tiempo determinado durante el día, las unidades de medidas en los sistemas fotovoltaicos son Wh/m<sup>2</sup>/día. También se la conoce como la hora solar pico (Style & Grove, 2012).



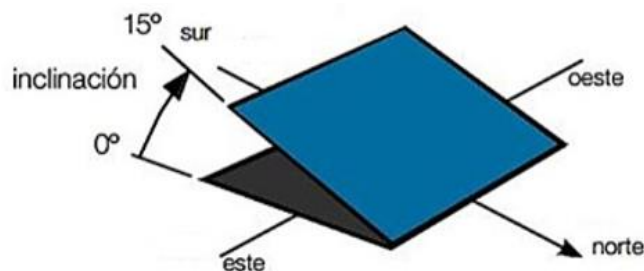
**Figura 10:** Irradiación Solar.

Fuente (*Irradiancia e Irradiación Solar*, 2022).

La hora solar pico es considerado para el dimensionamiento del sistema determinando la cantidad de paneles solares fotovoltaicos.

### 2.1.5 Ángulo de Inclinación e Incidencia

A través del ángulo de incidencia podemos determinar la cantidad de energía es decir cuando más cerca de los  $90^\circ$  se obtendrá mayor cantidad de energía mediante los paneles solares fotovoltaicos. Para obtener un mejor rendimiento en los paneles solares se puede instalar un sistema giratorio aumentando la capacidad de energía hasta un 30% siguiendo la radiación directa del sol tal como lo hacen los girasoles obteniendo una mejor captación solar (Style & Grove, 2012).



**Figura 11:** Ángulo de inclinación para la configuración del panel solar.

Fuente (*¿Cómo CALCULAR la INCLINACIÓN ÓPTIMA DE UN PANEL SOLAR?*, 2019).

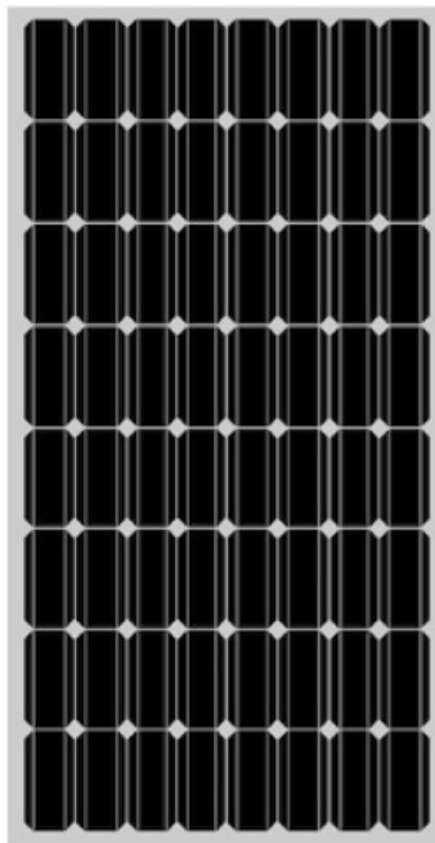
Para sistemas de baja potencia no es necesario este sistema giratorio por lo que los paneles deben estar fijos durante todo el año incluso reduciendo costos de mantenimiento estos deben estar instalados en dirección al centro de la tierra o la línea equinoccial Ecuador

para el ángulo de inclinación se debe considerar varios aspectos como es el dimensionamiento del sistema, también se considera el mes más bajo para determinar el sistema.

### 2.1.6 Modulo Fotovoltaico

Son los encargados de generar electricidad en corriente continua aprovechando la radiación solar, esta transformación es el conocido efecto fotovoltaico que captura a través de semiconductores la radiación solar para generar la energía. Los paneles fotovoltaicos están formados por células fotovoltaicas conectadas en serie o en paralelo dependiendo de su capacidad de intensidad y tensión (Schallenberg et al., 2008). Los paneles solares fotovoltaicos se clasifican de la siguiente manera: (Pérez, 2009)

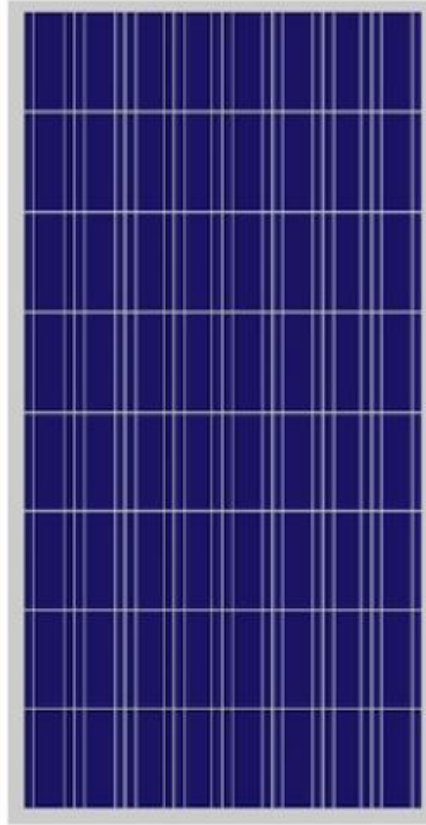
**Silicio monocristalino:** Son eficientes obteniendo un alto rendimiento energético. Son fabricadas con estructura cristalina para obtener una temperatura aproximada a los 1400°C con una durabilidad aproximada a los 25 años.



**Figura 12:** *Panel solar tipo monocristalino.*

Fuente (*EcoInventos*, 2023).

**Silicio Policristalino:** De menor rendimiento que las de tipo monocristalino, estas son fabricadas de silicio fundido en moldes. Cuando estas se secan son cortadas en laminas obteniendo imperfecciones por lo se obtiene menor eficiencia en los paneles.



**Figura 13:** *Panel solar tipo polycristalino.*

Fuente (*EcoInventos*, 2023).

Las características de los módulos para su funcionamiento son el ángulo de incidencia, la irradiancia la carga y la temperatura a las que estas funcionan dependiendo de su configuración y la hora solar pico para la generación de electricidad (Style & Grove, 2012).

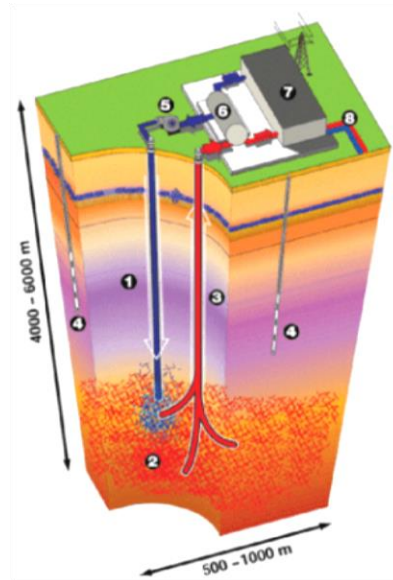
### **2.2.1 Introducción al sistema geotérmico**

La energía geotérmica es aprovechada del calor que se obtiene al interior de la tierra. Debido a que la tierra es inmensa se puede aprovechar una fracción para ser utilizada y nos permite obtener calor desde las zonas profundas hasta la superficie (Dickson & Fanelli, 2004). Los lugares con mejor aprovechamiento de calor se pueden localizar cerca de los volcanes ya que en estos sectores se pueden encontrar rocas con temperaturas elevadas para calentar el agua. Desde 1904 se conoció de esta fuente de energía. Los sistemas geotérmicos son compuestos de elementos naturales que se pueden utilizar para diferentes aplicaciones (Marzolf, 2014). La energía geotérmica se considera renovable ya que se obtiene del interior

de la tierra este viene en forma de calor que es explotado para los diferentes usos que se requieren (Dickson & Fanelli, 2004). La generación de energía geotérmica es muy beneficioso para el medio ambiente, ya que presente una gran eficiencia energética en comparación con las de tipo convencionales esto se debe a que su obtención es de forma abundante y confiable (Fridleifsson, 2001). Se conoce que la energía se puede obtener del centro de la tierra, los volcanes tienen un poder calorífico donde se puede obtener la materia prima para la generación de energía a través de la geotérmica (Abril, 2017). En la ciudad de México se ha generado energía geotérmica desde 1911 con una capacidad de 3.5 MW las instalaciones del campo geotérmico (Pathé), en la actualidad cuenta con 38 unidades con una capacidad de generación de 958 MW (Hiriart, 2011). Dentro de la teoría existe dos tipos de calor ya que no existía equilibrio entre el calor que genera al interior de la tierra conocido como calor radiogénico y el calor que se disipa en el exterior de la Tierra (Dickson & Fanelli, 2004). Para la generación de energía geotérmica solo se aprovecha una fracción para la obtención de energía ya que depende de la ubicación estas se pueden trasladar hasta las instalaciones y existe limitaciones por las condiciones geológicas. La energía geotérmica es mucho más factible que la energía solar ya que la producción para esta energía es constante y no depende de la radiación solar o la velocidad del viento. el sistema geotérmica depende únicamente de la profundidad a la que este instalado ya que a mayor profundidad existe mejor temperatura (Manzano-Agugliaro et al., 2013). Para el funcionamiento del secador geotérmico se requiere que obtenga un alto calor térmico, sin embargo, para el colector solar no necesita un mayor gradiente geotérmico ya que para su funcionamiento requiere de un mínimo calor geotérmico debido a que estos sistemas híbridos tienen una excelente eficiencia térmica la combinación del generador geotérmico y la placa solar PCM hacen que obtenga un mejor rendimiento híbrido.

### **2.2.2 Sistema geotérmico**

El sistema geotérmico es la extracción de fluidos de obtención natural para cualquier aprovechamiento (Marzolf, 2014). El calor geotérmico se obtiene desde las profundidades de la tierra para ser aprovechada en la superficie. La geotérmica se puede obtener en cualquier zona y aun mejor en sectores cercanos a los volcanes debido a que las rocas están expuestas a mayores temperaturas, es decir el mejor gradiente se encuentra a los alrededores de las placas tectónicas. El sistema puede ser aprovechado para generación de energía, invernaderos, calefacción mediante las bombas de calor (Dickson & Fanelli, 2004).



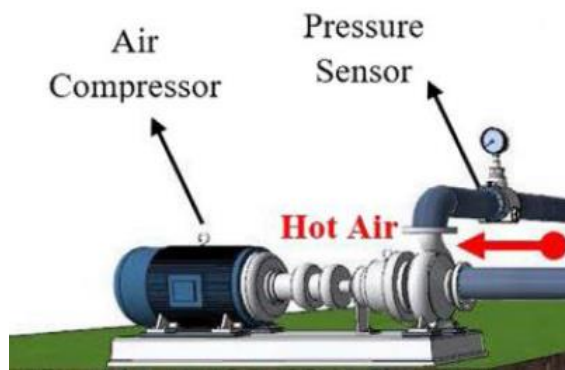
**Figura 14:** *Obtención del sistema geotérmico.*

Fuente (*AvatarEnergía*, 2023).

La obtención del sistema geotérmico se puede encontrar de forma natural al interior de la tierra para sus diferentes aplicaciones mediante la bomba de calor para la extracción de fluidos geotérmicos. Esto se debe al aprovechamiento del calor geotérmico que produce las rocas volcánicas o sectores cercanos a las placas tectónicas situadas al interior de la tierra (Marzolf, 2014).

### **2.2.3 Bomba de calor**

La bomba de calor se utiliza para la extracción de fluidos térmicos hacia la superficie terrestre evitando la atenuación por la transportación de la geotérmica obteniendo eficiencia en el sistema. De esta manera se aprovecha al máximo la temperatura de la geotérmica para la calefacción (Mands et al., 2010).



**Figura 15:** *Bomba de Calor.*

Fuente (Ananno et al., 2020).

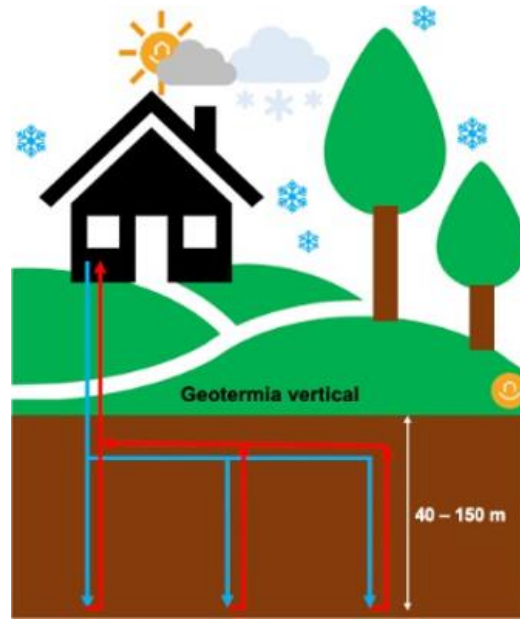
El sistema de la bomba de calor cumple la función de tal manera que permita el aumentar la temperatura en días fríos y disminuir el calor en días soleados dentro de las instalaciones. Existe dos tipos de sistemas tipo abierto y cerrado.

- Los sistemas abiertos se encargan de transportar el calor desde la parte subterránea a través de las bombas de calor.
- El sistema cerrado se encarga de transportar el calor mediante los intercambiadores que pueden ser vertical y horizontal internamente instalados en el suelo para aumentar o disminuir la temperatura de las instalaciones.

#### **2.2.4 Sistema Vertical y Horizontal**

Las bombas de calor tienen dos tipos de instalaciones para el funcionamiento de la obtención de fluidos geotérmicos estos son instalación vertical y horizontal (Mands et al., 2010).

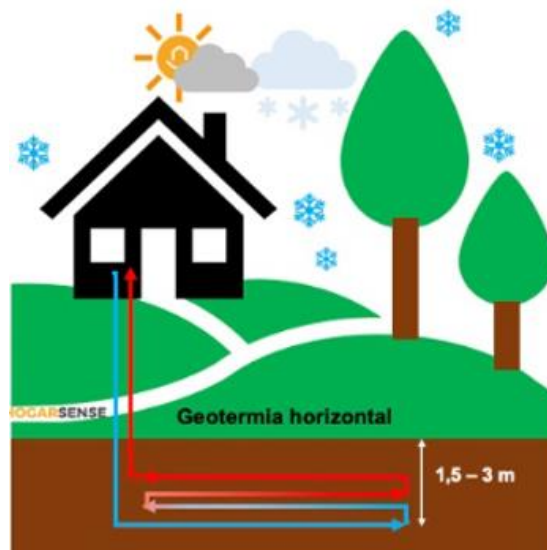
**Instalación Tipo Vertical:** Las instalaciones pueden ser realizadas a una profundidad de 40 a 150 metros dentro de este rango existe continuidad independiente del clima obteniendo un buen rendimiento en el intercambiador de calor a través de las tuberías que pueden ser de polipropileno o polietileno para el sistema (Mands et al., 2010).



**Figura 16:** Sistema geotérmico tipo vertical.

Fuente (HOGARSENSE, 2023).

**Instalación Tipo Horizontal:** El sistema horizontal es más factible para un óptimo desarrollo del intercambiador de calor estas se pueden conectar de forma paralela u en serie. Esta instalación es factible por su poco espacio de utilización y son apropiados para el sistema con bombas de calor y su complemento con los colectores solares para la calefacción de las instalaciones pudiendo aumentar o disminuir la temperatura interna acorde al usuario (Mands et al., 2010).



**Figura 17:** Sistema geotérmico tipo horizontal.

Fuente (HOGARSENSE, 2023).

Los sistemas horizontales se pueden instalar a pocas profundidades por lo que es más factible que el de tipo vertical ya que estos son costosos económicamente haciendo más accesible los de tipo horizontal para la transportación térmica y aprovechamiento calorífico (Miñana García, 2021).

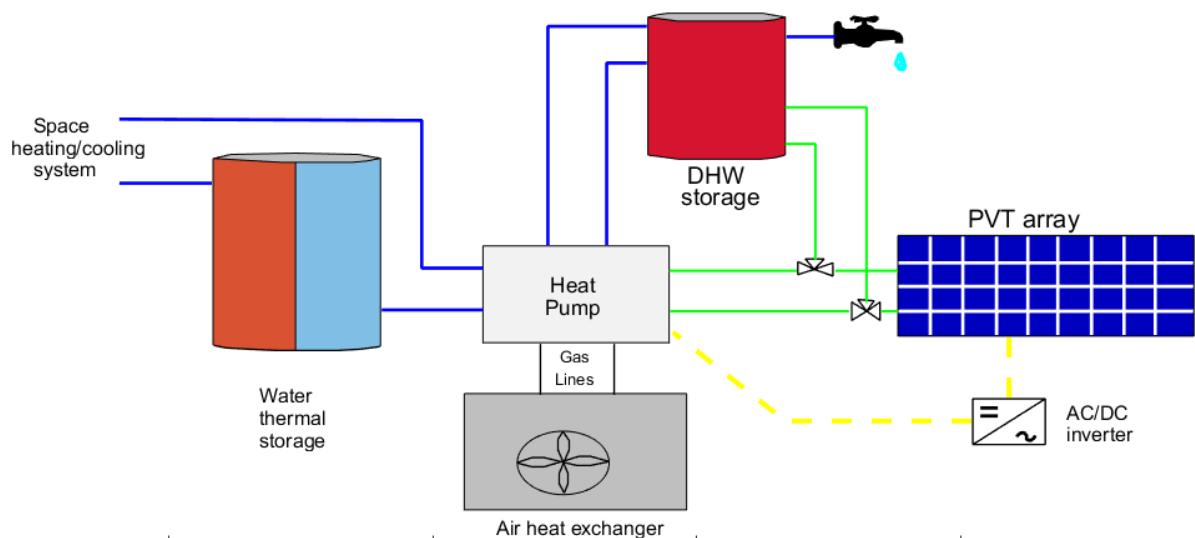
### 2.2.5 Bomba de calor acoplada al sistema geotérmico

El calor geotérmico se puede obtener del interior de la tierra o núcleo para diferentes aplicaciones de uso como generar energía eléctrica o el mismo aprovechamiento del calor para sistemas de calefacción. Para el aprovechamiento geotérmico se requiere una profundidad aproximada de cien metros y si se necesitara para la generación de energía sería aún más profunda la extracción del calor geotérmico. Para el sistema geotérmico se puede aprovechar a través de dos sistemas descritos de la siguiente manera (Miñana García, 2021).

- La inyección o extracción del calor a través de bombas
- El sistema de almacenamiento subterráneo para el calor o frío respectivamente.
- Colector solar y sistema geotérmico (PCM)

Los sistemas geotérmicos requieren un alto poder calorífico para tener eficiencia en el sistema esto se obtiene a mayores profundidades sin embargo con un colector híbrido de placa plana no requiere de mucho calor geotérmico y una de las mayores ventajas es extender su utilidad por más tiempo.

El sistema geotérmico se obtiene del interior de la tierra a través de tuberías con un sistema aislado térmicamente para la obtención de los fluidos geotérmicos estos son trasladados a la superficie para el aprovechamiento de las diferentes aplicaciones. En la transportación de estos sistemas pierden presión y temperatura. Para obtener un mejor rendimiento del sistema para la obtención de los fluidos geotérmicos se puede realizar con bombas de calor.



**Figura 18:** Esquema del prototipo para el funcionamiento calefacción y almacenamiento.

Fuente (Leonforte et al., 2022).

El esquema de la bomba de calor tiene circuitos de conexión hidráulica estos están diseñados para el aprovechamiento del calor mejorando el rendimiento del sistema para la obtención de fluidos caloríficos.

Almacenamiento DHW (Agua Caliente)

Matriz PVT (Fotovoltaica térmica)

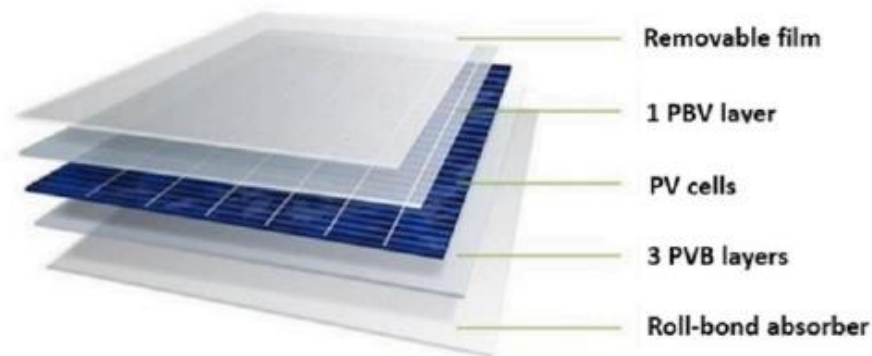
Sistema de refrigeración

El esquema de la figura 18 Esta diseñado con una bomba de calor de dos sistemas o dual para intercambiar el calor en el colector solar PCM un sistema híbrido mediante el que se puede obtener el aire externo, el sistema también cuenta con dos almacenamientos para agua caliente y agua fría para el sistema de calefacción en los espacios que requieran calefacción.

El sistema cuenta con un sistema de control (MCS) para suministrar las fuentes de calor para un funcionamiento óptimo evitando cargas de consumo eléctrico.

### **2.2.6 Intercambiador de Calor PCM (Phase Change Materials)**

En la actualidad el consumo de energía sigue aumentando debido a que la población sigue en crecimiento, se conoce que la tasa de demanda de energía anual es de un 2% y se debe cubrir esta demanda constantemente. El análisis de este sistema es el aprovechamiento de la energía geotérmica para poder cubrir parte de la demanda y proteger en el medio ambiente demostrando ser eficiente y confiable (Masud et al., 2019). La eficiencia de la energía geotérmica es que es la forma constante para generar energía durante las 24 horas del día esto depende de la profundidad instalada del sistema para el aprovechamiento del calor geotérmico incluso para generar energía (Manzano-Agugliaro et al., 2013). El colector solar se precalienta con la obtención de energía geotérmica de esta manera poder calentar el aire o ambiente mediante la placa plana PCM se puede obtener hasta 8 o 16 horas activa. Con un sistema híbrido se obtiene hasta 22 horas sin perder eficiencia geotérmica. De esta manera se puede disminuir el consumo de energía convencional y aprovechar este sistema de energías renovables e incluso reduciendo monóxido de carbono por energías convencionales. La geotérmica también se puede aprovechar para otro tipo de aplicaciones como la calefacción dentro de las instalaciones obteniendo las temperaturas adecuadas para el usuario. La tecnología PCM sirve para mantener la temperatura a través de los materiales que están compuestos aprovechando la geotérmica evitando las pérdidas de calor en el sistema (Miñana García, 2021).



**Figura 19:** *Composición de materiales PCM.*

Fuente (Leonforte et al., 2022).

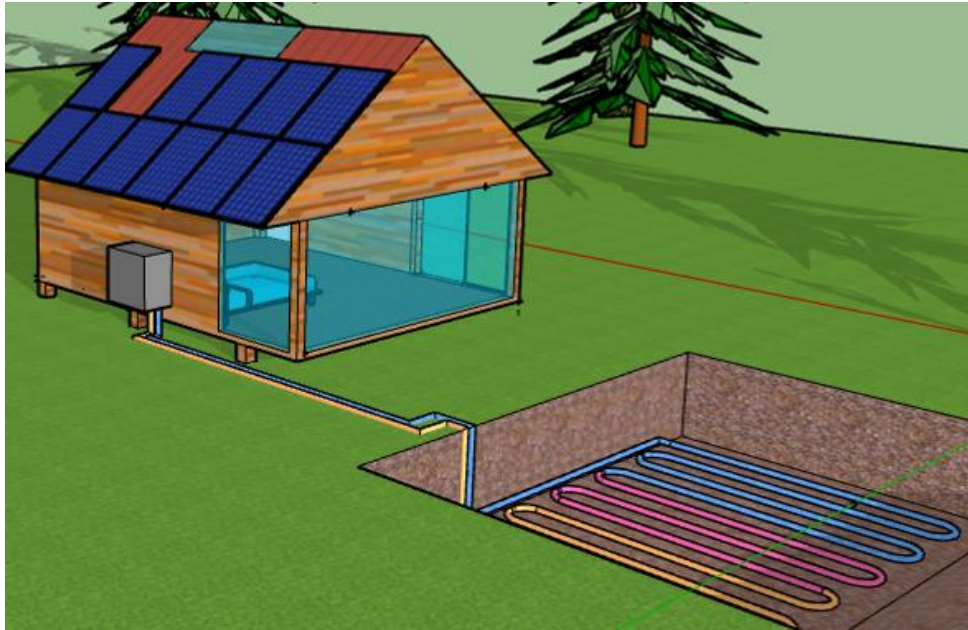
La definición de PCM es la composición de materiales para el aprovechamiento calorífico en los intercambiadores de calor y obtener por mayor tiempo las propiedades térmicas obteniendo un sistema más estable. Incluso los PCM tienen mayor control de temperatura ofreciendo seguridad y estabilidad en el sistema de calefacción para el aprovechamiento térmico o calefacción del sistema.

La ventaja del sistema con PCM es la reducción de costos de instalación al no requerir mayor profundidad para el aprovechamiento térmico haciendo de un sistema híbrido eficiente y de menores profundidades para la instalación de los sistemas.

La desventaja de los PCM es que la conductividad térmica no es eficiente al no tener una temperatura adecuada. Quiere decir que mientras no exista la temperatura eficiente para el punto de fusión, esta obtendrá temperaturas menores al requerimiento del sistema desarrollando un bajo rendimiento térmico.

### **2.2.7 Diseño del sistema geotérmico**

El sistema debe estar sincronizado para su respectivo funcionamiento híbrido dentro de los cuales en el colector solar y la placa PCM funcionen respectivamente. El calentamiento de temperatura del aire se genera cuando esta se transporta a través de las tuberías que circulan internamente hasta llegar al colector solar.



**Figura 20:** Sistema híbrido de un colector solar e intercambiador de calor horizontal.

El intercambiador de calor híbrido (PCM) fue diseñado para reducir costos de instalación y un aprovechamiento óptimo de los fluidos geotérmicos para mantener por más tiempo las temperaturas adecuadas ya sea frío o calor dentro de las instalaciones de la hostería. El funcionamiento del sistema es aprovechar la radiación solar a través de las placas de vidrio instaladas para mantener el calor y aumentar la temperatura dentro del almacenamiento interno (PCM) acoplado con el sistema geotérmico para la obtención de fluidos geotérmicos mediante la bomba. De esta manera aprovechamos la obtención de calor en las dos superficies térmicas y la temperatura adecuada en la transferencia geotérmica y poder calorífico en estado (estacionario) (Trojan, 2014).

- El flujo térmico se encarga de transformar la temperatura.
- La placa de vidrio no afecta en el desarrollo del sistema.
- El colector solar no sufre cambios por los flujos de aires.
- El polvo es un factor determinante para la atenuación del desarrollo en el sistema por lo que se debe considerar para el mantenimiento.
- La placa absorbente no sufre cambios de temperatura ya que está sometida hasta los 100 °C esto debido a la radiación que es absorbida por las placas (PCM) (Kabeel et al., 2016).

### **2.3.1 Introducción al sistema eólico**

La energía se considera un aporte bastante importante para el desarrollo de la sociedad ya que constantemente sigue creciendo la demanda de energía donde se debe garantizar el abastecimiento y seguridad el obtener una eficiente energía con tecnologías que pueda garantizar el funcionamiento (M. V. López, 2012). El sistema de energía eólico se considera de tipo renovable ya que su aprovechamiento es propio de la naturaleza, estos sistemas siguen en crecimiento a nivel mundial por la capacidad y forma de generar electricidad, pero existe una problemática que es inconsistente ya que el flujo de viento no es constante (Guillot Fula, 2015). Los sistemas de energía eólico se conectan a unas baterías para obtener una estabilidad, pero se debe considerar en el diseño también la inestabilidad pudiendo dañar el banco de baterías, en estos sistemas se puede conectar de manera directa a la carga para obtener mejoras y de forma directa el consumo de energía (Clementi & Guillermina, 2021). Los sistemas eólicos a gran escala también tienen la ventaja de inyectar energía a la red eléctrica convencional estas energías renovables son de fácil mantenimiento y accesibles económicamente (M. V. López, 2012). La obtención de la energía eólica es la transformación de la energía cinética en energía mecánica obteniendo fuerza de giro en el rotor del generador obteniendo energía eléctrica. La energía eólica al ser obtenida de forma natural reduce la contaminación del monóxido de carbono ampliando las aplicaciones para su uso (Beltrán et al., 2016).

### **2.3.2 Potencial del sistema eólico**

Para el sistema eólico se debe evaluar la dirección y velocidad del viento ya que estas varían dependiendo de la ubicación e incluso durante un año existe diferencias de la velocidad del viento esta problemática se debe por los cambios climáticos. Muchos análisis han determinado que la velocidad del viento es mejor en el zona del mar por su potencial y constancia (Schallenberg et al., 2008). Este tipo de energías renovables es utilizado a nivel mundial ya que no existe restricción y es natural. La velocidad mínima del viento tiene un promedio de 3,5 m/s de esta forma se puede obtener fuerza mecánica para poder girar las aspas del aerogenerador y obtener la electricidad. (Ortiz & Cáceres, 2015). Los sistemas de energía eólica tiene diferentes capacidades nominal descritas de la siguiente manera (M. V. López, 2012).

- < 5 kW Sistema de Microturbinas
- 5 – 100 kW Sistema de mini turbinas
- 100 hasta 1.000 kW Sistema de media hasta gran potencia
- 1.000 hasta 5.000 kW Sistema de multi megavatios

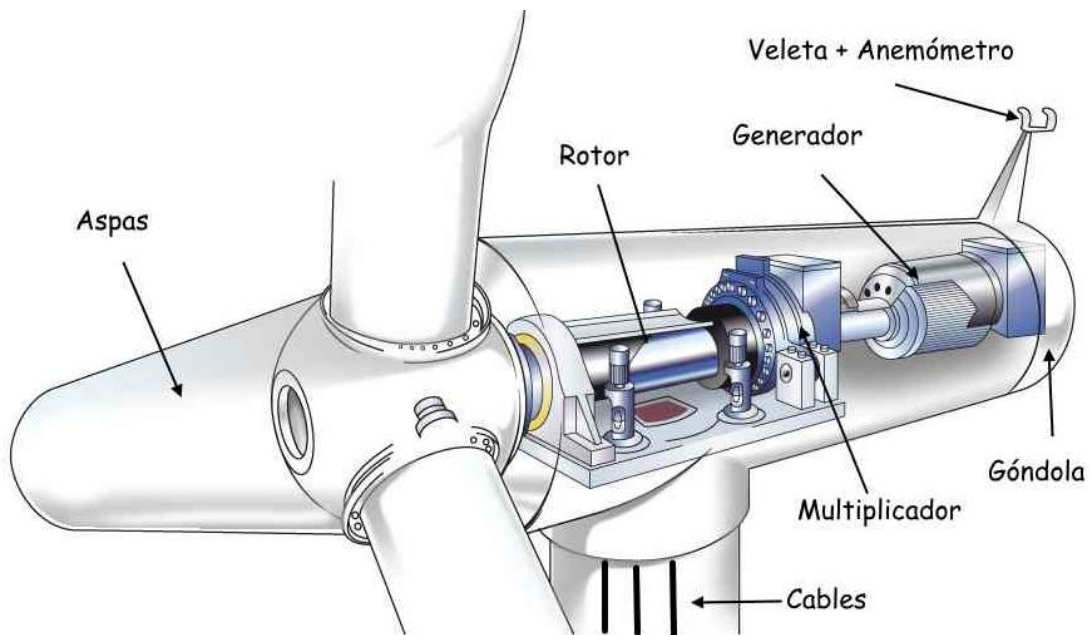
### **2.3.3 Aerogenerador**

Los aerogeneradores deben estar instalados a 10 metros de altura para poder tener un buen desarrollo y poder producir electricidad y para mayor eficiencia se recomienda a los 20 metros de altura. Estos han sido utilizados desde 1990 ofreciendo un buen desarrollo y eficiencia para

girar las aspas haciendo rotar al aerogenerador para producir electricidad (Fernández, 2021) Las partes del aerogenerador está compuesto por rotor, multiplicador, góndola, generador eléctrico y torre. Los aerogeneradores son los encargados de obtener la energía eléctrica a través de la energía cinética obtenida por la velocidad del viento (*Partes del aerogenerador*, 2017).

### 2.3.3.1 Descripción del aerogenerador

Los aerogeneradores están compuestos por las siguientes partes.



**Figura 21:** Partes del aero generador

Fuente (*Partes del aerogenerador*, 2017).

- **Rotor:** El rotor es el encargado de transformar la energía del viento en energía mecánica está compuesto por el buje y las aspas. Las aspas son las encargadas de obtener el impulso del viento para poder girar el eje e ingresar este impulso al multiplicador para poder girar el generador de electricidad.
- **Multiplicador:** El multiplicador es un conjunto de engranajes mecánicos que nos sirve para aumentar la velocidad de giro que ingresa por el impulso de las aspas aumentando las revoluciones de giro para el generador.
- **Generador:** El generador cumple la función de transformar la energía mecánica en energía eléctrica producida por el giro en el eje procedente del multiplicador.
- **Góndola:** La parte interna de la góndola está compuesta por los siguientes elementos como la caja multiplicadora, el sistema de frenado, regulador, sistema de control y el generador eléctrico mientras que la parte externa podemos encontrar el anemómetro, la baliza y veleta. Está sujeta por la torre a cierta altura para poder obtener la energía cinética del viento.
- **Aspas:** Se conoce como palas o aspas, estas son las encargadas de girar el eje del multiplicador obtenido por la velocidad cinética del viento.
- **Buje:** El buje es el eje que conecta las aspas con la caja multiplicadora y también conecta la salida de la caja multiplicadora con el generador de electricidad.

- **Torre:** La torre soporta la carga de todos los componentes del aerogenerador elevadas a cierta altura sobre el suelo para obtener mejor velocidad del viento.
- **Cimentación:** La cimentación es la base de la torre que soporta los componentes del aerogenerador esta debe estar construida por una base sólida para poder soportar la velocidad del viento que se genera en la parte superior de la torre. La cimentación debe estar construida por la zapata y el anclaje para soportar las tensiones a la que está expuesta la torre por la fuerza del viento (Fernández, 2021).
- **Anemómetro:** El anemómetro forma parte del aerogenerador para obtener datos de la velocidad del viento.
- **Veleta:** Sirve para direccionar la góndola y través de la dirección del viento.
- **Cables:** Sirve para transportar la energía.

### 2.3.3.2 Tipos de configuración del aerogenerador

Los aerogeneradores tienen varias configuraciones que son considerados para la generación de electricidad a través de los sistemas eólicos.

Existe dos tipos de configuraciones de los aerogeneradores estas son de eje horizontal y eje vertical. Los generadores eólicos utilizan la de tipo horizontal para la generación de electricidad.

- **Tipo eje horizontal:** Los aerogeneradores de eje horizontal tienen la configuración con las aspas de forma perpendicular para aprovechar el viento. Ya que estos sistemas solo requieren de tres aspas que es lo ideal para aprovechar la energía cinética que será transformada en energía eléctrica. Y son las más utilizadas para los sistemas eólicos.



**Figura 22:** Aerogenerador tipo de configuración horizontal de Gedser

Fuente (*Danish Wind Industry Association, 2023*).

- **Tipo de eje vertical:** Esta configuración de eje vertical presenta ventajas ya que no requiere un sistema de orientación. No necesita mayor altura para el aprovechamiento de la energía cinética y es más factible para realizar mantenimientos, pero las

desventajas de estos sistemas es el poder controlar la velocidad del viento al no tener un regulador y han existido pocos sistemas con el tipo de configuración de eje vertical para la generación de energía eólica (Fernández, 2021).



**Figura 23:** Aerogeneradores de configuración vertical

Fuente (*Energía eólica*, 2023).

Para la captación de la energía cinética estas tienen diferentes configuraciones es decir en el sistema también existe el número de palas instaladas o aspas que existe desde mono palas (1 aspa), bi palas (2 aspas), tripala (3 aspas) y multi pala (más de tres palas). Las multi palas son comúnmente utilizadas en las bombas de agua. Para el aerogenerador se requieren tres palas o llamado también tripala estas son consideradas para el sistema eólico, por su eficiencia, estabilidad y el poco ruido que emiten para el giro del aerogenerador (M. V. López, 2012).

La velocidad del rotor en los aerogeneradores tiene captación constante variable o semivariable esto para la generación de energía eólica por lo que también se considera en el sistema un control regulador. El control regulador funciona cuando el sistema tiene una carga excesiva, esto sucede por las altas velocidades que pueden generar sobrecargas para solucionar este inconveniente se instala un conjunto de resistencias para que el aerogenerador y el banco de baterías no sufra daños o inconvenientes en el sistema.

Existe diferentes tipos de aerogeneradores para la generación de electricidad como un generador con tipo jaula de ardilla (asíncrono). También existe el generador con bobina de doble alimentación y el generador multi polo asíncrono (M. V. López, 2012)

### 2.3.4 Parque eólicos

Los parques eólicos está conformado por dos o más aerogeneradores para producir electricidad existe configuraciones para el sistema descrito de la siguiente manera (Schallenberg et al., 2008).



**Figura 24:** Parque eólico ubicado en la ciudad de Loja Ecuador

Fuente (*Energía eólica*, 2023).

- **Sistema interconectado eólico:** El sistema puede ser conectado a la red pública y retribuido económicamente por la generación de electricidad.
- **Sistema de autoconsumo eólico:** Los generadores pueden producir electricidad para el consumo propio del sistema y el excedente de la generación puede ser inyectada a la red pública.
- **Sistema aislado:** El sistema genera electricidad exclusivamente para el sistema y no tiene conexión alguna para la red eléctrica.

### 2.3.5 Producción del sistema eólico

Para la generación de electricidad a través de los aerogeneradores se debe considerar los siguientes parámetros.

- **La disponibilidad del recurso natural para la generación de electricidad:** El viento es un recurso natural y la velocidad varía constantemente dependiendo de la altura a la que este ubicado el aerogenerador. Existe atenuación de la velocidad del viento ya sea por los árboles, estructuras de los edificios. La velocidad mínima para pequeños aerogeneradores es de 3.5 (m/s.) (*Manuales sobre energía renovable*, 2022).
- **La eficiencia del sistema eólico para la producción de energía:** El viento varía según la región, la disponibilidad del recurso suele ser utilizable y despreciable por las turbulencias o falencias que puede existir en la naturaleza.

- **La constancia del viento:** La densidad del aire es bastante dispensable ya que a mayor densidad se puede obtener mejor rendimiento en las aspas del aerogenerador produciendo energía. Esto sucede cuando las temperaturas bajan provocando que exista mayor densidad (*Manuales sobre energía renovable, 2022*).

### 2.3.6 Aplicaciones del sistema eólico

Existe muchas aplicaciones a las que se puede aprovechar las energías renovables a continuación descritas:

- **Sistema Residencial:** El sector residencial no requiere de mucha carga por lo que es factible instalar un sistema de energía eólica estos pueden ser eficientes de forma autónoma aún más eficiente en el sector rural por estar expuesto directamente a la naturaleza.
- **Sistema Industrial:** Los sistemas industriales requieren de mayor carga energética para el funcionamiento de motores o sistemas eléctricos de potencia. Por lo que estos sistemas requieren estar conectado a la red.

### 2.3.7 Ventajas del sistema de microturbinas eólicas

Las ventajas de los sistemas pequeños o rangos bajos para la generación de energía eólica comparada con los grandes sistemas se describen de la siguiente manera.

- Las pérdidas de potencia son mínimas por la transportación y distribución de energía.
- Su uso y aplicaciones son eficientes con los sistemas híbridos.
- Los costos son accesibles para funcionamiento, mantenimiento.
- Acceso a las energías renovables en cualquier lugar inaccesible para la red convencional
- Menor impacto ambiental tanto visual y ruido (R. Gonzales, 2019).

### 2.3.8 Desventajas del sistema eólico

También existe desventajas del sistema eólico descritas a continuación.

- La velocidad del viento es inestable generando intermitencia para producir electricidad
- El costo inicial del sistema es alto.

- El recurso natural es indispensable por lo que el viento es primordial.
- Los parques eólicos generan alteración sobre la naturaleza.

## **CAPITULO 3**

### **3. DESAROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.1 Ubicación del Proyecto**

El análisis del sistema se encuentra ubicado al norte de la ciudad de Cuenca es el proyecto de una hostería en el sector rural. Este análisis se realiza con energías renovables aprovechando los recursos naturales tanto la velocidad del viento como la radiación solar para la generación de energía y la geotérmica combinado con la radiación solar para el funcionamiento de la bomba de calor con la configuración horizontal. La estructura de la hostería se prevé realizar con diez cabañas esto con el fin de realizar de forma amigable con el medio ambiente este proyecto nace del abundante turismo que se realiza en la ciudad de Cuenca al ser una de las ciudades más visitadas a nivel nacional. El proyecto se encuentra directamente en la naturaleza para el aprovechamiento del aire puro que se puede considerar al estar en un ambiente alejado de la ciudad ya que la mayor problemática es la zona automovilística que arroja monóxido de carbono. Dentro de las instalaciones se analiza un sistema autónomo independiente de la red eléctrica para el funcionamiento y confort de los usuarios con un ambiente asistido por la bomba de calor para la calefacción o climatización de la misma esto debido a que en la ciudad ha existido drásticos cambios climáticos durante el día.



**Figura 25:** *Ubicación del proyecto y sus límites.*

Fuente (Municipio de Cuenca, 2022).

El espacio seleccionado para el dimensionamiento del sistema cuenta con 8850 m<sup>2</sup> al norte de la ciudad de Cuenca en el sector de San Pedro las coordenadas son - 2.8751854793944536, -79.02513774134322 de longitud. La ciudad se encuentra a 2538 metros sobre el nivel del mar cuenta con un clima que oscila temperaturas aproximadas entre 14° y 18° C.

### **3.2 Prototipo estructural del proyecto**

En el análisis del sistema también consta con la eficiencia energética para las instalaciones y obtener un mejor rendimiento energético de esta manera optimizaremos el consumo innecesario de energía. Los electrodomésticos tienen un tipo de consumo marcado en las etiquetas que son A+, A++ y A+++ siendo esta la mejor para los sistemas energéticos tanto por consumo de energía y costos por mantenimientos al ser productos de calidad estándar con un mejor consumo de energía. La estructura también es parte importante en el consumo de energía al tener luz natural se puede ahorrar en el consumo innecesario por tener las luces encendidas incluso mejorando la temperatura al interior de los ambientes de esta manera se puede ahorrar la generación de energía optimizando recursos sin perder el confort en las instalaciones para los huéspedes (Romero, 2023).



**Figura 26:** *Prototipo del Diseño de la cabaña.*

El diseño de la estructura es una cabaña típica aislada para mantener la temperatura interna requerida por el usuario y la parte frontal es instalada con vidrio para el aprovechamiento de la luz natural durante el día esto con el fin de aprovechar la eficiencia energética reduciendo los consumos innecesarios de energía y disminuyendo la carga de consumo. Dentro de la estructura cuenta con diferentes cargas para el sistema descritos en la tabla 1.

**Tabla1:** Tipos de carga eléctrica en el sistema

Distribución	Tipos de Carga
Alumbrado	Tipo led 10, 20, 30 W. Sistema Inteligente asistido (On /Off)
Temperatura, Climatización	Asistido por bomba de Calor tipo Horizontal. Microondas Neveras
Tomacorrientes	Sistema de desconexión (On / Off) Televisores, portátiles, carga móvil,

Para el dimensionamiento del sistema se considera la iluminación la carga de los tomacorrientes, el sistema inteligente y la bomba de calor que se utiliza para la calefacción del sistema.

### **3.3 Análisis de los recursos para el sistema híbrido**

El análisis del sistema consiste en la investigación de la eficiencia de los recursos naturales para la obtención de energía tipo eólica y fotovoltaica complementada con un banco de baterías y el sistema geotérmico tipo horizontal asistido por una bomba de calor para la calefacción en las instalaciones del proyecto. El sistema híbrido es considerado bastante eficiente ya que son complementarias debido a que la materia que abastece para la generación de energía es intermitente se genera un respaldo de energía en las baterías de plomo ácido cuando no exista generación de electricidad obteniendo un sistema estable y eficiente para las instalaciones. La ubicación del proyecto cuenta con un paisaje natural para el aprovechamiento de los recursos considerados para la generación de energía eólica como el sistema fotovoltaico el análisis se lo realiza durante el año 2022. Dentro del año calendario existe constantes cambios climáticos que son a nivel mundial debido a las problemáticas que existe. Sin embargo, se analiza el sistema para la obtención de energías y que la curva de potencia pueda cubrir la demanda de energía para abastecer las cabañas de los usuarios. El sistema debe ser eficiente para cubrir la demanda de energía que las cabañas requieren para los diferentes usuarios este con el fin de obtener un sistema eficiente y que la carga de potencia no sufra daños e inestabilidad en el sistema para eso también se analiza la eficiencia energética para obtener mejores resultados y no perder las necesidades solicitadas por los usuarios. El sistema analizado para la demanda de energía de cada cabaña requiere de 6.9 kW por día teniendo un total de la carga para el sistema de 69 kW para abastecer las 10 cabañas del proyecto.

#### **3.3.1 Sistema Solar fotovoltaico**

Considerado para la generación de energía renovable híbrida es un sistema bastante factible al obtener radiación directa del sol esta varía dependiendo de las horas y al estar ubicado en un sector abierto al no tener edificaciones es eficiente para la generación de electricidad a través de 85 paneles solares y haciendo constante la generación de energía complementada con los aerogeneradores. Ofreciendo garantía en el servicio para abastecer las cabañas con electricidad sin perjudicar el confort. Para las instalaciones los paneles pueden ser de tipo monocristalino las características del módulo es de 400Wp con un voltaje

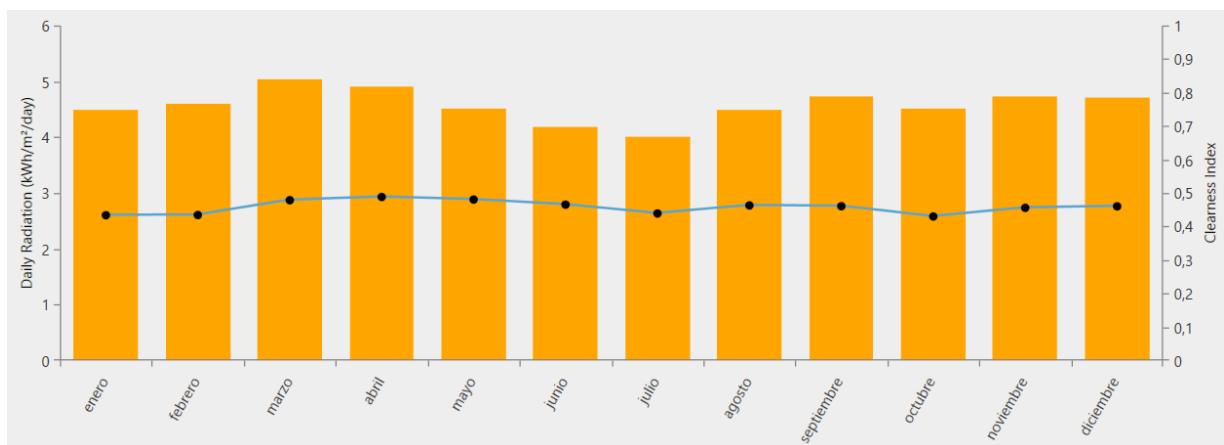
de 24 VCD. Estas pueden ser instaladas en la parte superior de las cabañas obteniendo una óptima eficiencia para la generación de energía.

**Tabla 2:** Especificaciones del Panel fotovoltaico.

Panel Solar	Monocrystalino
Modelo	Generic flat plate PV
Potencia	400 Wp
Voltaje	24 VDC
Diámetro	1.9 x 1.0 x 0.4 m
V Circuito abierto	48.60 V.
V Circuito cerrado	10.40 V.
Eficiencia	20.61 %

Fuente (*Pro Viento S.A., 2023*).

La energía solar que se obtiene en la ciudad de Cuenca también tiene variación dependiendo de la estación del año.



**Figura 27:** Comportamiento de la radiación solar en la ubicación del proyecto análisis mensual.

Fuente (*Homer Pro, 2023*)

El mayor aprovechamiento de la radiación es al medio día al estar en un ángulo directo con la luz del sol mediante la figura 27 la que obtenemos la curva de carga del sistema comparativo de la radiación solar y velocidad del viento promedio de un día en la ubicación

del proyecto. También observamos que los meses de marzo, abril, septiembre y noviembre existe mayor eficiencia de radiación solar para el aprovechamiento y obtener electricidad para abastecer las cabañas.

**Tabla 3:** Promedio mensual de la radiación solar.

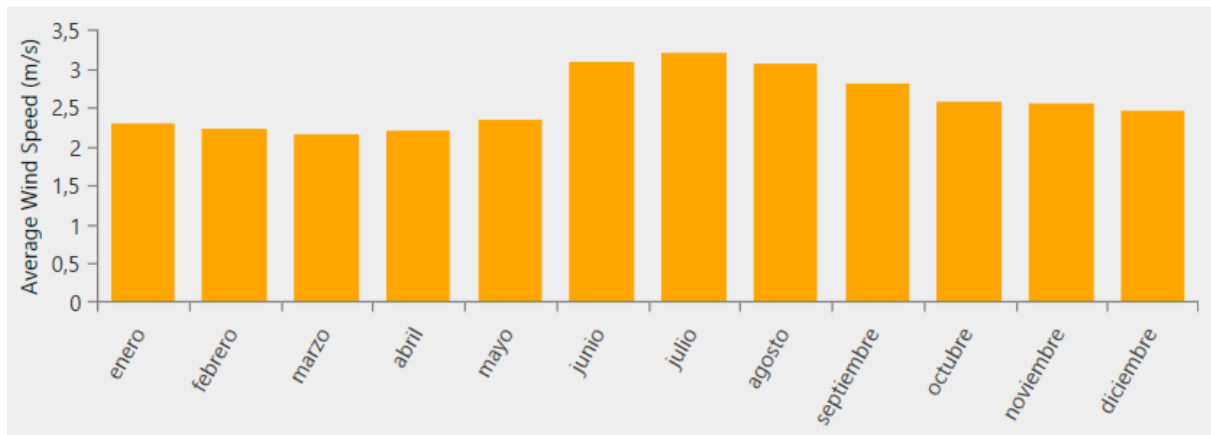
Mes	Promedio radiación solar (kW/h <sup>2</sup> /día)
Enero	4.490
Febrero	4.590
Marzo	5.040
Abril	4.910
Mayo	4.510
Junio	4.180
Julio	4.010
Agosto	4.500
Septiembre	4.740
Octubre	4.510
Noviembre	4.720
Diciembre	4.710

Fuente (*Homer Pro*, 2023)

Mediante los datos obtenidos en la aplicación Homer Pro que se descarga del sistema de la NASA podemos determinar que el mejor mes con radiación solar se obtiene en marzo con 5.040 (kW/h<sup>2</sup>/día). Para el sistema autónomo es indispensable contar con los datos que se requieren para una instalación eficiente y óptima para abastecer las instalaciones mediante los sistemas de energía renovables mientras que el mes con un bajo promedio de radiación solar es el mes de julio con 4.010(kW/h<sup>2</sup>/día).

### 3.3.2 Sistema eólico

Se considera factible en las afueras de la ciudad por la ubicación debido a que no tiene un impacto con los ambientes o estructuras a su alrededor pudiendo aprovechar de forma directa el recurso propio de la naturaleza esto para la generación de energía a través de los aerogeneradores y su respaldo con un banco de baterías para que no exista intermitencia en el funcionamiento obteniendo un óptimo rendimiento para su constante uso ofreciendo eficiencia del sistema esta entrara en funcionamiento cuando no exista generación de energía a través de las fuentes generadoras. La energía eólica tiene aspectos relevantes dependiendo de la zona en la que se prevé aprovechar siendo más eficiente y constante en el mar sin embargo en el sector ubicado para el proyecto situado en San Pedro de la ciudad de Cuenca, podemos observar que el mes Junio, Julio y agosto son los mejores meses para aprovechar la velocidad del viento para la generación de energía mediante el aerogenerador.



**Figura 28:** Comportamiento de la velocidad del viento en la ubicación del proyecto analisis mensual.

Fuente (Homer Pro, 2023)

En la ciudad de Cuenca también tiene un alto índice de eficiencia ya que se encuentra a una altura considerable está ubicado a 2560 metros, esto sobre la cordillera dando como resultado un excelente aprovechamiento para las energías renovables. Para la generación de energía eólica se puede configurar de tal manera que los generadores estén situados uno a continuación de otro para obtener un mejor aprovechamiento. La velocidad del viento varía dependiendo del mes determinado por la aplicación Homer pro.

**Tabla 4:** Promedio mensual de la velocidad del viento.

Mes	Promedio de la velocidad del viento (m/s)
-----	---

Enero	2.290
Febrero	2.230
Marzo	2.160
Abril	2.200
Mayo	2.340
Junio	3.080
Julio	3.190
Agosto	3.050
Septiembre	2.800
Octubre	2.570
Noviembre	2.550
Diciembre	2.460

Fuente (*Homer Pro*, 2023)

El promedio mensual de la velocidad del viento determinada por la aplicación Homer PRO nos indica que el mes con bajo recurso eólico es marzo con 2.160 (m/s) y julio obtiene el mejor rendimiento para la generación de energía a través del aerogenerador con 3.190 (m/s).

Los aerogeneradores eólicos ha disminuido la carbonización en los ambientes al estar instalados en el sector rural es mayor la ventaja ya que al estar en contacto con la naturaleza no perjudica el aire ni el ecosistema (Urbano Arcila, 2021). Para una eficiencia de los aerogeneradores deben estar instalados a una distancia mínima de 15 m desde la construcción a una altura de 35 m en espacios despejados para el aprovechamiento de la velocidad del viento ya que el viento es indispensable para la generación de energía. El generador utilizado para el sistema es de 3 kW descritos en la tabla 5.

**Tabla 5:** Especificaciones del aerogenerador.

Aerogenerador eólico	Tipo Horizontal 3 Aspas
----------------------	-------------------------

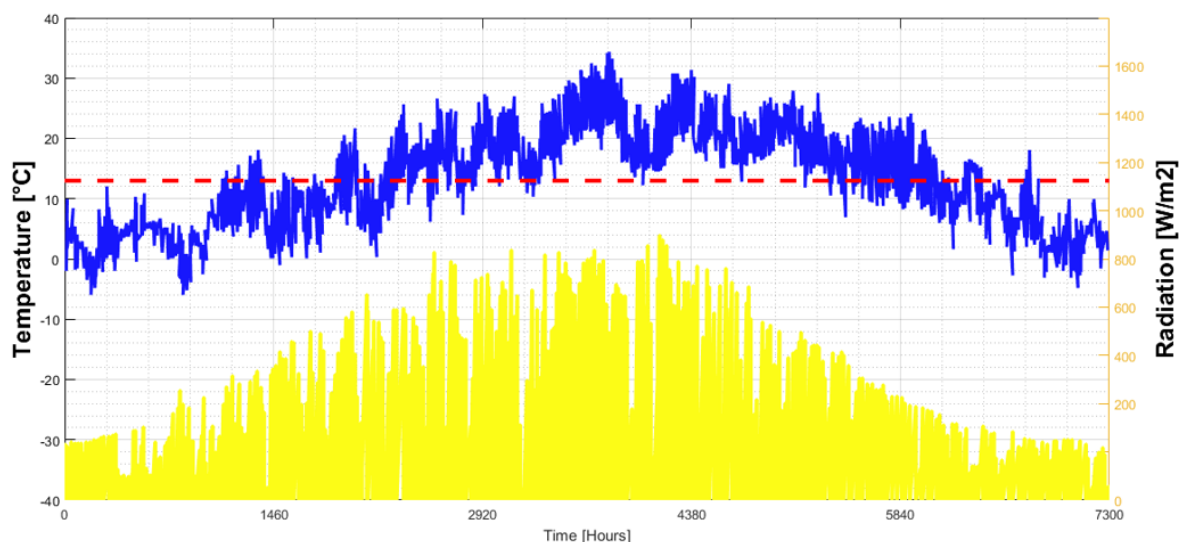
Modelo	NE-3000L
Potencia	3 kW
Voltaje	24 VDC
Diámetro	1.9 m
Velocidad arranque	2.1 m/s
Velocidad nominal	14 m/s
Velocidad máxima	45 m/s

Fuente (*Pro Viento S.A., 2023*).

En la figura 27 y la figura 28 podemos comparar la disponibilidad de los recursos para la generación de energía mediante la radiación solar y la velocidad del viento promedio mensual para el análisis del sistema híbrido que abastece de energía para las cabañas, la gráfica presenta un promedio diario en la ciudad de Cuenca estos datos son obtenidos mediante la aplicación Homer PRO para el análisis de la carga del sistema. La velocidad del viento y la radiación solar son intermitentes en el sector analizados esto se debe a los cambios climáticos que existen.

### 3.3.3 Sistema geotérmico

El análisis del sistema geotérmico se determina mediante la temperatura y la radiación solar para la asistencia de la bomba de calor que funcionara para abastecer de calefacción o refrigeración en las instalaciones del proyecto.



**Figura 29:** Promedio diario de la temperatura y radiación solar para el sistema híbrido geotérmico.

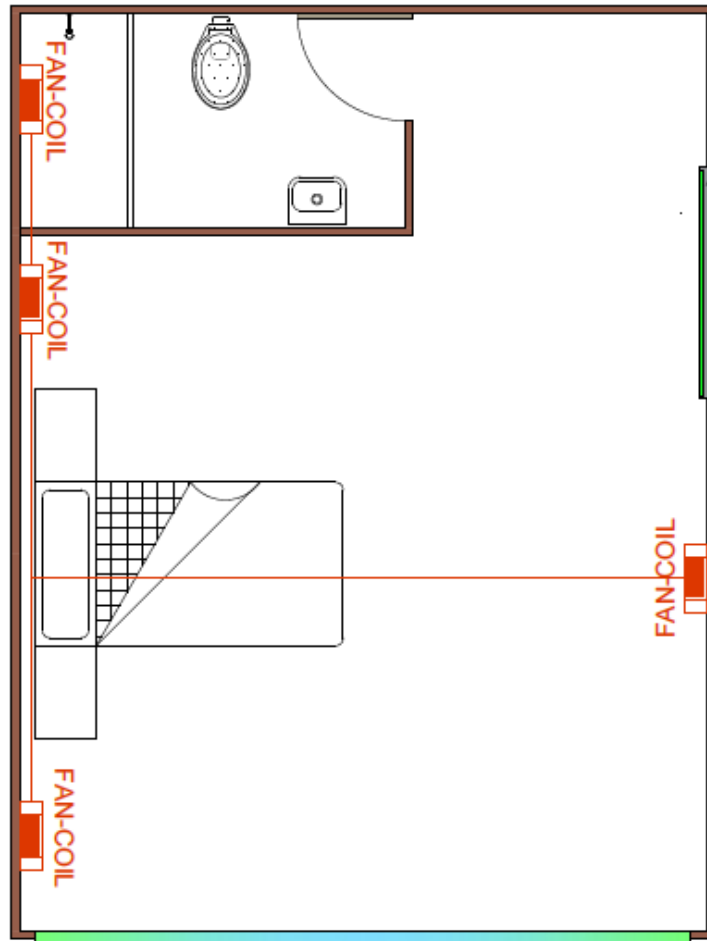
La figura 29 se obtiene mediante la aplicación de Matlab a través de los datos obtenidos en los laboratorios del CITT. Podemos observar que el pico más alto de la radiación solar es en el medio día, también aumenta la temperatura considerando que el clima este despejado por ende en un día soleado. Al obtener un día promedio sin nubes y despejado el sistema obtendrá mejor rendimiento para la generación de energía y el sistema geotérmico funciona para la refrigeración de las instalaciones.

La bomba de calor funciona dependiendo del clima de la ciudad este con el propósito de abastecer una temperatura acorde al usuario ya que el sistema debe proveer de calefacción o refrigeración. Las cabañas deben estar selladas para no incidir con el ambiente externo debido a que la ciudad de Cuenca tiene un clima templado descritos en la tabla 6.

**Tabla 6:** Descripción clima promedio de la Ciudad de Cuenca mensual.

Mes	T. Mínima	T. Máxima
Enero	0.3 ° C.	7.3 ° C.
Febrero	0.6 ° C.	8.5 ° C.
Marzo	2.6 ° C.	11.8 ° C.
Abril	4.9 ° C.	15 ° C.
Mayo	8.4 ° C.	19.8 ° C.
Junio	13. 2 ° C.	25. 5 ° C.
Julio	16.6 ° C.	30.2 ° C.
Agosto	16.5 ° C.	29.5 ° C.
Septiembre	12.6 ° C.	24 ° C.
Octubre	8.5 ° C.	18.7 ° C.
Noviembre	3.7 ° C.	10.9 ° C.
Diciembre	1.3 ° C.	8.7 ° C.

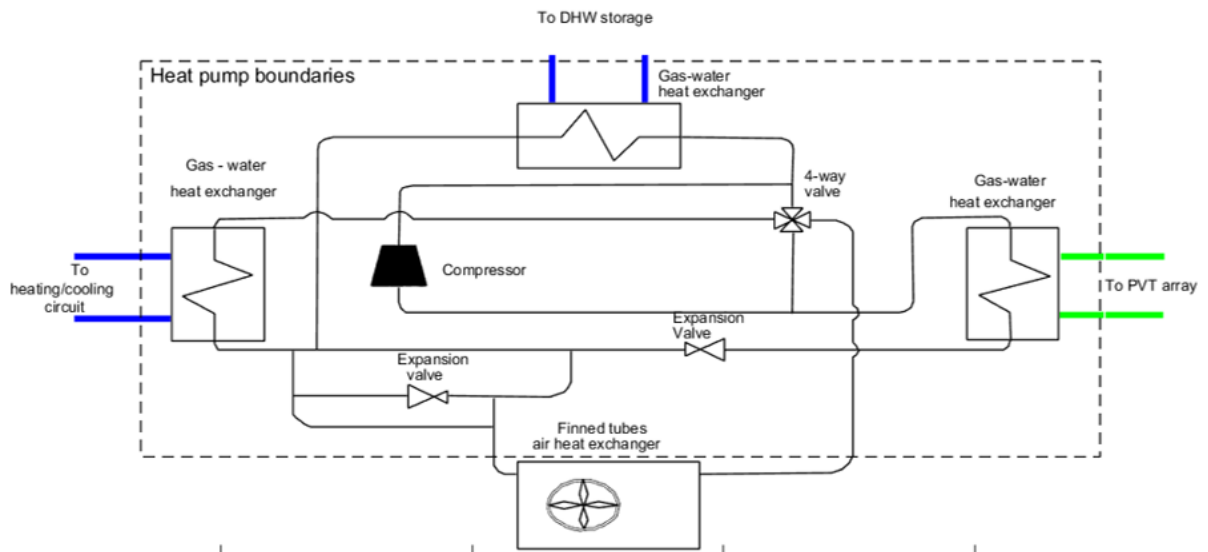
Debido a los constantes daños que perjudican el medio ambiente el clima puede variar constantemente es por eso que las instalaciones deben tener un sistema de refrigeración y calefacción para el confort de los usuarios.



**Figura 30:** *Diseño interno de la cabaña para el sistema geotérmico.*

El sistema funciona a través de la bomba de calor para obtener calefacción o refrigeración en el interior de las cabañas mediante el sistema solar térmico y el sistema horizontal geotérmico es decir un sistema híbrido del aprovechamiento de la radiación solar que se obtiene directamente del sol y el sistema geotérmico que se obtiene del interior de la tierra con la configuración tipo horizontal.

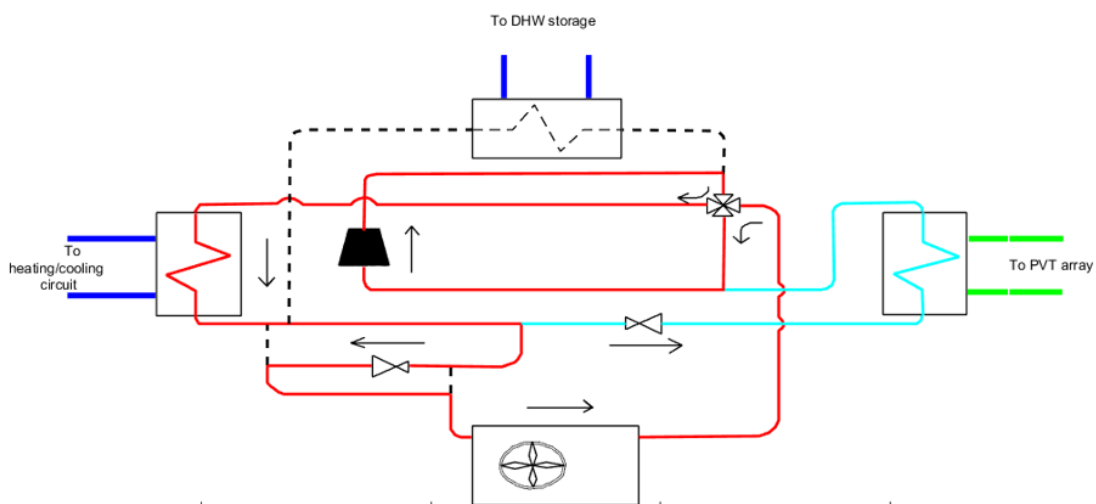
La bomba de calor se encarga de transferir el calor para enfriamiento o calefacción hacia el interior de las instalaciones mediante el esquema de la figura 31 podemos observar su funcionamiento.



**Figura 31:** Esquema del sistema geotérmico para abastecer de calefacción o refrigeración mediante la bomba de calor.

Fuente (Leonforte et al., 2022).

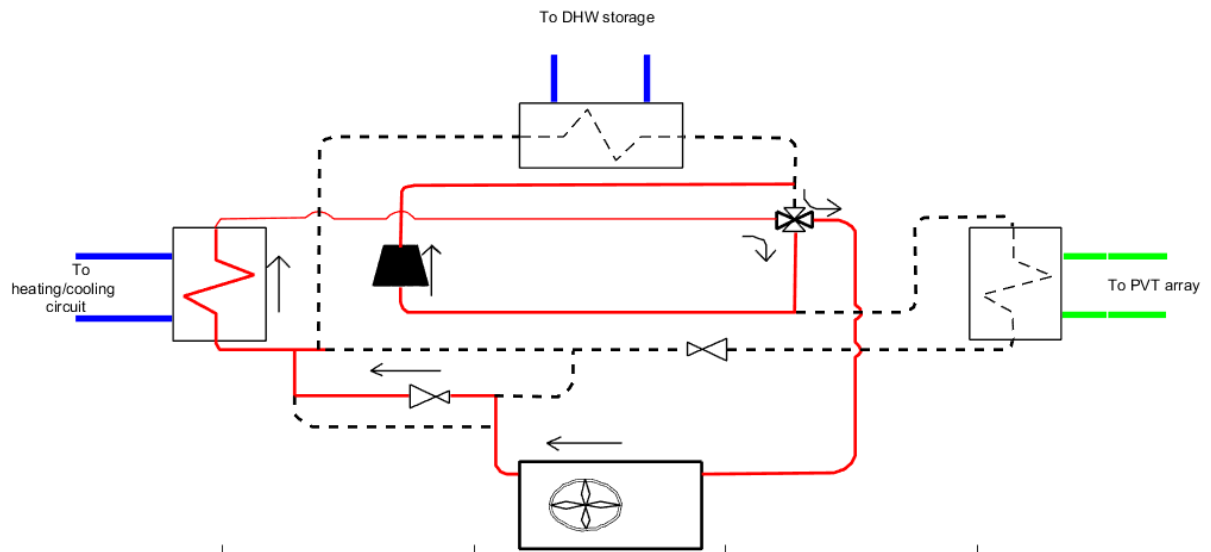
Mediante la bomba de calor podemos obtener temperaturas adecuadas en el interior de las instalaciones y también se puede obtener agua caliente para los diferentes usos que se puedan requerir en las instalaciones para el confort de los usuarios esto debido a que el clima cambia constantemente en la ciudad de Cuenca haciendo de las instalaciones temperaturas más adecuadas para el usuario.



**Figura 32:** Esquema del funcionamiento para obtener calefacción.

Fuente (Leonforte et al., 2022).

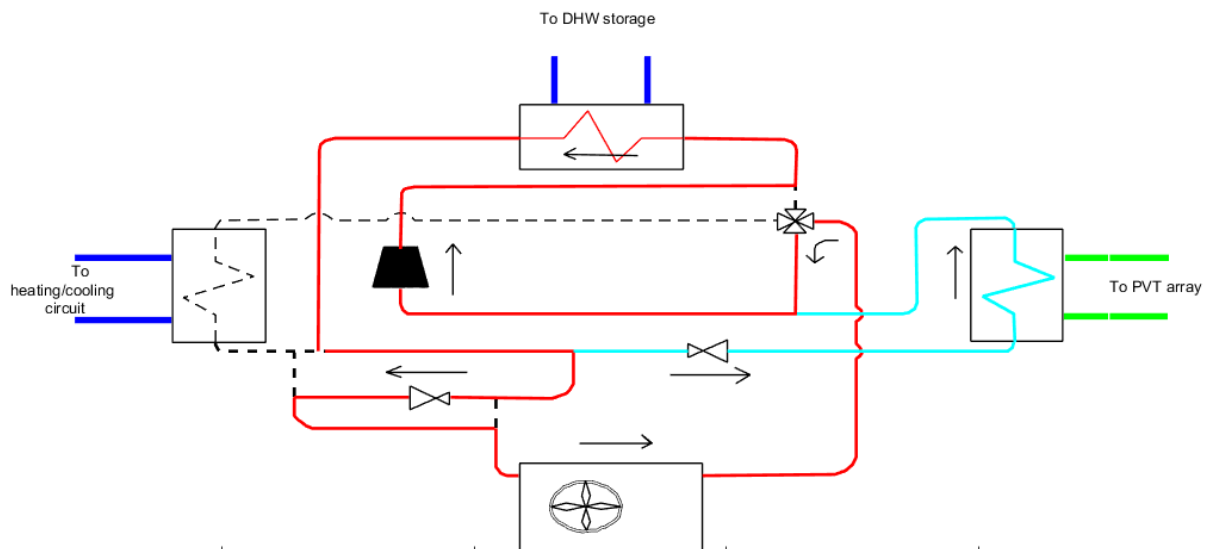
El esquema de la figura 32 nos indica como funciona el sistema geotermico para la obtención de calefacción mediante la bomba de calor.



**Figura 33:** Esquema del funcionamiento para disminuir la temperatura de los ambientes.

Fuente (Leonforte et al., 2022).

El esquema nos indica el funcionamiento de la bomba de calor para la obtención de temperaturas adecuadas dependiendo del clima en un día aleatorio, normalmente la temperatura se eleva al medio día al estar expuesto la radiación solar directa con el sector por lo que se requiere de refrigeración en las instalaciones y las temperaturas bajan al pasar las horas del atardecer provocando que en la noche el clima tenga bajas temperaturas.

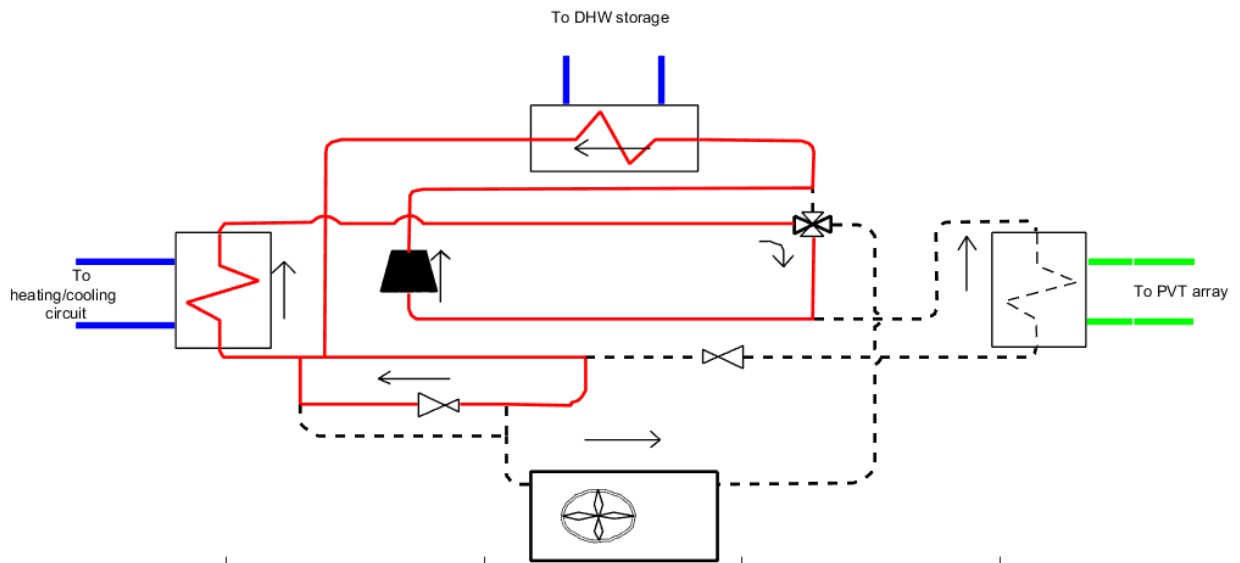


**Figura 34:** Esquema del funcionamiento para la obtención de agua caliente.

Fuente (Leonforte et al., 2022).

En el esquema de la figura 34 también podemos obtener agua caliente para las instalaciones. Como podemos observar el evaporador y condensador estos elementos nos ayudan para realizar el intercambio de temperatura en los interiores de las instalaciones

dependiendo del requerimiento del usuario a través de la bomba de calor y la obtención de agua caliente para las diferentes aplicaciones que podrían ser el uso de la ducha.



**Figura 35:** Esquema del funcionamiento para la obtención de agua fría y calefacción del sistema.

Fuente (Leonforte et al., 2022).

Para la obtención de temperaturas adecuadas los esquemas nos sirven de referencia para el funcionamiento y obtención de agua caliente o calefacción hasta refrigeración de las instalaciones debido a que el clima puede variar en un día calendario. La mayor eficiencia del sistema se lo puede realizar con sistemas inteligentes para media la temperatura interna de las instalaciones y trabajar de forma adecuada para el confort de los usuarios o de manera manual que se pueda requerir dependiendo de las necesidades.

### 3.3.4 Carga del sistema

El análisis de la carga del sistema está determinado por cierto tiempo de horas de consumo y el proyecto con las 10 cabañas diseñadas de la figura 26 El prototipo está estructurado considerando la eficiencia energética para reducir los consumos innecesarios de electricidad y aprovechar la luz natural de esta forma obtener mejores resultados para disminuir la carga del sistema y aprovechar la generación de energía de forma óptima sin desperdiciar electricidad innecesaria en las instalaciones.

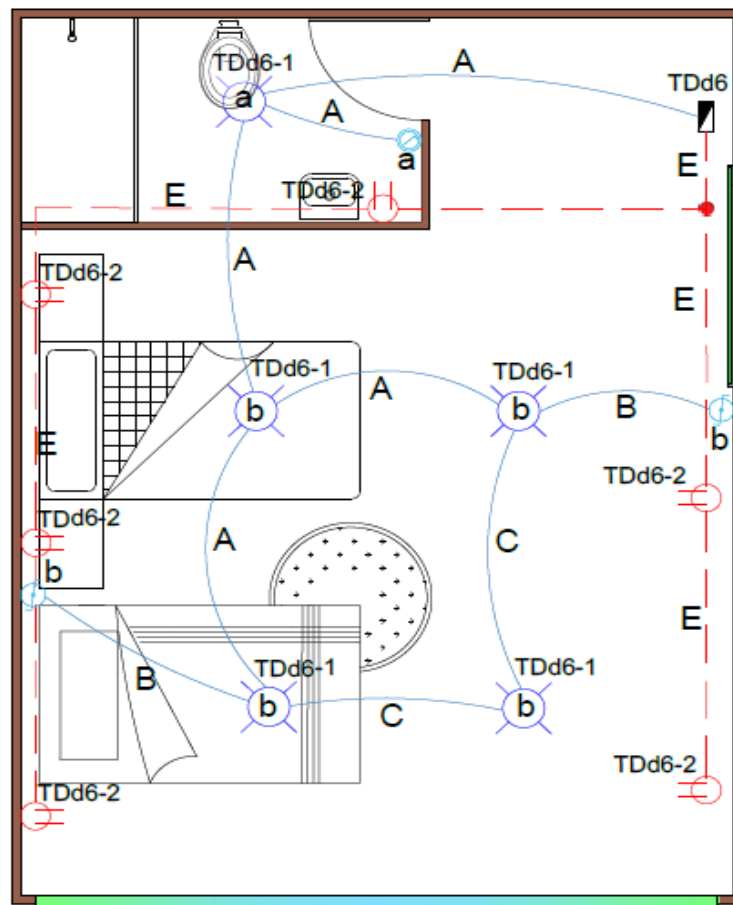
**Tabla 7:** Demanda de energía para las cabañas.

Circuito	Detalle	Carga
----------	---------	-------

C1	Iluminación	60 (W)
C2	Fuerza	900 (W)









Fuente (Autor).

La carga total para el sistema eléctrico de las cabañas es de 6.9 kW por cabaña esto se considera por las diez cabañas un total de 69,9kW para el consumo de la iluminación y carga para los diferentes aparatos eléctricos que requieran de electricidad.



**Figura 36:** *Diseño eléctrico para el sistema de iluminación y tomacorrientes o carga del sistema*

La iluminación del sistema cuenta con cinco focos led de 12 W distribuidos en los espacios internos de las cabañas obteniendo un total de 60 W. Y un sistema de carga para los toma corrientes de 150 W respectivamente para los diferentes aparatos eléctricos requeridos, pero considerando que el sistema este en su máxima demanda de carga.

LEYENDA	
SIMBOLOGIA CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
	Cable 14 AWG.
	Cable 2x12+1x14 AWG.
	Interruptor simple
	Conmutador Simple
	Toma Corriente Polarizado 110V.
	Foco Led 18W
	Tablero de distribución
	Caja de paso octogonal
<b>A</b>	Conductor 2x14 AWG.
<b>B</b>	Conductor 3x14 AWG.
<b>C</b>	Conductor 4x14 AWG.
<b>D</b>	Conductor 2x12+1x14 AWG

**Figura 37:** *Símbologia del sistema eléctrico (Auto Cad).*

La simbología realizada en auto cad para entender el diseño del sistema eléctrico de la figura 37 elaborado para la iluminación y tomacorrientes respectivamente de las cabañas.

**Tabla 8:** Resumen general de energía.

Carga Total del Sistema	69 kW
Factor de Potencia	0.92
Factor Coincidencia. Tablero del Circuito	0.9
Factor Coincidencia. Tablero del Circuito	1
Demanda Diversificada	6.75 kVA

La carga del sistema aumentaría desde las 18:30 pm promediando que las cabañas estén ocupadas por los usuarios para la iluminación de las instalaciones o aparatos eléctricos que estén conectados a los enchufes desde televisores portátiles o diferentes requerimientos.

### 3.3.5 Respaldo del sistema

Los sistemas autónomos deben funcionar con un respaldo de energía, esto se obtiene mediante un banco de baterías para evitar las fallas en las instalaciones o ausencia de electricidad cuando las fuentes generadoras dejen de funcionar recordemos que la radiación solar solo se obtiene en el día y el aerogenerador es intermitente en su funcionamiento. El requerimiento del sistema está conformado por 56 baterías de plomo ácido. Estas tienen un

promedio de 15 años de durabilidad son recomendables para los sistemas de energías renovables garantizando el servicio con un alto índice de 97 % de eficiencia pudiendo operar con 2300 ciclos dependiendo de su carga y descarga de energía se puede prolongar su vida útil.

**Tabla 9:** Especificaciones de la batería.

Batería	Tipo Plomo ácido
Modelo	6-Gfm-150
Potencia	1 kW
Voltaje Nominal	12 VDC
Diámetro	0.48 x 0.17 x 0.24 m
Capacidad	150 ah
Sistema	Batería de Gel Recargable
Corriente inicial	Menor a 40 A

Fuente (*Pro Viento S.A.*, 2023).

Los sistemas eólico y fotovoltaico son intermitente por lo que se requiere de baterías para las instalaciones obteniendo estabilidad y eficiencia el sistema.

### 3.4 Sistema energético híbrido obtención de datos mediante Homer PRO

La aplicación Homer pro mediante la Nasa fusiona el programa para obtener datos y comportamientos de un sistema de energías renovables por lo que podemos aplicar para el sistema hibrido, estos datos obtenidos alrededor de la tierra mediante sus programas utilizados para la investigación que nos sirven para las simulaciones o comportamientos de la radiación solar y sistema eólico para el estudio del proyecto. Los datos obtenidos mediante Homer Pro son verídicos lo que nos sirve para el análisis del proyecto y verificar la eficiencia del mismo "<https://power.larc.nasa.gov/>." Mediante la página web se puede ingresar para descargar la aplicación y obtener los datos respectivos para verificar el comportamiento del sistema de energías renovables.



Figura 38: Pagina de la aplicación enlace de la NASA (Homer Pro).

Fuente (Homer Pro, 2023).

La aplicación (Homer Pro) nos servirá para obtener los datos de las simulaciones. Esta herramienta es muy útil para los sistemas de energías renovables un software eficiente y completo. La aplicación nos permite diseñar los proyectos que tienen sistemas de energías renovables y sistemas híbridos, nos permite realizar las simulaciones del sistema aislado o interconectados a la red eléctrica convencional dependiendo de la configuración requerida por el usuario (National Renewable Energy Laboratory, 2022).

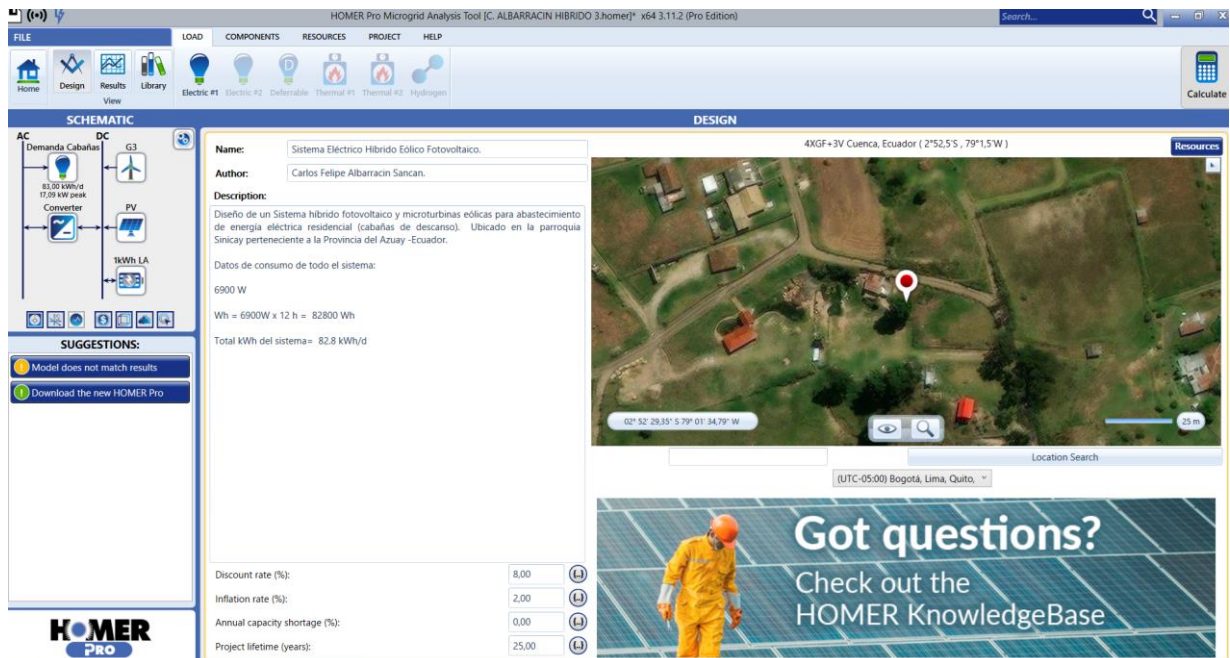


Figura 39: Ubicación del proyecto en la aplicación (Homer Pro).

Fuente (Homer Pro, 2023).

Mediante la respectiva ubicación se puede obtener resultados efectivos para la elaboración de proyectos de los sistemas híbridos mediante las energías renovables.

### 3.5 Simulación del proyecto mediante la aplicación Homer PRO

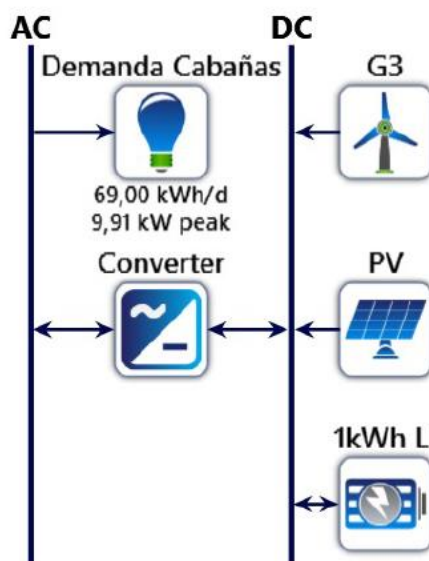
Para la simulación del proyecto mediante la aplicación Homer PRO se considera la radiación solar (fotovoltaica), el sistema eólico y el respaldo mediante el banco de baterías para obtener estabilidad en el sistema. El propósito de la aplicación es obtener datos del proyecto aislado y poder obtener suficiente energía para cubrir las necesidades del huésped para las instalaciones, el sistema debe estar suministrado de energía por el efecto fotovoltaico y la energía eólica que se puede obtener de forma abundante y accesible en cualquier sector ya que en la ciudad de Cuenca está ubicado a una altura de 2560 metros sobre el nivel del mar (*Weather Spark, 2022*).

El respaldo con el banco de baterías se considera debido a que la energía cinética o fuerza del viento es intermitente al no ser constante esta presenta altas y bajas velocidades que afectan a los aerogeneradores para generar energía entrando en funcionamiento para que el sistema no se vea afectado en su rendimiento (Álvarez, 2016). Para las simulaciones del proyecto es necesario ingresar los datos de los componentes y capacidad de potencia para obtener la demanda de energía necesaria para el sistema.

**Tabla 10:** Datos ingresados en la aplicación Homer PRO.

Componentes	Producto	Capacidad
Panel fotovoltaico	Generic flat plate PV	84,4 kW
Batería	Generic	1kW/h
Aerogenerador	Generic	3kW
Convertidor	Sistema	10.4 kW

Mediante los datos ingresados para el sistema obtenemos el esquema que nos detalla la carga del sistema y la carga pico para la demanda de determinando la capacidad y requerimiento del sistema para un óptimo funcionamiento.



**Figura 40:** Esquema del Sistema Híbrido (Homer Pro).

Fuente (Homer Pro, 2023).

El esquema del proyecto para el funcionamiento del sistema híbrido cuenta con una carga de 69.00 kW h/d con la carga pico de 9.91 kW representado en la figura 39 Las nuevas tecnológicas son factibles en las zonas rurales para la generación de energía eólica y fotovoltaica reduciendo la contaminación ambiental que se crea a través de los generadores convencionales y el espacio abierto que se puede aprovechar mejor el rendimiento de los recursos naturales para la generación de electricidad.

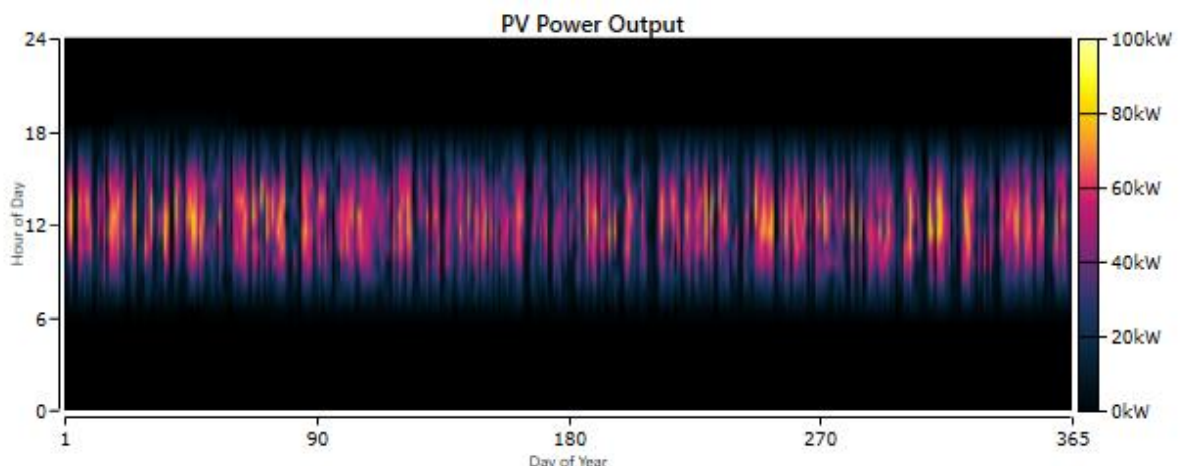
Los sistemas son autónomos utilizando el respaldo de energía de las baterías cuando no exista la suficiente generación de energía a través de los paneles o los aerogeneradores. Las características de las baterías deben ser óptimas para el desarrollo y mantenimiento del sistema híbrido ya que están constantemente en operación para un sistema estable y funcionen de una manera óptima sin interrumpir el consumo de energía. La aplicación Homer Pro nos sirve para el análisis del sistema híbrido con equipos existentes y funcionales para el sistema dependiendo de la ubicación geográfica (Jurasz et al., 2020). El resultado del sistema en el sector necesitaríamos

### 3.6 Recurso potencial para la generación de energía

El análisis del estudio se basa en el sector y el potencial que esta puede ofrecer para la generación de energía y cubrir la demanda del sistema autónomo. El sector se encuentra al norte de Cuenca en la periferia de la ciudad, esta tiene una altura sobre la ciudad para el aprovechamiento de los recursos naturales tanto eólica y fotovoltaica. Se prevé que en este sector es factible para la generación de energía al estar en una altura considerable para la instalación de los aerogeneradores al no tener obstrucciones que puedan perjudicar la velocidad del viento y su aprovechamiento sea al máximo incluso en las noches pueda obtener generación de energía eólica también la instalación de los paneles al no tener obstrucción de la radiación solar para el sistema fotovoltaico, también el sistema geotérmico que se considera

para el sistema híbrido. Los datos son importantes para el análisis del sistema de esta manera se puede determinar qué tan factible y óptimo funciona para el proyecto, los datos considerados son aproximadamente de un año esto se obtuvo a través del sistema meteorológico de los laboratorios CITT de la universidad para el sistema de generación de energía a través de fuentes renovables. Debido a la excesiva cantidad de datos obtenidos para los diferentes sistemas se recomienda agrupar de una forma más funcional para la determinación de las energías renovables consumo y desarrollo. Los datos obtenidos de la temperatura, radiación solar y velocidad del viento son las características principales para el desarrollo del sistema. Estos son considerados por días y un análisis anual como se representa en la figura 40 Los resultados para el sistema de energía autónomo determinaran el tiempo de carga de la batería y la factibilidad para el funcionamiento debido a que el sistema es independiente de la red eléctrica. Para los sistemas autónomos se debe considerar aspectos relevantes como la carga del sistema y la generación para la hostería a través del sistema meteorológico poder observar el comportamiento del sistema con un respectivo respaldo. La determinación del sistema híbrido se puede obtener a través de modelos matemáticos considerando todos los aspectos desde las horas de captación de luz solar para los paneles fotovoltaicos, En este aspecto también es necesario analizar el cambio climático esto para sacar el máximo provecho del proyecto durante su funcionamiento

Determinación de carga del sistema solar fotovoltaico mediante la aplicación Homer PRO

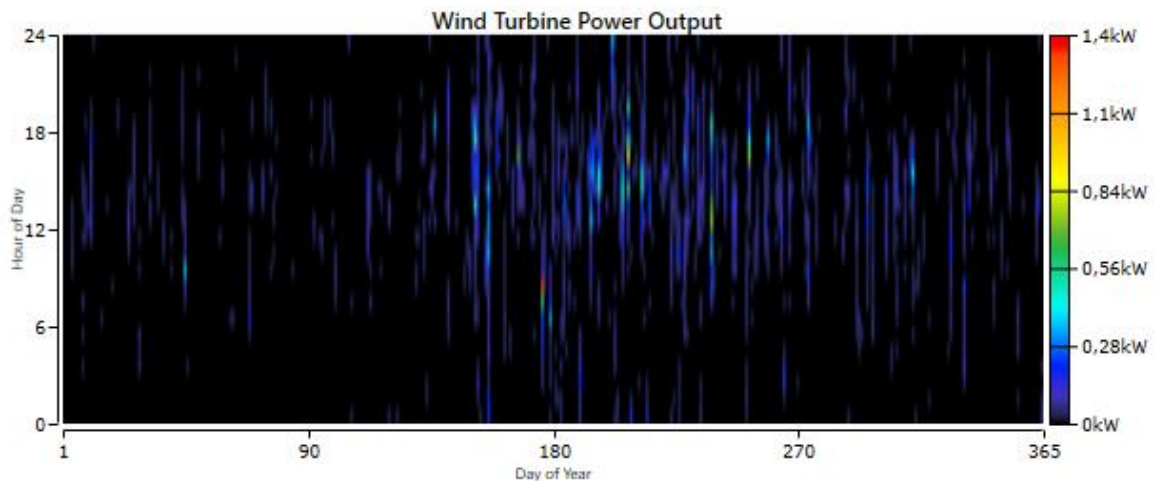


**Figura 41:** Capacidad de generación mediante sistema fotovoltaico (Homer Pro).

Fuente (Homer Pro, 2023).

La figura 41 obtenida mediante la aplicación Homer PRO nos indica la generación de energía mediante la radiación solar obtenida durante los 365 días del año. Mediante la determinación del sistema obtenemos que la capacidad de los paneles solares es de 84,4 kW. Si consideramos por día obtenemos una salida media de 309 kW h/d con un factor de capacidad de 15.2% obtenido un total de 112.621 kWh/año. Si consideramos el tiempo de operación es de 4425 horas al año.

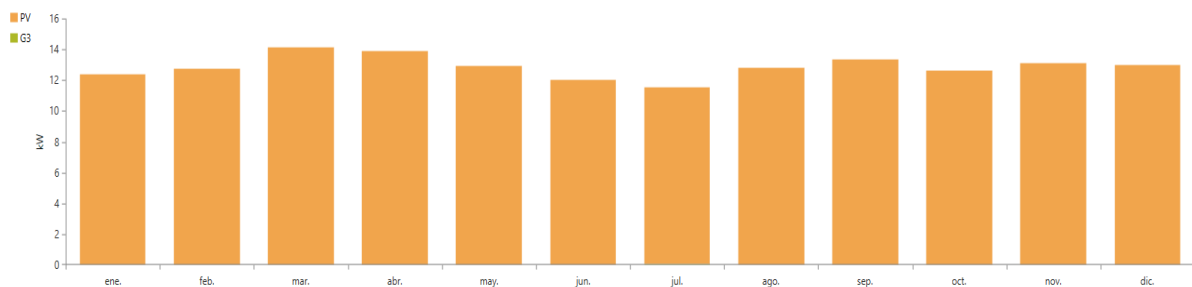
Determinación de carga del sistema eólico mediante la aplicación Homer PRO



**Figura 42:** Capacidad de generación mediante el aerogenerador (Homer Pro).

Fuente (Homer Pro, 2023).

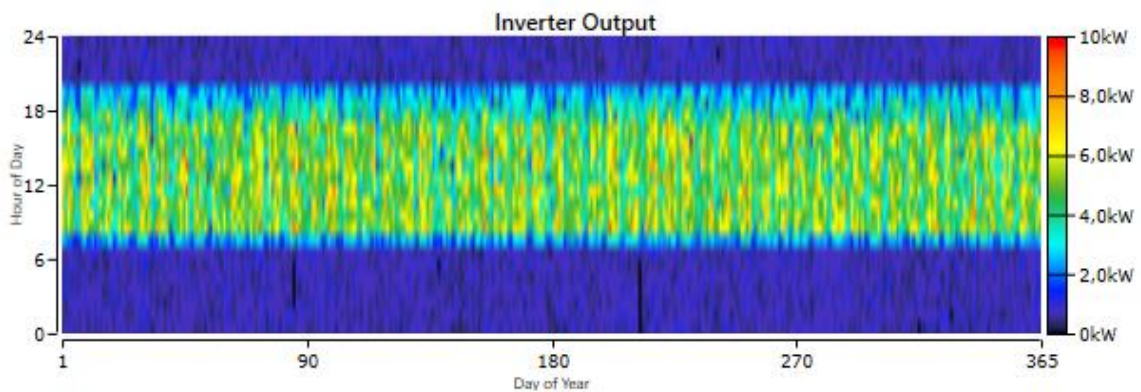
La figura 42 se obtiene mediante la aplicación para visualizar su capacidad de generación de energía anual lo que podemos obtener con el generador de 3 kW obtiene una salida media de 0.0144 kW con un factor de capacidad de 0,481 % es decir nosotros al año tenemos una generación de energía de 126 kW h/año. Las horas para la producción de energía es de 2114 horas/año.



**Figura 43:** Generación de energía mensual del sistema híbrido (Homer Pro).

Fuente (Homer Pro, 2023).

El sistema híbrido cuenta con un inversor de corriente para el funcionamiento de la iluminación y carga de las instalaciones para las diferentes aplicaciones o usos requeridos para el confort del usuario lo que nos permite obtener resultados del sistema mediante la aplicación como se observa en la figura 43.

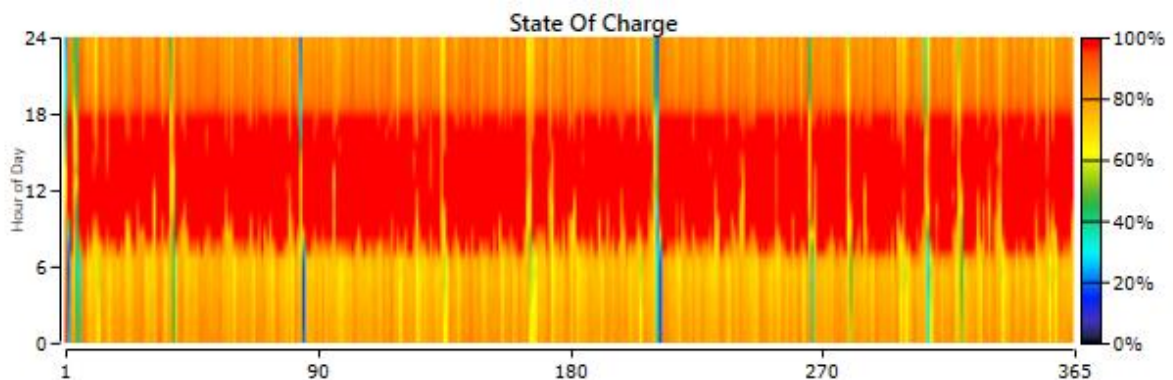


**Figura 44:** Salida del inversor (Homer Pro).

Fuente (Homer Pro, 2023).

La función del inversor es transformar la energía continua que provenga de los paneles solares el aerogenerador o el banco de baterías para las diferentes aplicaciones que requieren las cabañas, la aplicación analiza en comportamiento del sistema mediante la figura 44 la que estaría en funcionamiento de 8750 horas determina que el sistema tiene una salida de energía de 25.175 kW al año lo que nos indica una pérdida de energía de 1.325 kW. Es decir, nuestro sistema tiene una generación de electricidad obtenida mediante los paneles solares y el aerogenerador de 26.500 kW de producción para abastecer las cabañas durante un año.

El sistema cuenta con un respaldo de energía mediante un banco de baterías para obtener un mejor desarrollo para abastecer de electricidad las instalaciones, mediante la figura 45 podemos observar el comportamiento analizado por la aplicación Homer PRO.



**Figura 45:** Estado de carga de las baterías anual (Homer Pro).

Fuente (Homer Pro, 2023).

El estado de carga de las baterías durante un año en funcionamiento obtenemos que la energía de ingreso es de 6.912 kW/año con una pérdida de 692 kW. Lo que nos permite utilizar 6.233 kW al año de electricidad. Con el sistema de energías renovables tenemos un rendimiento de 6.570 kW al año de funcionamiento para el aprovechamiento del uso de las baterías. Se determina que el sistema debe tener 70 baterías para el funcionamiento del sistema autónomo.

El sistema híbrido para la generación de energía que obtenemos mediante las fuentes renovables es de gran beneficio para el ecosistema ya que nos permite la reducción de contaminantes que puedan perjudicar la naturaleza y la capa de ozono que provoca cambios climáticos.

**Tabla 11:** Desechos contaminantes de las energías renovables.

Desechos contaminantes	Valor Kg/año
Dióxido de carbón	0
Monóxido de carbón	0
Hidrocarburos sin quemar	0
Partículas contaminantes	0
Dióxido de azufre	0
Óxido de nitrógeno	0

Fuente (*Homer Pro*, 2023).

Los desechos contaminantes determinados por la aplicación nos indica que son 0 kg/año por lo que es muy factible aplicar las energías renovables.

Las edificaciones instaladas en la naturaleza prevén atraer a turistas amigables con el medio ambiente debido a que los sistemas híbridos están en crecimiento para su aprovechamiento energético y protección del ecosistema ya que muchos usuarios aprovechan para estar en contacto con la naturaleza y tranquilidad que esta ofrece al no estar con el ajetreo de la ciudad.

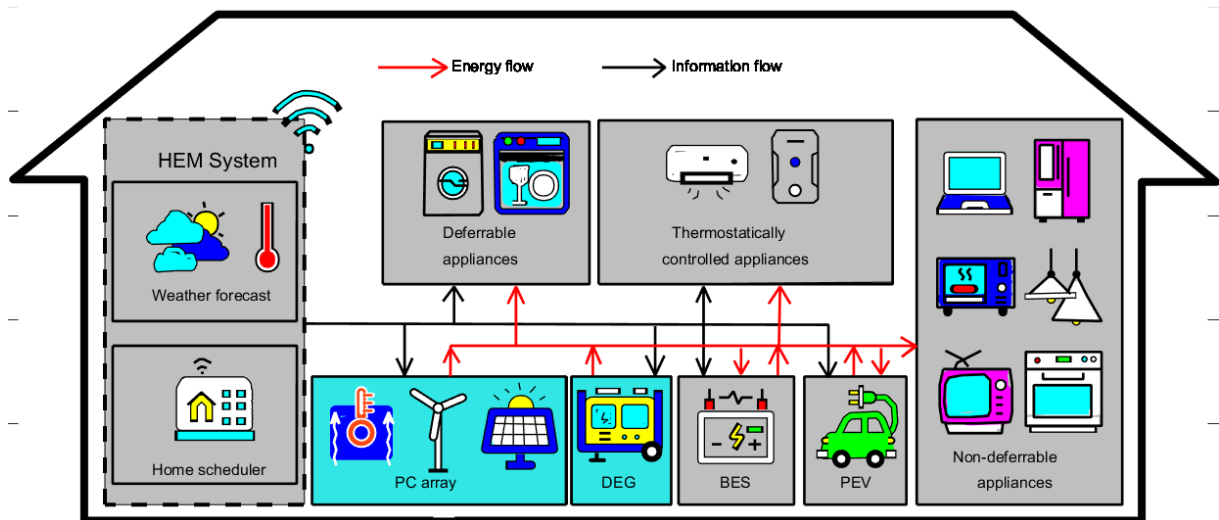


**Figura 46:** Proyecto de las cabañas con el sistema solar, eólico y geotérmico.

La figura 46 como podemos observar ilustra las fuentes de energía solar y eólica con acoplamiento del sistema geotérmico tipo horizontal instaladas en la cabaña prototipo para el proyecto.

### 3.7 Proyecto inteligente del sistema autónomo

Dentro del proyecto se considera el sistema inteligente para la reducción de consumo de energía innecesaria y abastecimiento de las fuentes generadores es decir la eficiencia energética para un mejor rendimiento en la generación de energía y distribución para las instalaciones, esto con el propósito de obtener un sistema más adecuado para los usuarios.



**Figura 47:** Representación del sistema autónomo para el proyecto.

Fuente (Tostado-Véliz et al., 2021).

Los sistemas híbridos se pueden acoplar con sistemas inteligentes a través de constantes monitoreos para la generación de energía y carga del sistema esto con un sistema meteorológico poder obtener datos necesarios desde la temperatura externa, clima, radiación solar y velocidad del viento.

En la actualidad existe los hogares inteligentes a través de enchufes y sistemas de desconexión para reducir el consumo de energía innecesario, los sistemas inteligentes también pueden controlar la temperatura de los ambientes e incluso el funcionamiento de la temperatura del agua. También se considera el sistema inteligente en el hogar para controlar el abastecimiento de energía, la carga de las baterías y funcionamiento para distribuir de electricidad en las instalaciones se puede realizar con inversores inteligentes. El sistema autónomo al no tener un respaldo por red convencional debe ser eficiente por eso se considera un sistema inteligente para el hogar de esta forma se puede monitorear constantemente la generación de energía y su distribución en las instalaciones del proyecto como podemos observar en la figura 46 (Tostado-Véliz et al., 2021).

### 3.8 Modelo matemático de los sistemas renovables

Para la eficiencia del sistema se aplica modelos matemáticos obteniendo mejores resultados para la planificación del sistema aislado es decir el planteamiento para evaluar el proyecto reduciendo costos de instalación y prolongando su utilización, ampliando la durabilidad del sistema. El sistema debe ser analizado desde el costo por día, y un general por año para la problemática que estas abordan dentro del sistema aislado para el mantenimiento y reemplazo de algunos componentes que se requiera por su uso y deterioro.

$$\min K_{\Phi} + \sum_{y \in Y} \{ (1+r)^{y-1} \cdot [Y_y + \sum_{r \in R} \{ \omega_r \cdot D_r \}] \} \quad (1)$$

Se define  $\Phi$  para cumplir la función de vector dentro de las variables tales como:

$$\Phi = \left\{ \bar{p}^i, \bar{\varepsilon}^{BES}, P_{r|t}^j, \varepsilon_{r|t}^{ii}, u_{r|t}^{jj}, \theta_{r|t}^{ii} \right\}; \forall r \in R, \forall r \in J, \forall i \in \{DEG; PV\}, \forall j \quad (2)$$

$\varepsilon \{DEG; PV; BES, ch; BES, dch; PEV, ch; PEV, dch; HVAC, h; HVAC, c; EWH\}, \forall i \in \{BES; PEV\}, \forall jj$

$\varepsilon \{DEG; BES, ch; BES, dch; PEV, ch; PEV, dch; HVAC, h; HVAC, c\}, \forall i \in \{air, in; w, h\}, \forall k \in R$

En la ecuación (1) se considera varios aspectos para el funcionamiento del proyecto desde costos de instalación, componentes, inversores. Los componentes requeridos para entrar en funcionamiento descritos en la figura 1.8.1 donde (k) es el costo de inversión (Tostado et al., 2021)

$$K = p^{-DEG} k^{DEG} + p^{-pv} (k^{PV} + 1.1 * 10^3 * k^{Inv}) + \varepsilon^{-BES} k^{BES} \quad (3)$$

En la ecuación (3) se describe la capacidad del inversor que debe ser considerada un 10% mayor para el sistema y el controlador para el banco de baterías.

En los costos también se considera el mantenimiento del sistema anual, costos de operación o remplazo de los componentes del sistema. Estos costos se consideran por el costo del proyecto anual o el reemplazo de algunos componentes para el óptimo funcionamiento del sistema híbrido (Tostado-Véliz et al., 2021).

$$Y_y = \bar{p}^{DEG} * (Y_y^{DEG} v^{DEG} \mu^{DEG}) + \bar{p}^{pv} * (p^{pv} + p^{wt} + p^{pg}) + \bar{\varepsilon}^{BES} * (Y_y^{BES} v^{BES} + \mu^{BES}); \forall y \in Y \quad (4)$$

Se considera  $y$ 's para el remplazo de dispositivos por su uso o daño para poder sustituirlos. En la ecuación (4) no se considera el reemplazo de baterías y paneles solares por daños.

$$D_r = \sum_{t \in T} \left\{ \frac{v^{DEG} * \Delta \tau}{T^{DEG}} * u_{r|t}^{DEG} + \sigma(y) * f_{r|t}^{DEG} * (\lambda^{DEG} + 10^{-3} * \varphi^{DEG} * \rho^{DEG}); \forall r \in R \right\} \quad (5)$$

La ecuación (5) se considera un respaldo por fuente convencional en el caso de existir alguna emergencia en el sistema por un sistema de generación eléctrica, como se puede observar en la figura 3 donde observamos la representación del sistema autónomo.

Para sistemas híbridos de poca capacidad se puede obtener mediante la función lineal mediante la siguiente ecuación.

$$f_{r|t}^{DEG} = \beta^{DEG} * \underbrace{u_{r|t}^{DEG} * \bar{p}^{DEG}}_{z_{r|t}} + \alpha^{DEG} * p_{r|t}^{DEG}; \forall r \in R, \forall t \in J \quad (6)$$

En la ecuación (6) se ingresa una variable  $\sigma$  con el propósito de obtener la demanda de energía en el proyecto y las otras configuraciones como la temperatura. Esto se considera por las horas de trabajo que se obtiene en funcionamiento del sistema.

$$\bar{p}^{DEG} - L(1 - u_{r|t}^{DEG}) \leq z_{r|t} \leq \bar{p}^{DEG} + L(1 - u_{r|t}^{DEG}); \forall r \in R, \forall t \in J \quad (7)$$

$$-L * u_{r|t}^{DEG} \leq z_{r|t} \leq L * u_{r|t}^{DEG}; \forall r \in R, \forall t \in T \quad (8)$$

El sistema cuenta con un plan de emergencia lo que se utiliza un dispositivo generador convencional para obtener energía dentro del proyecto en el caso de existir algún daño o perjuicio del sistema lo que se puede describir mediante la ecuación (9).

$$u_{r|t}^{DEG} \bar{p}^{DEG} \leq p_{r|t}^{DEG} \leq \underbrace{u_{r|t}^{DEG} * \bar{p}^{DEG}}_{z_{r|t}}; \forall r \in R, \forall t \in T \quad (9)$$

El sistema inteligente es considerado para el modelo matemático y obtener los costos del proyecto para su evaluación diaria. Para la generación de energía fotovoltaica se considera el recurso disponible en la naturaleza a través del clima para obtener la potencia máxima que se genera. La ecuación (10) describe el modelo matemático para la generación del sistema fotovoltaico.

$$\Phi_{r|t}^{PV} = \bar{p}^{PV} \vartheta_{r|t} * \left\{ 0.8 + 0.024 \left( \theta_{r|t}^{air,in} \vartheta_{r|t} * [33.8 - 37.5 \eta^{PV}] - 25 \right) \right\}; \forall r \in R, \forall t \in T \quad (10)$$

Los paneles tienen un ángulo de inclinación por la irradiación solar a la que está expuesto, en el sistema se considera un sistema de ángulo fijo a través de la ecuación.

$$0 \leq P_{r|t}^{PV} \leq \begin{cases} \Phi_{r|t}^{PV} & \text{if } \Phi_{r|t}^{PV} \leq 1.1 * \bar{p}^{PV} \\ 1.1 * \bar{p}^{PV}, & \text{o. w.} \end{cases}; \forall r \in R, \forall t \in T \quad (11)$$

Mediante la ecuación (11) se obtiene la restricción del inversor, esto se debe a que la ecuación (10) obtiene resultados superiores en el sistema fotovoltaico.

La ecuación (12) nos sirve para las evaluaciones del sistema de almacenamiento en las baterías.

$$0 \leq P_{r|t}^{ij} \leq u_{r|t}^{ij} \bar{p}^i; \forall r \in R, \forall t \in J, \forall i \in \{BES; PEV\}, \forall j \in \{ch; dch\} \quad (12)$$

La ecuación (12) sirve para obtener los valores nominales intercambiando la potencia instantánea del sistema del hogar.

$$(1 - DOD^i) * \bar{\varepsilon}^i \leq \varepsilon_{r|t}^i \leq \bar{\varepsilon}^i; \forall r \in R, \forall t \in J, \forall i \in \{BES; PEV\} \quad (13)$$

La capacidad de carga de las baterías tiene limitantes a través de la ecuación (13) se puede realizar un sistema se puede restringir para su carga y descarga obteniendo un sistema eficiente.

$$\varepsilon_{r|t}^i = \varepsilon_{r|t-1}^i + \Delta\tau * \left( P_{r|t}^{i,ch} \eta^i - \frac{P_{r|t}^{i,dch}}{\eta^i} \right) \forall r \in \mathcal{R}, \forall t \in \mathcal{J} \setminus t > 1, \forall i \in \{BES; PEV\} \quad (14)$$

Mediante la ecuación (14) se obtiene restricciones para el sistema de carga y descarga para que este proceso sea complementario también se estabiliza con la ecuación (15).

$$\sum_{j \in \{ch;dch\}} \{u_{r|t}^{ij}\} \leq 1; \forall r \in \mathcal{R}, \forall t \in \mathcal{J}, \forall i \in \{BES; PEV\} \quad (15)$$

$$\varepsilon_{r|t}^{BES} = \varepsilon_{r|t}^{BES} = \bar{\varepsilon}^{BES}; \forall r \in \mathcal{R} \quad (16)$$

El modelo matemático de la ecuación (16) sirve para restringir que la carga se llene en su totalidad para la durabilidad de las baterías.

$$\sum_{t=\hat{t}}^{t=\check{t}} \sum_{i \in \{ch;dch\}} \{u_{rt}^{PEV,i}\} = 0; \forall r \in \mathcal{R} \quad (17)$$

$$\varepsilon_{r|\hat{t}}^{PEV} = \bar{\varepsilon}^{PEV}; \forall r \in \mathcal{R} \quad (18)$$

La ecuación (17) y (18) son los limitantes que existe en el sistema fotovoltaico al ser una fuente intermitente para obtener electricidad. Para que el sistema pueda funcionar durante las horas faltantes y obtener un sistema optimo.

### Parámetros del modelo matemático del sistema híbrido

$\Delta\tau$	Paso de tiempo (hora)
$r$	Valor de inflación
$k$	Costo inicial
$v$	Costo de reposición
$m$	Costos de mantenimiento y operación
$y$	Cuando el valor es 1 el elemento necesita ser reemplazado
$\sigma$	Consumo del sistema de emergencia (Combustible).
$a, \beta$	Coefficientes del sistema de consumo (Litro /Kw).
$\lambda$	Combustible (\$/ Litro)
$\rho$	Impuesto del carbono (\$/ Tonelada)
$T$	Vida útil de los sistemas activos (h)
$\eta$	Eficiencia (-)
$DOD$	Descarga del sistema
$\vartheta$	Irradiación Solar (kW/h)
$\theta$	Temperatura (C)

$R$	Resistencia térmica
$C$	Capacidad térmica
$V$	Volumen
$Y(y)$	Año
$R(y)$	Días representativos
$T(t)$	Tiempo
$k(k)$	Aparatos diferibles

### Sub Índices

$Inv$	Inversor
$BES, ch/ dch$	Almacenamiento de la batería
$App, d/ nd$	Aparatos diferibles
$air, in/out$	Aire interior / exterior
$w, h/c$	Agua caliente / fría

### Acrónimos

$BES$	Almacenamiento de la batería
$DEG$	Generador convencional
$EWH$	Calentador eléctrico
$HEM$	Energía para el hogar
$HOMER$	Modelado optimizado de los sistemas Híbridos para energías renovables
$HVAC$	Aire acondicionado, Calefacción, Ventilación
$PV$	Sistema Fotovoltaico
$SOC$	Sistema eléctrico

### 3.8.1 Modelo matemático (Sistema Solar Fotovoltaico)

La potencia de los módulos fotovoltaicos descritas en la ecuación (19).

$$P_{pv} = f_{pv} * Y_{pv} * \frac{I_T}{I_s} \quad (19)$$

En el análisis del sistema también se considera la temperatura de los paneles de acuerdo a la ecuación (20) (Icaza, s. f.)

$$T_c = T_{amb} + G_s \left( \frac{NOCT-25}{1000} \right) \quad (20)$$

Donde:

$Y_{pv}$  Capacidad nominal de los paneles kW.

$f_{pv}$  Factor reducción

$I_T / I_s$  Valor base 1000 W/m<sup>2</sup>

$T_{amb}$  Temperatura del ambiente

$NOCT$  Temperatura (operación normalizada)

### 3.8.2 Modelo matemático (Sistema eólico)

Para la obtención de la energía que se puede obtener mediante el viento tenemos la siguiente ecuación (21) (Morangues & Rapallini, 2022).

$$E_c = 1 / 2 m V^2 \quad (21)$$

Donde:

$E_c$  Energía cinética (joule/s)

$m$  Flujo del aire (kg/s)

$V$  Velocidad del viento (m/s)

Determinación del área para la obtención del flujo del aire mediante la ecuación (22) (Morangues & Rapallini, 2022).

$$m = \delta A V \quad (22)$$

Donde:

$\delta$  Espesor del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  Área de obtención del aire (m<sup>2</sup>)

Obtención de la masa de aire mediante el movimiento descrita en la ecuación (23). A la que se denomina “potencia mete reológica”.

$$P_m = 1/2 \delta V^3 \quad (23)$$

La descripción de la ecuación (24) para la obtención de la “potencia del área”

$$P_a = 1/2 \delta V^3 \quad (24)$$

La potencial neta se determina por el impulso que se obtiene al girar las aspas mediante la ecuación (25)

$$A = \pi R^2 = \pi D^2 / 4 \quad \text{en } W/m^2$$

$$P_t = 1/2 \eta \delta (\pi D^2 / 4) V^3 \quad (25)$$

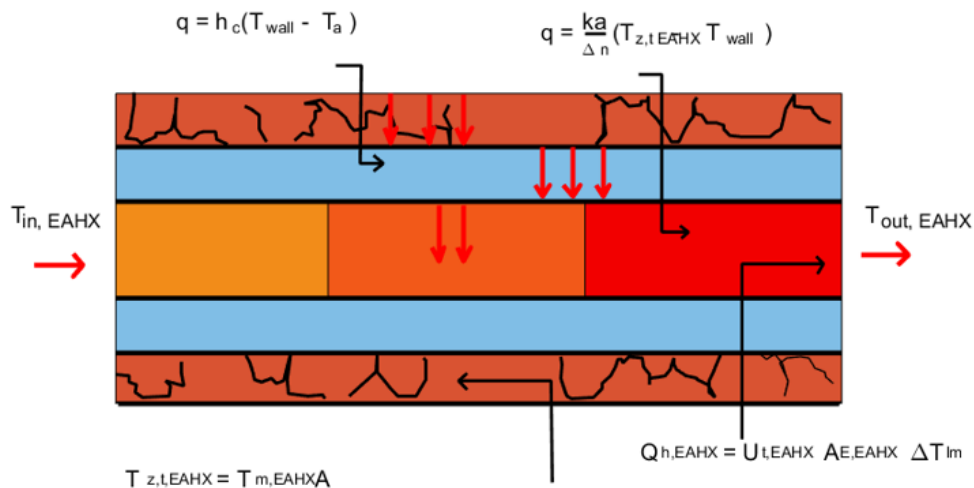
Donde:

$R$  Radio del rotor (m).

$D$  Diámetro del rotor (m).

### 3.8.3 Modelo matemático (Sistema geotérmico)

Los modelos matemáticos para el sistema geotérmico sirve para obtener las simulaciones del flujo geotérmico o transferencia de calor en las instalaciones de las tuberías para la bomba de calor que realiza el intercambio de calor (Ananno et al., 2020). El sistema híbrido se divide en dos sistemas el sistema geotérmico y el sistema PA-FPSC. De esta manera se puede variar la temperatura del aire en la salida y la entrada. De esta manera se obtiene la temperatura adecuada. Mediante los modelos matemáticos se desarrolla el sistema para retener la temperatura en el sistema de almacenamiento.



**Figura 48:** Esquema del funcionamiento del sistema geotérmico a través de la bomba de Calor.

Fuente (Ananno et al., 2020).

Los modelos matemáticos utilizados para el sistema geotérmico se reducen a la capacidad de profundidad comparados para los sistemas de generación de energía ya que el instalar en las profundidades de la tierra implica altos costos y el sistema de calefacción no requiere de un alto poder calorífico se describe las siguientes ecuaciones mediante el aprovechamiento de la radiación solar y la captación del flujo geotérmico en estado estacionario (Ananno et al., 2020).

Obtención de la temperatura de la tierra

$$T_{z,t,EAHX} = T_{m,EAHX} - A_s e \left[ -z \left( \frac{\pi}{365 \alpha_s} \right)^{\frac{1}{2}} \right] * \cos \left[ \frac{2\pi}{365} \left( t - t_0 - \left( \frac{365}{\pi \alpha_s} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \right] \quad (26)$$

Transferencia de calor (EAHX) total, convección y coeficiente global.

$$Q_{EAHX} = \dot{m}C_{p,a}(T_{Out,EAHX} - T_{in,EAHX}) \quad (27)$$

$$Q_{h,EAHX} = U_{t,EAHX} A_{EAHX} T_{lm} \quad (28)$$

$$Q_{h,EAHX} = U_{t,EAHX} A_{EAHX} T_{lm} \quad (29)$$

Media logarítmica de la temperatura

$$\Delta T_{lm} = \frac{T_{ln,EAHX} - T_{out,EAHX}}{\ln \left[ \frac{T_{ln,EAHX} - T_{wall,EAHX}}{T_{out,EAHX} - T_{wall,EAHX}} \right]} \quad (30)$$

Temperatura geotérmica de la tubería de salida

$$T_{a,EAHX} = T_{wall,EAHX} + (T_{ln,EAHX} - T_{out,EAHX}) e^{\frac{A_{EAHX} U_{t,EAHX}}{\dot{m} C_p}} \quad (31)$$

Transferencia del calor hacia el exterior del aire

$$h_c = \frac{Nu_{EAHX}}{2k_a r_t} \quad (32)$$

Determinación numérica para EAHX mediante Nusselt

$$Nu_{EAHX} = \begin{cases} \frac{f_{EAHX}}{8} (Re_{EAHX} - 1000) Pr_{EAHX}, & \text{when } Re_{EAHX} > 2300 \\ 1 + 12.7 \sqrt{\frac{f}{8} (Pr_{EAHX}^{\frac{2}{3}} - 1)} \\ 3.66, & \text{when } Re_{EAHX} < 2300 \end{cases} \quad (33)$$

Condicionante de fricción para EAHX

$$f_{EAHX} = (1.82 \log Re - 1.64)^{-2}, \text{ when } 2300 < Re_{EAHX} < 5 \times 10^6 \text{ \& } 0.5 < Pr_{EAHX} < 10^6 \quad (34)$$

Determinación numérica para EAHX mediante Reynolds

$$Re_{EAHX} = \frac{V_{a,EAHX} D_{EAHX}}{\nu} \quad (35)$$

Determinación numérica para EAHX mediante Prandtl

$$Pr_{EAHX} = \frac{\mu C_p}{K_a} \quad (36)$$

Las siguientes ecuaciones se utilizan para la determinación de transferencia entre el colector solar y la placa PCM. (Ananno et al., 2020)

Ecuación de Beckmann y Duffie para la obtención de la radiación entra la cubierta de vidrio y la placa absorbente.

$$h_{r,g-p} = \frac{\sigma(T_p^2 - T_g^2)(T_p - T_g)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_g} - 1} \quad (37)$$

Longitud de onda para la obtención por radiación.

$$h_{r,g-s} = \frac{\sigma \varepsilon_g (T_g^4 - T_s^4)}{T_g - T_s} \quad (38)$$

Modelo de Swinbank

$$T_s = 0.0552 T_{am}^{1.5} \quad (39)$$

Obtención de la transferencia de aire absorbente

$$Nu = 0.037 Re_x^{0.8} Pr^{1/3} = \frac{h_{c,p-a} d_h}{k_a} d_h = Hydraulic$$

$$h_{c,p-a} = h_{c,g-a} \quad (40)$$

Transferencia del calor hacia el exterior del vidrio

$$h_{c,g-w} = 5.7 + 3.8 V \quad (41)$$

Coefficiente inferior del aislamiento para la transferencia de calor

$$U_i = \left[ \frac{\delta_i}{k_i} + \frac{1}{h_{c,i-w}} \right]^{-1}$$

$$h_{c,i-w} = 5.7 + 3.8 V \quad (42)$$

Numeración EAHX obtención por Prandtl

$$Pr = \frac{\mu C_p}{K_a} \quad (43)$$

El siguiente modelo matemático se considera para la temperatura del aire.

$$C_p = 999.2 + 0.1434 T_a + 1.101 \times 10^{-4} T_a^2 - 6.7581 \times 10^{-8} T_a^3 \quad (44)$$

$$K = 0.0244 + 0.6773 \times 10^{-4} T_a^3 \quad (45)$$

$$v = 0.1284 \times 10^{-4} + 0.00105 \times 10^{-4} T_a \quad (46)$$

El gas ideal a través del aire.

$$\rho = \frac{353.44}{T_a} \quad (47)$$

T es la temperatura considerada del aire

Descripción de los parámetros y acrónimos de los modelos matemáticos del sistema geotérmico.

#### Determinación de la temperatura:

$T_{m.EAHX}$  Superficie del suelo a z (metro) profundidad (K)

$T_{in.EAHX}$  Fluido de la tubería entrada (K)

$T_{Out.EAHX}$  Fluido de la tubería salida (K)

$T_{wall.EAHX}$	Pared (K)
$T_p$	Placa absorbente (K)
$T_g$	Placa de vidrio (K)
$T_s$	Cielo (K)
$T_{in}$	Entrada de aire (K)
$T_{j+1} (j + 1)^{th}$	Dato en índice
$T_j j^{th}$	Datos en índice
$T_i$	Aislador inferior (K)
$T_{out}$	Aire de salida obtenida EAHX (K)
$T_a$	Aire absoluto (K)
$T_{am}$	Aire ambiente (K)
$T_{pcm}$	Capa PCM (K)
$\Delta T_{lm}$	Media logarítmica

#### Conductividad térmica

$k_a$	Aire ( $W / m * K$ )
$k_t$	Tubo ( $W / m * K$ )
$k_i$	Aislante ( $W / m * K$ )
$K_p$	Placa absorbente ( $W / m * K$ )
$K_{pcm}$	Capa PCM ( $W / m * K$ )

#### Coefficiente de transferencia

El coeficiente de transferencia se utiliza para los sistemas innovadores de esta manera poder abastecer de calefacción en las instalaciones mediante los sistemas PCM que se aprovecha de los materiales que conforman para el almacenamiento de los fluidos geotérmicos obteniendo por más tiempo la eficiencia térmica para su uso (Ananno et al., 2020).

$h_c$	Calor interno del tubo al aire X ( $W / m^2 K$ )
$h_{c,p-a}$	Calor por convección entre aire y placa ( $W / m^2 K$ )
$h_{c,g-a}$	Convección entre el aire y vidrio ( $W / m^2 K$ )
$h_{c,i-w}$	Convección del viento sistema aislador ( $W / m^2 K$ )

$h_{c,g-w}$	Convección entre viento y vidrio ( $W / m^2 K$ )
$hr_{g-s}$	Calor transferido entre cielo y viento ( $W / m^2 K$ )
$h_{r,g-p}$	Transferencia de radiación entre placa absorbente y vidrio ( $W / m^2 K$ )
$h_{r,p-pcm}$	Radiación entre PCM y placa absorbente
$A_{EAHX}$	Intercambiador de calor área (m) <sup>2</sup>
$m_{pcm}$	Masa de material PCM (kg)
$S_{pcm}$	Calor específico de PCM ( $J \cdot kg^{-1} \cdot k^{-1}$ )
$Z$	Profundidad (m)
$A_s$	Superficie del suelo variable ( $T_{z,t}$ )(k)
$\alpha_s$	Difusividad térmica del suelo ( $m^2 / día$ )
$\alpha$	Placa de vidrio absorbente
$t$	Tiempo (días)
$t_0$	Constante de fase (días)
$\dot{m}$	Caudal del aire (kg/s)
$C_p$	Calor del aire (J/kg·K)
$r_0$	Radio externo de la tubería EAHX (m)
$r_i$	Radio interno de la tubería EAHX (m)
$G$	Irradiación directa ( $W m^{-2}$ )
$dA_{PA-FPSC}$	Área del colector solar ( $m^2$ )
$U_i$	Transferencia de calor sistema aislador inferior ( $W / m^2 K$ )
$U_T$	Perdida térmica del colector solar ( $W / m^2 K$ )
$\eta_{instantaneous}$	Eficiencia térmica PA-FPSC
$\eta_{total}$	Eficiencia neta por determinado tiempo
$\Delta X$	Cambio porcentual, parámetro de sensibilidad examinado (%)
$\Delta T_{out}$	Cambio porcentual, temperatura de salida (%)
$k$	Variables de entrada
$x_i s$	Proceso codificado

$D$	Función deseable
$n$	Determinación del número total
$X_{experimental}$	Parámetro experimental examinado
$V_{a,EAHX}$	Velocidad del aire (m/s)
$\nu$	Viscosidad del aire ( $m^2/s$ )
$\rho$	Consistencia del aire (kg/m <sup>3</sup> )
$\sigma$	Stefan-Boltzmann
$\tau$	Radiación solar obtenida por la placa de metal
$\varepsilon$	Emisividad
$v$	Velocidad del viento (m/s)
$D$	Diámetro de la tubería (m)
$N_p$	Sistema de tuberías en paralelo
$L$	Longitud de la tubería (m)
$m_a$	Masa de aire (kg)
$Q_U$	Energía calorífica obtenida por el aire (J)
$\delta_p$	Densidad de la placa absorbente (m)
$\delta_{pcm}$	Espesor (m)
$\delta_i$	Densidad del aislamiento (m)
$A$	Área del colector solar de placa plana ( $m^2$ )
$I$	Irradiación instantánea ( $W m^{-2}$ )
$F_r$	Eliminación de calor
$X$	Parámetro de sensibilidad
$\alpha$	Coefficiente de regresión
$\beta$	Respuesta
$e$	Error al azar
$X_{simulated}$	Parámetro examinado

### 3.8.4 Modelo matemático (Respaldo de baterías)

El sistema cuenta con un banco de baterías para el respaldo de energía cuando no exista generación de electricidad de las fuentes generadoras para el proyecto ya que en la noche es el tiempo en el que se obtiene un mayor consumo de carga del sistema por lo que también se considera el modelo matemático para el proyecto garantizando el servicio dentro de las instalaciones. El sistema cuenta con dos fuentes como el sistema solar y el sistema eólico (Icaza et al., 2022).

Mediante la ecuación (48) obtenemos la carga y la ecuación (49) la descarga de las baterías.

$$ECT(T) = ECT(t-1) + \frac{E_{bat}(t)\eta_{cbat}}{P_{bat}} * 100 \quad (48)$$

$$ECT(T) = ECT(t-1) + \frac{E_{bat}(t)\eta_{dbat}}{P_{bat}} * 100 \quad (49)$$

Donde:

$ECT$  Es el estado de carga de la batería

$E_{bat}$  Estado de la batería

$\eta_{cbat}$  Carga de las baterías

$\eta_{dbat}$  Descarga de las baterías

$P_{bat}$  Potencia de las baterías

Las baterías tienen un promedio de utilidad de 25 años después de su funcionamiento deben ser reemplazados mediante la siguiente ecuación (50).

$$N_{bat} = ceil \left( \frac{Life_{HS} * Life_{bt}^{pu,year}}{T_{bat}^{life}} \right) \quad (50)$$

$Life_{HS}$  Parámetro para determinar la vida útil del sistema híbrido.

$N$  Tiempo de duración de la batería.

$T_{bat}^{life}, Life_{bt}^{pu,year}$  Disponibilidad del recurso.

Para un óptimo desarrollo del sistema híbrido se instala un banco de baterías obteniendo un equilibrio en el sistema eléctrico. Para la estabilidad del sistema se considera la ecuación (51).

$$P_{PV}^T + P_{WT}^T = P_{Demand}^T \quad (51)$$

La ecuación determina la carga total del sistema por las fuentes renovables para el sistema híbrido.

$$P_{PV}^T + P_{WT}^T > P_{Demand}^T \quad (52)$$

Donde:

$T$  Es el tiempo de carga

La carga del sistema se obtiene a través de la ecuación (53) y la descarga del sistema mediante la ecuación (54).

$$E_{bat}^T - E_{bat}^{T-1} \cdot (1 - \tau) + \left[ (P_{PV}^T + P_{WT}^T) - \frac{P_l^T}{n_{inv}} \right] n_{bc} \quad (53)$$

$$E_{bat}^T - E_{bat}^{T-1} \cdot (1 - \tau) + \left[ \frac{P_l^T}{n_{inv}} - (P_{PV}^T + P_{WT}^T) \right] n_{bc} \quad (54)$$

Donde:

$E_{bat}^T - E_{bat}^{T-1}$  Tiempo de carga de la batería (tiempo T-1 y T)

$n_{inv}$  Eficiencia del inversor

$n_{bc}$  Eficiencia de las baterías (carga del sistema)

$\tau$  Sistema de auto liberación determinado por el tiempo

$P_l^T$  Determinación de energía por ciertas horas

$P_{PV}^T$  Generación de energía por los paneles solares

$P_{WT}^T$  Generación de energía por el aerogenerador

### 3.8.5 Modelo matemático (Inversor)

El inversor se encarga de transformar la energía de corriente continua en corriente alterna para su uso de electricidad (Icaza et al., 2022).

$$P_o(t) = P_i(t)\eta_{inv} \quad (55)$$

Donde:

$P_{inv}(t)$  Eficiencia y selección del inversor

$P_i(t)$  Potencia obtenida para el inversor

### 3.8.6 Energía obtenida para el sistema

El sistema híbrido asistido por dos sistemas para la generación de energía mediante el siguiente modelo matemático (Icaza, s. f.)

$$P_{total}(t) = \sum_{pv}^{Sn} P_{PV}(t) + \sum_{WT=1}^{So} P_{WT}(t) \quad (56)$$

Donde  $S_n$  es el número de paneles y  $S_o$  el número de las turbinas eólicas.

## CAPITULO 4

### 4. Resultados y Análisis de los Sistemas

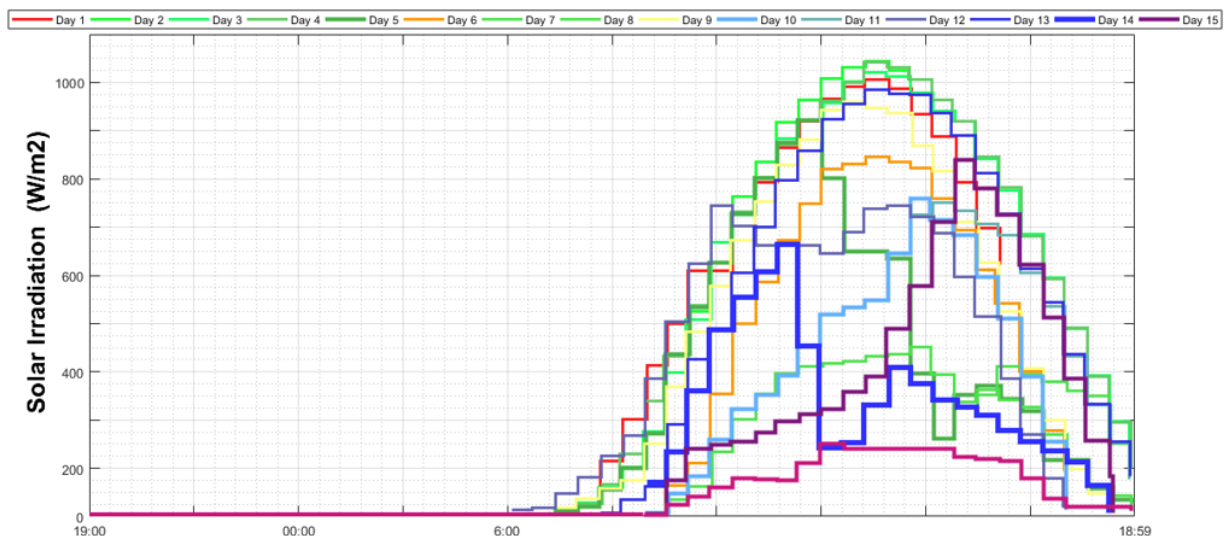
El proyecto ubicado en el sector de San Pedro de la ciudad de Cuenca para abastecer de electricidad mediante las fuentes de energías renovables tales como el sistema eólico y el sistema solar fotovoltaico con acoplamiento de una bomba de calor para el sistema geotérmico se obtiene los resultados mediante el que podemos observar su comportamiento de efectividad y configuración también se considera el comportamiento de la temperatura mediante cuatro sistemas considerados para su efectividad y funcionamiento.

También se considera el sistema inteligente para realizar los respectivos análisis y comportamientos de la carga de esta manera se pretende determinar los resultados de las fuentes generadores en tiempos limitados. El tiempo estimado del uso del proyecto se estima para 25 años en los que se debe aprovechar el máximo los recursos naturales sin perjudicar la naturaleza.

#### 4.1 Comportamiento de la radiación Solar para el sistema

Los paneles solares se instalan con un ángulo de 15% al estar ubicado al sur de la línea ecuatorial esta configuración se utiliza para despreciar la irradiancia que existe en el área de instalación y la reflexión que existe en el suelo.

Mediante la figura 49 se analiza el comportamiento de la radiación solar tomada de los 15 primeros días del mes de marzo, para observar el comportamiento y obtener la energía. Se considera este mes ya que es el más eficiente para el funcionamiento del sistema fotovoltaico y poder observar su carga que abastecera de electricidad en las instalaciones (Jurasz et al., 2020).



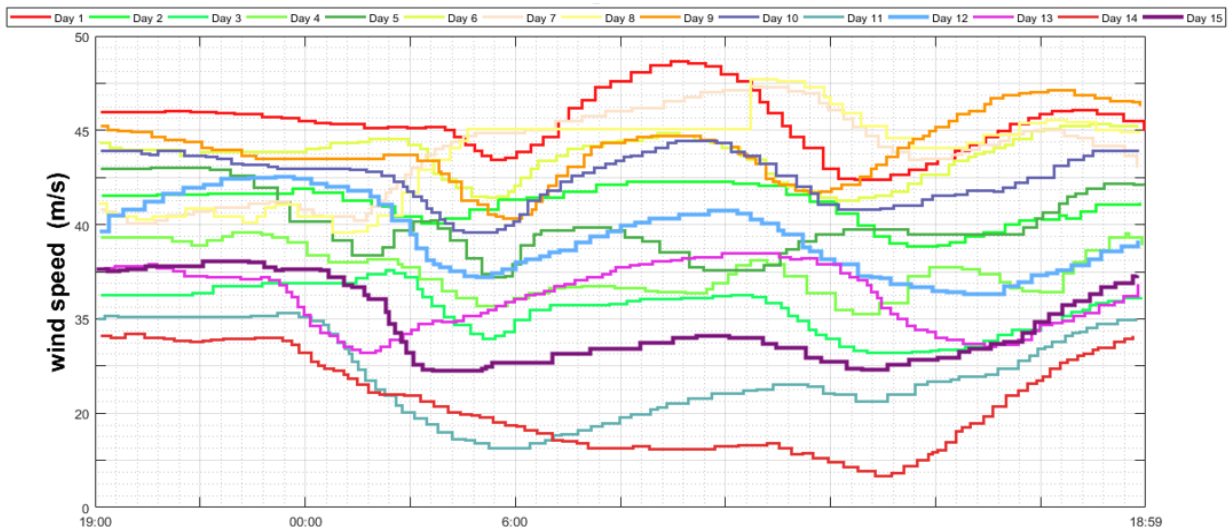
**Figura 49:** Comportamiento de la radiación solar durante las 24 horas.

La radiación solar se obtiene durante las 6:00 hasta las 18:59 pm siendo el medio día la mejor captación para la generación de electricidad mediante los 85 paneles solares

fotovoltaicos. Durante los 15 días existe inestabilidad de carga esto debido a la variación del cambio climático que existe ya que puede existir días nublados que atenúa la radiación solar los que nos requiere de mayor uso del aerogenerador y el respaldo de energía almacenada en las baterías. Como hemos podido observar todos los días se obtiene un comportamiento diferente de radiación solar.

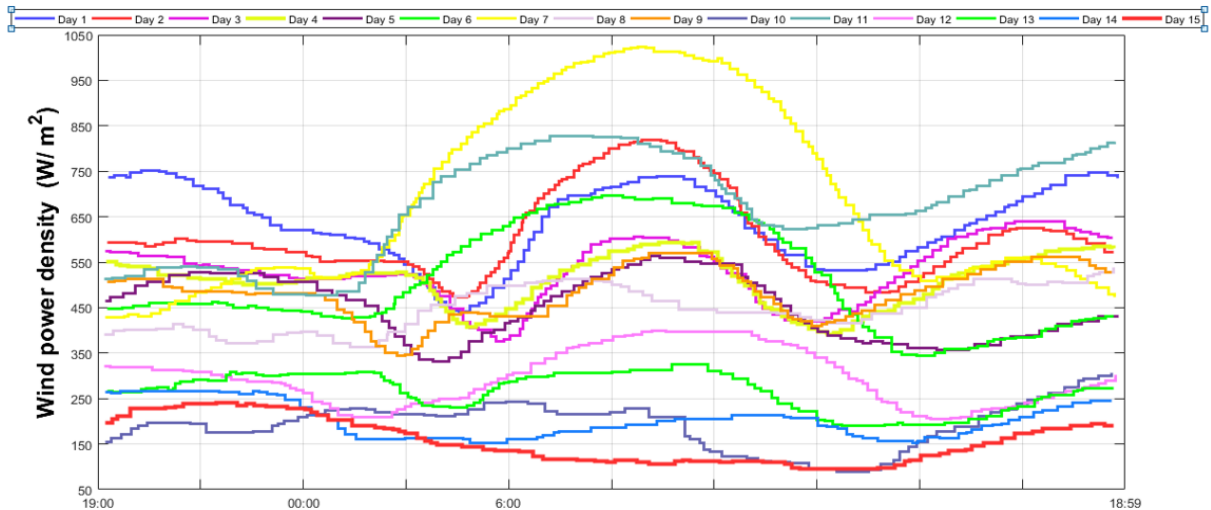
#### 4.2 Comportamiento de la velocidad del para el sistema

El aerogenerador de 3 kW para el sistema híbrido también tiene intermitencia para generar electricidad. La figura 50 se analiza la curva de potencia de los 15 primeros días del mes de julio para el análisis del sistema y observar el comportamiento para la generación de energía.



**Figura 50:** Comportamiento de la velocidad del viento durante las 24 horas.

Como podemos observar la figura 50 en las mañanas tiene un mejor promedio de la velocidad del viento desde las 6:00 horas hasta las 11:30 am donde que la generación de energía es eficiente. Pero también se observa que en la noche desde las 7:00 Pm hasta las 11:30 pm trata de mantenerse más estable el sistema proyectando que el sistema eólico presenta un mejor rendimiento. Si comparamos los sistemas eólico y solar podemos observar que el aerogenerador funciona las 24 horas para abastecer de electricidad y ser almacenadas en las baterías.

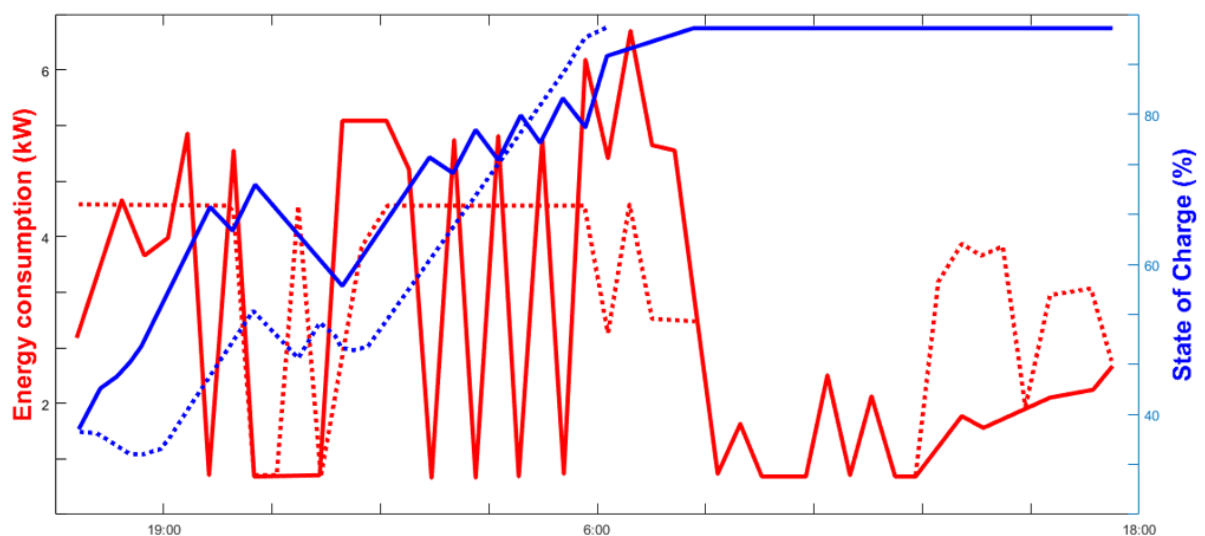


**Figura 51:** Densidad del viento durante las 24 horas.

En la velocidad del viento también se considera la capacidad de potencia que esta requiere para poder girar las aspas del aerogenerador. Lo que podemos determinar es el mejor aprovechamiento con una velocidad promedio de 9,69 m/s que se obtiene para la generación de energía mediante el sistema eólico. El comportamiento analizado durante los 15 primeros días del mes de julio. Mediante la figura 51 podemos observar el comportamiento de la velocidad del viento como se comporta durante estos días su inestabilidad y variación de la densidad del viento esto es causado por los cambios climáticos y variación de la temperatura.

### 4.3 Comportamiento del respaldo de energía

Las baterías son un elemento importante en el sistema híbrido para el respaldo de electricidad ya que las fuentes generadoras de energía sufren de intermitencia. El propósito de las baterías es obtener un sistema estable y eficiente mediante la figura 4.3.1 se observa el comportamiento del sistema este puede variar dependiendo del consumo de energía y la situación climática.

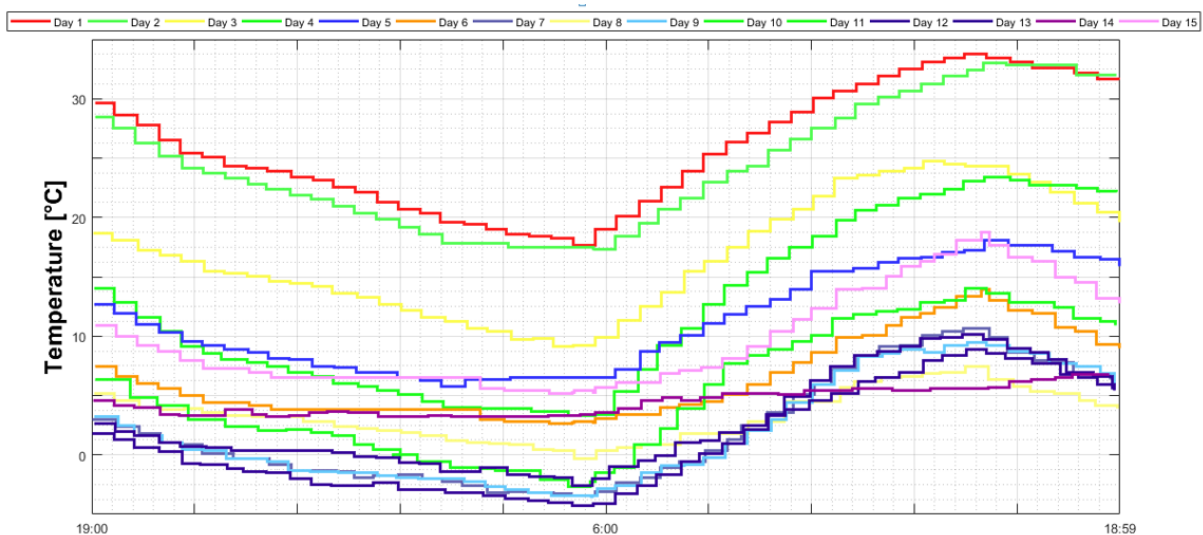


**Figura 52:** Comportamiento del sistema de baterías carga y descarga del respaldo.

La determinación de la gráfica se ha tomado en cuenta un día aleatorio para el análisis del comportamiento del sistema, demuestra que las baterías en el día se mantienen en su total carga. Al pasar las horas promedio las 6:30 pm se empieza a descargar las baterías por el consumo de energía tanto de iluminación o diferentes aplicaciones que requiera el sistema. Las baterías no se descargan en su totalidad esto se debe a que el sistema cuenta con una fuente de energía eólica que funciona dentro de las 24 horas evitando que exista una total descarga ya que los paneles solares trabajan solo cuando exista radiación solar. Determinando que el funcionamiento del sistema sea estable y eficiente para el uso de las instalaciones sin perder el confort.

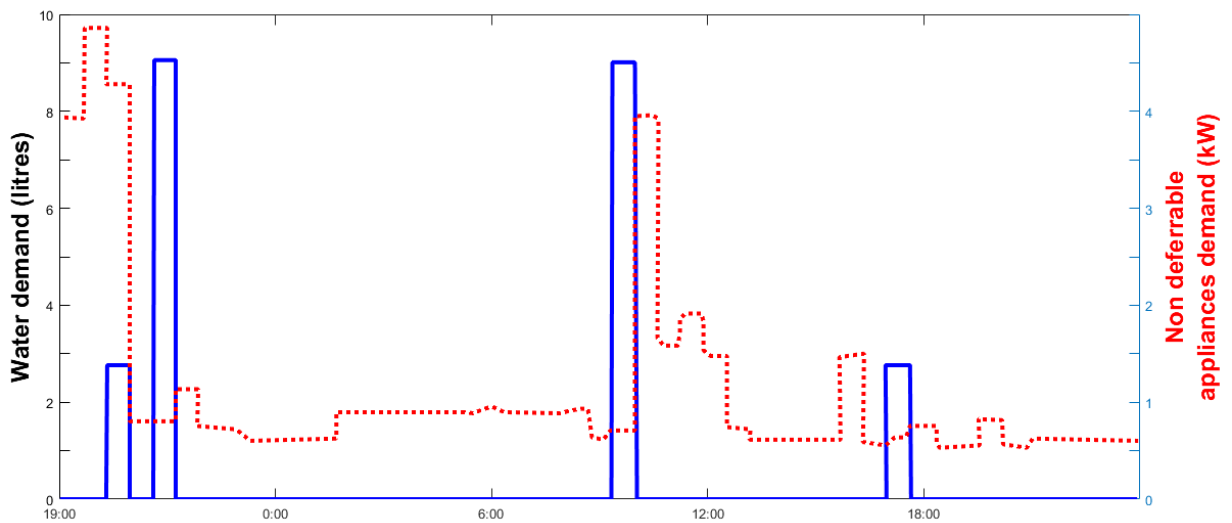
#### 4.4 Temperatura y comportamiento de la bomba de calor

La temperatura se analiza dentro de los 15 días del mes de febrero debido a que es el promedio más bajo, esto para el análisis del sistema ya que se requiere calefacción para las instalaciones y el consumo de energía que se requiere para la bomba de calor y comportamiento del sistema para abastecer de refrigeración y calefacción en las instalaciones.



**Figura 53:** Comportamiento de la temperatura obtenida en las 24 horas.

El clima dentro de la ciudad de Cuenca puede variar constantemente dentro de las horas del día por lo que el comportamiento por horas tiene una similitud en el análisis del sistema para obtener la temperatura requerida y las variaciones que existe en las instalaciones se puede observar que al llegar la noche se baja las temperaturas hasta la madrugada siendo las 6:00 am donde la temperatura puede llegar lo más bajo posible y siendo el medio día donde la radiación solar puede aumentar directamente la temperatura del clima el análisis de 15 días se considera para la determinación del consumo de calefacción o refrigeración los ambientes internos de las cabañas.



**Figura 54:** *Demanda de energía y líquido caliente.*

Dentro del análisis se considera el uso de electrodomésticos no diferibles también considerados independientes de ser automáticos por el sistema inteligente o control dentro del consumo de electricidad y el consumo del agua caliente a elevadas temperaturas asumiendo que el sistema este en un monótono funcionamiento diario por el consumo de energía y agua caliente se obtiene resultados mediante la gráfica donde podemos determinar que entre las 20:00 pm y 10 pm existe el consumo de agua caliente para diferentes usos al igual que en el día por las 10:00 am. Como referencias de una rutina diaria para el control del sistema.

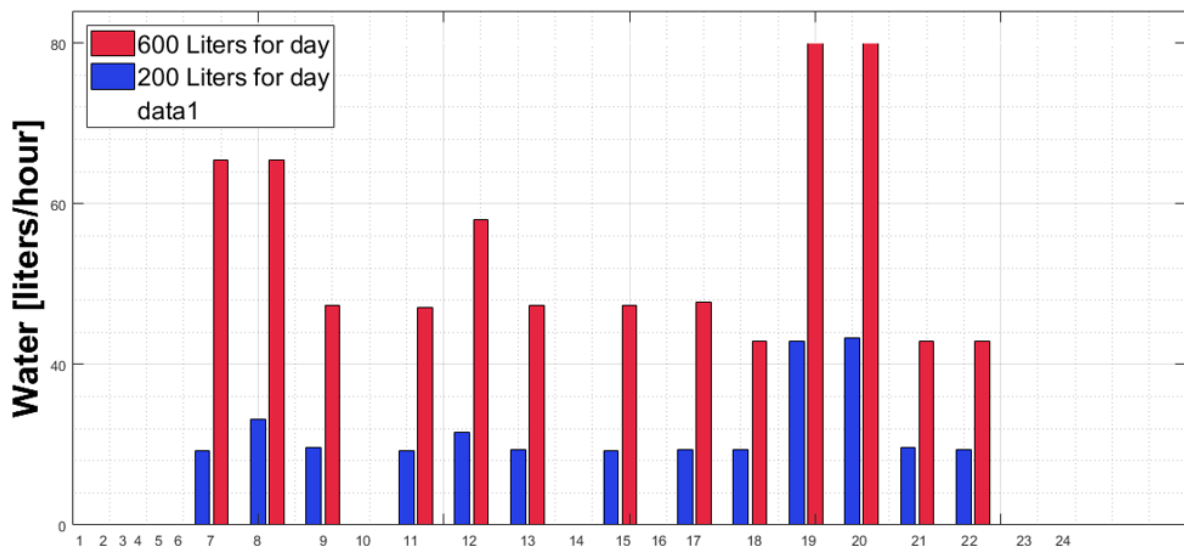
El funcionamiento del sistema para la calefacción de las instalaciones propuestos mediante la figura 53 El esquema propuesto está diseñado con el funcionamiento acoplado con una bomba de calor para el funcionamiento de la calefacción, refrigeración aprovechando los recursos naturales. La bomba de calor debe ser tipo dual para poder trabajar con el aire exterior, intercambiar el calor obtenido en los colectores solares y comprensión de calor. El esquema cuenta con dos envases para almacenar agua fría o caliente que se utiliza para la calefacción o refrigeración. Se considera cuatro estados diferentes para el análisis térmico, comportamiento de la bomba de calor en funcionamiento para considerar el rendimiento mediante cuatro situaciones diferentes para el sistema de calefacción o refrigeración.

#### Periodos de prueba

- S 1 Calefacción  
Temperatura Interna 10 ° hasta los 15° C  
Acumulador térmico 40°  
Consumo de líquido promedio 200 L
- S 2 Calefacción  
Temperatura Interna 15 ° hasta los 20° C  
Acumulador térmico 30°  
Consumo de líquido promedio 200 L
- S 3 Calefacción  
Temperatura Interna 20 ° hasta los 22.5° C  
Acumulador térmico 30°

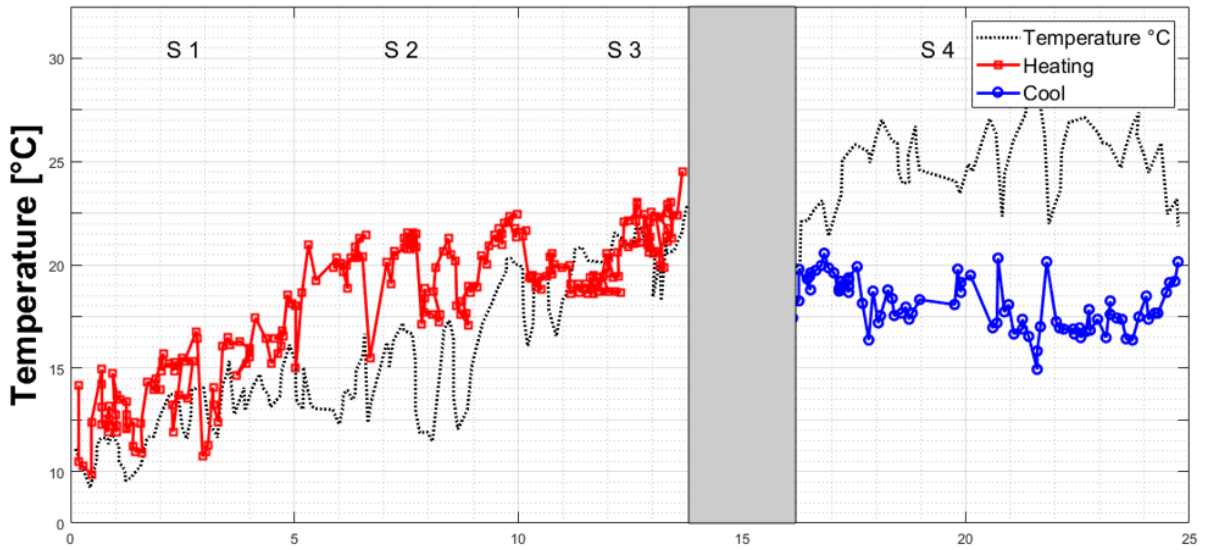
- Consumo de líquido promedio 600 L
- S 4 Refrigeración
  - Temperatura Interna 22.5 ° hasta los 30° C °
  - Acumulador térmico 18°
  - Consumo de líquido promedio 200 L

Las cuatro situaciones planteadas para analizar el rendimiento de la bomba de calor y eficiencia térmica considerada con diferentes temperaturas para la actuación de cada comportamiento esto debido a que la ciudad tiene un clima similar por lo que se puede promediar para el análisis del sistema de funcionamiento de la activación de la bomba. Mediante estos datos se puede simular el sistema de operación de la bomba para abastecer de calefacción o refrigeración en las instalaciones. Se realiza un promedio de consumo de agua caliente para 1 persona por cabaña con promedio de 200 litros para diferentes usos y 4 personas por cabaña la comparación con el uso promedio por día del consumo de agua caliente o calefacción.



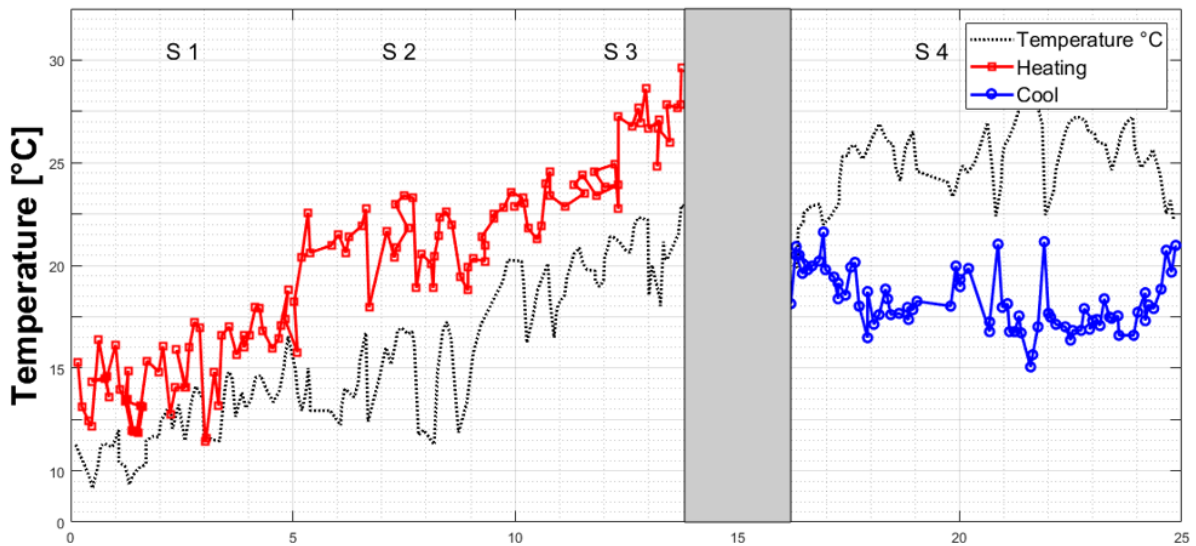
**Figura 55:** Consumo promedio del agua caliente para diferentes requerimientos de 1 cabaña para 4 personas.

Los colectores solares tienen sistemas instalados para medir la temperatura en las tuberías y obtener datos, estos deben estar aislados de la temperatura exterior. Obteniendo mejores resultados para el sistema del colector solar. El propósito del análisis es determinar un promedio del rendimiento diario dependiendo del estado climático. La temperatura promedio que se utiliza para el análisis diario se oscila desde 0.3° hasta 30° C. esto depende del cambio climático.



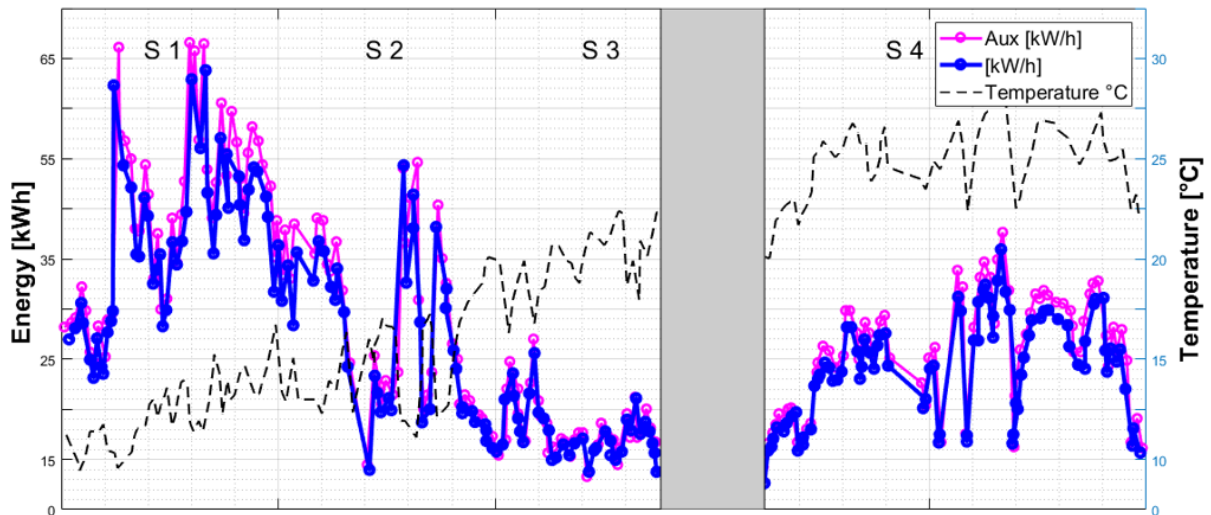
**Figura 56:** Promedio diario del funcionamiento de la bomba de calor (Sin agua caliente).

La figura 55 analiza el comportamiento determinado por S1, S2, S3 y S4 para el uso de la bomba de calor debido a que el clima es templado en la ciudad de Cuenca se considera estos rangos para determinar el uso del sistema sin agua caliente en la que podemos observar la calefacción requiere menor rendimiento para el sistema si comparamos con la figura 56 del sistema geotérmico.



**Figura 57:** Promedio diario del funcionamiento de la bomba de calor (Con agua caliente).

La figura 56 la simulación referente al clima de la ciudad de Cuenca con los cuatro escenarios analizados demuestra que se requiere de un mayor rendimiento para el sistema de calefacción. Dentro del análisis no se considera el consumo energético de la bomba de calor para el sistema (Leonforte et al., 2022).

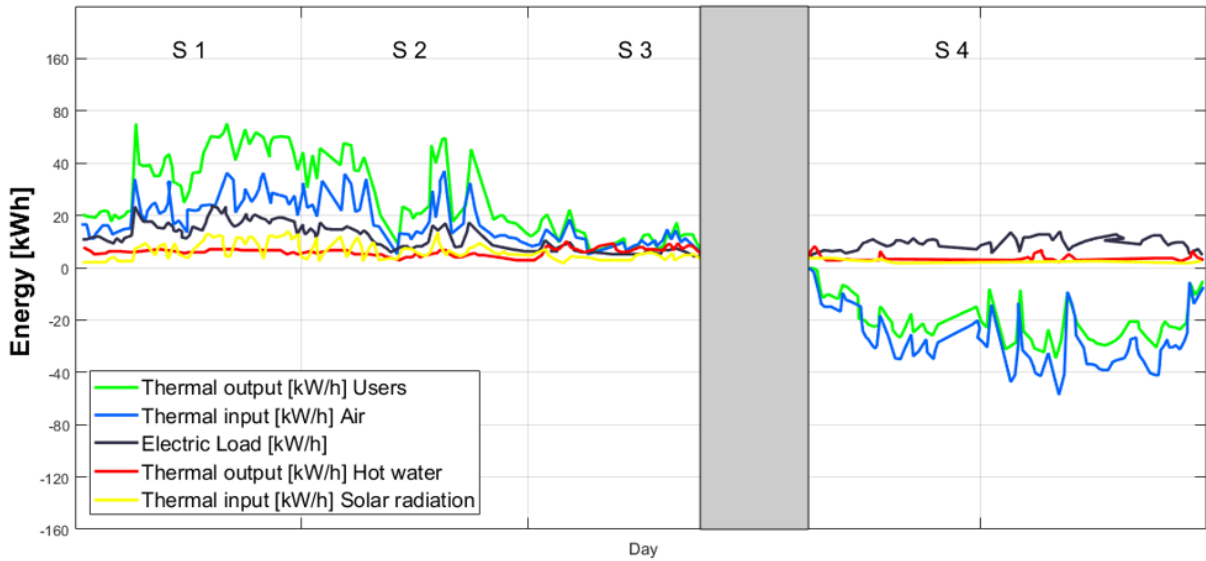


**Figura 58:** Consumo de energía para el funcionamiento de la bomba de calor.

La figura 57 Determina el consumo de energía para el funcionamiento de la bomba de calor en los dos consumos esta la energía generada y el respaldo del sistema para no perder estabilidad al generar picos de voltaje cuando se encienda la máquina de esta manera poder abastecer de aire acondicionado o calefacción en las instalaciones. La determinación del consumo de energía viene referenciada con los cuatro escenarios planteados para el sistema de temperatura, esto con el propósito de abastecer de una temperatura acorde en la parte interna. La curva comparativa del consumo eléctrico viene relacionado con la temperatura de los ambientes (Leonforte et al., 2022).

#### 4.4.1 Operación y rendimiento de la bomba de calor

El rendimiento del sistema para el funcionamiento de la bomba de calor podemos observar en la figura 58 y la figura 59 considerando el sistema híbrido geotérmico para el funcionamiento de las cuatro situaciones planteadas de S1, S2, S3 y s4 respectivamente por tiempos determinados ya que existe diferentes situaciones climáticas consideras para la calefacción de las instalaciones donde requiere de un calor térmico, y refrigeración de las instalaciones.

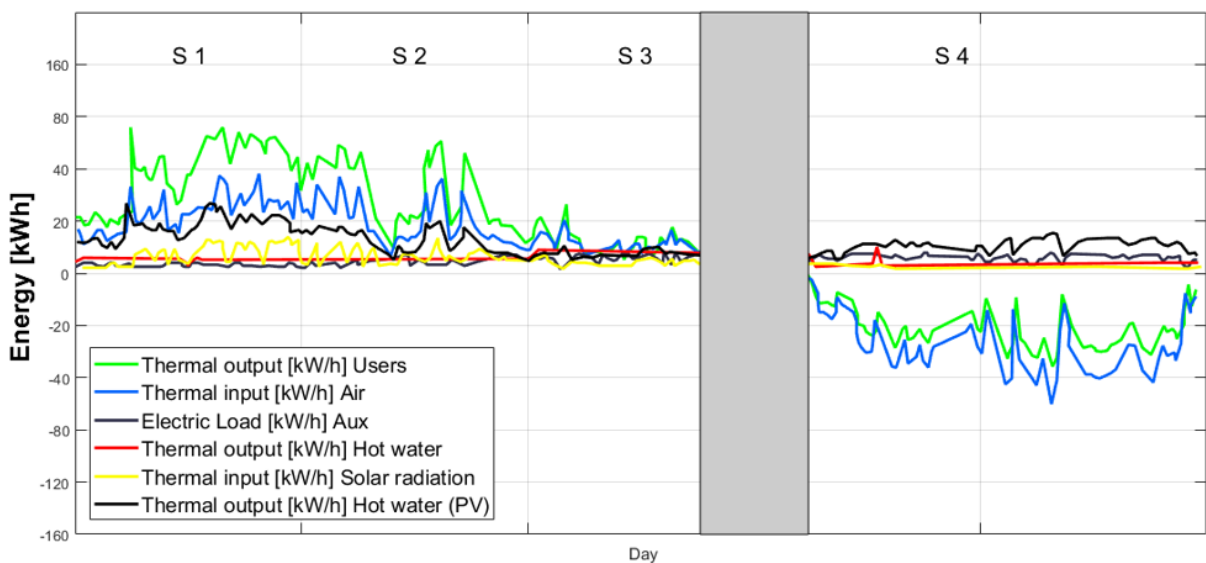


**Figura 59:** Eficiencia del sistema híbrido geotérmico.

Si comparamos la figura 58 y la figura 59 analizamos el comportamiento del sistema geotérmico para abastecer las instalaciones de calefacción o refrigeración dependiendo de las situaciones analizadas, pero podemos observar que no existe una variación del rendimiento del sistema si funciona con un sistema auxiliar. Esto debido a que el sistema híbrido geotérmico funciona con el sistema PCM para la obtención del sistema geotérmico y funcionamiento de la bomba de calor con el aprovechamiento de la radiación solar y fluidos térmicos al interior de la tierra.

- La condición interna depende de la presión de condensación
- La temperatura interna depende de la presión de la evaporación

Para que el sistema no se vea afectado en su rendimiento se debe considerar el utilizar un anticongelante mezclado con agua en el sistema para el aire acondicionado, de esta manera se reducirá la temperatura de los paneles para mejorar la eficiencia del sistema (Leonforte et al., 2022).

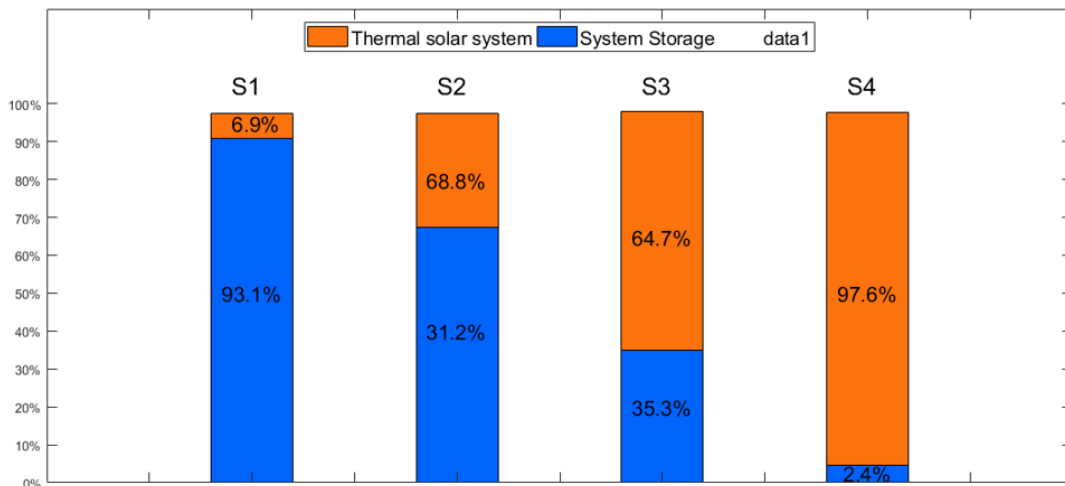


**Figura 60:** Eficiencia del sistema híbrido geotérmico y consumo eléctrico.

La temperatura ambiental es de gran importancia para reducir el consumo de energía eléctrica ya que la eficiencia del sistema depende de la radiación solar permitiendo mejorar el rendimiento del sistema. De esta manera se reduce el consumo de energía y aprovechamiento de los recursos naturales. Los resultados nos indica el óptimo desarrollo del sistema mediante la radiación solar y funcionamiento del evaporador para la adecuada temperatura en el interior de las cabañas para el confort del usuario planteada en las diferentes situaciones que se analizan para el sistema.

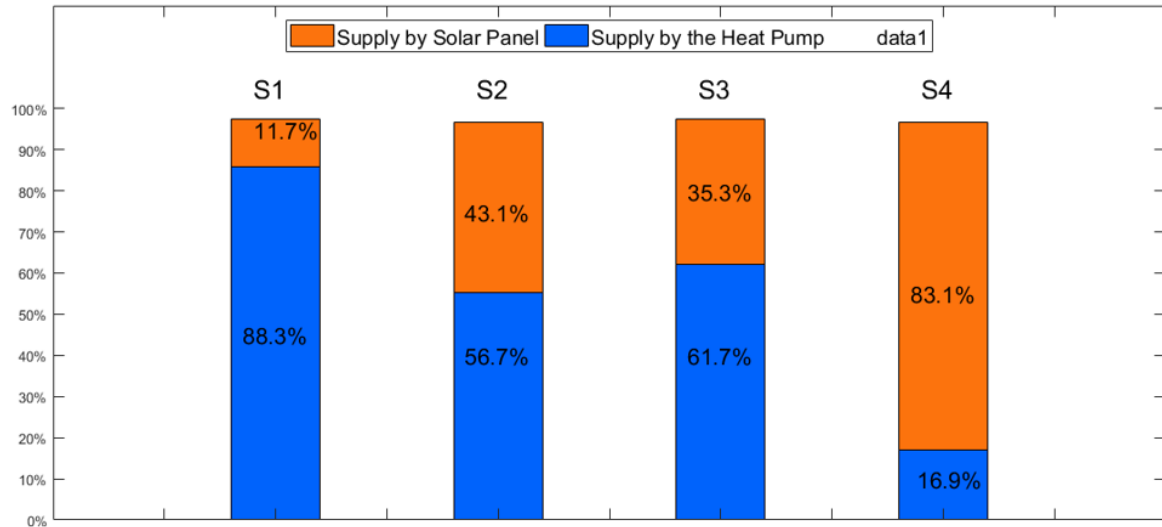
#### 4.4.2 Eficiencia térmica y radiación solar

El uso de la energía solar térmica presentada mediante la figura 60 para las diferentes situaciones plantea se determina la eficiencia térmica y rendimiento de la bomba de calor o funcionamiento porcentual para S1, S2, S3 y S4 respectivamente. La radiación solar combinada con el sistema híbrido geotérmico planteada de la siguiente manera para las diferentes situaciones que requiera de calefacción o refrigeración.



**Figura 61:** Aprovechamiento Solar para el sistema geotérmico híbrido.

Mediante La figura 60 se determina el porcentaje de aprovechamiento de la radiación solar mediante porcentajes para el funcionamiento del sistema de aire acondicionado o calefacción dependiendo de la temperatura esta va cambiando antes mencionado S1 hasta S4 que depende de la situación climática del ambiente. Es decir, a lo largo de los meses existe variaciones climáticas que se notan drásticamente en la ciudad de Cuenca y se aprovecha la radiación solar para el almacenamiento de agua caliente y energía térmica de las instalaciones por lo que se analiza el comportamiento porcentual para determinar la eficiencia del sistema acorde el clima requerido para reducir el consumo de electricidad innecesaria y aprovechar el rendimiento del sistema de la bomba de calor.



**Figura 62:** Suministro del sistema solar y bomba de calor.

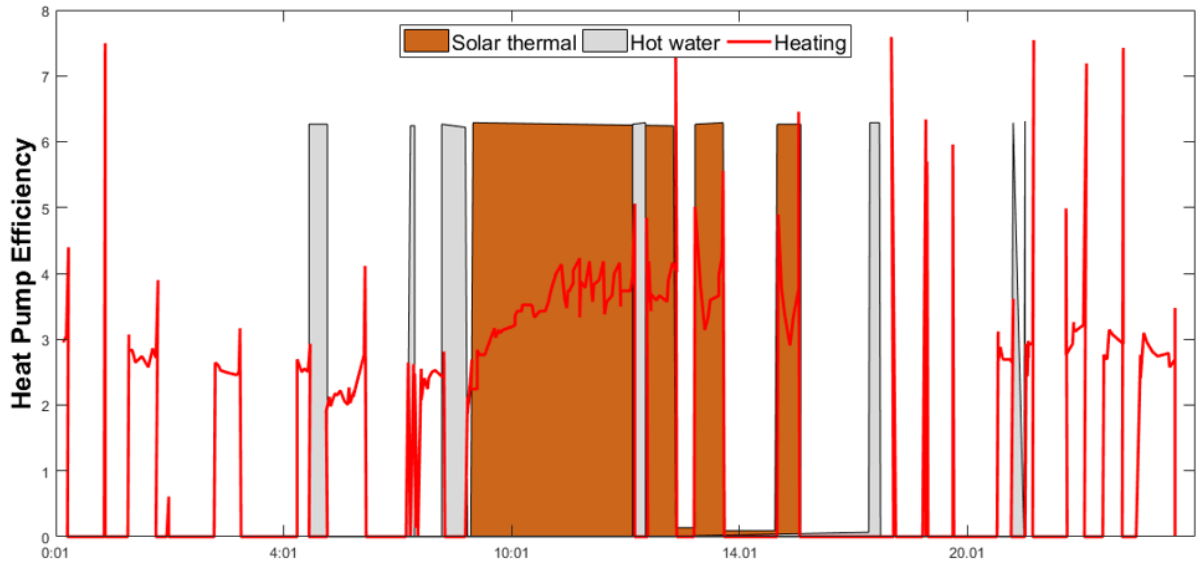
En la figura 61 Podemos observar que en S1 existe la mayor carga energética de la bomba de calor para el sistema de calefacción ya que mediante el sistema se transporta el agua para aumentar la temperatura interna de las instalaciones de las cabañas. Esta determinación se lo realiza mediante la temperatura descrita en las diferentes situaciones de prueba. En S2 disminuye el porcentaje térmico de la bomba de calor obteniendo una reducción energética en la bomba de calor aprovechando más la radiación solar pero no sucede lo mismo en S3 al disminuir el aprovechamiento de la radiación solar. Por lo que aumenta el consumo eléctrico y también el agua para que funcione el sistema de calefacción. Pero en S4 disminuye el uso notablemente siendo efectivo para el sistema solar y su aprovechamiento. La energía térmica que se obtiene mediante los paneles sirve para el funcionamiento la calefacción de las instalaciones en la temporada de invierno o de temperaturas bajas.

#### 4.4.3 Diferentes análisis del sistema geotérmico híbrido

Análisis del comportamiento de la bomba de calor para el abastecimiento de la calefacción y refrigeración del sistema mediante la temperatura (Leonforte et al., 2022). Los cuatro sistemas planteados para el comportamiento de la eficiencia térmica y rendimiento de la bomba de calor para obtener calefacción y refrigeración del sistema. De esta manera podemos observar la efectividad y consumo de agua para el sistema geotérmico híbrido y almacenamiento térmico para el desarrollo del proyecto mediante sistema horizontal. La bomba de calor funcionara mediante la temperatura indicada para obtener calefacción o refrigeración en las instalaciones.

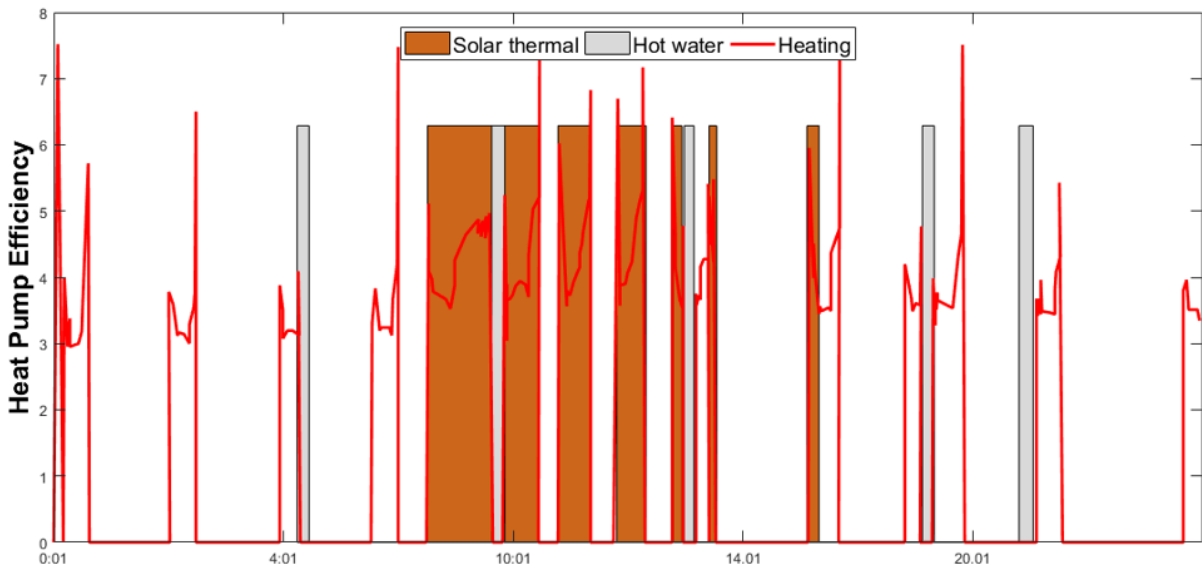
##### 4.4.3.1 Comportamiento del sistema térmico, consumo de agua para la obtención de calefacción o refrigeración

La bomba de calor para su funcionamiento requiere del sistema térmico y agua para la obtención de fluidos geotérmicos mediante los cuatro sistemas planteados y poder observar mediante las figuras el comportamiento del sistema de calefacción o refrigeración.



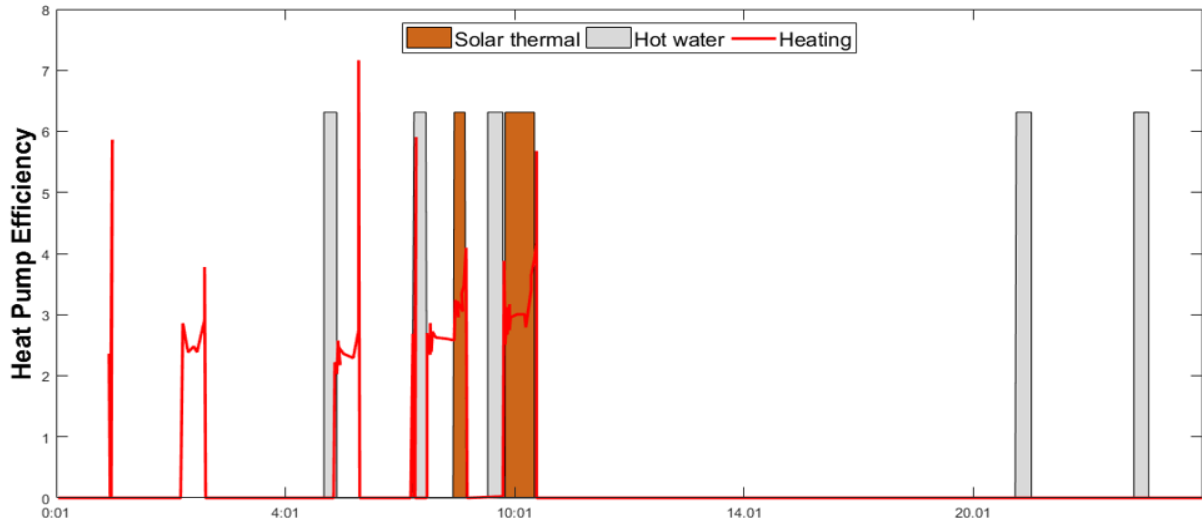
**Figura 63:** Análisis de S1 rendimiento térmico y almacenamiento de agua para el uso de la bomba (Calefacción).

Los diferentes escenarios analizados nos permiten determinar la efectividad de la eficiencia térmica y rendimiento de la bomba de calor en que podemos observar que el depósito de S1 requiere de mayor calefacción al tener bajas temperaturas ocasionadas por el clima. Por lo que el sistema requiere de constante funcionamiento mediante la bomba de calor para obtener calefacción en las instalaciones.



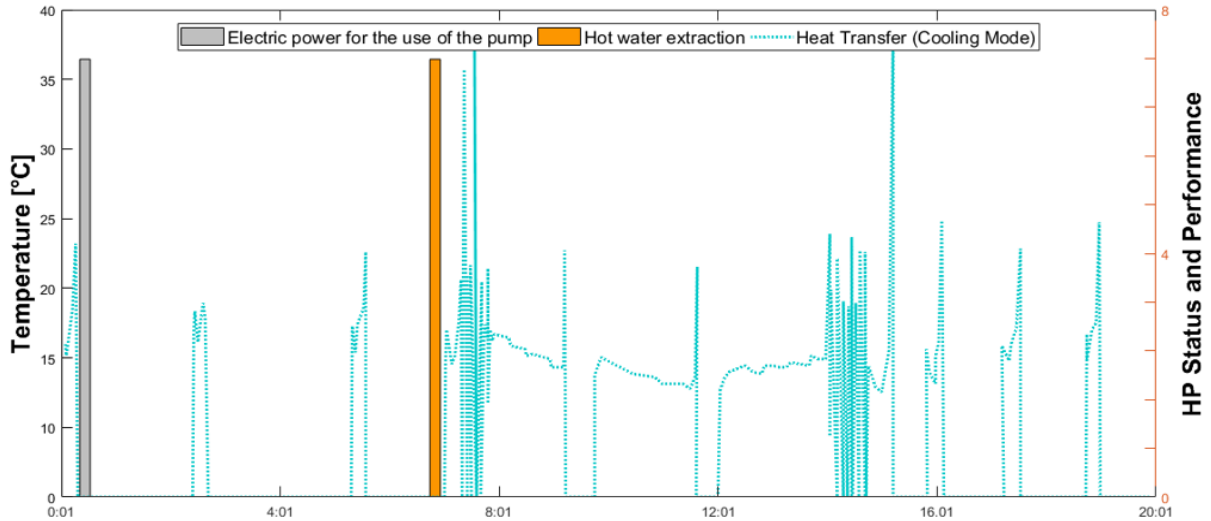
**Figura 64:** Análisis de S2 rendimiento y almacenamiento de agua para el uso de la bomba (Calefacción).

En S2 se considera una temperatura promedio de 20° C para el aprovechamiento de la radiación solar ya que el sistema necesita una configuración entre el rendimiento solar y la bomba de calor en comparación con s1 donde la temperatura tiene valores más bajos.



**Figura 65:** Análisis de S3 rendimiento y almacenamiento de agua para el uso de la bomba (Calefacción).

La configuración S3 donde la temperatura aumenta en relación a S1 y S2 el sistema de calefacción disminuye, esto se debe a que la temperatura tiene aprovechamiento natural. Tanto la bomba de calor y el consumo de agua para el sistema se reduce notablemente al no requerir del sistema para mantener una temperatura adecuada de los ambientes ya que se obtiene de forma natural.

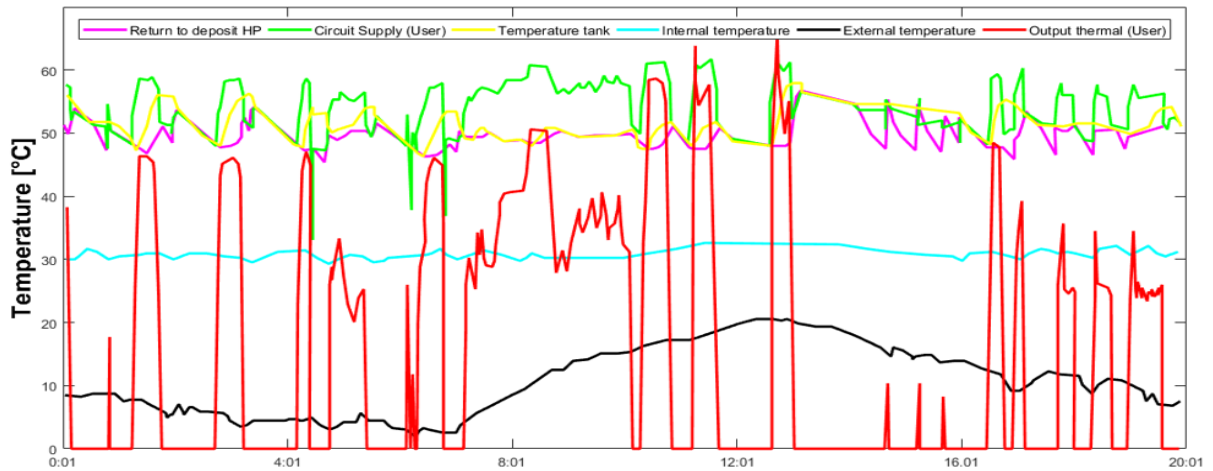


**Figura 66:** Análisis diario de S4 rendimiento y almacenamiento de agua para el uso de la bomba (Refrigeración).

El escenario S4 es totalmente diferente a los descritos anteriormente por lo que el sistema requiere de refrigeración al interior de las instalaciones esto se debe a las altas temperaturas que emite el clima lo que reduce la obtención de eficiencia térmica y consumo de agua.

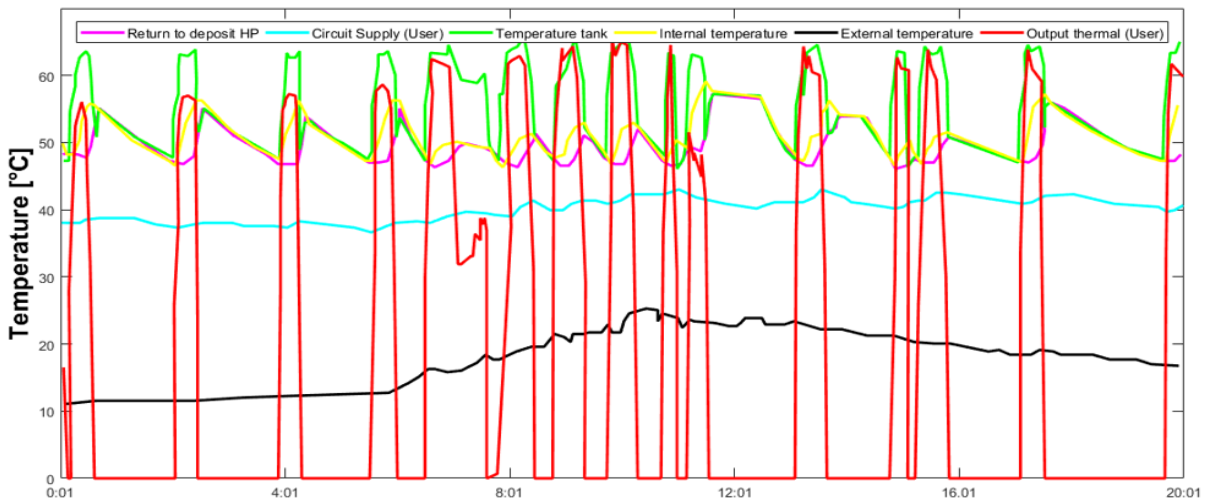
#### 4.4.3.2 Comportamiento del sistema térmico y temperatura

La bomba de calor requiere de los suministros para el funcionamiento respectivo mediante la cual se analiza la salida térmica para la calefacción. La temperatura a la que está expuesta y requiere las instalaciones, también el respectivo almacenamiento para abastecer las necesidades y comportamiento mediante las diferentes situaciones planteadas de S1, S2, S3 y S4.



**Figura 67:** Análisis de S1 sistema lateral (Calefacción)

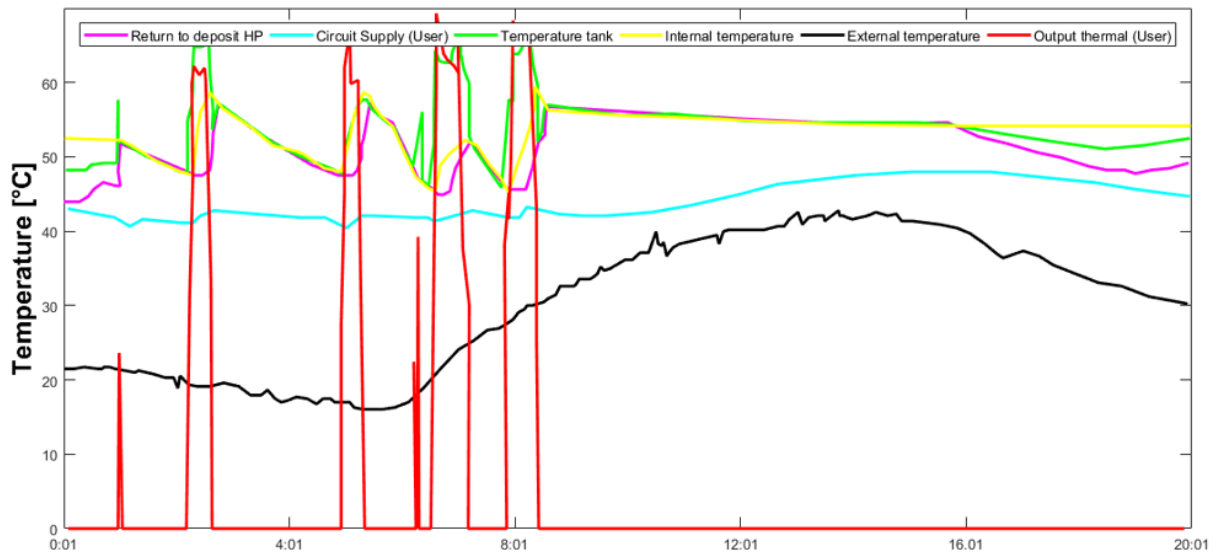
Para el funcionamiento del sistema requiere de radiación solar, almacenamiento de agua para transformar en vapor y la obtención de la refrigeración o mezcla de glicol. Dentro de los primeros meses existe temperaturas bajas por lo que exige más demanda de calefacción mediante la radiación solar almacenar en los paneles para una temperatura adecuada y abastecer las instalaciones lo que requiere mayor carga de energía al estar en funcionamiento la bomba de calor para abastecer los ambientes lo que requiere de mayor eficiencia térmica.



**Figura 68:** Análisis de S2 sistema lateral (Calefacción).

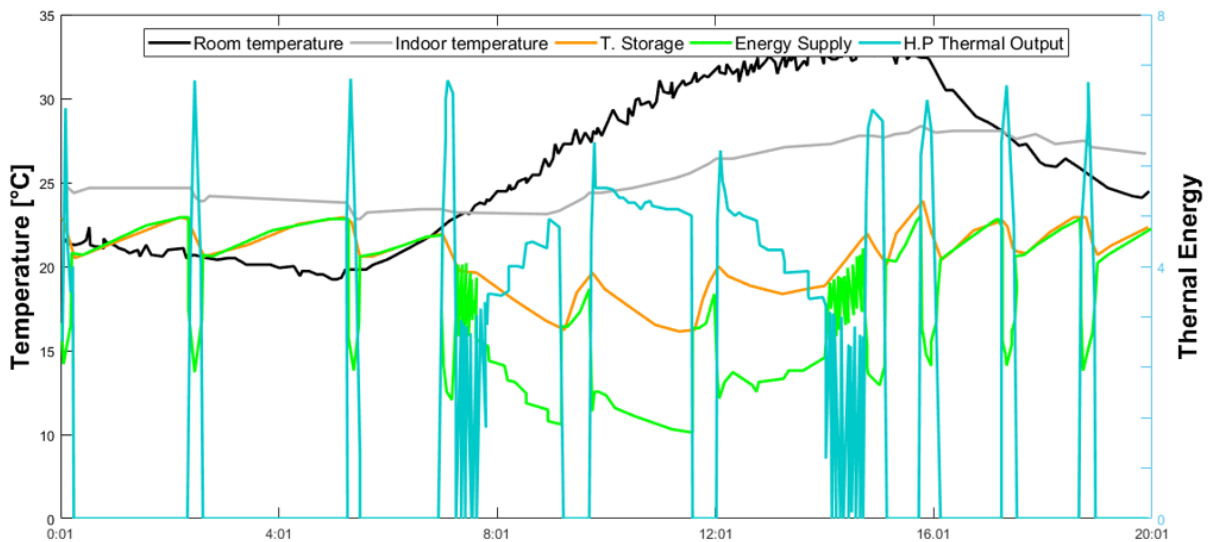
En S2 la temperatura aumenta por lo que el sistema reduce una parte de la bomba de calor ya que la misma radiación solar se encarga de aumentar la temperatura en los paneles incluso disminuyendo la carga térmica del sistema para el abastecimiento mientras que los

almacenamientos de agua para la calefacción se mantienen en los límites establecidos al reducir su consumo.



**Figura 69:** Análisis de S3 sistema lateral (Calefacción).

En S3 la temperatura aumenta por lo que la bomba de calor se mantiene en reposo reduciendo la salida térmica y el consumo de los abastecimientos llenos por la temperatura que proviene del exterior.



**Figura 70:** Análisis de S4 sistema lateral (Refrigeración)

En S4 el clima ha aumentado la temperatura por lo que la calefacción sería nula en el sistema. Pero se debe cubrir con refrigeración para disminuir las altas temperaturas del cambio climático lo que se requiere un sistema adecuado del aire acondicionado para disminuir la temperatura que emite los exteriores y extraer la temperatura interna de las cabañas.

#### 4.4.3.3 Rendimiento térmico y rendimiento de la bomba de calor

El sistema geotérmico híbrido con las nuevas tecnologías requiere de poder calorífico y radiación solar para la obtención de la calefacción de las instalaciones o refrigeración dependiendo de la situación climática externa.

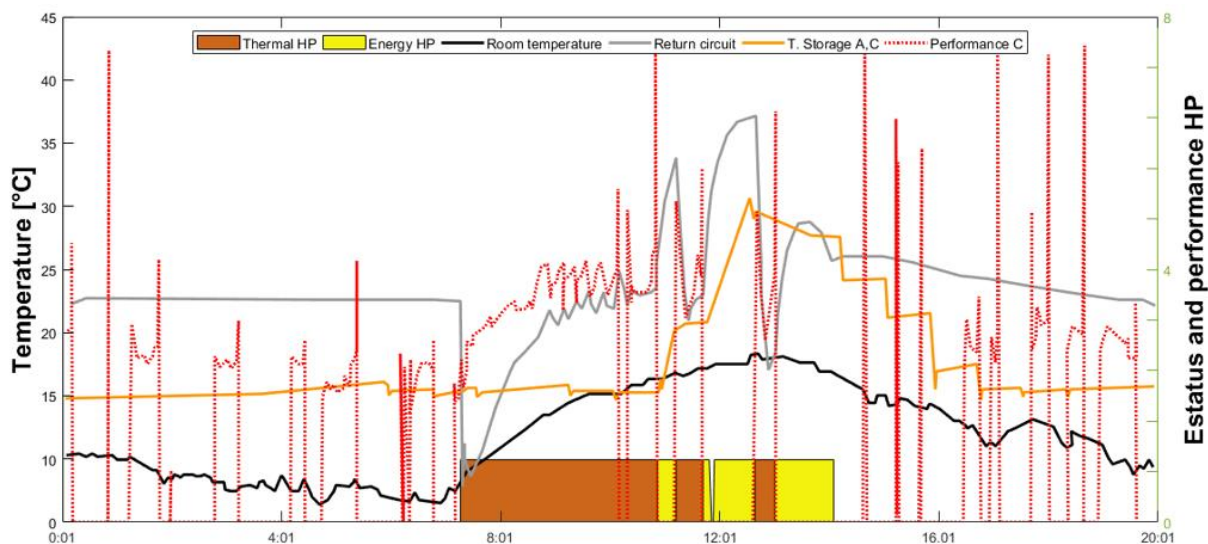


Figura 71: Análisis de S1 aprovechamiento Solar (Calefacción)

La radiación solar para el aprovechamiento de la temperatura en los ambientes requiere un almacenamiento térmico para el funcionamiento del sistema cuando se requiera calefacción en las instalaciones. Por lo que en S1 la temperatura exterior es baja el sistema requiere de mayor concentración térmica para abastecer el interior de las instalaciones.

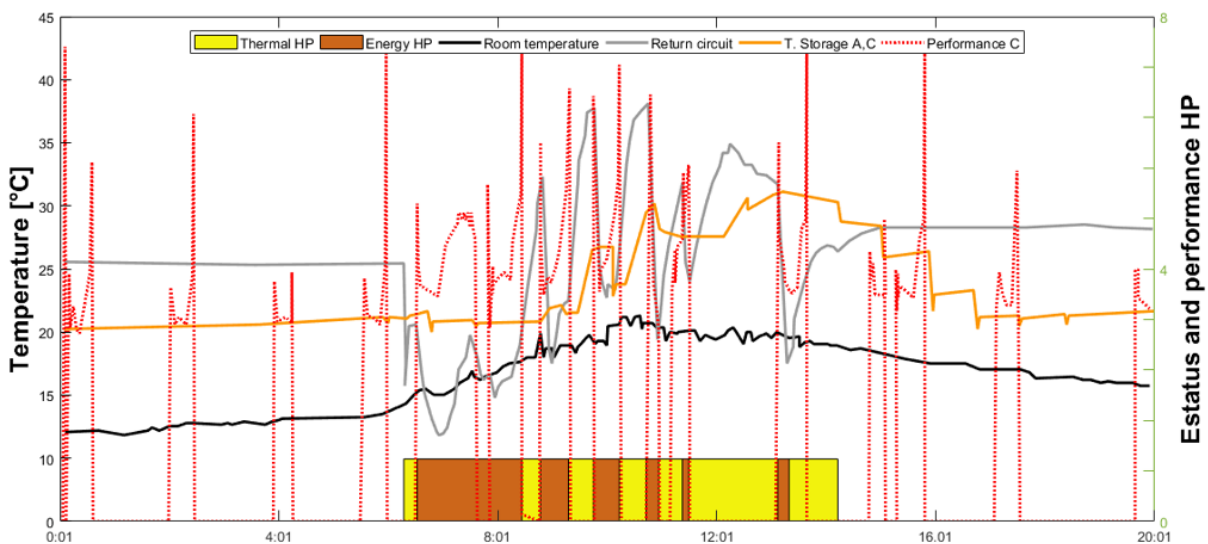
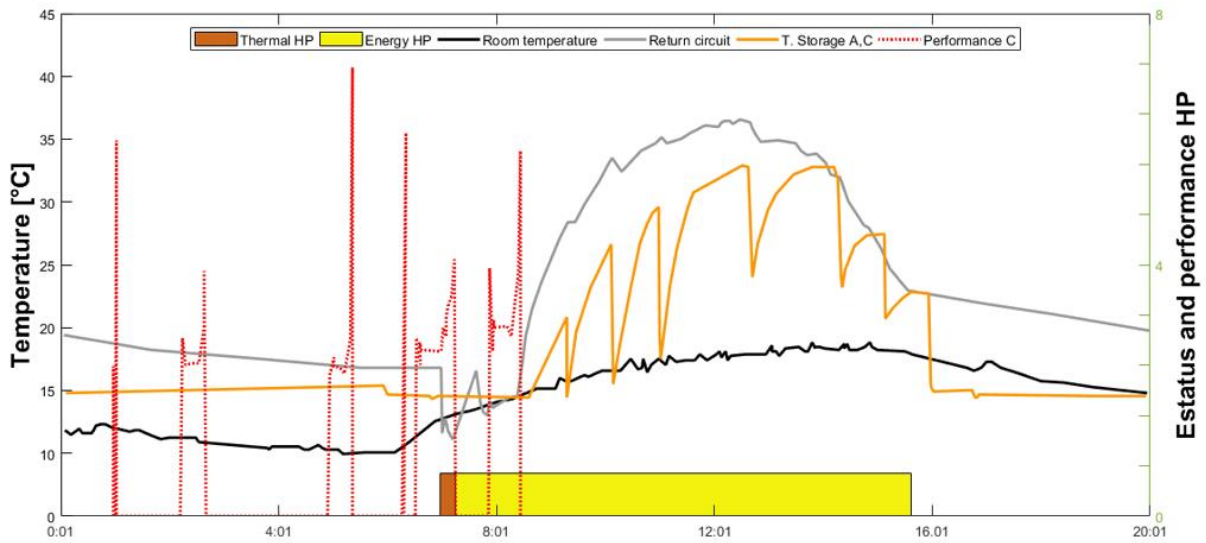


Figura 72: Análisis de S2 aprovechamiento Solar (Calefacción).

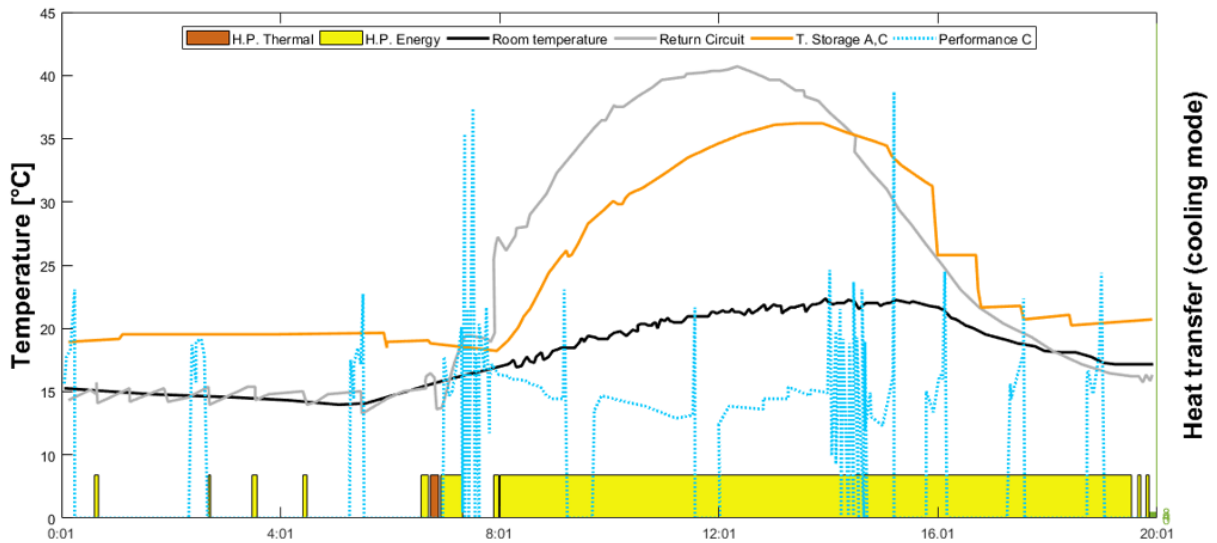
En S2 el panorama es diferente debido a que la temperatura aumenta requiere de menor funcionamiento de la calefacción lo que utiliza más la energía por el sistema térmico que esta

debe ser abastecida desde el almacenamiento para mantener un clima templado en las instalaciones.



**Figura 73:** Análisis de S3 aprovechamiento Solar (Calefacción)

La temperatura aumenta en S3 por lo que el sistema requiere de un mayor consumo eléctrico para trabajar en acoplamiento con la bomba de calor. El rendimiento aumenta para mantener una calefacción adecuada.

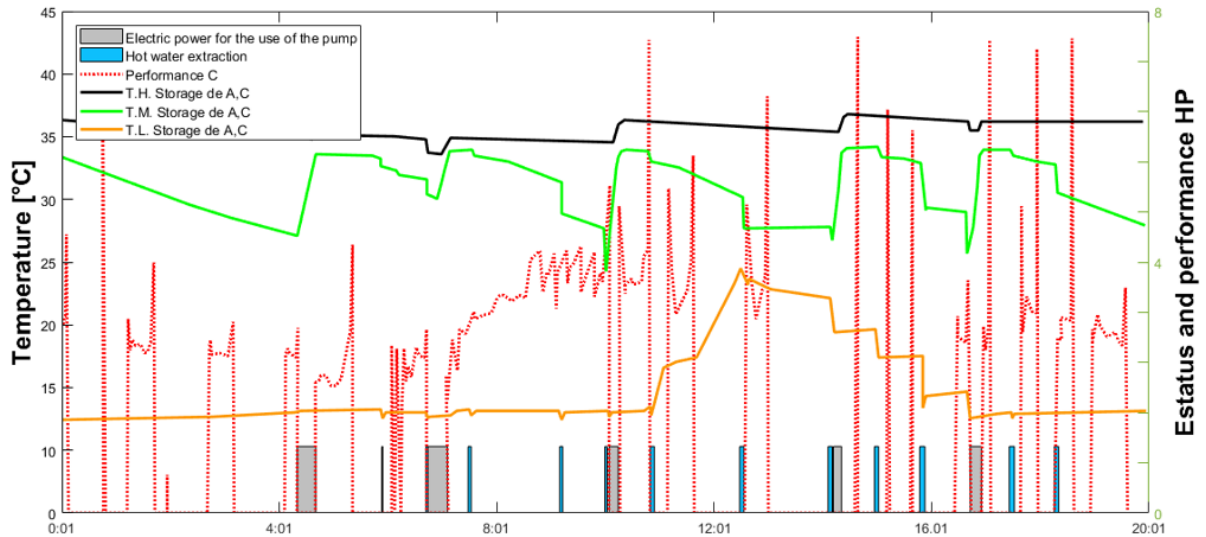


**Figura 74:** Análisis de S4 aprovechamiento Solar (Refrigeración)

El sistema en S4 debido a las altas temperaturas que existe está funcionando el mayor tiempo posible para la combinación de los sistemas y obtener refrigeración en las instalaciones lo que reduce el consumo térmico.

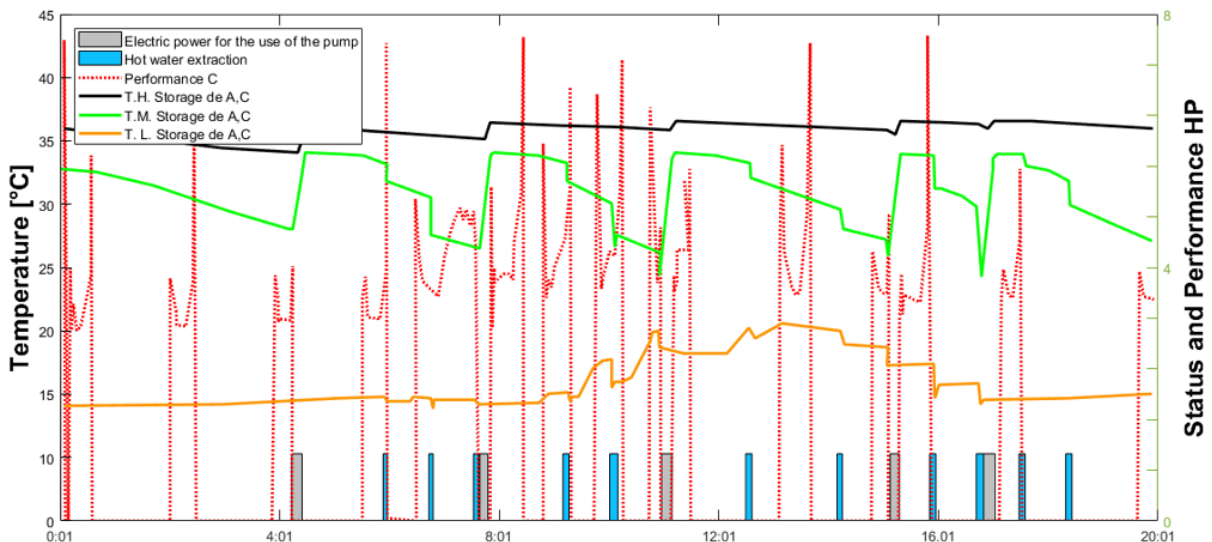
#### 4.4.3.4 Uso de energía del sistema para la bomba de calor

El sistema geotérmico para el funcionamiento requiere de temperaturas diferentes por lo que el comportamiento esta descrito para cada escenario de esta forma obtener calefacción y refrigeración.



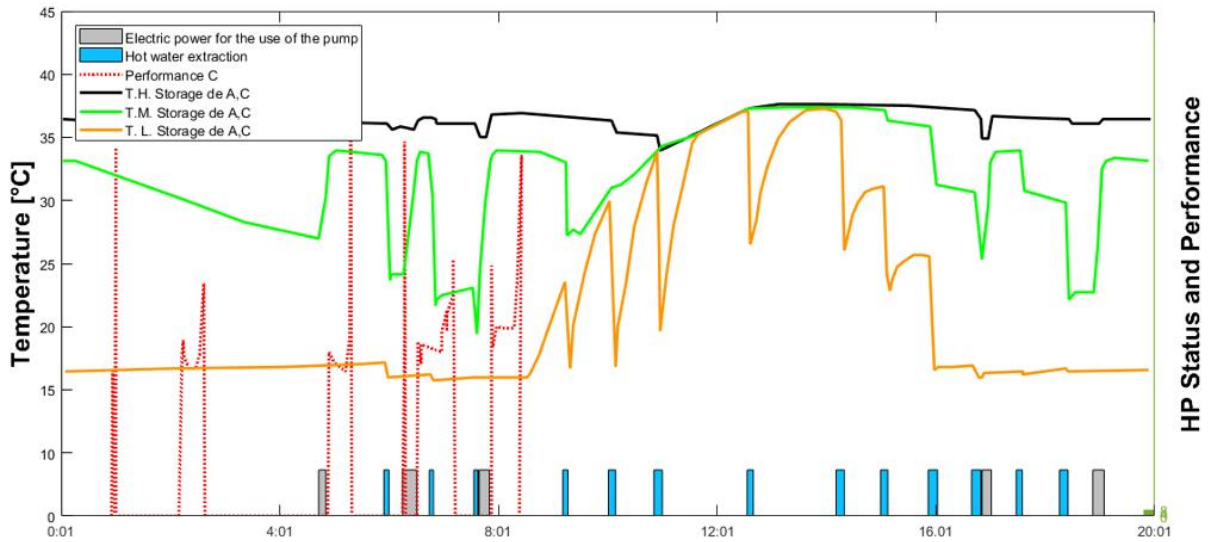
**Figura 75:** Análisis del sistema de almacenamiento del ACS S1 (Calefacción).

La figura 75 se puede observar que el sistema térmico está en su totalidad destinado para el sistema de calefacción por las bajas temperaturas que existe en el clima. Al no existir radiación solar, el sistema térmico debe ser utilizada para mantener la temperatura interna de las instalaciones y almacenar lo posible para el siguiente día y mantener el calor térmico para el uso del agua caliente.



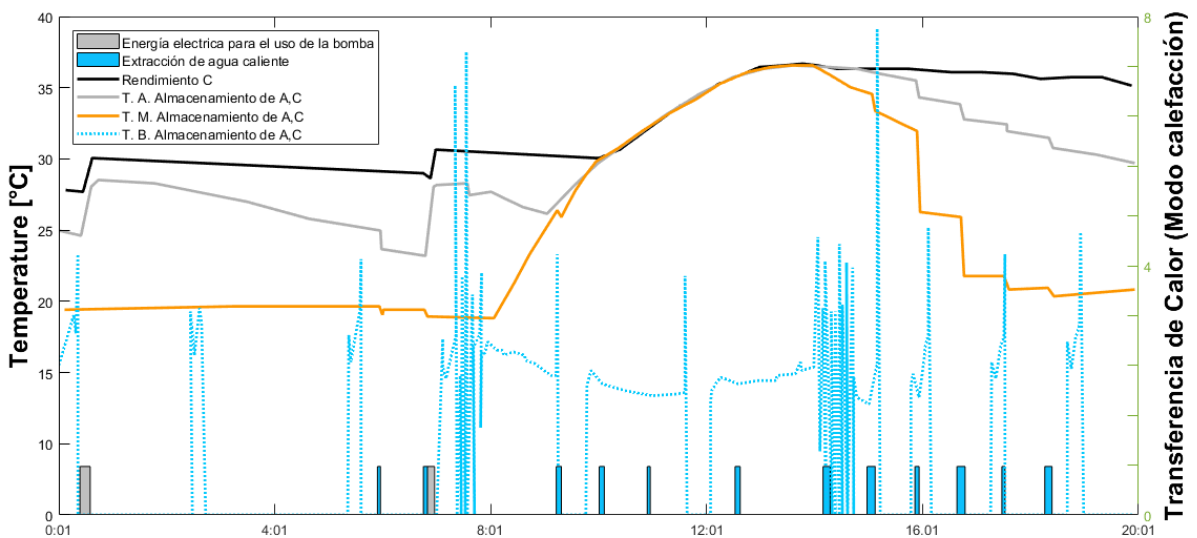
**Figura 76:** Análisis del sistema de almacenamiento del ACS S2 (Calefacción).

En el S2 el panorama es un poco diferente ya que al obtener mayor temperatura esta debe aprovechar la radiación solar y trabajar complementada con la bomba de calor para abastecer de calefacción ya que el sistema de almacenamiento del aire acondicionado es menor.



**Figura 77:** Análisis del sistema de almacenamiento del ACS S3 (Calefacción)

La temperatura en S3 aumenta en comparación con S1 y S2 para el funcionamiento del sistema por lo que el aire acondicionado para las instalaciones requiere de mayor combinación del sistema de agua y refrigeración.



**Figura 78:** Análisis del sistema de almacenamiento del ACS S1 (Refrigeración)

El comportamiento en S4 en todos los aspectos requiere de refrigeración para las instalaciones debido a que las altas temperaturas del clima cambian notablemente, analizando un promedio de temperatura de 24° C por lo que disminuir esto requiere de calefacción a un promedio de 16 °C por lo que la calefacción para las instalaciones se utilizaría en la noche. Y las primeras horas de la mañana al requerir de agua caliente.

#### 4.5 Comparación de diferentes fuentes generadoras de electricidad

En esta sección se analiza diferentes configuraciones de los sistemas para la generación de energía y poder entender de forma sencillas los resultados obtenidos. Se realiza una comparación de los comportamientos de diferentes fuentes de generación entre la energía solar fotovoltaica, el banco de baterías y un sistema convencional para obtener resultados de las diferentes configuraciones incluso los sistemas convencionales para analizar la problemática que nos compromete con el medio ambiente al que debemos cuidar, proteger por el bien de nuestra salud, el futuro y cuidado del planeta.

Los sistemas analizados y comparados con el sistema convencional mediante un análisis para el funcionamiento y plan de generación de energía para abastecer el proyecto (Tostado et al., 2021).

**Tabla 12:** Diferentes configuraciones analizadas.

Configuración	1	2	3	4
Sistema Convencional	✓	✓		
Sistema de banco baterías		✓	✓	✓
Sistema Solar fotovoltaico			✓	✓
Sistema eólico			✓	

En el proyecto los aparatos eléctricos controlables y el consumo de energía para la bomba de calor se considera de manera fija para el análisis del sistema para la comparativa de los diferentes sistemas para generación de energía incluido el sistema convencional.

Las configuraciones analizadas para su funcionamiento vienen determinadas por cuatro sistemas diferentes descritos de la siguiente manera.

Configuración 1.

Sistema Convencional.

Configuración 2.

Sistema Convencional respaldo con fuente de baterías.

Configuración 3.

Sistema híbrido de solar fotovoltaico, sistema eólico y respaldo de banco de baterías.

Configuración 4.

Sistema Híbrido de solar fotovoltaico y banco de baterías.

La determinación de los proyectos analizados se realiza de forma rutinaria para las diferentes configuraciones analizadas es decir diferentes estrategias para la generación del proyecto y vida útil del sistema de 25 años promedio.

El plan estratégico para la comparación del proyecto cuenta con cuatro ideas para la generación de energía mediante energías renovables, respaldo de energía, sistemas convencionales y fuentes renovables que se consideran para un proyecto promedio de vida útil de 25 años.

**Tabla 13:** Diferentes estrategias.

Sistemas	A	B	C	D
Sistema no controlado		✓		✓
Sistema controlado			✓	✓

Dentro de los escenarios para la generación y producción de energía, se considera el consumo de energía por los aparatos eléctricos que pueden ser controlados y monitoreados también los que no pueden ser controlados de forma automático o inteligente para la optimización de la generación de energía esto con el propósito de prolongar la vida del sistema de fuentes renovables optimizando la capacidad para generar electricidad.

Sistema A.

Omitimos los dos sistemas, sistema controlado y sistema no controlado.

Sistema B.

Se configura mediante el sistema no controlado.

Sistema C.

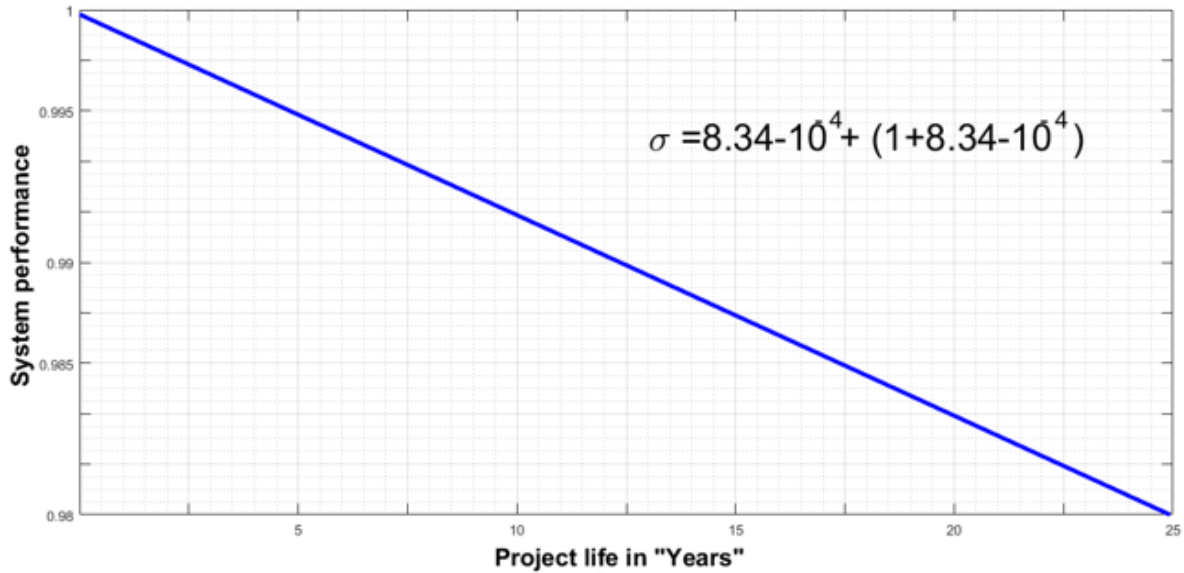
Se configura mediante el sistema controlado.

Sistema D.

Se configura mediante el sistema no controlado y controlado.

Las configuraciones también se pueden monitorear y controlar el consumo de energía para optimizar la generación de las fuentes es por eso que la tabla #13 se analiza mediante estos sistemas controlados y no controlados al existir aparatos eléctricos que no pueden ser monitoreados y es manipulado por los usuarios a gusto y preferencia. Nosotros combinados la tabla #12 y #13 para determinar diferentes análisis de las cuales nos permite obtener mejores resultados que consideramos para optimizar los recursos y mejorar el rendimiento del sistema.

Mediante las configuraciones también analizamos los sistemas controlados y no controlados las cuales nos permite prolongar el sistema de generación de energía de fuentes renovables permitiendo prolongar su vida útil para obtener mejores resultados y que los equipos en funcionamiento no sufran daños optimizando su uso mediante monitoreo.

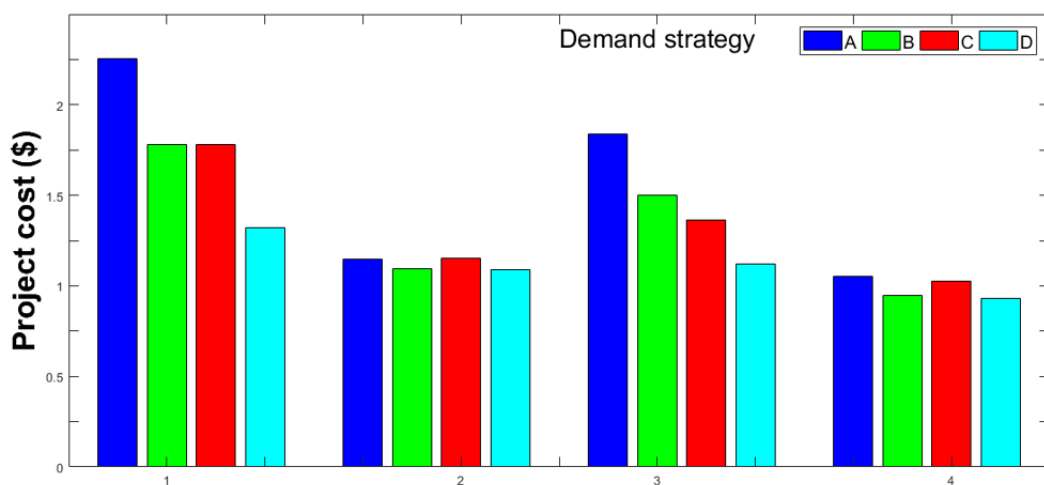


**Figura 79: Tiempo de vida del proyecto.**

El proyecto tiene un promedio de 25 años de vida para su generación de electricidad mediante un sistema híbrido y se pretende analizar diferentes comportamientos para optimizar recursos y la eficiencia del sistema autónomo.

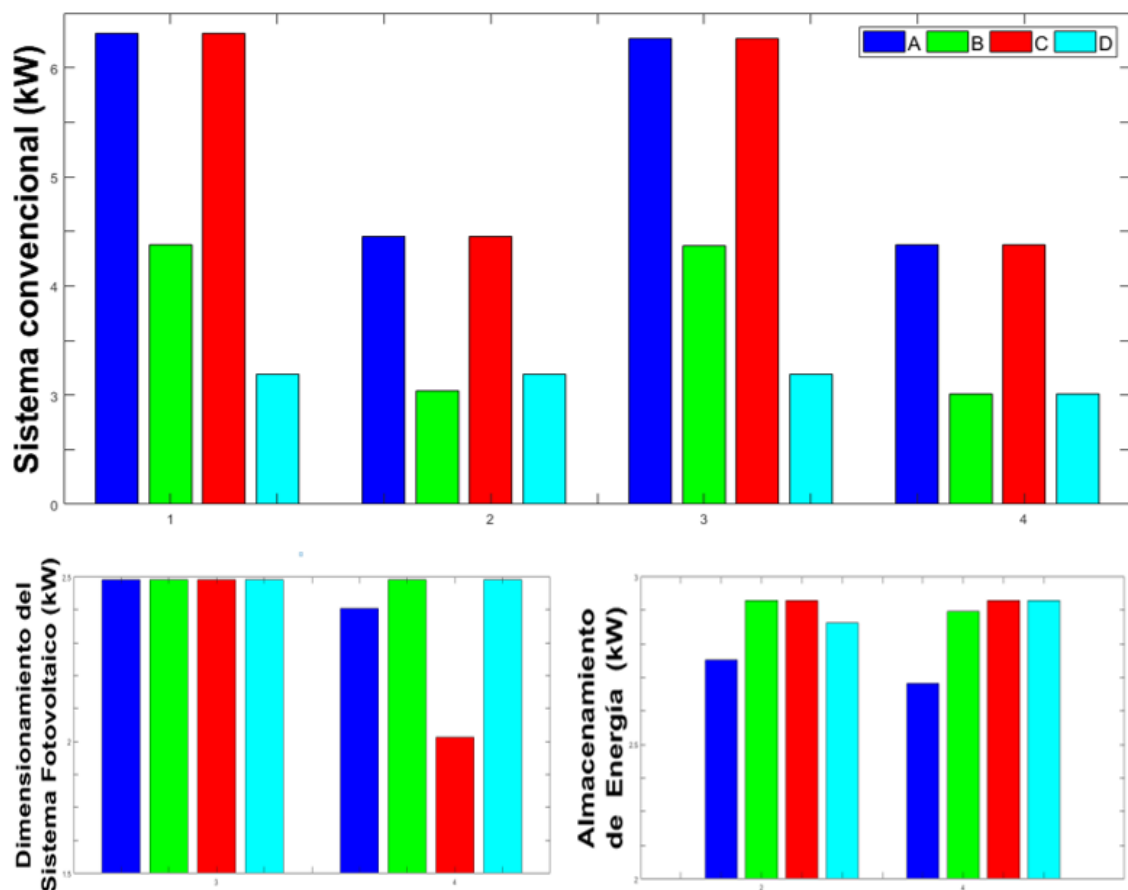
#### 4.5.1 Análisis de las configuraciones por costos

El propósito del sistema híbrido es proteger el ecosistema, optimizar el consumo de electricidad innecesaria y proteger el medio ambiente por lo que se determina diferentes estrategias para el análisis de la efectividad del sistema y demanda de energía.



**Figura 80: Diferentes configuraciones para optimizar el sistema híbrido.**

Las simulaciones presentadas nos sirven para el análisis del proyecto con diferentes recursos, estos dependen de los tipos de generación de energía para el funcionamiento y viabilidad de la economía para la generación de electricidad a lo largo de vida del proyecto. En la figura 80 podemos observar cómo se comporta las diferentes configuraciones para la generación de energías renovables es decir si revisamos las configuraciones descritas en la tabla 12 nosotros analizamos que la generación de electricidad con fuentes convencionales es más alto que las fuentes naturales ya que los combustibles para la generación de electricidad en el país han aumentado y el funcionamiento requiere de esta materia para obtener electricidad mientras que las fuentes renovables no necesitan abastecer de estos materiales. En la estrategia #2 podemos observar que la generación de energía sin el sistema automático depende también depende de mayores recursos para obtener electricidad. Lo que este sistema analiza en la #3 es la fuente de generación sin sistemas inteligentes lo que produce energía innecesaria aumentando la carga del sistema que se pueden optimizar como se demuestra en el la configuración #4 reduciendo la carga y generación de electricidad hasta un 42.5 % comparando con la primera configuración. La vialidad de un proyecto depende de lo económico para la generación de electricidad a lo largo de su vida útil mediante diferentes escenarios para obtener optimización económicos, este análisis se considera al ser un sistema autónomo ya que en la configuración número cuatro se obtiene mejores resultados.



**Figura 81:** Estrategias y configuraciones de la demanda de energía

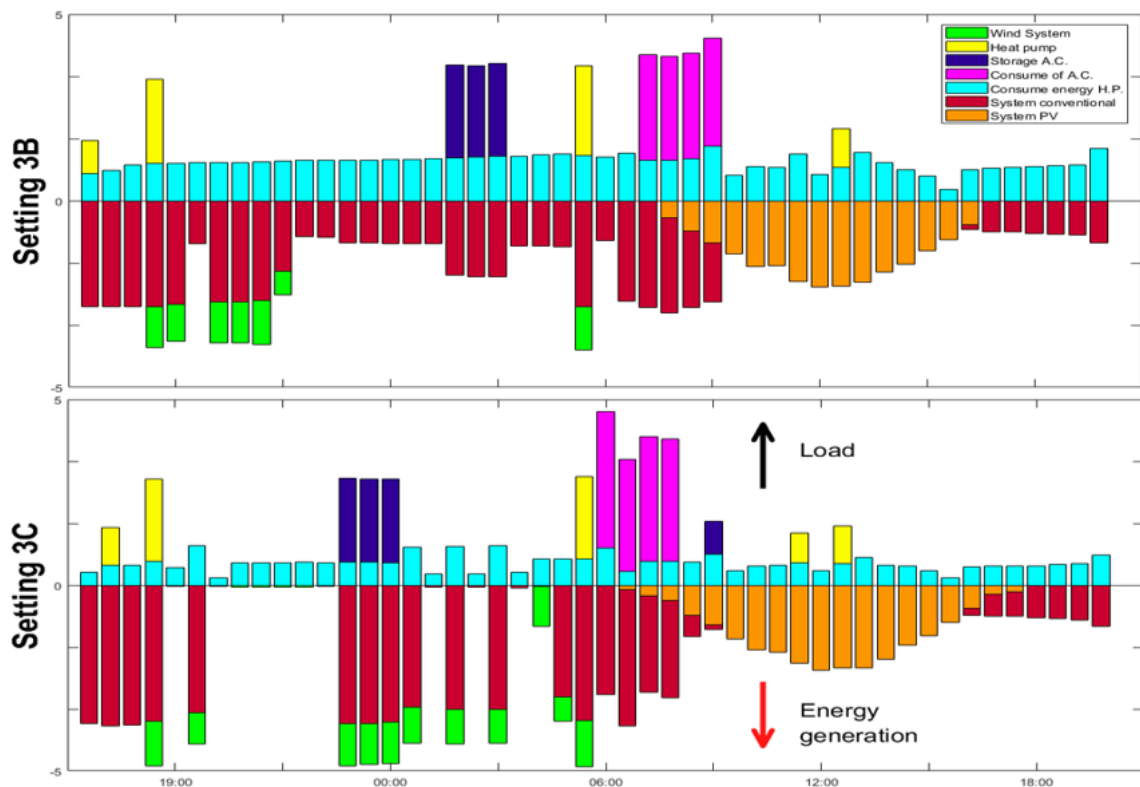
La figura 81 determina las diferentes configuraciones analizadas determinando que la configuración 2 y 4 se obtiene para optimizar los recursos del diseño para el sistema eléctrico. Reduciendo la utilización por sistemas convencionales para la generación de energía. El

resultado obtenido determina que los sistemas requieren de un respaldo de energía mediante el banco de baterías para el sistema fotovoltaico.

Las diferentes configuraciones para la obtención de energía mediante los sistemas renovables podemos determinar que el sistema solar fotovoltaico con un sistema inteligente y respaldo con un banco de baterías es la mejor opción combinada con la eficiencia energética sin perder el confort para las instalaciones de los usuarios.

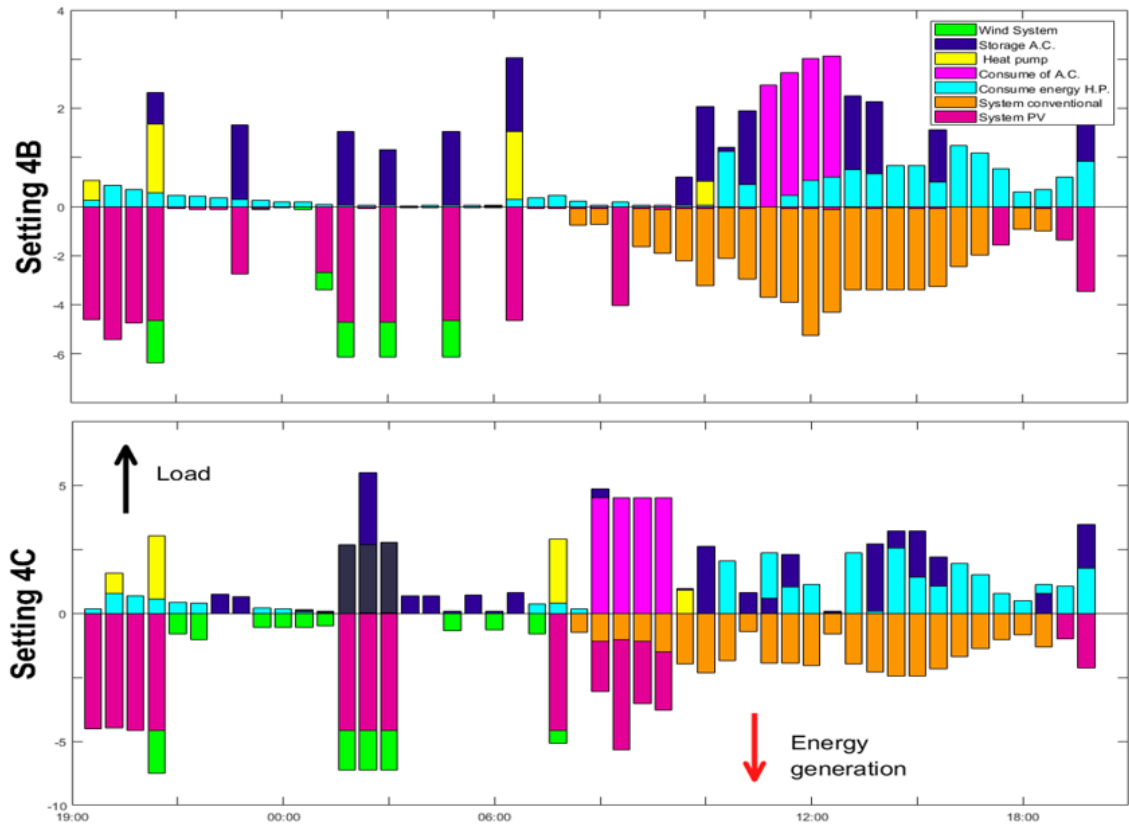
#### 4.5.2 Diferentes configuraciones para la optimización de costos

Para las configuraciones se analiza los sistemas más relevantes de fuentes inagotables comparando con los sistemas convencionales para obtener mejores resultados y ampliar el uso de los sistemas que están en crecimiento para disminuir la problemática que nos perjudica el ecosistema.



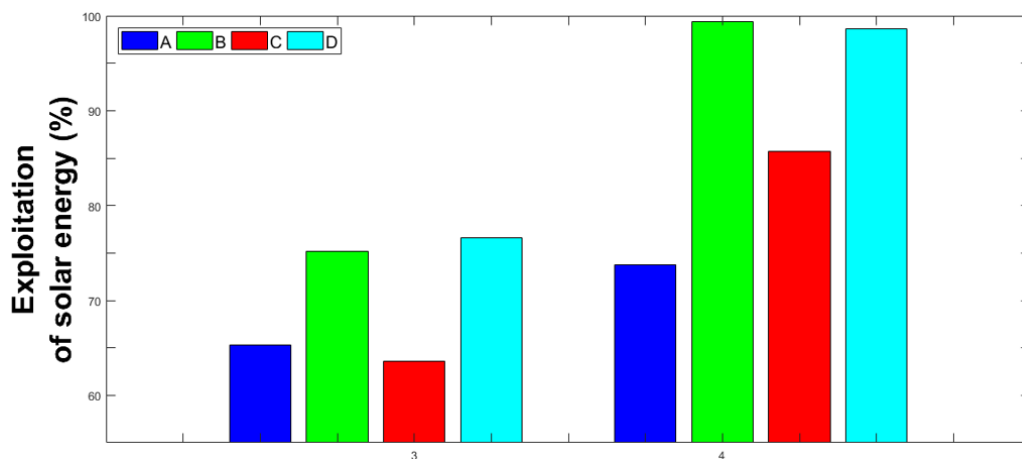
**Figura 82:** Resultados de un día representativo con las configuraciones analizadas 3B y 3C

Los resultados de las configuraciones analizadas como 3B y 3C para la obtención de la generación de energía mediante sistemas renovables y comparativa con el sistema convencional a través de la demanda pico podemos observar la carga del sistema mediante la radiación solar y disminución del consumo de combustibles fósiles mejorando el rendimiento de los sistemas. Lo que nos permite el consumo de energía mediante la bomba de calor y abastecimiento para las instalaciones. Los sistemas inteligentes también son necesarios para las configuraciones ya que se optimiza la demanda provocando que reduzca la carga que se requiere en las instalaciones para el uso de la electricidad. Los valores negativos de la gráfica representan la generación de energía ya sea convencional o renovables del sistema.



**Figura 83:** Resultados de un día representativo con las configuraciones analizadas 4B y 4C

Como podemos observar en la figura 83 Las configuraciones respectivas 4B y 4C mediante la que tenemos un sistema mediante energías renovables con el dispositivos inteligentes y manuales o no controlables se optimiza el consumo de la carga para la generación de electricidad mediante paneles solares y respectivamente las baterías podemos determinar que reduce aún más los costos aprovechando la radiación solar y abastecer el sistemas mediante las baterías cuando no exista generación con el sistema inteligente reduce la carga disminuyendo el dimensionamiento de las instalaciones y los costos por generación.



**Figura 84:** Aprovechamiento de los recursos naturales

El uso de los recursos naturales para la generación de energía es óptimo para su funcionamiento dependiendo de la demanda de la carga del sistema, mediante los sistemas inteligentes se puede programar para las horas necesarias de consumo para aprovechar el máximo de la hora pico. Mediante el respaldo de energía se puede obtener mejores resultados para administrar de mejor forma el servicio de energía para el consumidor. La mayor descarga de energía sucedería en la noche mientras que en el día se encargara de cargar el sistema mediante los paneles y el aerogenerador funcionara intermitentemente durante las 24 horas. Las viviendas inteligentes nos ayudan a optimizar el consumo de energía desarrollando mejores resultados en los sistemas de generación y prolongando el tiempo de vida útil de los generadores y circuitos del sistema incluso la duración de las baterías para un mejor funcionamiento y el cuidado del medio ambiente también la reducción del daño de la capa atmosférica (Leonforte et al., 2022).

Mediante las configuraciones analizadas podemos determinar que el uso de los sistemas renovables es factible el uso del sistema híbrido mediante paneles solares.

Architecture						Cost	
PV (kW)	G3	1kWh LI	Converter (kW)	NPC (\$)	Initial capital (\$)		
98,7		54	10,3	\$70.340	\$43.957		
84,4	1	70	10,4	\$96.288	\$63.198		

**Figura 85:** *Determinación del sistema híbrido.*

*Fuente (Homer Pro 2023)*

Como podemos observar en la figura 85 el análisis del sistema. Nos recomienda la aplicación para la generación de energía mediante 99 paneles solares y 54 baterías para abastecer el proyecto de las cabañas con un sistema autónomo.

## CONCLUSIONES

El análisis del sistema híbrido ubicado en el sector de San Pedro de la ciudad Cuenca para un proyecto enfocado en cuidar la naturaleza y el aprovechamiento de los recursos naturales para la obtención de energía y disponer de calor y refrigeración en los ambientes de acuerdo a las necesidades de los huéspedes. También podemos disponer de registros de consumo según los escenarios o estrategias a implementarse. Mediante el esquema presentado del sistema híbrido se estaría aportando a la reducción del calentamiento global al aprovechar los recursos naturales disponibles en el sitio del análisis, además se puede replicar experiencias como estas dentro de la misma localidad o en otras que presenten características similares.

El sistema analizado mediante la aplicación Homer PRO es bastante precisa con los datos, ya que esta nos permite obtener la radiación y la velocidad del viento en el sector indicado al estar enlazado con la NASA. Lo que nos sirvió de mucha ayuda para obtener la radiación solar, la velocidad del viento y que tan factible es utilizar las energías renovables, además de ser un sistema innovador nos muestra resultados óptimos para el desarrollo de los proyectos y comportamiento de los sistemas. Con los datos obtenidos tenemos más efectividad del proyecto e incluso referencia para plantear los sistemas en el sector obteniendo eficiencia e información verídica mediante los sistemas para la obtención de energías limpias.

El comportamiento de las curvas nos permite analizar si es factible los sistemas de energías renovables, ya que estos sistemas al ser intermitentes, aun registran falencias recordemos que las fuentes renovables no son estables, pero nos permiten obtener energía limpia y respaldar la electricidad mediante baterías para las diferentes aplicaciones.

Dentro del sistema también se considera la eficiencia energética para optimizar la generación de energía obteniendo mejores resultados, ya que nos permite reducir la generación de electricidad e incluso reducir los costos por instalación de los equipos para el funcionamiento de las energías renovables.

También se considera el sistema geotérmico mediante la bomba podemos extraer los fluidos geotérmicos para el aprovechamiento calorífico de esta manera poder obtener calefacción y agua caliente para las instalaciones, por supuesto que este sistema geotérmico tiene mejor rendimiento para la generación de energía, pero los altos costos de instalación para los equipos es una limitante por lo que se aprovecha para el sistema de calefacción. El aprovechamiento del sistema geotérmico también es factible ya que en la actualidad existe sistema de calefacción o la obtención de agua caliente mediante calentadores que funcionan con gas o combustibles fósiles prescindiendo de estos sistemas y aprovechando el recurso natural que esta combinado entre el sistema geotérmico y la radiación solar para obtener un mejor rendimiento ya que en la ciudad de Cuenca los cambios climático son constantes lo que resulta bastante factible para el funcionamiento del sistema híbrido.

Dentro del análisis también se puede apreciar el comportamiento de la eficiencia térmica y el aprovechamiento de la radiación solar, para los diferentes comportamientos climático. Lo que caracteriza en el sector de san Pedro al estar a una altura considerable sobre el nivel del mar se puede apreciar las bajas temperaturas y en la noche o madrugada se aprecia la neblina por lo que las instalaciones deben estar completamente selladas herméticamente si se requiere de un sistema óptimo para la calefacción del interior de las cabañas.

A través de los costos propuestos por la aplicación Homer Pro, se puede apreciar que se reduce considerablemente los costos del proyecto si se analiza solo el sistema fotovoltaico, como podemos observar en la figura 85 ya que reduce la capacidad de generación por lo que disminuye la cantidad de baterías para el sistema reduciendo los costos de instalación, esto se debe a que el aerogenerador es bastante costoso. Recordemos que los equipos propuestos para las simulaciones en la aplicación Homer PRO son genéricos.

## **RECOMENDACIONES**

El sistema analizado en este documento se puede recomendar para más investigaciones dentro de la ciudad de Cuenca con el propósito de brindar información para los investigadores que requieran del documento. Ya que en la ciudad existe un gran aprovechamiento de los recursos naturales para la generación de energía.

Recomendamos utilizar la última versión de Homer Pro ya que la aplicación cuenta con mas configuraciones y determina otros análisis que se pueden requerir para futuras investigaciones con el propósito de obtener más detalles del comportamiento de las fuentes renovables, también el uso de dialux para realizar prototipos del sistema.

El uso de los sistemas renovables para futuras investigaciones ya sea geotérmico, mini hidráulica esto debido a que en el sector se encuentra en un lugar apartado de la ciudad y cuenta con estos recursos naturales que pueden ser aprovechados para obtener energías limpias y de forma accesible.

Finalmente nos permitimos recomendar que se realice más investigación planificación, construcción de prototipos y modelos: que plantean el uso de energías renovables a nivel local, aportando a la reducción de la contaminación ambiental y el aprovechamiento de los recursos naturales.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Abri1, M. (2017). *ESTUDIO SOBRE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA PARA SU*

*APROVECHAMIENTO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN Y LAS CIMENTACIONES*

[UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS].

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4472/Abrilmiguel2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Amazon. (2023). [https://www.amazon.com/-/es/Controlador-amperios-autom%C3%A1tico-regulador-potencia/dp/B07SVRLMBG/ref=zg\\_bs\\_2236627011\\_sccl\\_9/143-6279407-0706625?psc=1](https://www.amazon.com/-/es/Controlador-amperios-autom%C3%A1tico-regulador-potencia/dp/B07SVRLMBG/ref=zg_bs_2236627011_sccl_9/143-6279407-0706625?psc=1)

Ananno, A. A., Masud, M. H., Dabnichki, P., & Ahmed, A. (2020). Design and numerical analysis of a hybrid geothermal PCM flat plate solar collector dryer for developing countries. *Solar Energy*, 196, 270-286. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.069>

Aparicio, M. P. (2020). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*. Marcombo. <https://books.google.es/books?id=YkxOEAAAQBAJ>

Arango, M., & Arroyave, S. (2016, Santiago). *Análisis de combustibles fósiles en el mercado de generación de energía eléctrica en Colombia: Un contraste entre modelos de volatilidad*. 27.

AvatarEnergía. (2023). <https://avatarenergia.com/sistema-de-estimulacion-geotermica-mejorada/>

BARRERO GONZALEZ, F. (2004). *Sistemas de energía eléctrica*. Ediciones Paraninfo, S.A. <https://books.google.es/books?id=wZoyiFKf5IkC>

Beltrán, A., Morera, M., López, F., & Villela, R. (2016). *Prospective of wind and solar photovoltaic energy for electricity production*. 13.

Berrío, L., & Zuluaga, C. (2014, diciembre). *Ingeniería y Desarrollo*. 32(2), 29.

Bordignon, S., Garnieletto, L., & Zarrella, A. (2021). *An all-in-one machine coupled with a horizontal ground heat exchanger for the air-conditioning of a residential building*. 23.

Castillo, A., Villada, F., & Valencia, J. (2014, marzo). *Diseño multiobjetivo de un sistema híbrido eólico-solar con baterías para zonas no interconectadas*. 18(39).

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2014000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2014000100007)

Chancusi, L., & Moreta, H. (2020). *DISEÑO Y CONTROL DE UN SISTEMA HÍBRIDO AUTÓNOMO DE GENERACIÓN EN BASE A ENERGÍAS RENOVABLES EN LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS*. [Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6803/1/T-001539.pdf>

Chen, S.-G. (2012). An efficient sizing method for a stand-alone PV system in terms of the observed block extremes. *Applied Energy*, 91(1), 375-384.  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.09.043>

Clementi, L., & Guillermina, P. (2021). *Letras Verdes*. 31 Marzo de 2021.  
<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/lverdes/n29/1390-6631-lverdes-29-00048.pdf>

¿Cómo CALCULAR la INCLINACIÓN ÓPTIMA DE UN PANEL SOLAR? (2019).  
<https://www.youtube.com/watch?v=xco9JSk5MFU>

*Cómo funcionan las baterías de plomo ácido*. (2020, diciembre 21).  
<https://solarplak.es/energia/como-funcionan-las-baterias-de-plomo-acido/>

Cortazar, I. (2013). *Arquitectura bioclimática*. 5, 13.

*Danish Wind Industry Association*. (2023). <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/pictures/juul.htm>

Díaz Rodríguez, J., Pabón Fernández, L., & Pardo García, A. (2021). *SISTEMA HÍBRIDO DE ENERGÍA UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR Y RED ELÉCTRICA*. 9.

Dickson, M., & Fanelli, M. (2004). *¿Qué es la Energía Geotérmica?* 62.

*EcoInventos*. (2023). <https://ecoinventos.com/diferencia-paneles-solares-monocristalinos-policristalinos/>

*Energía eólica*. (2023).  
<https://sites.google.com/site/introalafisica4/assignments/energiaeolica?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>

*Energía para el futuro*. (2022, 11). <https://blogs.iadb.org/energia/es/cual-es-la-importancia-de-los-sistemas-hibridos-para-america-latina-y-el-caribe/>

*Energía Solar Fotovoltaica*. (s. f.). <https://cecu.es/laenergiaquenosune/index.php/energia-solar-fotovoltaica#:~:text=El%20efecto%20fotovoltaico%20fue%20descubierto,este%20se%20exp on%C3%ADa%20al%20sol>.

Eslava, A., & Olaya, J. (2015). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PANEL SOLAR MÓVIL AUTOMATIZADO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA* [CATÓLICA DE COLOMBIA].  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56220160/trabajo\\_de\\_grado\\_final-libre.pdf?1522700558=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTrabajo\\_de\\_grado\\_final.pdf&Expires=1677654250&Signature=C8oKKvBdGQ8eTqKlh1B-v--8~2uX9NvDA38AX~WLdfEXK90UWJ9wrD6ifbxeFW7UrziHBHg~GOv1NSXtloPKmYb7IibFJlyw3PbfLu3YrJ35PTSvduF26KmtZlwkJp9qzv4ARfgFy5mLVkfRG9pbSrV7NJE81R6aKR3bOEn55qG5roHZJjNymEZPFKlf1tM4ucPbhgtn6ZUxE5MdwXxVG7IEp6o-W6UbnqLprz2zd8m6cQYttnIDkhlTaC~9WOZ52aXViFX02JQBNH1EwyKlazculXNTIbHQsjlhCxa4~tz90C2Vvkq3BaHSJVWc6qcBkuZy5JatTdkmxiS0RzS8lxQ\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56220160/trabajo_de_grado_final-libre.pdf?1522700558=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTrabajo_de_grado_final.pdf&Expires=1677654250&Signature=C8oKKvBdGQ8eTqKlh1B-v--8~2uX9NvDA38AX~WLdfEXK90UWJ9wrD6ifbxeFW7UrziHBHg~GOv1NSXtloPKmYb7IibFJlyw3PbfLu3YrJ35PTSvduF26KmtZlwkJp9qzv4ARfgFy5mLVkfRG9pbSrV7NJE81R6aKR3bOEn55qG5roHZJjNymEZPFKlf1tM4ucPbhgtn6ZUxE5MdwXxVG7IEp6o-W6UbnqLprz2zd8m6cQYttnIDkhlTaC~9WOZ52aXViFX02JQBNH1EwyKlazculXNTIbHQsjlhCxa4~tz90C2Vvkq3BaHSJVWc6qcBkuZy5JatTdkmxiS0RzS8lxQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Estrada Gasca, C. A. (2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. *Revista Mexicana de Física*, 59(2), 75-84. Redalyc.

Fernández, D. (2021). *DISEÑO DE LA GEOMETRÍA DE LOS ÁLABES DE UN MINI AEROGENERADOR EÓLICO* [ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN].  
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/22016/435101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Florez, M. Pa. (s. f.). *Recursos naturales y energía. Antecedentes históricos*.  
<http://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/64279/45298-252689-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Fridleifsson, I. B. (2001). Geothermal energy for the benefit of the people. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5(3), 299-312. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(01\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(01)00002-8)
- García, J., & Carretero, A. (2022). *Gestión de la eficiencia energética: Cálculo del consumo, indicadores y mejora*. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40723065/6-aenor\\_50001-libre.pdf?1449784301=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3D6\\_aenor\\_50001.pdf&Expires=1670512183&Signature=O9v2BJFM~3~zADhIFYCWw7jQL9DJyc9WlxGU~UbP9DjFdn4cs0ogDqh64M0pdmm9Ro0wVvQ~wHoLba1YVdfzyz1xuqBhpdBAwK7Dml7L93-7ptCWe3gXEg2Mw3HjgwjL5bu~Uo0ZYqdXAEF5ah-SrggeJmQbiUcRy6EU0haWUC~PwfvhrSNHnNaubUi~OSRI2qGgO-9Kg6bo5AQJMjY1jYzO9BGuu3JaZb5iYxuTB9X1uT8hc9upC9I592yJBs65hctcKkV-tX6u-an~7whvs388inqUhVPhhw0tkRCZwwxTRReXx43sTd01AAwg0WrmXzEPI-9-sxyFuK2QSVHQ\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40723065/6-aenor_50001-libre.pdf?1449784301=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3D6_aenor_50001.pdf&Expires=1670512183&Signature=O9v2BJFM~3~zADhIFYCWw7jQL9DJyc9WlxGU~UbP9DjFdn4cs0ogDqh64M0pdmm9Ro0wVvQ~wHoLba1YVdfzyz1xuqBhpdBAwK7Dml7L93-7ptCWe3gXEg2Mw3HjgwjL5bu~Uo0ZYqdXAEF5ah-SrggeJmQbiUcRy6EU0haWUC~PwfvhrSNHnNaubUi~OSRI2qGgO-9Kg6bo5AQJMjY1jYzO9BGuu3JaZb5iYxuTB9X1uT8hc9upC9I592yJBs65hctcKkV-tX6u-an~7whvs388inqUhVPhhw0tkRCZwwxTRReXx43sTd01AAwg0WrmXzEPI-9-sxyFuK2QSVHQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Geep Solar. (2023). <https://geepsolar.com/2020/10/05/sistemas-hibridos/>
- Gheorghe, S., Golovanov, N., Lazaroiu, G.-C., & Porumb, R. (2017). Smart Grid, Integration of Renewable Sources and Improvement of Power Quality. *2017 21st International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS)*, 641-645. <https://doi.org/10.1109/CSCS.2017.98>
- Gonzales, A., & Velarde, H. (2017, diciembre). *New energy indicators for tropical hotel Nuevos índices de consumo energético para hoteles tropicales*. 38. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012017000300005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000300005)
- Gonzales, R. (2019). *Propuesta de un Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico para el Hotel Santa Clara Libre*. Central «Marta Abreu» de las Villas.
- Gonzalez, C., Perez, R., Vasquez, C., & Araujo-Suárez, G. A. (2014). *Eficiencia Energética. Uso Racional de la Energía Eléctrica en el Sector Administrativo*.

- Google Maps. (2023, 01). <https://www.google.com.ec/maps/@-2.8751932,-79.0252562,78m/data=!3m1!1e3?hl=es>
- Grainger. (2023). [https://www.grainger.com/product/26KG84?cm\\_mmc=PPC:Google-\\_-GlobalExport-\\_-EC-\\_-Acquisition-\\_-2020012&gclid=Cj0KCQiA6fafBhC1ARIsAIjL8IYClfrG6Lp96oiwDa0hEvfYeN3KevvPCVj4GbHHiI91Z-4bHxrIlaAgpREALw\\_wcB](https://www.grainger.com/product/26KG84?cm_mmc=PPC:Google-_-GlobalExport-_-EC-_-Acquisition-_-2020012&gclid=Cj0KCQiA6fafBhC1ARIsAIjL8IYClfrG6Lp96oiwDa0hEvfYeN3KevvPCVj4GbHHiI91Z-4bHxrIlaAgpREALw_wcB)
- Guerra, L. (2013). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO/ECONÓMICA DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ESCUELAS DE QUINCHAO* [Tesis, Chile]. [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115291/cf-guerra\\_lb.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115291/cf-guerra_lb.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Guillot Fula, J. (2015). *Estudio Sobre el Abastecimiento Constante de Energía Eólica*. 3(2). <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/2028>
- HelioEsfera. (2023). <https://www.helioesfera.com/la-radiacion-solar/>
- Hiriart, G. (2011). *Evaluación de la Energía Geotérmica en México*. 167.
- HOGARSENSE. (2023). <https://www.hogarsense.es/calefaccion/geotermia>
- Homer Pro. (2023). [Homer Pro].
- Icaza, D. (s. f.). *Optimal location of the wind turbine and socio-techno-economic analysis of an insolated airplane-type organic building based on a photovoltaic/hydrokinetic/battery*. 44.
- Icaza, D., Jurado, F., & Tostado, M. (2022). *Building Interesting Energy Conversion and Management*. 47.
- Irradiancia e Irradiación Solar*. (2022). <https://www.areatecnologia.com/electricidad/irradiancia-irradiacion.html>
- Javadi, M. S., Gough, M., Lotfi, M., Nezhad, A. E., Santos, S. F., & Catalão, J. P. S. (2020). Optimal self-scheduling of home energy management system in the presence of photovoltaic power generation and batteries. *Energy*, 210, 118568. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118568>

- Jurasz, J., Canales, F. A., Kies, A., Guezgouz, M., & Beluco, A. (2020). A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions. *Solar Energy*, *195*, 703-724. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.087>
- Kabeel, A. E., Khalil, A., Shalaby, S. M., & Zayed, M. E. (2016). Experimental investigation of thermal performance of flat and v-corrugated plate solar air heaters with and without PCM as thermal energy storage. *Energy Conversion and Management*, *113*, 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.01.068>
- Kaplani, E., & Kaplanis, S. (2012). A stochastic simulation model for reliable PV system sizing providing for solar radiation fluctuations. *Applied Energy*, *97*, 970-981. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.12.016>
- Laguna Monroy, I. (s. f.). *La generación de energía eléctrica y el ambiente*. 62.
- Leonforte, F., Miglioli, A., Del Pero, C., Aste, N., Cristiani Nicolo, Groci, L., & Besagni, G. (2022). *Applied Thermal Engineering*. 21.
- Linares Llamas, P. (2009, marzo 1). *Eficiencia energetica y medio ambiente*.
- López, A. (s. f.). *CHARLES FRITTS, EL DESCONOCIDO INVENTOR DE LOS PANELES SOLARES*. <https://www.sacyr.com/-/charles-fritts-el-desconocido-inventor-de-los-paneles-solares>
- López, M. V. (2012). *Ingeniería de la energía eólica*. Marcombo. [https://books.google.es/books?id=GW\\\_jEgJJSdcC](https://books.google.es/books?id=GW\_jEgJJSdcC)
- Mands, E., Sanner, B., Mands, Ub. G. D. E., & Sauer, D.-G. M. (2010). Energía geotérmica a poca profundidad. *Alemania, Editorial UbeG*.
- Manuales sobre energía renovable* (1.ª ed.). (2022). <http://www.ingenieroambiental.com/2050/Manual%20Energia%20Eolica.pdf>
- Manzano-Agugliaro, F., Alcayde, A., Montoya, F. G., Zapata-Sierra, A., & Gil, C. (2013). Scientific production of renewable energies worldwide: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *18*, 134-143. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.020>

Marzolf, N. (2014). *EMPRENDIMIENTO DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA EN COLOMBIA* (Vol. 86).

[https://www.researchgate.net/profile/Natacha-](https://www.researchgate.net/profile/Natacha-Marzolf/publication/283328511_Emprendimiento_de_la_Energia_Geotermica_en_Colombia/links/5633d51208aeb786b7013c01/Emprendimiento-de-la-Energia-Geotermica-en-Colombia.pdf)

[Marzolf/publication/283328511\\_Emprendimiento\\_de\\_la\\_Energia\\_Geotermica\\_en\\_Colombia/links/5633d51208aeb786b7013c01/Emprendimiento-de-la-Energia-Geotermica-en-Colombia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Natacha-Marzolf/publication/283328511_Emprendimiento_de_la_Energia_Geotermica_en_Colombia/links/5633d51208aeb786b7013c01/Emprendimiento-de-la-Energia-Geotermica-en-Colombia.pdf)

Masud, M. H., Joardder, M. U. H., & Karim, M. A. (2019). Effect of hysteresis phenomena of cellular plant-based food materials on convection drying kinetics. *Drying Technology*, 37(10), 1313-1320. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1498508>

*Matlab*. (2023).

*Mercado Libre*. (2023). [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-592963376-inversor-de-corriente-inteligente-ac-425w-marca-wagan-3706-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-592963376-inversor-de-corriente-inteligente-ac-425w-marca-wagan-3706-_JM)

Miñana García, C. (2021). *Análisis de la eficiencia térmica de intercambiadores geotérmicos horizontales planos con diferentes tipos de relleno*.

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/171078/Minana%20-](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/171078/Minana%20-%20Analisis%20de%20la%20eficiencia%20termica%20de%20intercambiadores%20geotermicos%20horizontales%20planos%20co....pdf?sequence=1)

[%20Analisis%20de%20la%20eficiencia%20termica%20de%20intercambiadores%20geotermicos%20horizontales%20planos%20co....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/171078/Minana%20-%20Analisis%20de%20la%20eficiencia%20termica%20de%20intercambiadores%20geotermicos%20horizontales%20planos%20co....pdf?sequence=1)

Molina, M. (2020). *La producción y el consumo de energía eléctrica en España*.

[file:///C:/Users/HP/Downloads/asuncion,+Gestor\\_a+de+la+revista,+GEOGRAPHICALIA+1+MOLINA.pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/asuncion,+Gestor_a+de+la+revista,+GEOGRAPHICALIA+1+MOLINA.pdf)

Montoya, C. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*. 100.

Morangues, J., & Rapallini, A. (2022, diciembre 1). *Energía Eólica*. 22.

Municipio de Cuenca. (2022, mayo 18). Geo Portal. <https://ide.cuenca.gob.ec/geoportal-web/viewer.jsf>

*National Renewable Energy Laboratory*. (2022, 11). <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36286.pdf>

Nieves, A. A. (2011). *Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica*. Publicaciones Vértice SL. <https://books.google.com.ec/books?id=M4dKOSxvbYEC>

Ortiz, F., & Cáceres, P. (2015). *Generación de Energía Eólica por la Empresa Blue Power & Energy S.A.*

9.

*Partes del aerogenerador.* (2017, agosto 25). <https://www.partesdel.com/aerogenerador.html>

Pérez, O. D. (2009). *ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, UTILIZANDO AMPOLLETAS DE BAJO CONSUMO Y ALIMENTADO POR PANELES FOTOVOLTAICOS* [Austral de Chile].

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis\\_de\\_paneles\\_solares-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis_de_paneles_solares-libre.pdf?1516065692=&response-content-)

[libre.pdf?1516065692=&response-content-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis_de_paneles_solares-libre.pdf?1516065692=&response-content-)

[disposition=inline%3B+filename%3DTesis\\_de\\_paneles\\_solares.pdf&Expires=1670532889&Si](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis_de_paneles_solares-libre.pdf?1516065692=&response-content-)

[gnature=cqoqwdELer~QxB1nAEzY9gHWu1hkAJmGT2FbbXDKRliel7u8vXy~Fp9GbDswFvXrfA2](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis_de_paneles_solares-libre.pdf?1516065692=&response-content-)

[7gHy5gs8ib8r-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis_de_paneles_solares-libre.pdf?1516065692=&response-content-)

[IEH0nHA4CoXLSEHdxjl4e1OCxZPfGpd02dtYcxs4bxaoWoqrzU8QXOrgbuKUGKAhHRCFo7Vm5N](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis_de_paneles_solares-libre.pdf?1516065692=&response-content-)

[qmX~qcFFmXSrFsGVAfKqqpk~YUs7kZJ41RaqAboklvWKzy7610y3xvql7fo4J2ay~fWh5uUnc54u](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis_de_paneles_solares-libre.pdf?1516065692=&response-content-)

[DjnCHwDm~sU70WaNAsmYRKGsCp9vL2GQjfRopHc46KKpub4Ja1rDYIWA04iire7lwAIKqrsK-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis_de_paneles_solares-libre.pdf?1516065692=&response-content-)

[wo8mYf-Y0o2Pyz2nlq6Te4h0n5-LHICXFVLF2fQ\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55547635/tesis_de_paneles_solares-libre.pdf?1516065692=&response-content-)

Pisco Vanegas, J., & Torres Quijije, Á. I. (2021). *Diseño de un sistema Híbrido aislado para abastecer a la hacienda Quirola.* <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n2/2218-3620-rus-13-02-311.pdf>

Ponce Jara, M. A. (2019). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA Y LAS SMART GRID COMO MODELO PARA DIVERSIFICAR LA MATRIZ ENERGÉTICA DE ECUADOR* [TECNOLOGÍAS

INDUSTRIALES]. <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-TecInd->

[Maponce/PONCE\\_JARA\\_\\_Marcos\\_Antonio\\_Tesis.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/tesisuned:ED-Pg-TecInd-)

*Pro Viento S.A.* (2023, 01). <https://proviento.com.ec/aerogeneradores/69-aerogenerador-600w24vdc.html>

*¿Qué es y cómo funciona un inversor de corriente?* (2020, diciembre 21).

<https://solarplak.es/energia/que-es-y-como funciona-un-inversor-de-corriente/>

*Recargable Solar de plomo ácido de batería de gel para off-grid/Híbrido Sistema Solar.* (2023, 01).

[https://es.made-in-china.com/co\\_pnsolarpv/product\\_12V-150ah-Lead-Acid-Solar-Rechargeable-Gel-Battery-for-off-Grid-Hybrid-Solar-System\\_oinosuugg.html](https://es.made-in-china.com/co_pnsolarpv/product_12V-150ah-Lead-Acid-Solar-Rechargeable-Gel-Battery-for-off-Grid-Hybrid-Solar-System_oinosuugg.html)

Rocabert, J., Busquets, S., & Dordonau, J. (2022). *Sistema Autónomo de Generación de Energía Renovable.* 6.

Romero, S. (2023, enero 2). *¿Qué es la eficiencia energética y cómo se calcula?*

<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-eficiencia-energetica-y-como-se-calcula/>

Schallenberg, J., Piernaviejo, G., & Hernández, C. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética* (1.ª ed.). <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/1459>

Shigenobu, R., Nakadomari, A., Hong, Y.-Y., Mandal, P., Takahashi, H., & Senjyu, T. (2020).

Optimization of Voltage Unbalance Compensation by Smart Inverter. *Energies*, 13(18).

<https://doi.org/10.3390/en13184623>

*Sistema Híbrido.* (2019, junio 24). <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/sistema-hibrido/>

Style, O., & Grove, R. (2012). *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo.* Itaca Appropriate Technology.

<https://books.google.es/books?id=cNJB5tdbcJ0C>

Thibaud, & Roberts. (2015). *Proyecto de un Sistema Híbrido de Generación con Energías Renovables para un Establecimiento Rural Aislado.* 9.

Tostado, M., Leon - Japa, R., & Jurado, F. (2021, septiembre 15). *Applied Energy*. 298(2021), 14.

Tostado-Véliz, M., Icaza-Alvarez, D., & Jurado, F. (2021). A novel methodology for optimal sizing

photovoltaic-battery systems in smart homes considering grid outages and demand

response. *Renewable Energy*, 170, 884-896. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.006>

Trojan, M. (2014). One-Dimensional, Steady-State Heat Conduction. En R. B. Hetnarski (Ed.),

*Encyclopedia of Thermal Stresses* (pp. 3483-3498). Springer Netherlands.

[https://doi.org/10.1007/978-94-007-2739-7\\_401](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2739-7_401)

Urbano Arcila, P. (2021). *METODOLOGÍA Y SOFTWARE PARA LA OPTIMIZACIÓN MULTICRITERIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGÍA* [De Ciencias y Artes de Chiapas].

<https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4457>

Vargas, C. (s. f.). *Sobre la problemática Energética*. 13.

*VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS DE PLOMO ÁCIDO Y LITIO*. (2021, mayo 15).

<https://vtpower.es/blog/2021/05/15/ventajas-y-desventajas-de-las-baterias-de-plomo-acido-y-litio/>

*Weather Spark*. (2022, 11). <https://es.weatherspark.com/y/19348/Clima-promedio-en-Cuenca-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Yoshida, Y., & Farzaneh, H. (2020, 04). *Optimal Design of a Stand-Alone Residential Hybrid Microgrid System for Enhancing Renewable Energy Deployment in Japan*.

<https://doi.org/10.3390/en13071737>

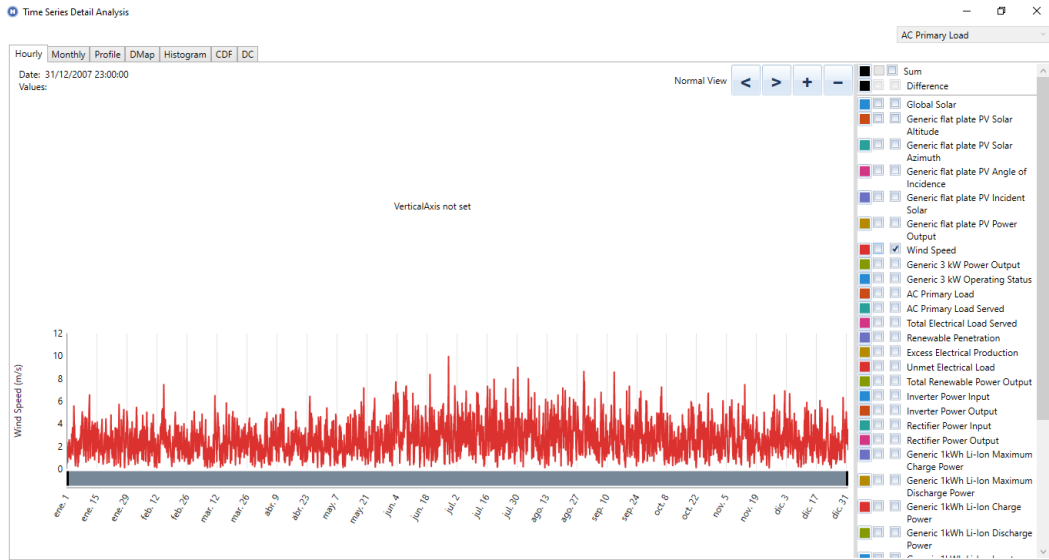
Zhang, J., & Gursoy, M. C. (2012). The impact of renewable energy resources on demand response management in a smart grid. *2012 IEEE 13th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC)*, 475-479.

<https://doi.org/10.1109/SPAWC.2012.6292953>

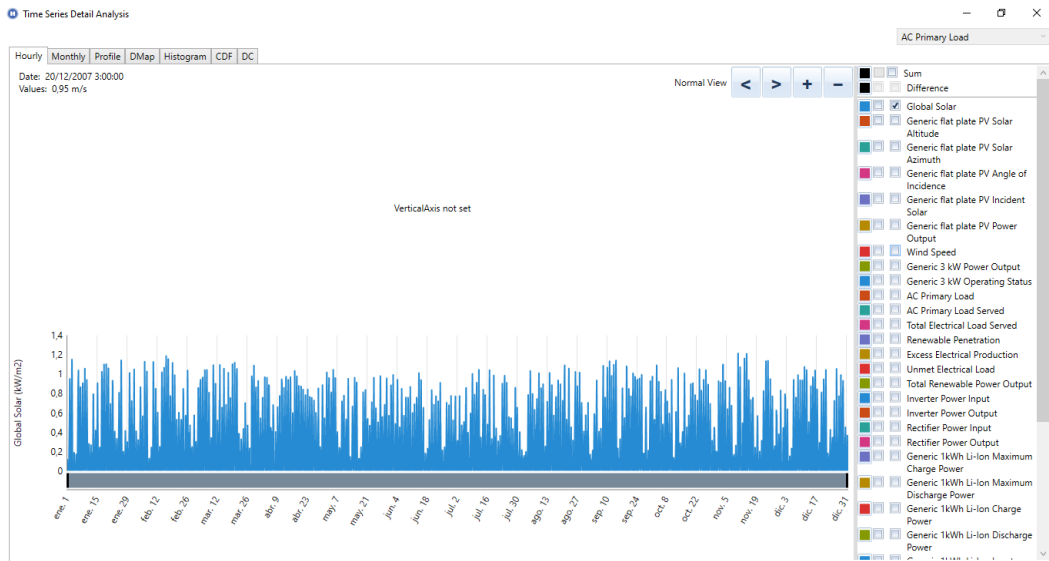
## **ANEXOS**

### **Anexo 1: Resultados obtenidos de “Homer PRO”**

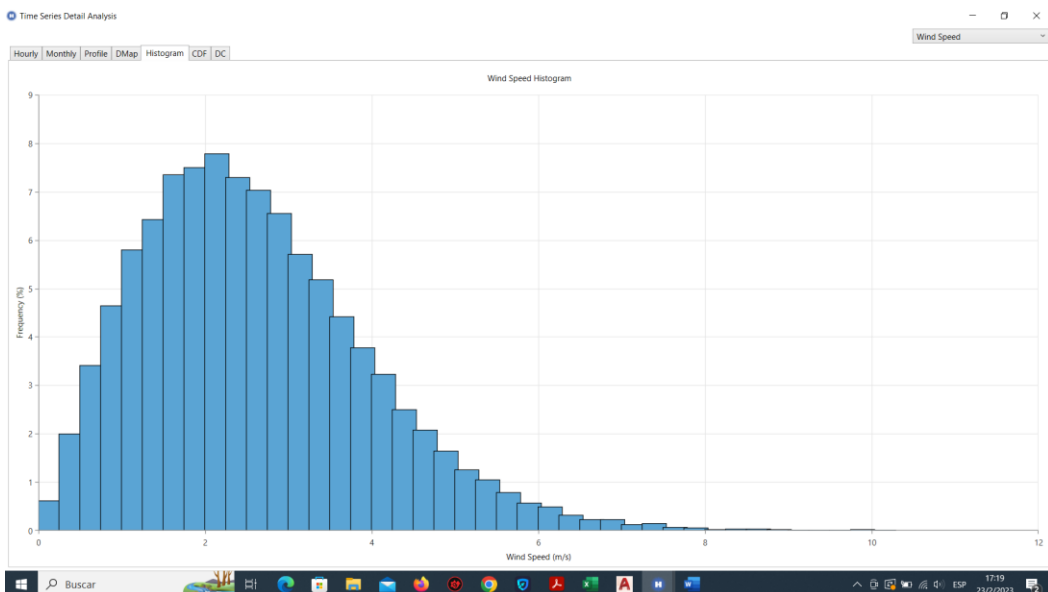
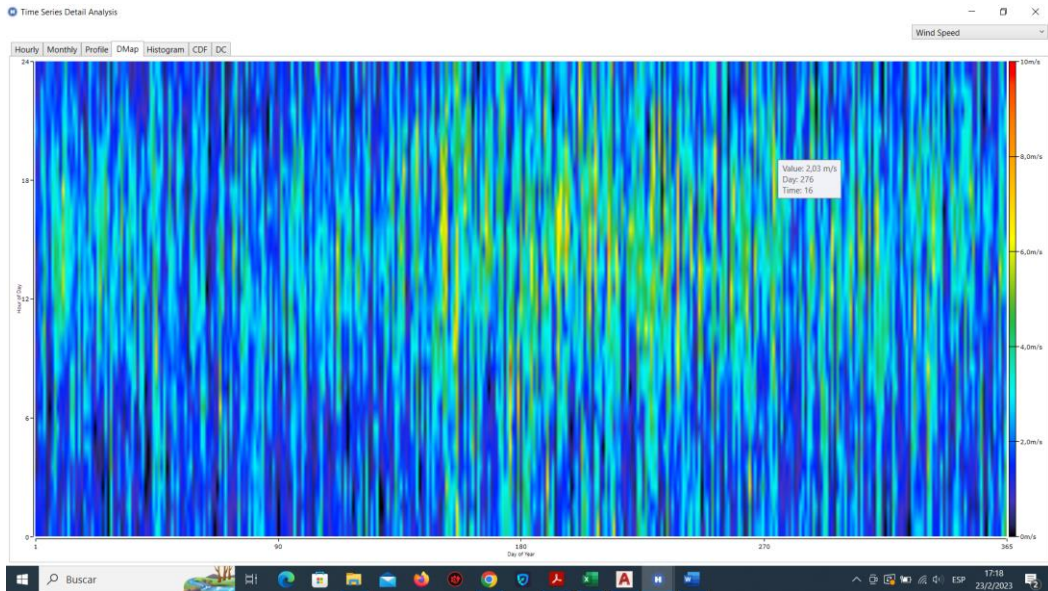
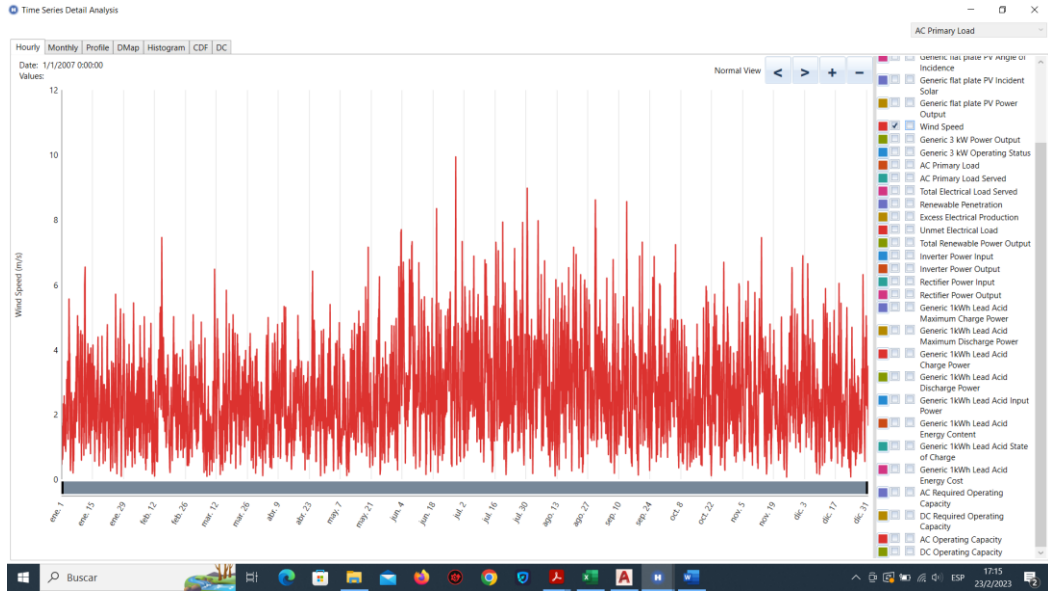
## VELOCIDAD DEL VIENTO



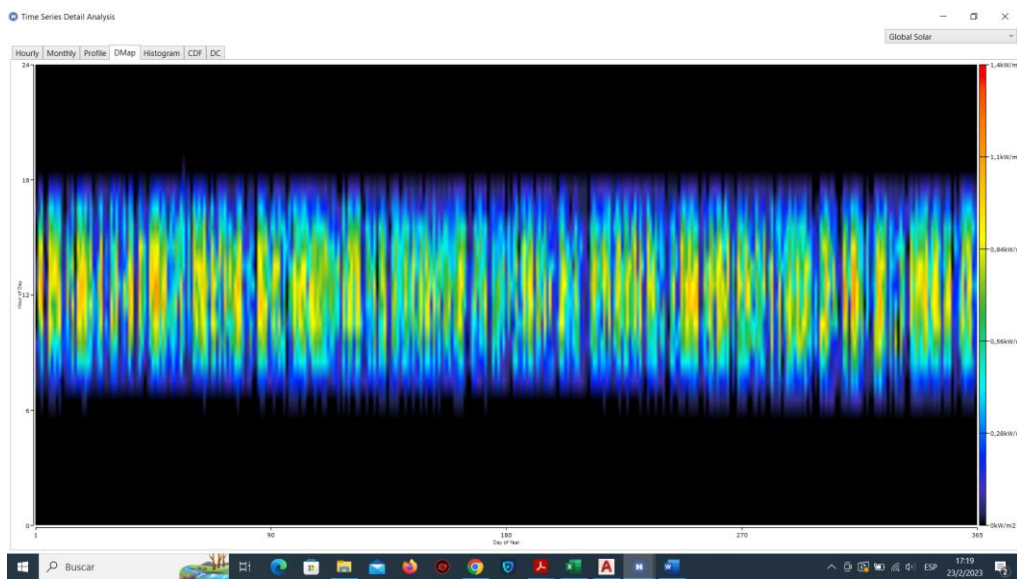
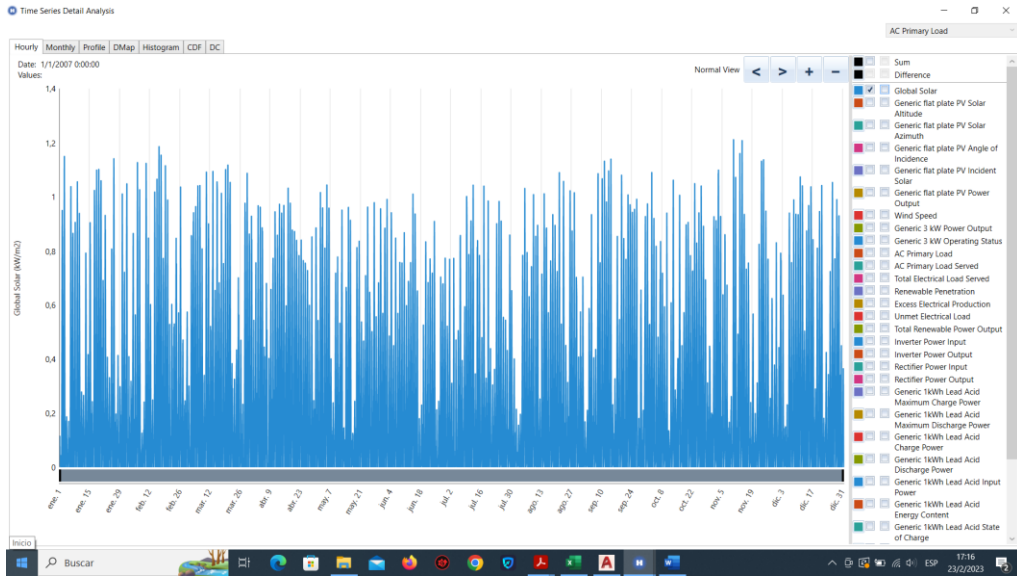
## Radiación Solar

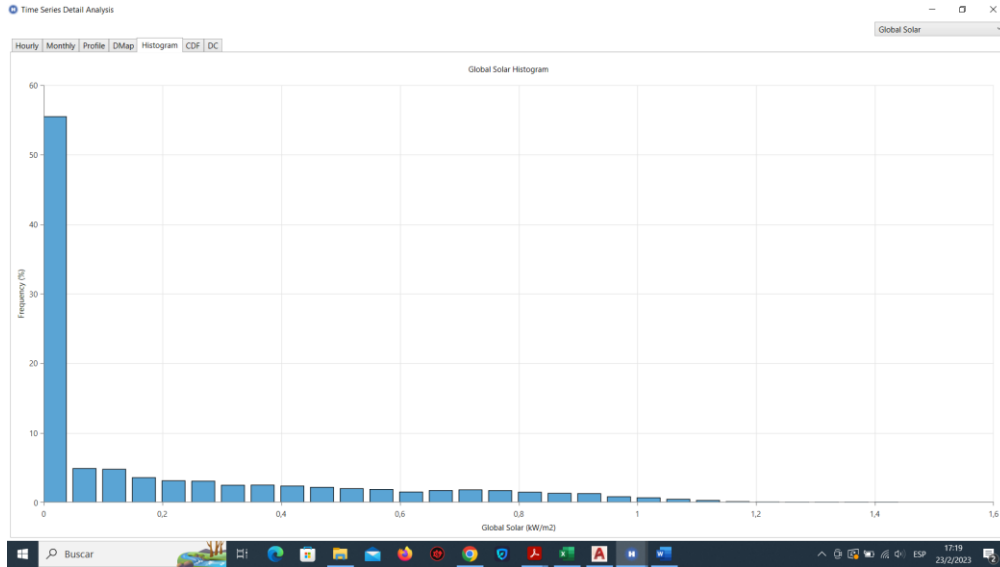


## Velocidad del viento



# SOLAR GLOBAL





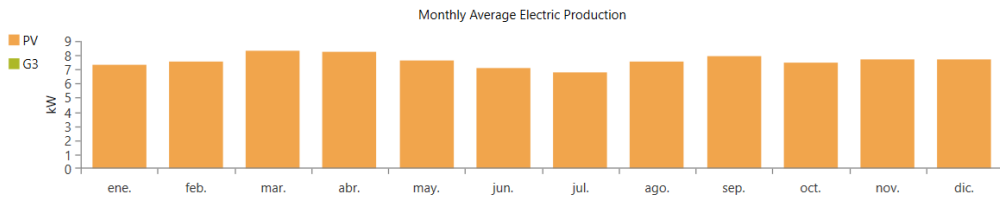
## RESULTADOS ELECTRICOS

Production	kWh/yr	%
Generic flat plate PV	66.419	99,8
Generic 3 kW	126	0,190
Total	66.545	100

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	30.284	100
DC Primary Load	0	0
Total	30.284	100

Quantity	kWh/yr	%
Excess Electricity	30.626	46,0
Unmet Electric Load	10,9	0,0361
Capacity Shortage	29,1	0,0962

Quantity	Value
Renewable Fraction	100
Max. Renew. Penetration	2.847



## PENETRACION RENOVABLE

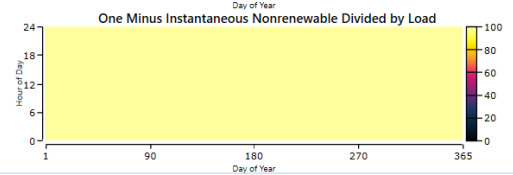
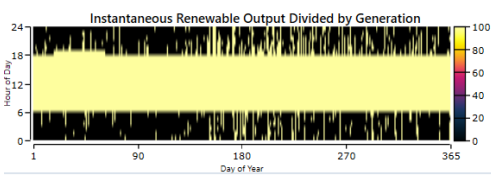
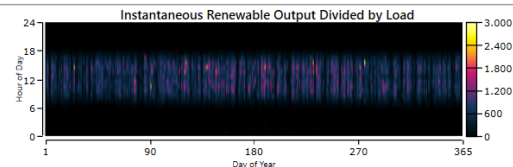
Emissions

Cost Summary | Cash Flow | Compare Economics | Electrical | Renewable Penetration | Generic 1kWh Lead Acid | Generic flat plate PV | Generic 3 kW | System Converter

Capacity-based metrics	Value	Units
Nominal renewable capacity divided by total nominal capacity	100	%
Usable renewable capacity divided by total capacity	100	%

Energy-based metrics	Value	Units
Total renewable production divided by load	220	%
Total renewable production divided by generation	100	%
One minus total nonrenewable production divided by load	100	%

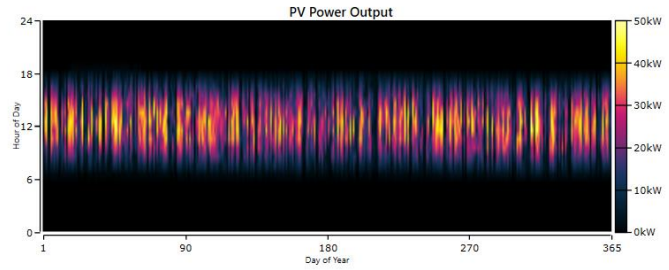
Peak values	Value	Units
Renewable output divided by load (HOMER standard)	2.847	%
Renewable output divided by total generation	100	%
One minus nonrenewable output divided by total load	100	%



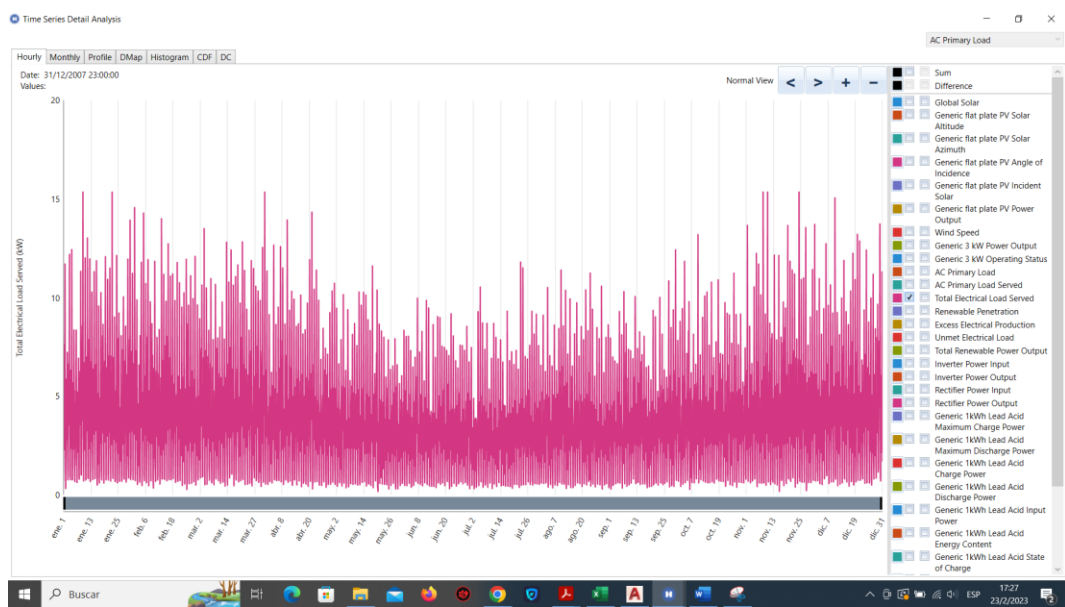
## PANELES

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	49,8	kW
Mean Output	7,58	kW
Mean Output	182	kWh/d
Capacity Factor	15,2	%
Total Production	66.419	kWh/yr

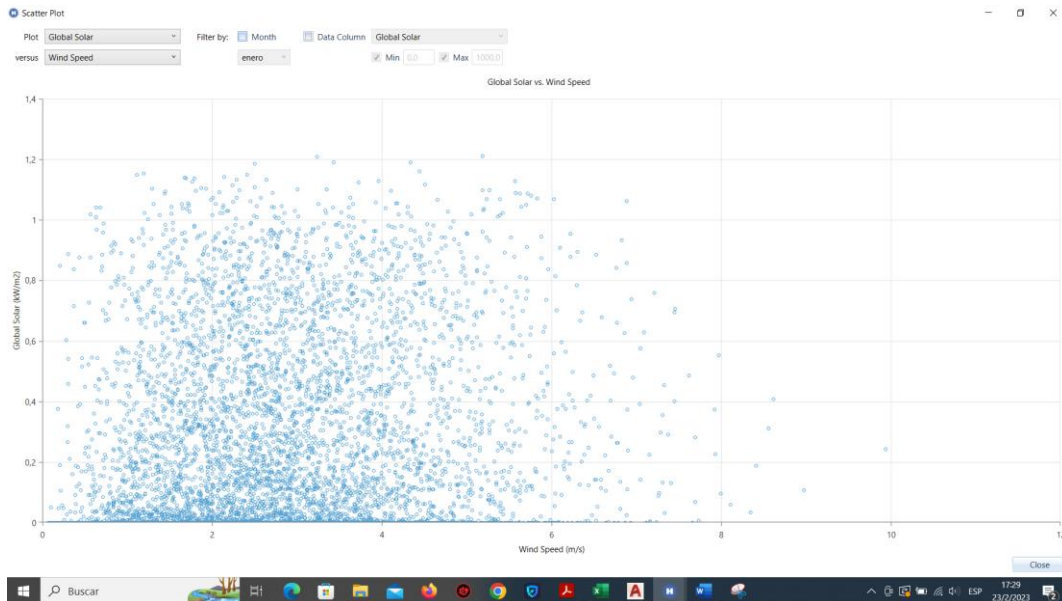
Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	47,5	kW
PV Penetration	219	%
Hours of Operation	4.425	hrs/yr
Levelized Cost	0,0147	\$/kWh



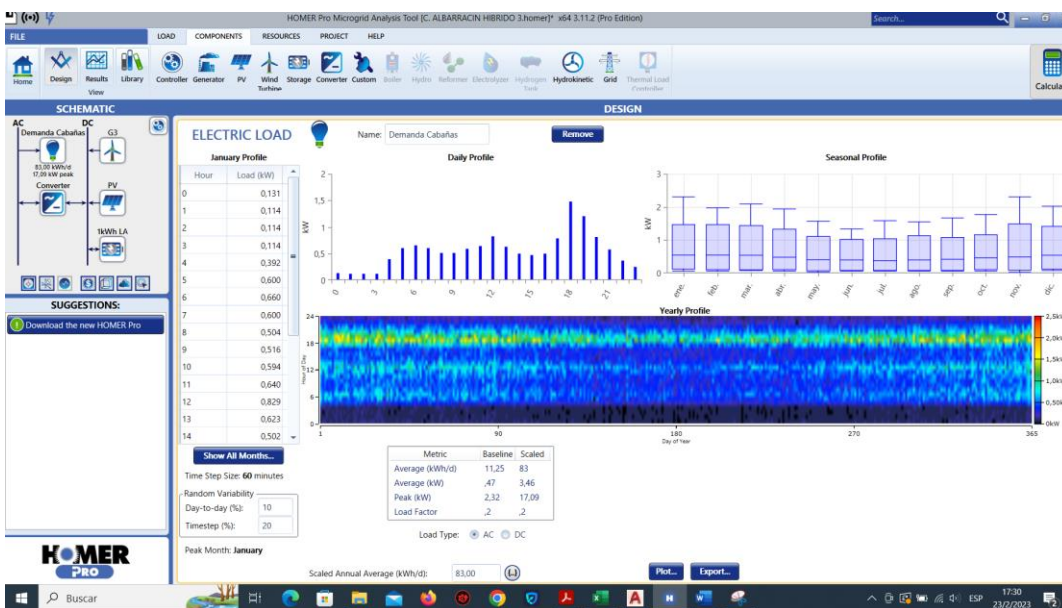
TOTAL, CARGA ELECTRICA

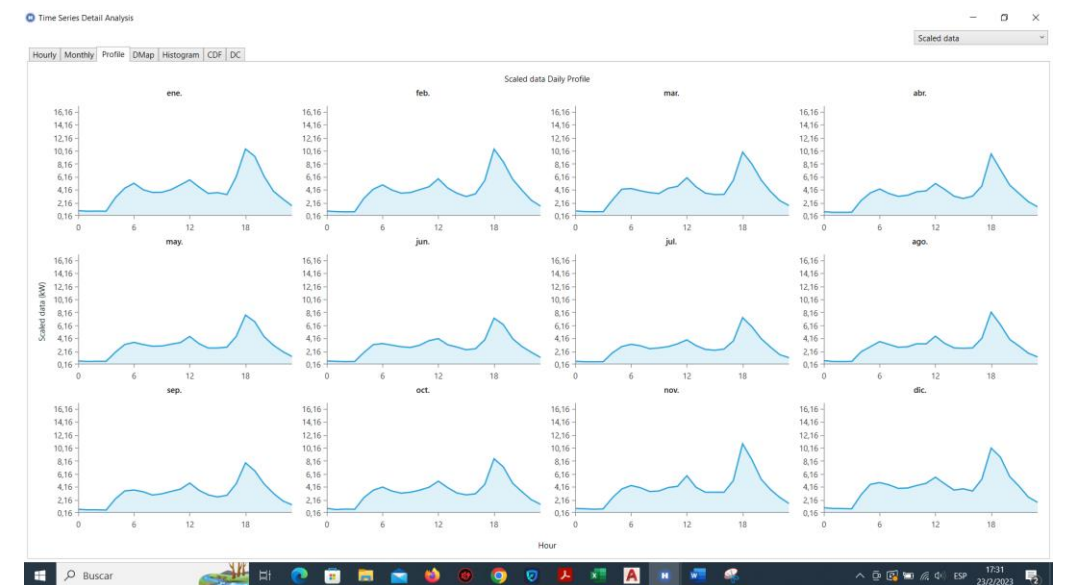
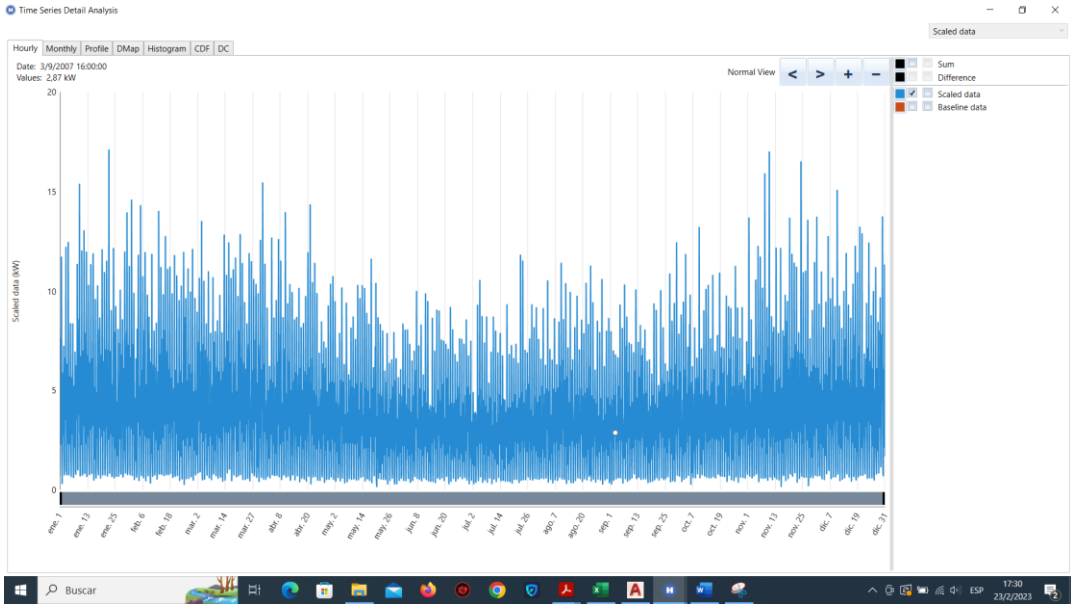


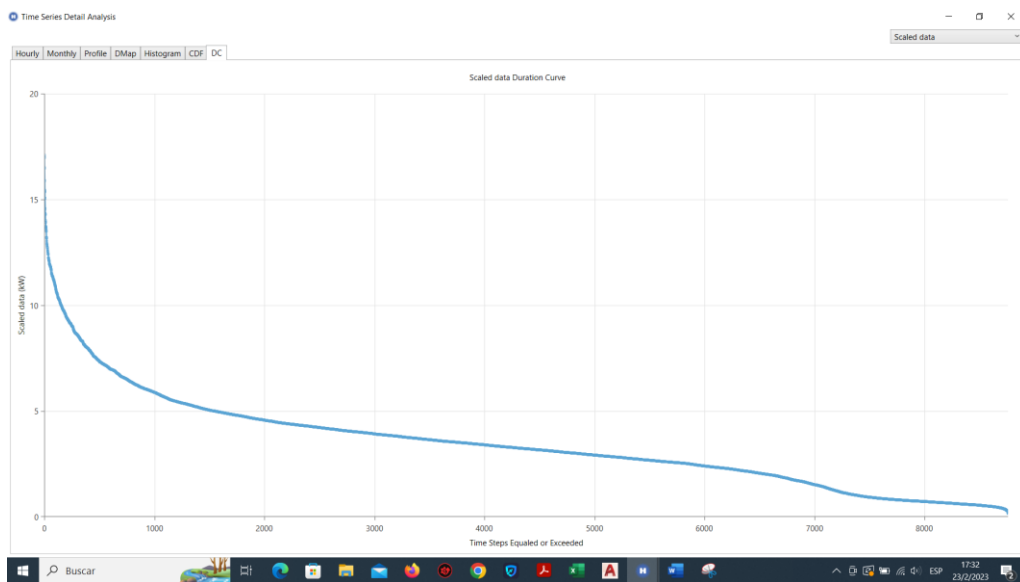
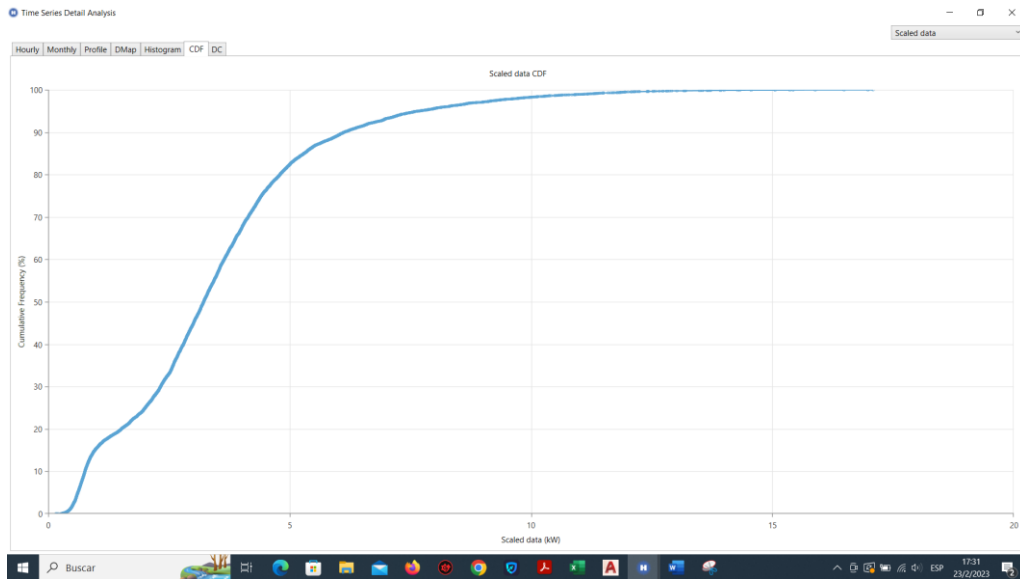
SOLAR GLOBAL VS VELOCIDAD DEL VIENTO



## DEMANDA CABAÑAS







RECURSOS SOLAR GHI (RADIACION SOLAR HORIZONTAL)

HOMER Pro Microgrid Analysis Tool [C:\ALBARRACIN HIBRIDO 3\homer\* x64 3.11.2 (Pro Edition)]

FILE LOAD COMPONENTS RESOURCES PROJECT HELP

Home Design Results Library Solar GHI Solar DNI Wind Temperature Fuels Hydrokinetic Hydro Biomass Custom Calculate

SCHMATIC DESIGN

AC DC G3

Demanda Cabaltes 12.35 kWes 17.00 kW peak

Converter PV 10kW LA

SUGGESTIONS: Download the new HOMER Pro

### SOLAR GHI RESOURCE

Choose Data Source:  Enter monthly averages  Import from a time series data file or the library

Download From Internet... Import... Import and Edit... Library:

Monthly Average Solar Global Horizontal Irradiance (GHI) Data

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m <sup>2</sup> /day)
enero	0.434	4,490
febrero	0.434	4,590
marzo	0.479	5,040
abril	0.488	4,910
mayo	0.481	4,510
junio	0.465	4,180
julio	0.439	4,010
agosto	0.463	4,500
septiembre	0.461	4,740
octubre	0.430	4,510
noviembre	0.456	4,720
diciembre	0.460	4,710

Downloaded at 22/2/2023 22:10:26 from:  
NASA Surface meteorology and Solar Energy database.  
Global horizontal radiation, monthly averaged values over 22 year period (July 1983 - June 2005).  
CellNumber: 87100  
CellDimensions: 1 degree x 1 degree  
CellMidpointLatitude: -2.5  
CellMidpointLongitude: -79.5

Annual Average (kWh/m<sup>2</sup>/day): 4.58

Scaled Annual Average (kWh/m<sup>2</sup>/da): 4.58 Plot... Export...

### SOLAR GHI RESOURCE

Choose Data Source:  Enter monthly averages  Import from a time series data file or the library

Download From Internet... Import... Import and Edit... Library:

Monthly Average Solar Global Horizontal Irradiance (GHI) Data

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m <sup>2</sup> /day)
enero	0.434	4,490
febrero	0.434	4,590
marzo	0.479	5,040
abril	0.488	4,910
mayo	0.481	4,510
junio	0.465	4,180
julio	0.439	4,010
agosto	0.463	4,500
septiembre	0.461	4,740
octubre	0.430	4,510
noviembre	0.456	4,720
diciembre	0.460	4,710

Downloaded at 22/2/2023 22:10:26 from:  
NASA Surface meteorology and Solar Energy database.  
Global horizontal radiation, monthly averaged values over 22 year period (July 1983 - June 2005).  
CellNumber: 87100  
CellDimensions: 1 degree x 1 degree  
CellMidpointLatitude: -2.5  
CellMidpointLongitude: -79.5

Annual Average (kWh/m<sup>2</sup>/day): 4.58

Scaled Annual Average (kWh/m<sup>2</sup>/da): 4.58 Plot... Export...

## VELOCIDAD DEL VIENTO

### WIND RESOURCE

Choose Data Source:  Enter monthly averages  Import from a time series data file or the library

Download From Internet... Import... Import and Edit... Library:

Monthly Average Wind Speed Data

Month	Average (m/s)
enero	2,290
febrero	2,230
marzo	2,160
abril	2,200
mayo	2,340
junio	3,080
julio	3,190
agosto	3,050
septiembre	2,800
octubre	2,570
noviembre	2,550
diciembre	2,460

Downloaded at 22/2/2023 22:10:26 from:  
NASA Surface meteorology and Solar Energy database.  
Wind speed at 50m above the surface of the earth for terrain similar to airports, monthly averaged values over 10 year period (July 1983 - June 1993).  
CellNumber: 87100  
CellDimensions: 1 degree x 1 degree  
CellMidpointLatitude: -2.5  
CellMidpointLongitude: -79.5  
AnemometerHeight: 50

Parameters Variation With Height Advanced Parameters

Altitude above sea level (m): 0

Anemometer height (m): 50

Annual Average (m/s): 2.58

Scaled Annual Average (m/s): 2.58 Plot... Export...

## UBICACIÓN

HOMER Pro Microgrid Analysis Tool [C: ALBARRACIN HIBRIDO 3.homer]\* x64 3.11.2 (Pro Edition)

FILE LOAD COMPONENTS RESOURCES PROJECT HELP

Home Design Results Library Electric #1 Electric #2 Deferrable Thermal #1 Thermal #2 Hydrogen

Calculate

SCHEMATIC DESIGN

AC Demanda Cabañas DC EG3

87.20 kWh/d  
17.28 kWh/week  
Convertir  
PV  
1kW/LA

SUGGESTIONS:

- Model does not match results
- Download the new HOMER Pro

**Name:** Sistema Eléctrico Híbrido Eólico Fotovoltaico.  
**Author:** Carlos Felipe Albarracín Sancán.  
**Description:** Diseño de un Sistema híbrido fotovoltaico y microturbinas eólicas para abastecimiento de energía eléctrica residencial (cabañas de descanso). Ubicado en la parroquia Sincay perteneciente a la Provincia del Azuay - Ecuador.  
**Datos de consumo de todo el sistema:**  
 6900 W  
 $Wh = 6900W \times 12 h = 82800 Wh$   
 Total kWh del sistema= 82.8 kWh/d

Discount rate (%): 8,00  
 Inflation rate (%): 2,00  
 Annual capacity shortage (%): 0,00  
 Project lifetime (years): 25,00

4KGF+3V Cuenca, Ecuador ( 2°52,5' S, 79°1,5' W )

02° 52' 29.30" S 79° 01' 34.79" W

Location Search

(UTC-05:00) Bogotá, Lima, Quito

Got questions?  
Check out the HOMER KnowledgeBase

HOMER PRO

Windows Taskbar: Buscar, 17:37 23/2/2023

## Anexo 2: Reporte de la aplicación “Homer PRO”



### System Simulation Report

[www.homerenergy.com](http://www.homerenergy.com)

**File:** HIBRIDO.4.homer

**Author:** Carlos Albarracin

**Location:** 4XGF+3V Cuenca, Ecuador (2°52,5'S, 79°1,5'W)

**Total Net Present Cost:** \$96.288,16

**Levelized Cost of Energy (\$/kWh):** \$0,296

**Notes:** Diseño de un Sistema híbrido fotovoltaico y microturbinas eólicas para abastecimiento de energía eléctrica residencial.

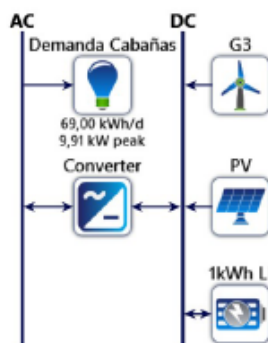
Potencia instalada 6900W

Potencia en sistema renovable 6900W x 10h= 69kWh/d

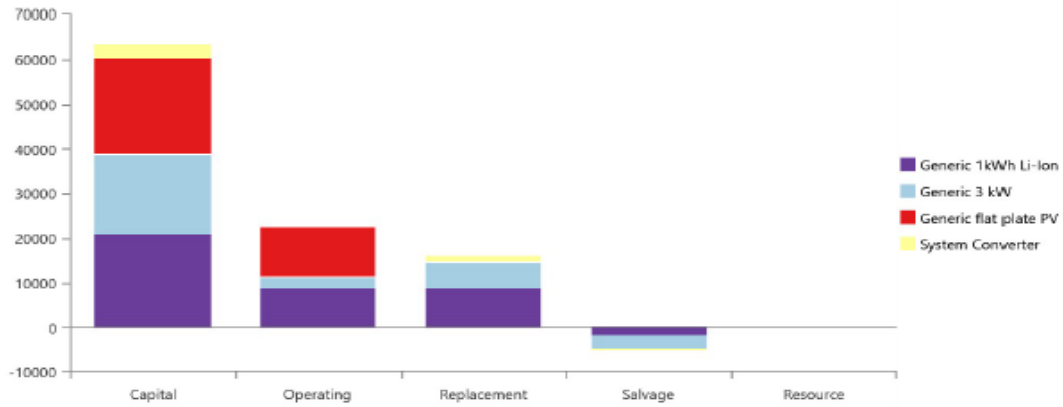
### System Architecture

Component	Name	Size	Unit
PV	Generic flat plate PV	84,4	kW
Storage	Generic 1kWh Li-Ion	70	strings
Wind turbine	Generic 3 kW	1	ea.
System converter	System Converter	10,4	kW
Dispatch strategy	HOMER Cycle Charging		

### Schematic



### Cost Summary



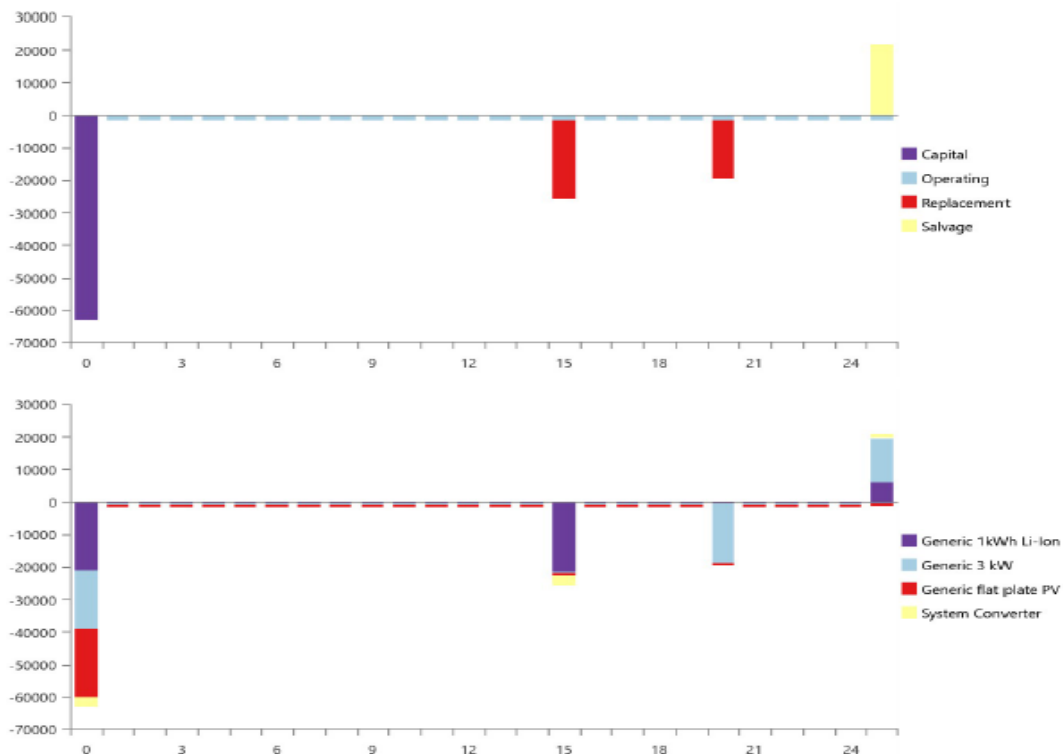
### Net Present Costs

Name	Capital	Operating	Replacement	Salvage	Resource	Total
Generic 1kWh Li-Ion	\$21,000	\$9,049	\$8,910	-\$1,677	\$0,00	\$37,282
Generic 3 kW	\$18,000	\$2,327	\$5,739	-\$3,234	\$0,00	\$22,831
Generic flat plate PV	\$21,090	\$10,906	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$31,995
System Converter	\$3,109	\$0,00	\$1,319	-\$248,22	\$0,00	\$4,179
<b>System</b>	<b>\$63,198</b>	<b>\$22,282</b>	<b>\$15,967</b>	<b>-\$5,159</b>	<b>\$0,00</b>	<b>\$96,288</b>

### Annualized Costs

Name	Capital	Operating	Replacement	Salvage	Resource	Total
Generic 1kWh Li-Ion	\$1,624	\$700,00	\$689,21	-\$129,72	\$0,00	\$2,884
Generic 3 kW	\$1,392	\$180,00	\$443,90	-\$250,17	\$0,00	\$1,766
Generic flat plate PV	\$1,631	\$843,59	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$2,475
System Converter	\$240,46	\$0,00	\$102,02	-\$19,20	\$0,00	\$323,27
<b>System</b>	<b>\$4,889</b>	<b>\$1,724</b>	<b>\$1,235</b>	<b>-\$399,08</b>	<b>\$0,00</b>	<b>\$7,448</b>

### Cash Flow



## Electrical Summary

### Excess and Unmet

Quantity	Value	Units
Excess Electricity	85,569	kWh/yr
Unmet Electric Load	10,3	kWh/yr
Capacity Shortage	22,5	kWh/yr

### Production Summary

Component	Production (kWh/yr)	Percent
Generic flat plate PV	112,621	99,9
Generic 3 kW	126	0,112
<b>Total</b>	<b>112,748</b>	<b>100</b>

### Consumption Summary

Component	Consumption (kWh/yr)	Percent
AC Primary Load	25,175	100
DC Primary Load	0	0
<b>Total</b>	<b>25,175</b>	<b>100</b>

## PV: Generic flat plate PV

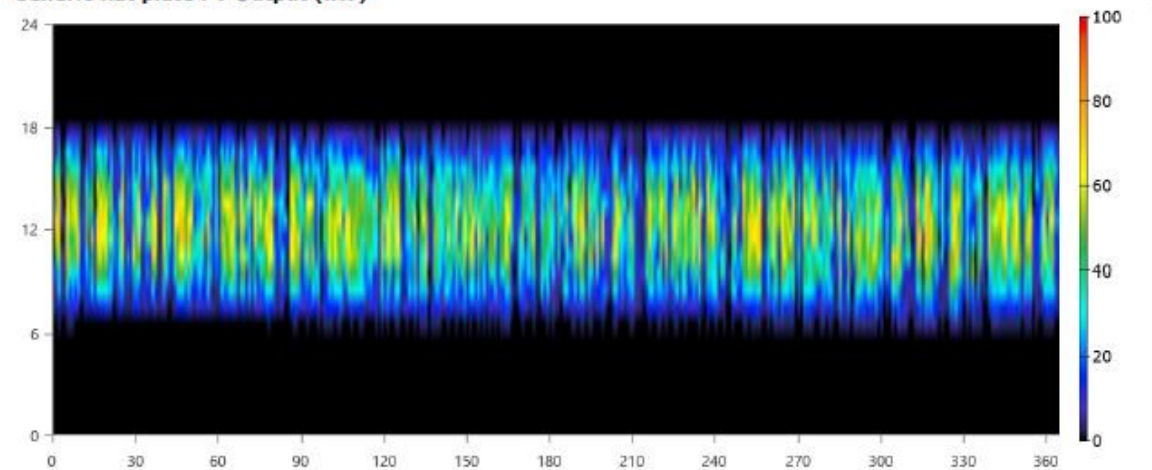
### Generic flat plate PV Electrical Summary

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	80,6	kW
PV Penetration	447	%
Hours of Operation	4,425	hrs/yr
Levelized Cost	0,0220	\$/kWh

### Generic flat plate PV Statistics

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	84,4	kW
Mean Output	12,9	kW
Mean Output	309	kWh/d
Capacity Factor	15,2	%
<b>Total Production</b>	<b>112,621</b>	<b>kWh/yr</b>

### Generic flat plate PV Output (kW)



## Wind Turbine: Generic 3 kW

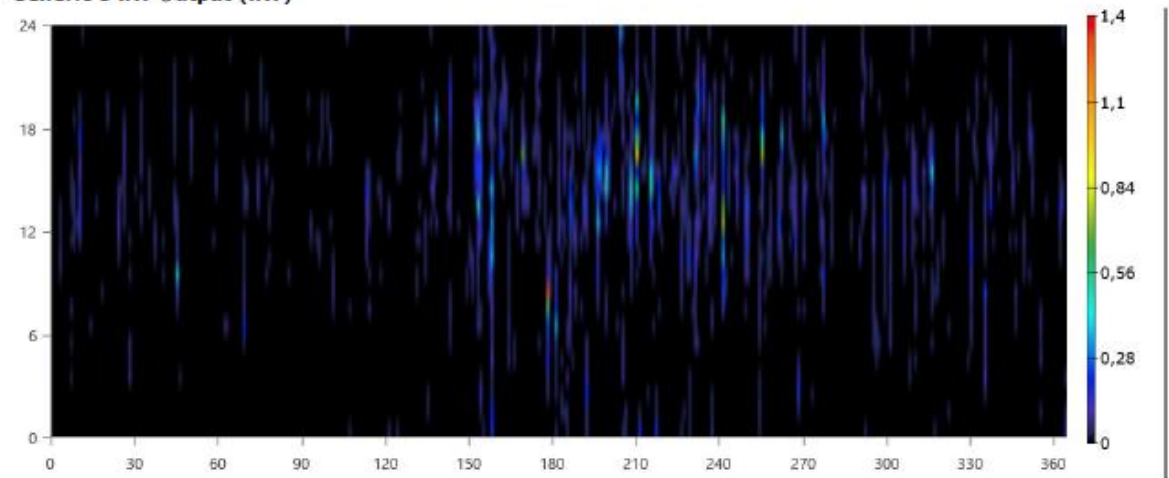
### Generic 3 kW Electrical Summary

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	1,38	kW
Wind Penetration	0,502	%
Hours of Operation	2.114	hrs/yr
Levelized Cost	14,0	\$/kWh

### Generic 3 kW Statistics

Quantity	Value	Units
Total Rated Capacity	3,00	kW
Mean Output	0,0144	kW
Capacity Factor	0,481	%
Total Production	126	kWh/yr

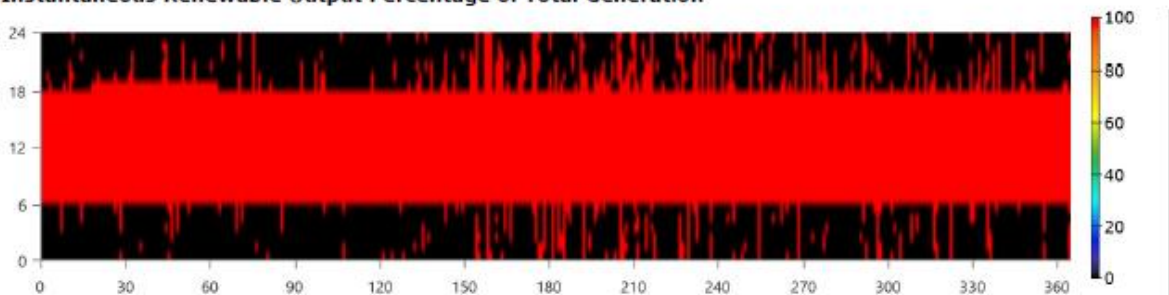
### Generic 3 kW Output (kW)



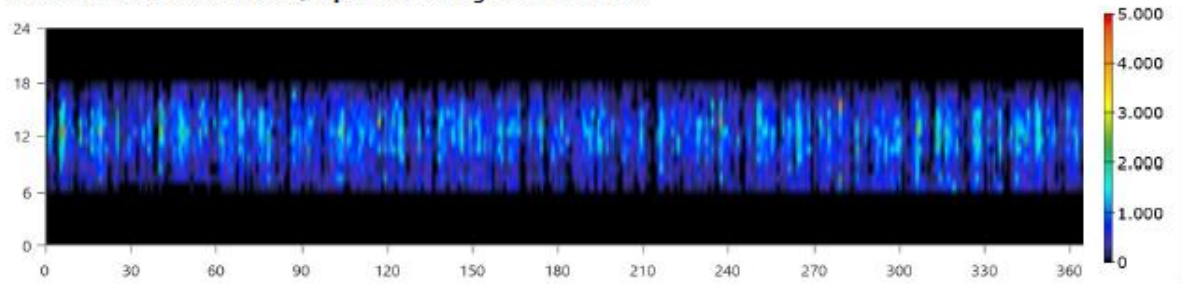
## Renewable Summary

Capacity-based metrics	Value	Unit
Nominal renewable capacity divided by total nominal capacity	100	%
Usable renewable capacity divided by total capacity	100	%
Energy-based metrics	Value	Unit
Total renewable production divided by load	448	%
Total renewable production divided by generation	100	%
One minus total nonrenewable production divided by load	100	%
Peak values	Value	Unit
Renewable output divided by load (HOMER standard)	4.498	%
Renewable output divided by total generation	100	%
One minus nonrenewable output divided by total load	100	%

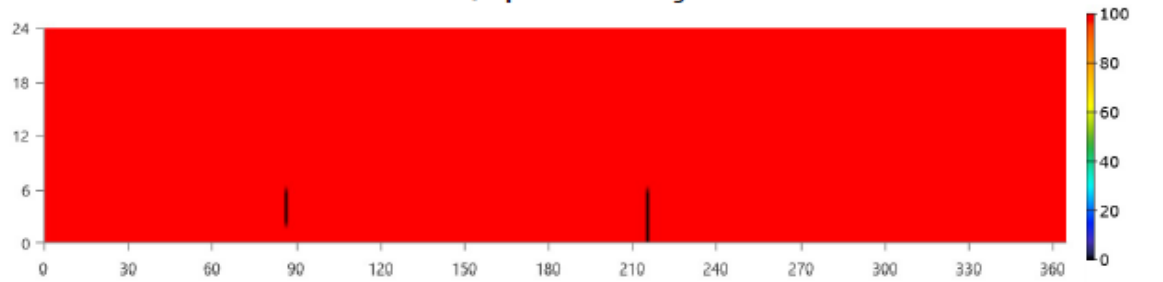
### Instantaneous Renewable Output Percentage of Total Generation



**Instantaneous Renewable Output Percentage of Total Load**



**100% Minus Instantaneous Nonrenewable Output as Percentage of Total Load**



### Storage: Generic 1kWh Li-Ion

**Generic 1kWh Li-Ion Properties**

Quantity	Value	Units
Batteries	70,0	qty.
String Size	1,00	batteries
Strings in Parallel	70,0	strings
Bus Voltage	6,00	V

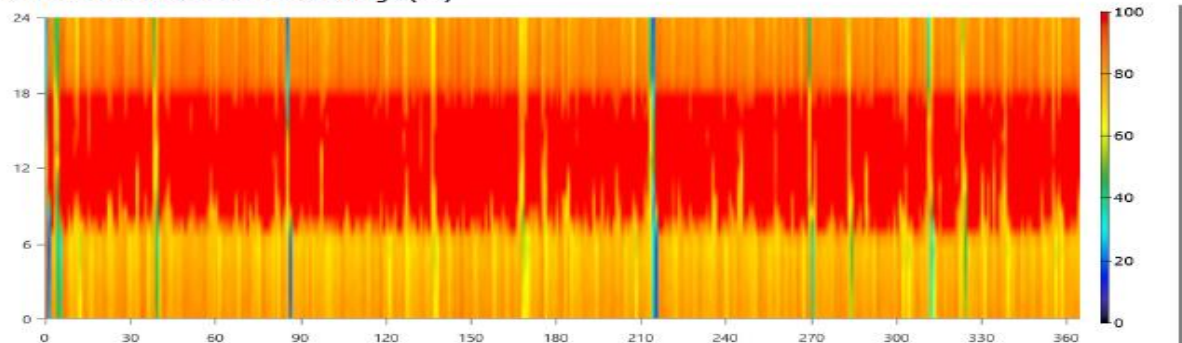
**Generic 1kWh Li-Ion Result Data**

Quantity	Value	Units
Average Energy Cost	0	\$/kWh
Energy In	6.912	kWh/yr
Energy Out	6.233	kWh/yr
Storage Depletion	12,9	kWh/yr
Losses	692	kWh/yr
Annual Throughput	6.570	kWh/yr

**Generic 1kWh Li-Ion Statistics**

Quantity	Value	Units
Autonomy	19,5	hr
Storage Wear Cost	0,105	\$/kWh
Nominal Capacity	70,0	kWh
Usable Nominal Capacity	56,0	kWh
Lifetime Throughput	98,547	kWh
Expected Life	15,0	yr

**Generic 1kWh Li-Ion State of Charge (%)**



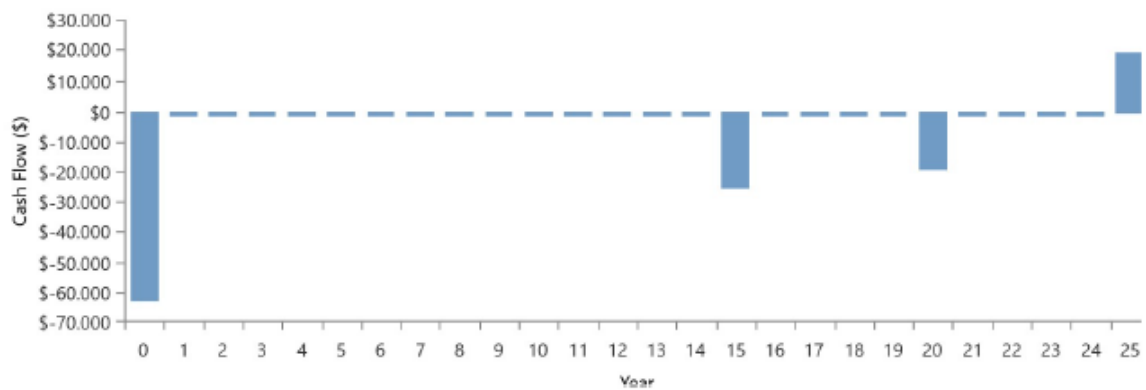
## Compare Economics

Architecture						Cost			
⚠	🖨	✈	📧	PV (kW) ▾	G3 ▾	1kWh LI ▾	Converter (kW) ▾	NPC (\$) ⓘ ▾	Initial capital (\$) ▾
🖨	📧	📧	98,7	54	10,3	\$70.340	\$43.957		
🖨	✈	📧	84,4	1	70	10,4	\$96.288	\$63.198	

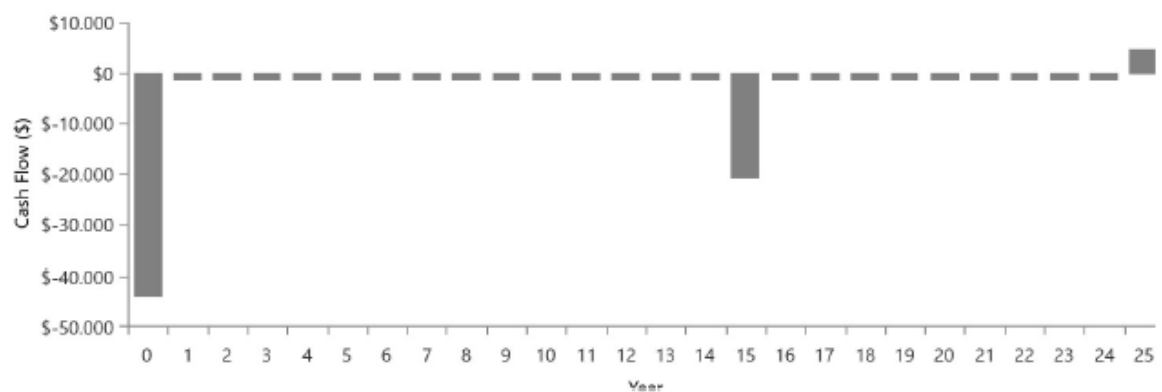
Base case is highlighted in green.

Metric	Value
Present worth (\$)	\$-25.949
Annual worth (\$/yr)	\$-2.007
Return on investment (%)	-6,6
Internal rate of return (%)	n/a
Simple payback (yr)	n/a
Discounted payback (yr)	n/a

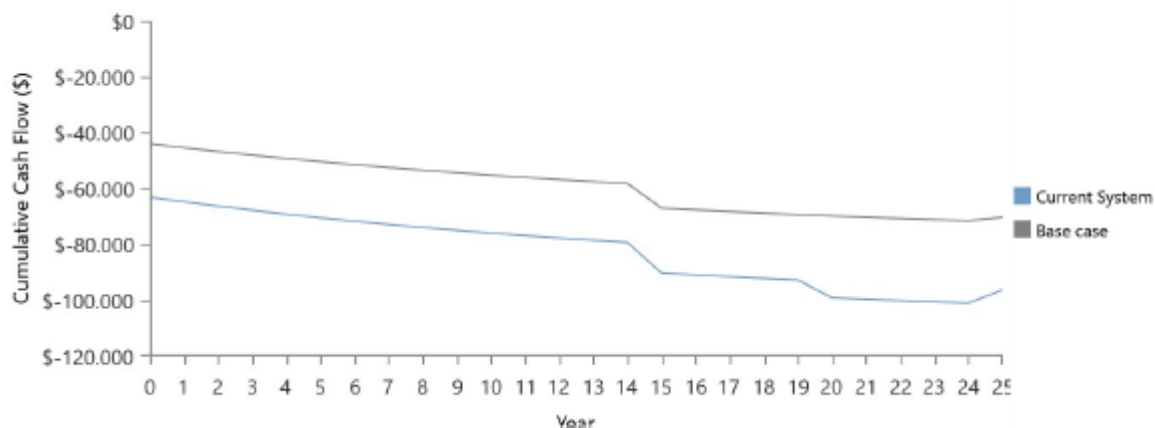
Current Annual Nominal Cash Flows



Base Case Annual Nominal Cash Flows



Cumulative Discounted Cash Flows



**Anexo 3: Carga y caída de tensión del sistema para las cabañas**

<b>RESUMEN GENERAL DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LAS CABAÑAS</b>									
Representante:									
<b>ANEXO No. 3</b>									
CENTRO DE CARGA	CIRCUITO	SERVICIO	CARGA INSTALADA (W)	FACTOR UTILIZ.	CARGA DIV. (W)	Corriente Nominal (A)	Conductor (AWG)	Protección (A)	FASE
TDd1	C1	ILUMINACIÓN 1	60	1	60	0,50	14	1x16	X1
	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1X20	X2
	<b>TDd1: CABAÑA 1</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	<b>X1 - X2</b>
TDd2	C1	ILUMINACIÓN 1	60	1	60	0,50	14	1x16	X2
	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1x20	X1
	<b>TDd2: CABAÑA 2</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	<b>X1 - X2</b>
TDd3	C1	ILUMINACIÓN 1	60	1	60	0,50	14	1x16	X1

	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1x20	X2
	<b>TDd3: CABAÑA 3</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	X1 - X2
TDd4	C1	ILUMINACION 1	60	1	60	0,50	14	1X16	X2
	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1X20	X1
	<b>TDd4: CABAÑA 4</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	X1- X2
TDd5	C1	ILUMINACION 1	60	1	60	0,50	14	1X16	X1
	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1X20	X2
	<b>TDd5: CABAÑA 5</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	X1- X2
TDd6	C1	ILUMINACION 1	60	1	60	0,50	14	1X16	X2
	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1X20	X1
	<b>TDd6: CABAÑA 6</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	X1- X2
TDd7	C1	ILUMINACION 1	60	1	60	0,50	14	1X16	X1
	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1X20	X2
	<b>TDd7: CABAÑA 7</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	X1- X2
TDd8	C1	ILUMINACION 1	60	1	60	0,50	14	1X16	X2
	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1X20	X1
	<b>TDd8: CABAÑA 8</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	X1- X2
TDd9	C1	ILUMINACION 1	60	1	60	0,50	14	1X16	X1
	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1X20	X2
	<b>TDd9: CABAÑA 9</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	X1- X2

TDd10	C1	ILUMINACIÓN 1	60	1	60	0,50	14	1X16	X2
	C2	FUERZA 2	900	0,7	630	5,25	12	1X20	X1
	<b>TDd10: CABAÑA 10</b>		<b>960</b>	<b>0,8</b>	<b>690</b>	<b>2,88</b>	<b>10</b>	<b>2X32</b>	<b>X1 - X2</b>
<b>CARGA TOTAL INSTALADA</b>			<b>9.600,0</b>	<b>0,8</b>	<b>#### #</b>	<b>28,75</b>	<b>8</b>	<b>2X50</b>	<b>X1 - X2</b>
Potencia Inst. Coef. Simultaneidad			<b>6.210,0</b>						
<b>FACTOR DE POTENCIA</b>			0,92						
<b>FACT. COINC. TABLERO DE CIRCUITO</b>			0,9						
<b>FACT. COINC. TABLERO DE MEDICIÓN</b>			1						
<b>DEMANDA DIVERSIFICADA</b>			6.900,0		<b>6,7</b>	<b>5 KVA</b>			
			CARGA FASE X1 3,38 KVA						
			CARGA FASE X2 3,38 KVA						

Responsabilidad:

**Est. Carlos Albarracin**  
**Egresado de Ingenieria Eléctrica Ucacue**  
**C.I.:**

<b>CIRCUITO</b>	TDd1	TDd2	TDd3	TDd4	TDd5	TDd6	TDd7	TDd8	TDd9	TDd10
<b>Descripción</b>	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total
<b>Potencia Instalada</b>	1260	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290
<b>Factor Demanda</b>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Potencia Diversificada</b>	900	930	930	930	930	930	930	930	930	930
<b>Intensidad</b>	3,75	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88
<b>Sección (AWG)</b>	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
<b>I. max. circ.</b>	5,63	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81
<b>Aislamiento(kV)</b>	0,6/1	0,6/1	0,6/1	0,6/2	0,6/3	0,6/4	0,6/5	0,6/6	0,6/7	0,6/8
<b>Longitud</b>	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<b>Ø tubería</b>	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
<b>Δ volt (%)</b>	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
<b>Tipo de Voltaje</b>	2F	2F	2F	2F	2F	2F	2F	2F	2F	2F
<b>Protección</b>	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
<b>Voltaje Alimentación (V)</b>	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240

	TDd1		TDd2		TDd3		TDd4		TDd5	
<b>CIRCUITO</b>	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<b>Descripción</b>	Ilum. 1	Fuerza. 1	Ilum.1	Fuerza. 1	Ilum. 1	Fuerza. 1	Ilum. 1	Fuerza. 1	Ilum. 1	Fuerza. 1
<b>Potencia Instalada</b>	60	1200	90	1200	90	1200	90	1200	90	1200
<b>Factor Demanda</b>	1	0,7	1	0,7	1	0,7	1	0,7	1	0,7
<b>Potencia Diversificada</b>	60	840	90	840	90	840	90	840	90	840
<b>Intensidad</b>	0,50	7,00	0,75	7,00	0,75	7,00	0,75	7,00	0,75	7,00
<b>Sección (AWG)</b>	14	12	14	12	14	12	14	12	14	12
<b>I. max. circ.</b>	0,75	10,50	1,13	10,50	1,13	10,50	1,13	10,50	1,13	10,50
<b>Aislamiento(KV)</b>	0,6/1	0,6/1	0,6/2	0,6/3	0,6/4	0,6/5	0,6/6	0,6/7	0,6/8	0,6/9
<b>Longitud</b>	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
<b>Ø tubería</b>	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
<b>Δ volt (%)</b>	0,05	0,58	0,04	0,58	0,04	0,58	0,04	0,58	0,04	0,58

<b>Protección</b>	16	20	16	20	16	20	16	20	16	20
<b>Tipo de Voltaje</b>	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F
<b>Voltaje Alimentación (V)</b>	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

TDd6		TDd7		TDd8		TDd9		TDd10	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ilum.	Fuerza.	Ilum.	Fuerza.	Ilum.	Fuerza.	Ilum.	Fuerza.	Ilum.	Fuerza.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1200	90	1200	90	1200	90	1200	90	1200
1	0,7	1	0,7	1	0,7	1	0,7	1	0,7
90	840	90	840	90	840	90	840	90	840
0,75	7,00	0,75	7,00	0,75	7,00	0,75	7,00	0,75	7,00
14	12	14	12	14	12	14	12	14	12
1,13	10,50	1,13	10,50	1,13	10,50	1,13	10,50	1,13	10,50
0,6/10	0,6/11	0,6/12	0,6/13	0,6/14	0,6/15	0,6/16	0,6/17	0,6/18	0,6/19
5	7	5	7	5	7	5	7	5	7
1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
<b>0,04</b>	<b>0,58</b>	<b>0,04</b>	<b>0,58</b>	<b>0,04</b>	<b>0,58</b>	<b>0,04</b>	<b>0,58</b>	<b>0,04</b>	<b>0,58</b>
16	20	16	20	16	20	16	20	16	20
1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F
120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

Potencia Instalada	12870,00 W	Breacker Riel DIN	120A
Potencia Diversificada	9270,00 W	Factor de Potencia	0,92
Potencia a contratar	8343 W	Factor Coincidencia entre Circuitos	0,9
Potencia max. Admisible	<b>9,07 kVA</b>	Factor Coincidencia Tab. Medición	1

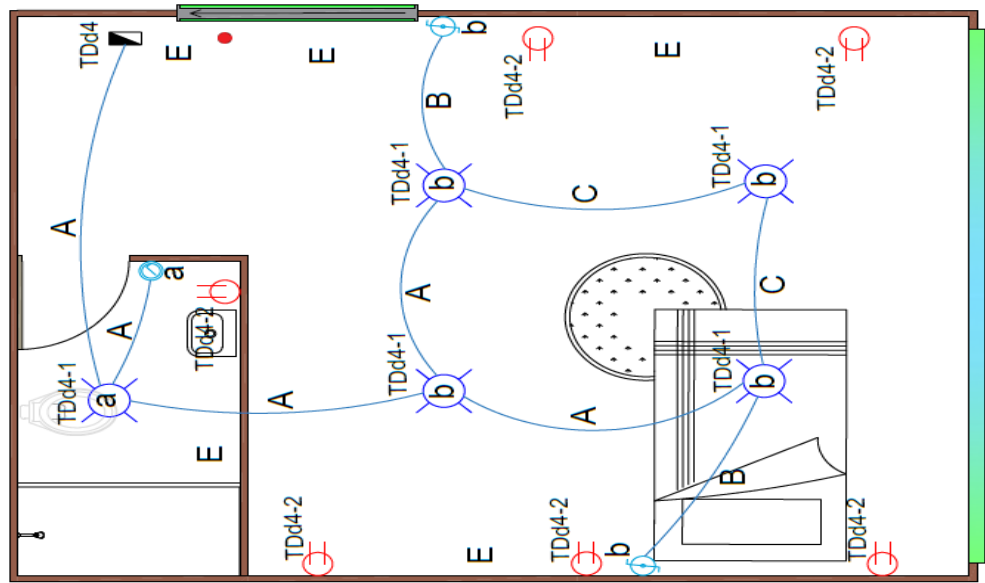
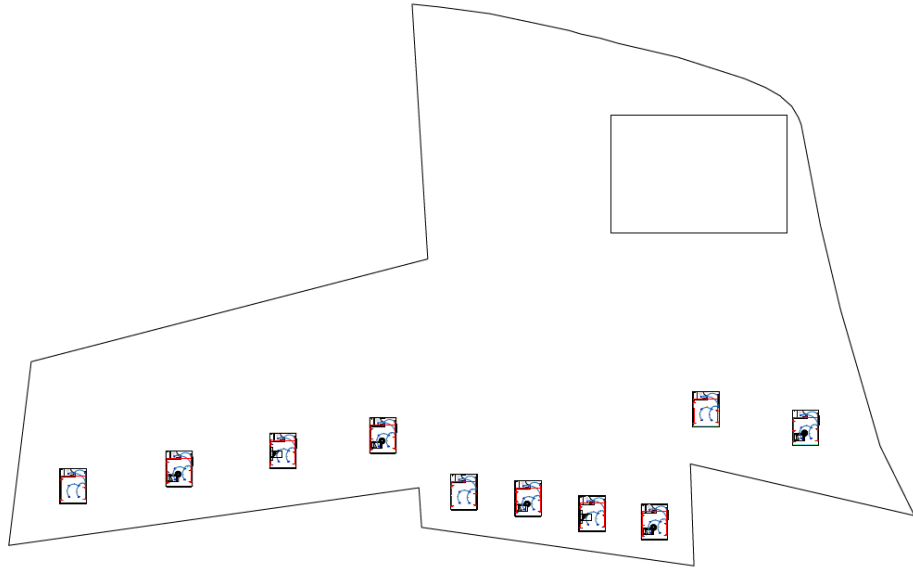
<b>CIRCUITO</b>	Total
-----------------	-------








AWG SECCION

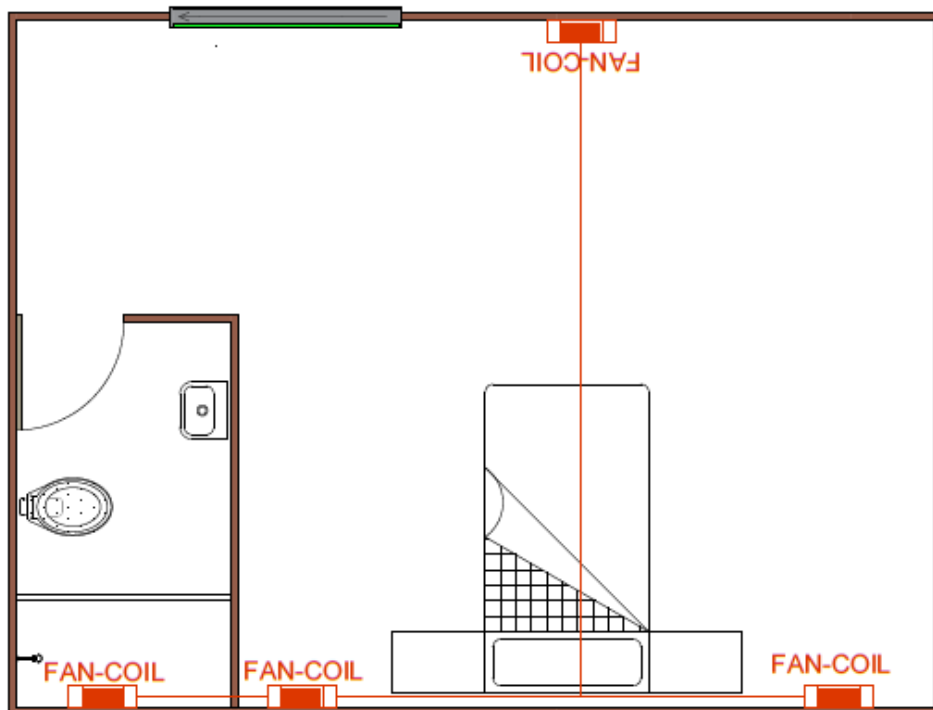
Descripción	Total
Potencia Instalada	12870,00
Factor Demanda	0,8
Potencia Diversificada	9270,00
Intensidad	38,63
Sección (AWG)	6
I. max. circ.	57,94
Aislamiento(KV)	0,6/1
Longitud	12
Ø tubería	1"
Δ volt (%)	0,40
Protección	50
Voltaje Alimentación (V)	240

14	1,5
12	2,5
10	4
8	6
6	10
4	16
2	25
1	35
1/0	50

#### Anexo 4: Diseño de (auto cad) ilustración de las cabañas

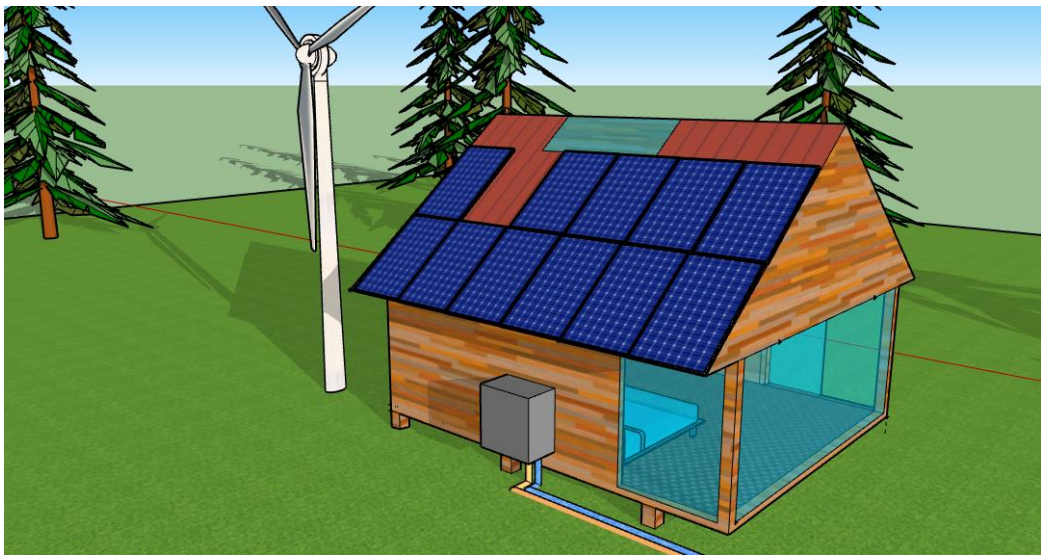


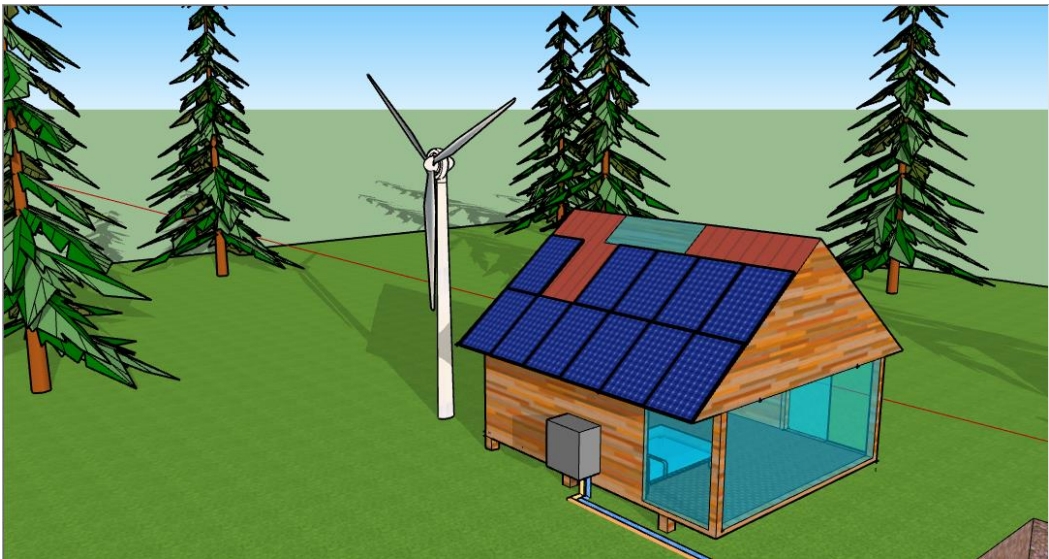
LEYENDA	
SIMBOLOGIA CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
	Cable 14 AWG.
	Cable 2x12+1x14 AWG.
	Interruptor simple
	Conmutador Simple
	Toma Corriente Polarizado 110V.
	Foco Led 18W
	Tablero de distribución
A	Conductor 2x14 AWG.
B	Conductor 3x14 AWG.
C	Conductor 4x14 AWG.
D	Conductor 2x12+1x14 AWG

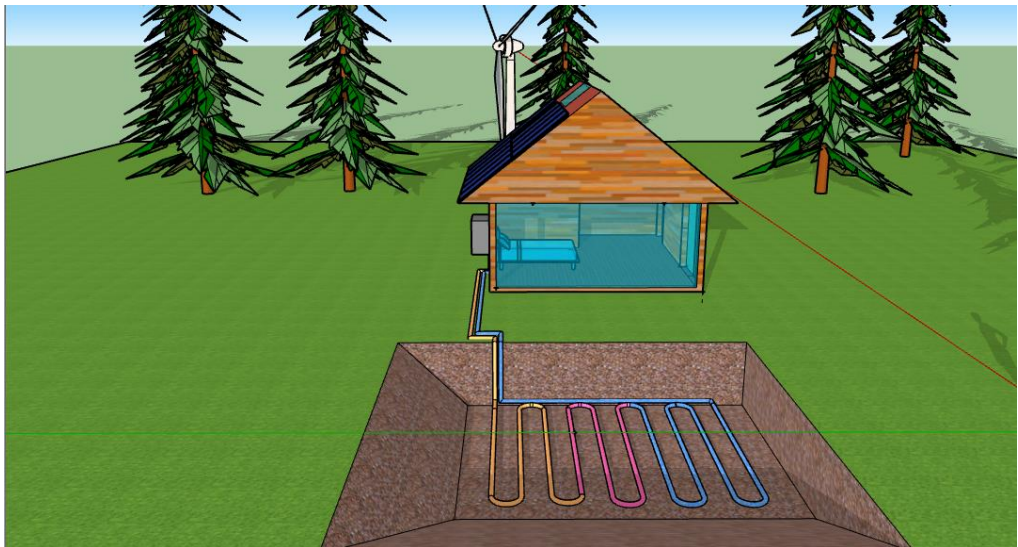
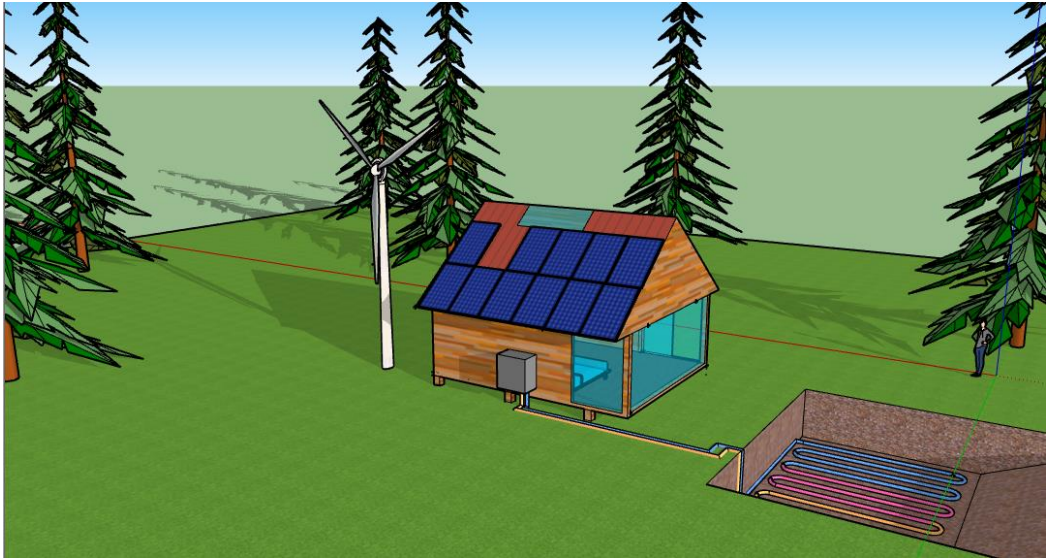


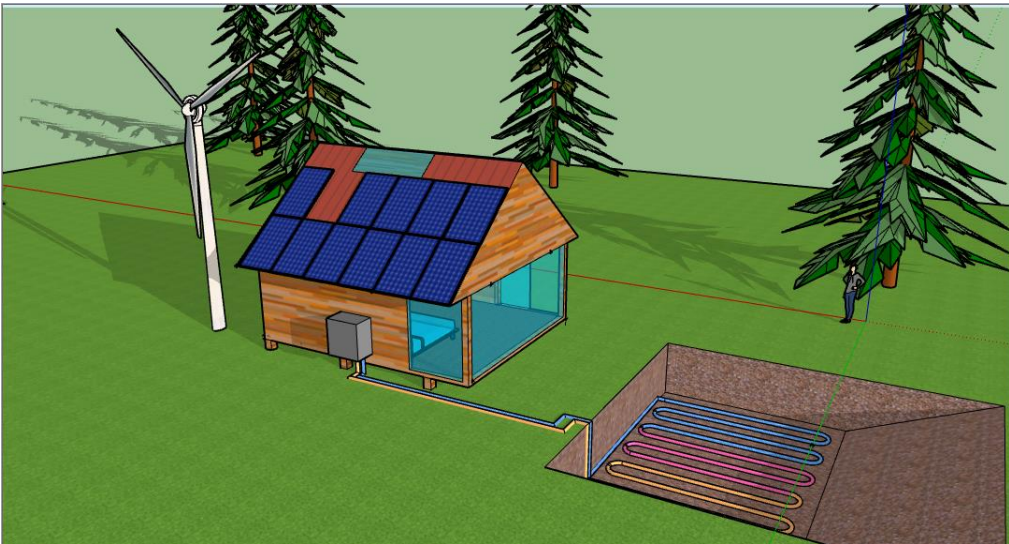
**Anexo 5:** Diseño de la cabaña ilustración de mediante la aplicación (Sketchup)

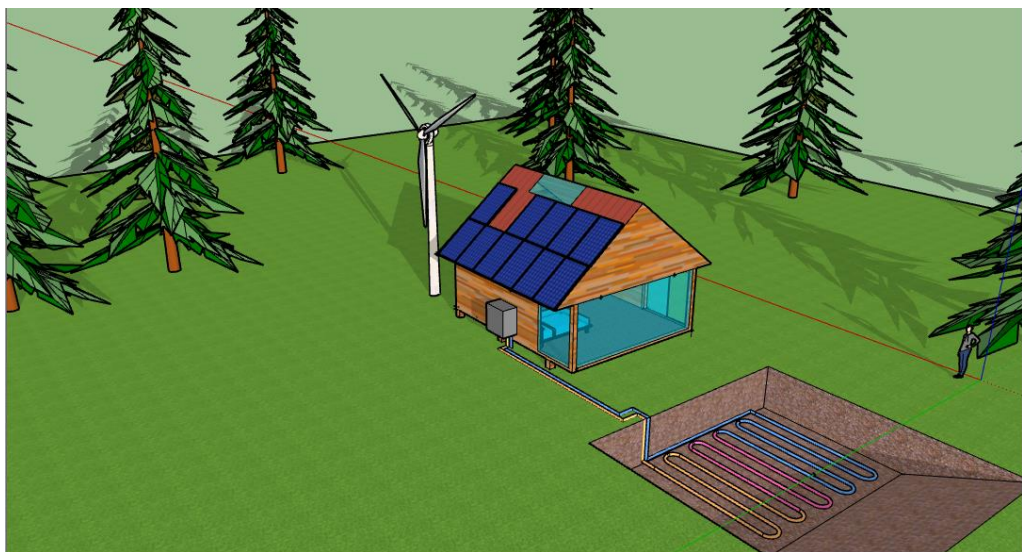
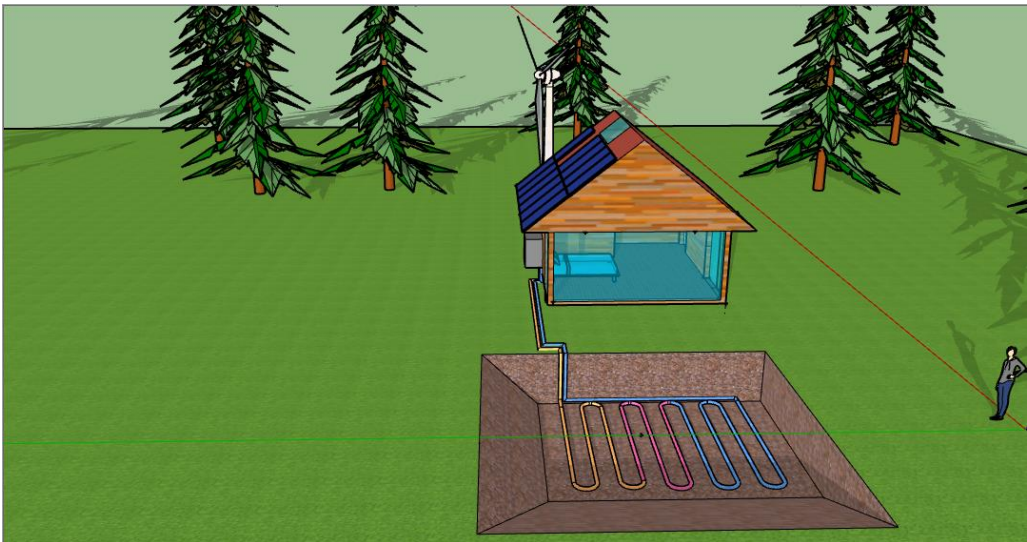
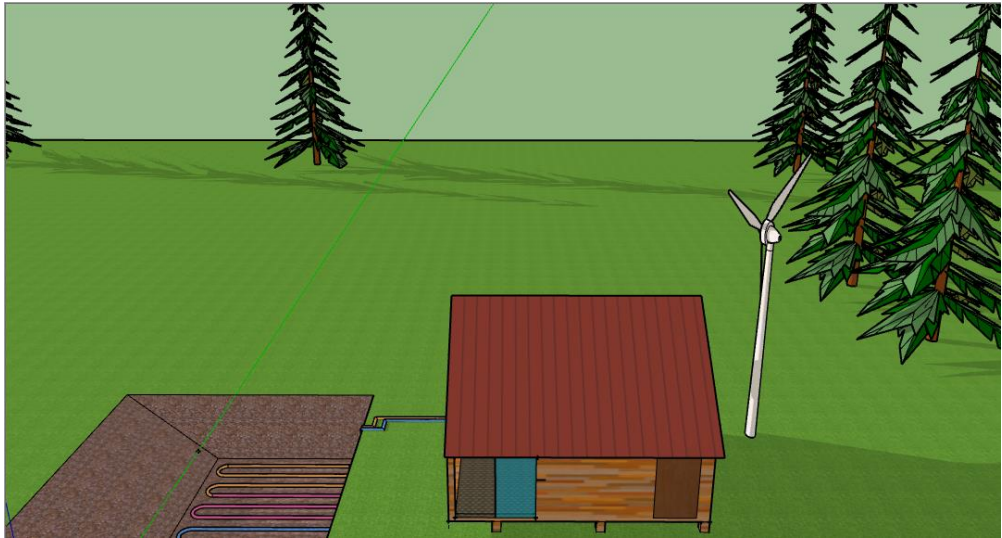
Autor: Carlos Albarracín Sancán

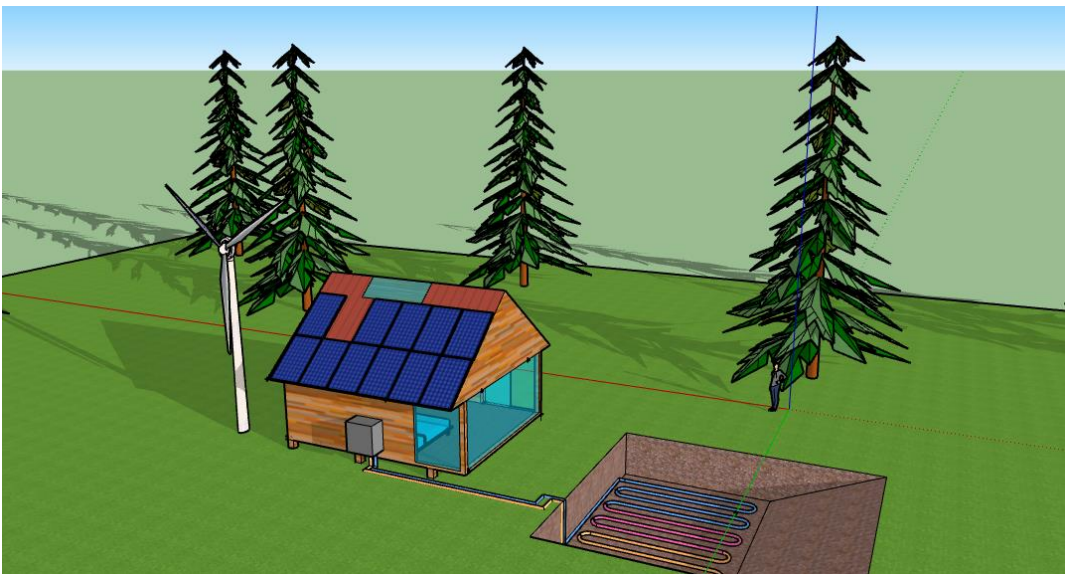
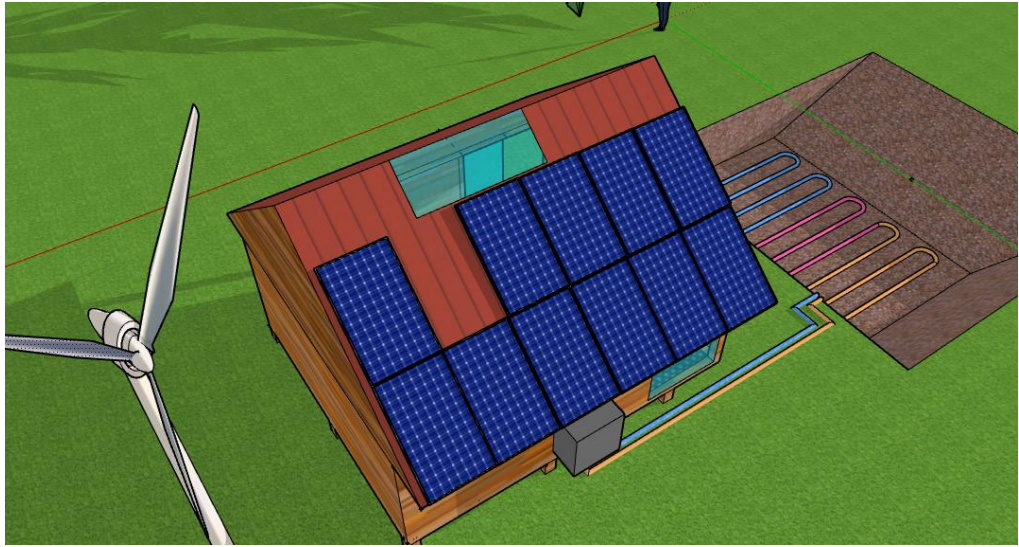


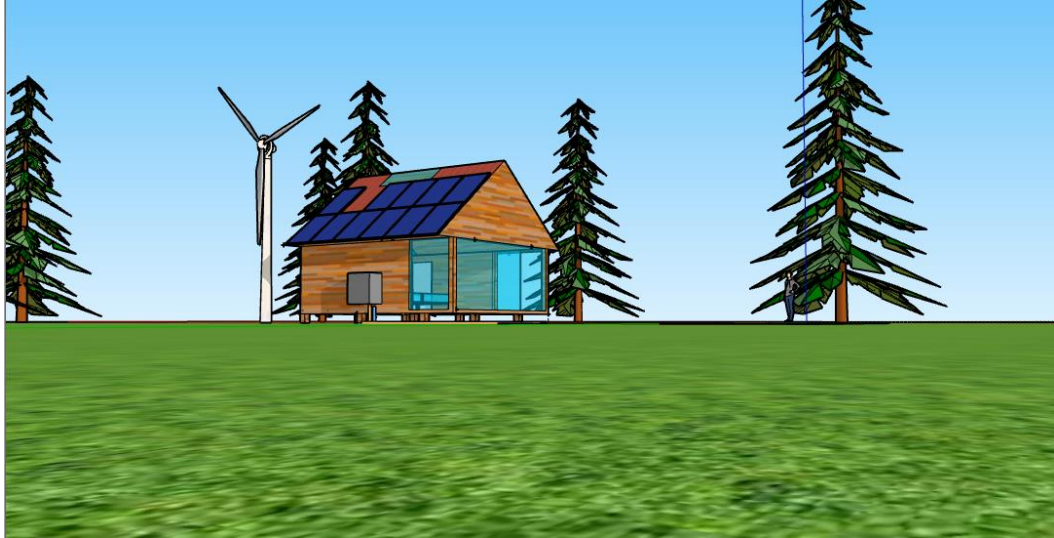






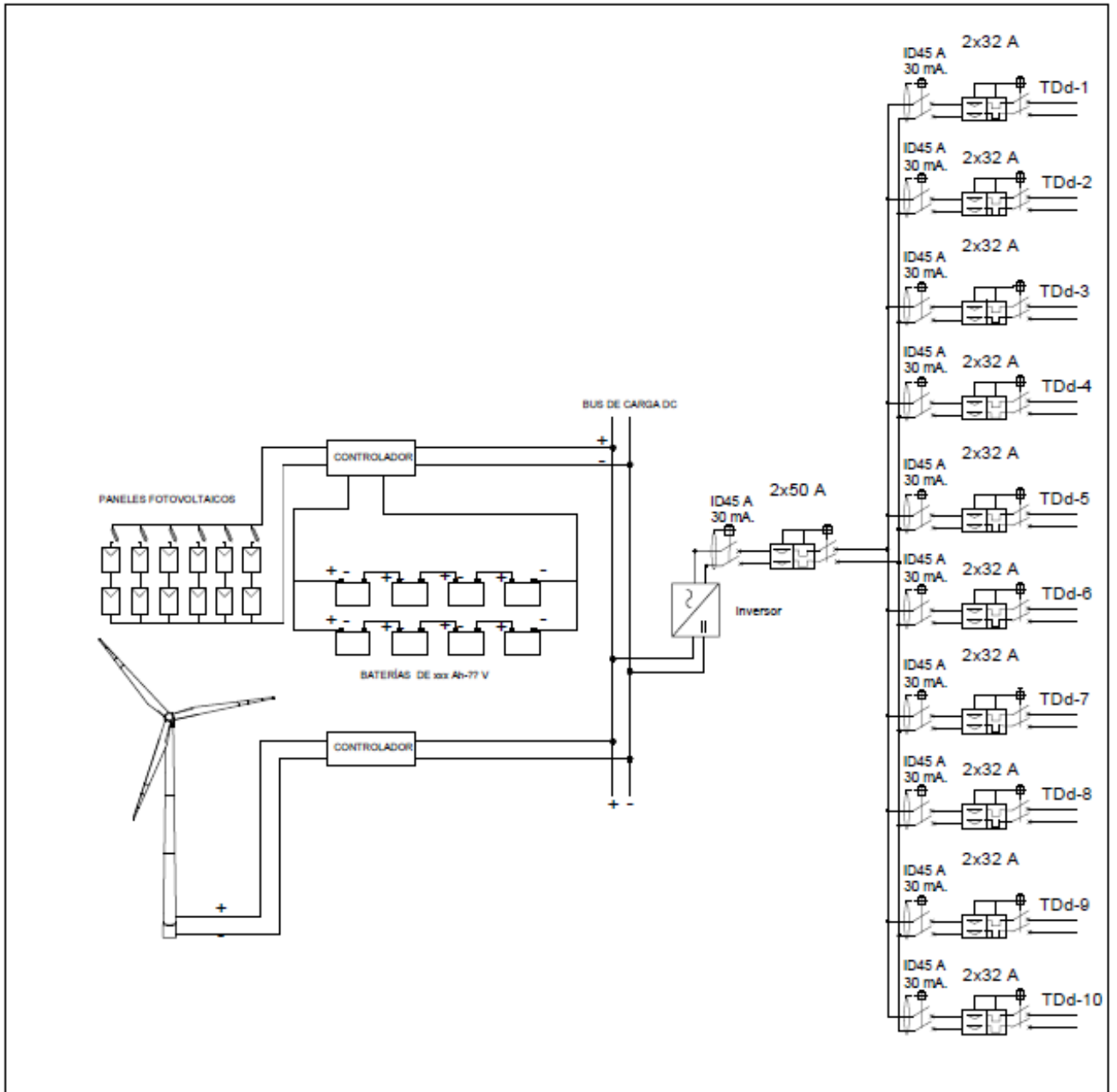






**Anexo 6:** Esquema del sistema híbrido mediante (Autocad)

Autor: Carlos Albarracín Sancán



## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Carlos Felipe Albarracín Sancán portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105671218 En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico y microturbinas eólicas para abastecimiento de energía eléctrica residencial en acoplamiento con un intercambiador de calor de suelo horizontal" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de marzo del 2023

F: 

Carlos Felipe Albarracín Sancán

0105671218