

**PROTOTIPO GENÉRICO PARA LA GENERACIÓN Y
CONVIVENCIA DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA:
CASO DE ESTUDIO EN LA FINCA CASA BLANCA UBICADA EN LA
ZONA RURAL DE CARMEN DE APICALÁ.**

**Barona Jiménez Brayan Steven
Barrera Mariño Nicolás
Meza Orozco Jesús
Ortega González Edwards Josué**

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:
MSc Ariza Guerrero Holman Alexander

Universidad El Bosque
Facultad De Ingeniería
Programa De Ingeniería Electrónica
Mayo, 2020

Universidad El Bosque
Facultad De Ingeniería
Programa De Ingeniería Electrónica

Área De Énfasis: Básica

Prototipo genérico para la generación y convivencia de diferentes
fuentes de energía eléctrica: caso de estudio en la finca casa blanca
ubicada en la zona rural de Carmen de Apicalá.

Barona Jiménez Brayan Steven
Barrera Mariño Nicolás
Meza Orozco Jesús
Ortega González Edwards Josué

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:
MSC Holman Alexander Ariza

NOTA DE SALVEDAD

Según el artículo 37 del 14 de diciembre de 1989 del acuerdo 017, "La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético de este en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia".

AGRADECIMIENTOS

Brayan Barona, son muchas las personas que han contribuido a este proceso y conclusión de este proyecto, en primer lugar, le doy gracias a mis padres y a todos mis familiares por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi carrera; a mis compañeros de proyecto, por siempre salir adelante con lo que nos hemos propuesto y por la excelente amistad que hemos formado; y quiero dar un especial agradecimiento a mi hermano Fredy Barona por su apoyo emocional y a todos mis docentes por su excelente compromiso y pasión.

Nicolas Barrera, Este proyecto de grado ha requirió de un gran esfuerzo y mucha dedicación y todo esto no hubiera sido posible sin la ayuda y apoyo incondicional de nuestro director Holman Ariza y familiares, quiero dedicar este logro a mis compañeros de proyecto, por permanecer siempre unidos y superar todos los obstáculos que se presentaron desde el inicio, a nuestro director por creer en nosotros y a nuestras familias por darnos ese amor y respaldo constante.

Jesús Meza, infinitas gracias para mi familia, mis compañeros de trabajo, y profesores por su apoyo incondicional, celebro el haber plasmado de forma satisfactoria un trabajo de ingeniería como el que se desarrolla en el presente documento, con el que no sólo se logra un título, si no también, un resultado que servirá para las próximas generaciones y nos encamina hacia una vida llena de pasión y continua transformación como profesionales.

Edwards Ortega, dedico este logro a mis padres y hermanos por siempre darme el impulso, la motivación y el apoyo para seguir adelante; a mis compañeros de proyecto, por mantenernos unidos desde que emprendimos esta aventura llamada Ingeniería Electrónica; y un especial agradecimiento al docente Holman Ariza el cual ha sido buen amigo y un verdadero maestro.

RESUMEN

La finca Casa Blanca es una propiedad privada, la cual tiene como finalidad económica el alquiler para turistas de la región; se encuentra ubicada en Carmen de Apicalá, Tolima, Colombia. En esta zona se evidenciaban constantes interrupciones totales del suministro eléctrico y fluctuaciones considerables en el voltaje, lo cual reducía la confiabilidad y comodidad de los usuarios y el arrendatario, además de presentarse de manera frecuente daños en los equipos electrónicos de uso doméstico; lo que afectaba considerablemente los ingresos económicos del propietario y la percepción de la calidad en los servicios turísticos que ofrece la zona.

De acuerdo con lo anterior, se hizo necesaria la implementación de un sistema eléctrico inteligente conocido como Smart Grid, el cual se considera un avance importante en las aplicaciones de ingeniería, incentivando el uso de energías limpias y amigables con el medio ambiente, logrando la convivencia de diversos suministros de energía eléctrica con la red actual de la zona. Como resultado, este proyecto logra ofrecer confiabilidad, calidad y seguridad en el servicio eléctrico en la finca Casa Blanca.

El proyecto de investigación diseñó un prototipo genérico que cumple todos los requerimientos establecidos por el propietario de la zona en estudio y refleja los conocimientos de ingeniería electrónica del equipo de trabajo; con posibilidad de escalamiento y mitigación del impacto ambiental.

Palabras Clave: Smart Grid, confiabilidad, calidad y seguridad, impacto ambiental.

ABSTRACT

The Casa Blanca farm is a private property, which has the economic purpose of renting to tourists in the region; it is located in Carmen de Apicalá, Tolima, Colombia. In this area there were constant total interruptions of the electricity supply and considerable fluctuations in voltage, which reduced the reliability and comfort of users and tenants, in addition to frequent damage to electronic equipment for domestic use; this considerably affected the owner's economic income and the perception of the quality of tourist services offered in the area.

In accordance with the above, it became necessary to implement an intelligent electrical system known as Smart Grid, which is considered an important advance in engineering applications, encouraging the use of clean and environmentally friendly energy, achieving the coexistence of various electrical energy supplies with the current network of the area. As a result, this project manages to offer reliability, quality and safety in the electrical service in the Casa Blanca property.

The research project designed a generic prototype that meets all the requirements established by the owner of the area under study and reflects the electronic engineering knowledge of the work team; with the possibility of scaling and mitigating the environmental impact.

Keywords: Smart Grid, reliability, quality and safety, environmental impact.

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	1
2	Definición del problema	2
2.1	Contexto.....	2
2.2	Manifestación	4
2.3	Causas	4
2.4	Efectos	5
2.5	Aspectos para solucionar.....	5
2.6	Justificación del proyecto	5
2.7	Propuesta de solución	7
3	Objetivos.....	8
3.1	General	8
3.2	Específicos.....	8
4	Requerimientos.....	9
4.1	Funcionales.....	9
4.2	De calidad.....	10
4.3	Restictivos	10
5	Plan de prueba del sistema	11
6	Metodología.....	12
6.1	Proyecto I.....	12
6.2	Proyecto II.....	12
7	Recursos necesarios.....	13
7.1	Recursos de tiempo	13
7.2	Recursos humanos	13
7.3	Recursos técnicos.....	13
7.4	Recursos materiales.....	13
7.5	Recursos de financiación	14
8	Estado del arte	15
8.1	Bases teóricas	15
8.2	Tecnología	16
8.3	Glosario de términos.....	26
9	Diseño Funcional.....	27
9.1	Caja con entradas y salidas	28
9.2	Alternativas de solución	29
9.3	Selección de alternativa	33
10	Diseño detallado.....	34
10.1	subsistema acción manual	34
10.2	Subsistema panel solar	37
10.3	Subsistema sistema mecánico	43
10.4	Subsistema Smart Grid	53
10.5	Subsistema Batería.....	63
10.6	Esquemático del sistema integrado	66
11	Plan de pruebas del sistema	72
11.1	Plan de pruebas de componentes	72
11.2	Plan de pruebas de subsistemas.....	72
11.3	Plan de pruebas de integración.....	73
11.4	Plan de pruebas del sistema.....	74
12	Diseño industrial	76

13	Implementación y pruebas de subsistemas	84
13.1	Subsistema acción manual	86
13.2	Subsistema panel solar	89
13.3	Subsistema sistema mecánico	95
13.4	Subsistema sistema smart grid	96
13.5	Subsistema sistema batería	100
14	Integración y pruebas del sistema	104
14.1	Integración del sistema.....	104
14.2	Pruebas de integración	105
15	Pruebas del sistema	106
16	Ajustes	107
17	Pruebas del Sistema.....	108
18	Manuales	109
19	Resultados	110
20	Discusión	111
21	Conclusiones	112
22	Referencias documentales	114
23	Anexos	116
	Puesta en Marcha	120
	Funcionamiento y pantalla LCD	120

Lista de Figuras

Figura 1.	Sistema Smart Grid.[2]	2
Figura 2.	plano guía de la finca aproximado.	2
Figura 3.	Residencia casa Blanca.	3
Figura 4.	Línea de distribución principal que se observa en la actualidad.	4
Figura 5.	Imagen tomada de los indicadores de Calidad del Servicio	4
Figura 6.	Multímetros utilizados en la toma de datos.	5
Figura 7.	Contador de la empresa Enertolima de la residencia.	6
Figura 8.	Tablero de distribución, cuenta con dos Breakers.	6
Figura 9.	Esquema de funcionamiento de una instalación solar	17
Figura 10.	Celda solar monocristalina y policristalina respectivamente.[4]	17
Figura 11.	Panel solar monocristalino de 300 Watts.[4]	18
Figura 12.	Panel solar policristalino de 275 Watts.[4]	18
Figura 13.	Esquema y circuito elemental de un regulador paralelo.[5]	19
Figura 14.	Esquema y circuito elemental de un regulador serie.[5]	20
Figura 15.	Esquema y circuito elemental de un regulador serie.[5]	20
Figura 16.	Regulador de tensión en serie basado en un AO.[5]	20
Figura 17.	Regulador de tensión PWM (con integrado LM3524).[5]	21
Figura 18.	Regulador de máxima potencia MPPT.[6]	21
Figura 19.	Esquema de sistema solar fotovoltaico con controlador MPPT.[6]	22
Figura 20.	Esquema de un reductor elevador DC/DC.[6]	22
Figura 21.	Esquema del sistema MPPT.[6]	22
Figura 22.	Inversor senoidal.	23
Figura 23.	Sección de potencia en inversor monofásico tipo "puente completo"	23
Figura 24.	Partes que componen un aerogenerador.[7]	24
Figura 25.	Curva de potencia del aerogenerador[7]	25
Figura 26.	Inversor Solar- Cargador Mppt – Ups 5kva, LCD, Programable, Suneo.	25
Figura 27.	Geinfinisolar V 3k-24 (120), Green Energy Latin America.	26
Figura 28.	Diagrama total consumo Wh/día.	27
Figura 29.	Caja con entradas y salidas.	28
Figura 30.	Primera alternativa.	29
Figura 31.	Segunda alternativa.	30
Figura 32.	Tercera alternativa.	32
Figura 33.	subsistema (acción manual).	34
Figura 34.	Visualización accionadora manual.	36
Figura 35.	Esquemático subsistema acción manual [24]	36
Figura 36.	subsistema (panel solar).	37
Figura 37.	Diagrama de orientación panel.	39
Figura 38.	Irradiación de la zona dada por la NREL.	39
Figura 39.	Energía solar de onda corta incidente diario promedio.	40
Figura 40.	Fórmula 1 panel solar.	40
Figura 41.	Fórmula 2 panel solar.	40
Figura 42.	Fórmula 3 panel solar.	40
Figura 43.	Fórmula 4 panel solar.	41
Figura 44.	Fórmula 5 panel solar.	41
Figura 45.	Diagrama esquemático de subsistema panel solar.	43
Figura 46.	Subsistema mecánico.	43
Figura 47.	Esquemático de fuerza de pedal.	44

Figura 48.	Histograma de velocidad del volante de la bicicleta	45
Figura 49.	Transmisión de velocidad bicicleta.	45
Figura 50.	Rango de funcionamiento sobre la curva típica del alternador.	46
Figura 51.	Características de los alternadores Indiel A115.	46
Figura 52.	Correa del fabricante gates.	46
Figura 53.	Conjunto bicicletas, alternador, correa.	47
Figura 54.	Esquemático de área y velocidad.....	48
Figura 55.	Ecuación 4.1 aerogenerador.....	49
Figura 56.	Referencia aerogenerador.....	49
Figura 57.	Fórmula 1 aerogenerador.	49
Figura 58.	Superficie que envuelve al volumen de control.	50
Figura 59.	Fórmula 2 aerogenerador.	50
Figura 60.	Fórmula 3 aerogenerador.	50
Figura 61.	Coeficiente de resistencia del aerogenerador. [11].....	50
Figura 62.	Diagrama esquemático aerogenerador.....	51
Figura 63.	Diagrama de flujo del aerogenerador. [11].....	51
Figura 64.	Subsistema Smart Grid.	53
Figura 65.	Diagrama de flujo subsistema Smart Grid.....	55
Figura 66.	Software del mercado.	58
Figura 67.	Esquemático genérico Smart Grid.	60
Figura 68.	Diagrama 1 de prioridades carga y salida.	60
Figura 69.	Diagrama 2 de prioridades carga y salida.	61
Figura 70.	Diagrama 3 de prioridades carga y salida.	61
Figura 71.	Diagrama 4 de prioridades carga y salida.	62
Figura 72.	Diagrama 5 de prioridades carga y salida.	62
Figura 73.	Diagrama 6 de prioridades carga y salida.	63
Figura 74.	Subsistema baterías	63
Figura 75.	Diagrama subsistema Batería.	65
Figura 76.	Esquemático del sistema integrado.....	66
Figura 77.	Producción y consumo sistema integrado.	67
Figura 78.	Ahorro mensual del proyecto.	68
Figura 79.	Diagrama 1 de la evaluación financiera proyecto.	69
Figura 80.	Diagrama 2 de la evaluación del proyecto.	69
Figura 81.	Tasa de retorno de inversión.....	69
Figura 82.	Plano guía de la finca aproximado.	76
Figura 83.	Zona para la ubicación del sistema.	76
Figura 84.	Zona de instalación sistema (Vista Frontal).....	77
Figura 85.	Visualización de la zona de instalación. (Espacio interno).....	77
Figura 86.	Temperatura máxima y mínima promedio de la zona.	78
Figura 87.	Probabilidad diaria de precipitación de la zona.....	78
Figura 88.	Horas de luz natural y crepúsculo de la zona.	79
Figura 89.	Velocidad promedio del viento.	79
Figura 90.	Dirección del viento.....	80
Figura 91.	Energía solar de onda corta incidente diario promedio.....	81
Figura 92.	Instalación del tablero de distribución.....	84
Figura 93.	Ficha técnica y foto de la ubicación final de los paneles solares.....	84
Figura 94.	Conexión final de las baterías de ciclo profundo.....	85
Figura 95.	Cableado hacia el tablero de distribución principal.	85

Figura 96.	Integración del sistema con la red eléctrica ya existente.....	86
Figura 97.	Subsistema acción manual.....	86
Figura 98.	Tablero de control.....	87
Figura 99.	Ubicación del Accionador Manual dentro del tablero de control	87
Figura 100.	Integración paneles solares y Red Eléctrica	88
Figura 101.	Comportamiento del sistema sin existencia de energía.....	88
Figura 102.	Comportamiento del sistema con aporte del generador eléctrico.	89
Figura 103.	Monitorización del sistema en el software.	89
Figura 104.	Subsistema panel solar.....	89
Figura 105.	Zona de instalación de los paneles.	90
Figura 106.	Paneles para instalar.....	90
Figura 107.	Adecuación del sitio de instalación.	91
Figura 108.	Caja de conexiones.....	91
Figura 109.	Ubicación de los paneles en el Sitio	92
Figura 110.	Terminado de instalación.....	92
Figura 111.	Interfaces de conexión del controlador inteligente	92
Figura 112.	Bornes de entrada de los paneles solares.....	93
Figura 113.	Conexión de paneles en el controlador	93
Figura 114.	Interfaz visual del Smart Grid representando el funcionamiento.....	93
Figura 115.	Registro de pruebas.....	94
Figura 116.	Voltaje de paneles solares	94
Figura 117.	Registro de datos funcionamiento panel solar.....	95
Figura 118.	Subsistema mecánico.....	95
Figura 119.	Subsistema smart grid.....	96
Figura 120.	Desempaque sistema Smart Grid.....	96
Figura 121.	Instalación en pared del sistema Smart Grid.	97
Figura 122.	Registro de voltaje con multímetros utilizados.	97
Figura 123.	Implementación sistema.....	98
Figura 124.	Registro frecuencia de salida del smart grid.	98
Figura 125.	Ficha técnica del smart grid	99
Figura 126.	Subsistema batería.	100
Figura 127.	Referencia batería instalada.....	100
Figura 128.	Estructura metálica para baterías.	100
Figura 129.	Conector batería.....	101
Figura 130.	Embalaje de la batería.....	101
Figura 131.	Conexión de baterías.....	101
Figura 132.	Bordes de conexión de baterías.....	102
Figura 133.	Tensión de baterías con su respectiva carga de salida.....	102
Figura 134.	Tensión de baterías con su respectivo voltaje de salida.	102
Figura 135.	Voltaje de salida cuando el sistema solo está funcionando con baterías.....	102
Figura 136.	Gráfica de tensión de la batería.....	103
Figura 137.	Gráfica capacidad de la batería.	103
Figura 138.	Tablero de distribución con las conexiones de los subsistemas.....	104
Figura 139.	Punto de conexión general del sistema en el Smart Grid.	105
Figura 140.	Multímetros utilizados y estructura física de la residencia.	116
Figura 141.	Mediciones del tablero de distribución y tomacorriente.....	116
Figura 142.	Estructura techo residencia.....	116
Figura 143.	Registro del viaje de la implementación.	117

Figura 144.	Visita a la residencia.	117
Figura 145.	Visita residencia.....	118
Figura 146.	Registro del tiempo utilizado en transporte para la instalación.	118
Figura 147.	Visita proveedor para solicitar los pendientes.	118

Lista de Tablas

Tabla 1. Explicación de la numeración en la figura 2.	2
Tabla 2. Ingresos medios por arrendamiento.....	3
Tabla 3. Indicador de las pérdidas por temporada.	5
Tabla 4. Datos obtenidos de 2 zonas las cuales son medidas.	6
Tabla 5. Plan de prueba del sistema	11
Tabla 6. Carga planta solar	14
Tabla 7. Cotización del sistema	14
Tabla 8. Total, de consumo requerido por el cliente.	27
Tabla 9. Funciones de cada caja primera alternativa.	30
Tabla 10. Funciones de cada caja segunda alternativa.	31
Tabla 11. Funciones de cada caja tercera alternativa.	33
Tabla 12. Selección componente accionamiento manual.	35
Tabla 13. Consumos electrodomésticos(día.)	38
Tabla 14. Parámetros de cálculo del panel solar.	38
Tabla 15. Consumos distribuidos por meses.....	38
Tabla 16. Datos detallados por meses del panel solar respecto a su inclinación.....	41
Tabla 17. Selección componente panel solar..	42
Tabla 18. Tipos de aerogeneradores	47
Tabla 19. Proveedores comunes de aerogeneradores.[13]	51
Tabla 20. Cuadro comparativo entre bicicleta generadora vs aerogenerador.	52
Tabla 21. Selección componente Smart grid.....	57
Tabla 22. Información sobre cada software.	58
Tabla 23. Selección componente baterías.	65
Tabla 24. Consumo mes a mes del sistema integrado.	67
Tabla 25. Cálculos financieros.....	68
Tabla 26. Datos Periodo Pago (Payback).	70
Tabla 27. Plan de prueba integración 1.	73
Tabla 28. Plan de pruebas integración 2.	74
Tabla 29. Plan de prueba del sistema	75
Tabla 30. Enumeración de las áreas de la residencia.	76
Tabla 31. Resultados de la Prueba del sistema	106
Tabla 32. Resultados obtenidos tras implementación.	110

1 INTRODUCCIÓN

En la vía Trianques-Carmen de Apicalá ubicada en el departamento del Tolima-Colombia, se encuentra la finca Casa Blanca, la cual es arrendada a turistas que visitan la zona por temporadas y se requiere de un servicio de energía eléctrica confiable y constante para lograr contar con ventilación, refrigeración de alimentos, uso de electrodomésticos e iluminación en la finca; el suministro eléctrico brindado por la empresa de servicio público Enertolima no es confiable y es muy fluctuante, por lo cual la red eléctrica comercial es interrumpida constantemente.

El propietario de la finca desea que sus arrendatarios puedan contratar un servicio de hospedaje de calidad en cualquier época del año, adicionalmente la situación actual del suministro eléctrico en la propiedad está generando problemas de rentabilidad, ya que en algunos casos los huéspedes se retiran antes del tiempo esperado o pierden el interés en hospedarse nuevamente, lo cual reduce drásticamente los ingresos del negocio, razón por la cual el propietario espera tener una intervención efectiva en el menor tiempo posible.

El problema de la propiedad está asociado al suministro de energía eléctrica; porque se evidencian alrededor de 5 interrupciones por semana con una duración promedio de 8 horas por interrupción, las cuales pueden presentarse durante el día o la noche y junto a esto existen fluctuaciones constantes en el potencial eléctrico (magnitud).

Para ello se planteó realizar un prototipo genérico para la generación y convivencia de diferentes fuentes de energía eléctrica con una serie de requerimientos que se deben cumplir en la realización del diseño siendo estos descritos de forma específica en los 21 capítulos del documento, con el fin de poder dar cumplimiento a las metas propuestas para un óptimo funcionamiento de este. En donde a partir de estos requerimientos se realizó un diseño que cumpliera con cada uno de ellos, así como de los objetivos. Este diseño fue realizado por subsistemas que pudieran interconectarse para lograr un sistema conjunto. Este sistema se implementó dentro la residencia en cuestión, y se verificó el funcionamiento de cada uno de los subsistemas, observando que el sistema funcionaba de manera precisa y satisfacía los objetivos planteados, a pesar de que uno de los subsistemas no fue implementado por la contingencia presentada por el Covid-19, el sistema funcionó correctamente obteniendo una respuesta satisfactoria por parte del cliente; cabe mencionar que la alternativa de solución es una intervención efectiva en el uso de sistemas inteligentes conocidos como los Smart Grid, los cuales son sistemas que integran energías renovables, para dar una producción de energía, mediante la aplicación de nuevas tecnologías. Estos sistemas se consideran una fuente de suministro adecuada para zonas rurales, por las ventajas que ofrecen:

- A. Cero emisiones de gases con efecto invernadero.
- B. Producción de energía eléctrica de calidad de forma locativa, es decir, cada recinto puede contar con su sistema productor independiente, y por consiguiente ya no sería necesario la construcción de largas líneas de transmisión para transportar la energía desde la planta generadora hasta el consumidor.
- C. Riguroso control sobre la producción y el consumo de la energía eléctrica en el recinto, el cual se puede realizar mediante la implementación de algoritmos que maximicen la eficiencia del sistema, logrando unir potentes herramientas informáticas que trabajen de forma rápida y confiable para lograr automatizar el sistema,

aportando un impacto que no sólo involucra variables financieras, sino también ambientales.[1]

Por lo anteriormente mencionado, al implementar el prototipo (Smart Grid, figura 1), el cual se activa por medio de un mecanismo inteligente, que responde autónomamente a las necesidades del lugar y que funciona como generador eléctrico mediante la producción y aplicación de energías renovables en la propiedad, se espera aumentar la confiabilidad del servicio en términos de disponibilidad y calidad.

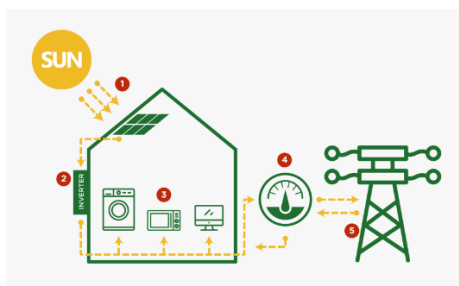


Figura 1. Sistema Smart Grid.[2]

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Contexto

La finca Casa Blanca se encuentra en la zona rural de Carmen de Apicalá en la vía Cuatro Esquinas sobre la zona los Triangulos en el departamento del Tolima-Colombia, su construcción se realizó hace aproximadamente 9 años y desde entonces es usada como sitio de hospedaje para turistas en la zona. Cuenta con dos habitaciones principales con baños independientes, una sala de comedor con cocina integral, dos habitaciones sencillas, zona de lavandería y duchas, un cuarto de máquinas, zona BBQ, piscina y un pequeño huerto en la parte trasera (figura 2 y figura 3), en la finca pueden hospedarse hasta 12 personas.

Nomenclatura:

Tabla 1. Explicación de la numeración en la figura 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cuarto	Cuarto	Bodega	Cuarto	Cuarto	Pasillo	Cocina	Cuarto Máquina	Kiosco	Piscina

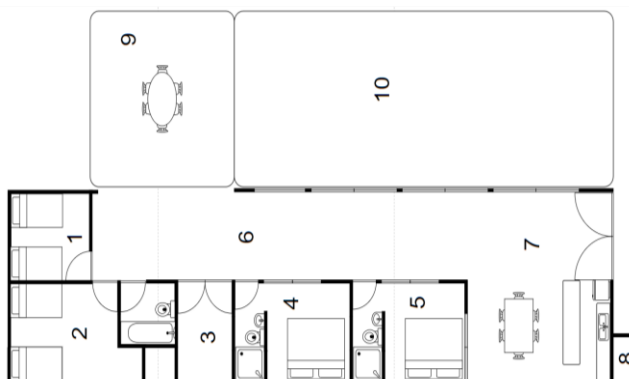


Figura 2. plano guía de la finca aproximado.

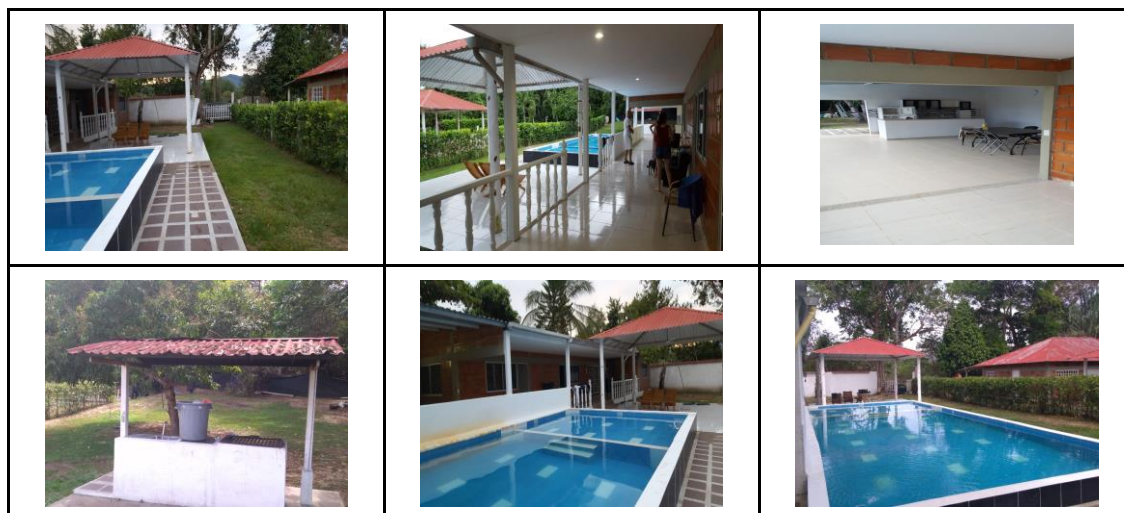


Figura 3. Residencia casa Blanca.

En general el alquiler de la residencia se realiza a grupos de 5 a 12 los huéspedes, lo que refleja los siguientes ingresos dependiendo de la temporada; en temporada baja equivale aproximadamente de \$175.000 a \$245.000 por noche (abarca los meses: Abril, octubre, febrero, marzo, mayo, junio, agosto, septiembre) y en temporada alta el ingreso aproximado es de \$225.000 a \$315.000 (abarca los meses: Enero, Julio, diciembre).

Durante enero, julio y diciembre se logra arrendar la finca en promedio 20 noches (acumulado de los tres meses), lo que significa un ingreso medio de \$4'900.000, en los demás meses se logra arrendar por 10 noches, a excepción de abril y octubre en donde la cantidad de noches incrementa.

En la Tabla 2 se observa el panorama completo de los ingresos que obtiene la finca cada año por arrendamiento.

Tabla 2. Ingresos medios por arrendamiento.

Temporada alta	Temporada media	Temporada baja
Enero, julio, diciembre	Abril, octubre	Febrero, marzo, mayo, junio, agosto, septiembre
Ingresos	Ingresos	Ingresos
\$4.900.000	\$2.800.000	\$6.400.000
Total, ingresos en promedio anual		\$14.100.000

La infraestructura externa que suministra de energía eléctrica a la finca consta de una sola línea monofásica como se muestra en figura 4, la red tiene por lo menos 15 años de estar en funcionamiento y se observa que durante años no se ha realizado el debido mantenimiento ni una respectiva reestructuración acorde al incremento de cargas ancladas a la línea, Figura 4, la construcción de nuevas edificaciones en zonas como por ejemplo la residencia Casa Blanca requieren un sistema eléctrico confiable para brindarle a sus clientes un servicio de hospedaje de calidad, esto significa tener un buen sistema de alimentación eléctrico para suplir la disponibilidad de los electrodomésticos (nevera, televisores, equipo de sonido, ventiladores, entre otros).

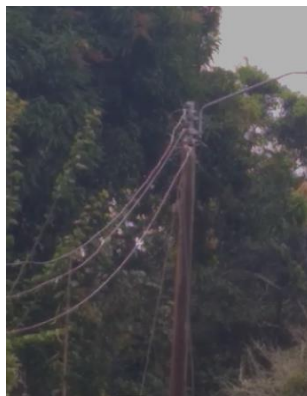


Figura 4. Línea de distribución principal que se observa en la actualidad.

La confiabilidad actual del servicio en la residencia es baja por la cantidad de interrupciones que se presentan, como se puede observar en el informe de agosto del 2018 (figura 5) la cantidad de horas que no se suministró energía eléctrica fue de 29 horas aproximadamente.

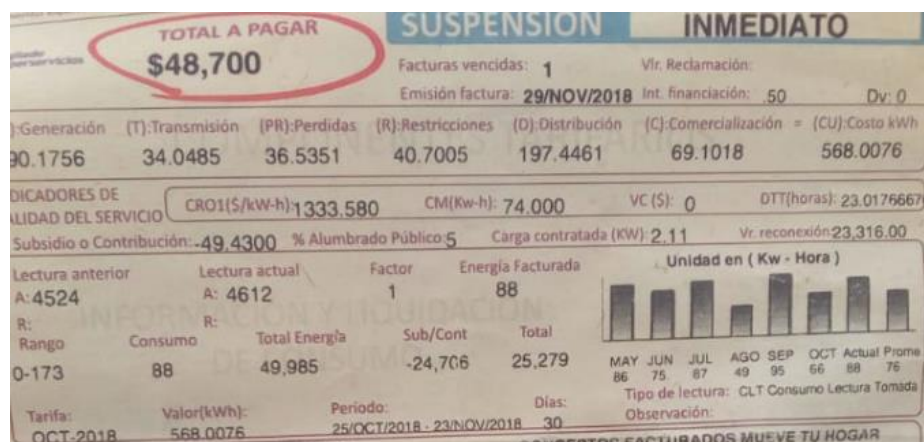


Figura 5. Imagen tomada de los indicadores de Calidad del Servicio en el informe del mes de octubre del año 2018.

Las 29 horas en las que no hubo servicio, se distribuyen en un promedio de 8 horas por semana, presentándose hasta 5 interrupciones en el transcurso de ésta.

2.2 Manifestación

En la zona rural de Carmen de Apicalá, en la vía Cuatro Esquinas sobre la vereda los Trianques, se brinda el servicio de hospedaje mediante el alquiler o arriendo de casas y fincas por temporadas; en los años 2017 y 2018 se da una reducción de los clientes debido a las incomodidades que les genera las constantes interrupciones eléctricas en las edificaciones (Falta de ventilación, refrigeración de alimentos e iluminación), lo cual genera pérdidas económicas significativas.

2.3 Causas

- La finca Casa Blanca presenta fluctuaciones considerables en el sistema eléctrico.
- Cortes del suministro eléctrico se presentan de forma periódica.
- Las oleadas de calor incomodan la estadía del cliente.

2.4 Efectos

- A. Las fluctuaciones del voltaje en el sistema eléctrico producen picos de voltaje los cuales generan daños en los electrodomésticos.
- B. Devolución del dinero por el alquiler de la finca debido a la falta de electricidad, las fallas en los electrodomésticos que brindan comodidad a los huéspedes y que fueron acordados en el arrendamiento.
- C. Pérdidas económicas para el propietario de la finca por el disgusto con los huéspedes, además, genera la disminución de clientes potenciales en temporadas altas por el mal servicio prestado.

2.5 Aspectos para solucionar

- A. La finca Casa Blanca presenta fluctuaciones en el sistema eléctrico.
- B. Cortes del suministro eléctrico.

2.6 Justificación del proyecto

La producción de la finca según la tabla 2 y tabla 3 se ha visto afectada con pérdidas de producción en promedio de un 30% hasta un 50%. Dado que el cliente está siendo afectado por la inconsistencia del sistema actual, por tal motivo estos cancelan lo acordado y parten antes de tiempo, además, de disminuir la reputación de la finca y dañar los electrodomésticos por las fluctuaciones de voltaje evidenciadas en las mediciones tomadas en la tabla 4 y el estado actual de la entrega de la red eléctrica como se muestra en las figuras 6,7 y 8.

Tabla 3. Indicador de las pérdidas por temporada.

Temporada	Con problema	Sin problema
Temporada alta	\$4.900.000	\$6.300.000
Temporada media	\$2.800.000	\$3.640.000
Temporada baja	\$6.400.000	\$8.320.000
Total, promedio de ingresos anual	\$14.100.000	\$18.260.000

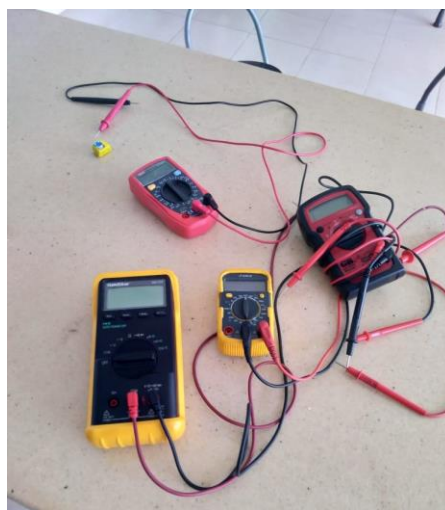


Figura 6. Multímetros utilizados en la toma de datos.



Figura 7. Contador de la empresa Enertolima de la residencia.

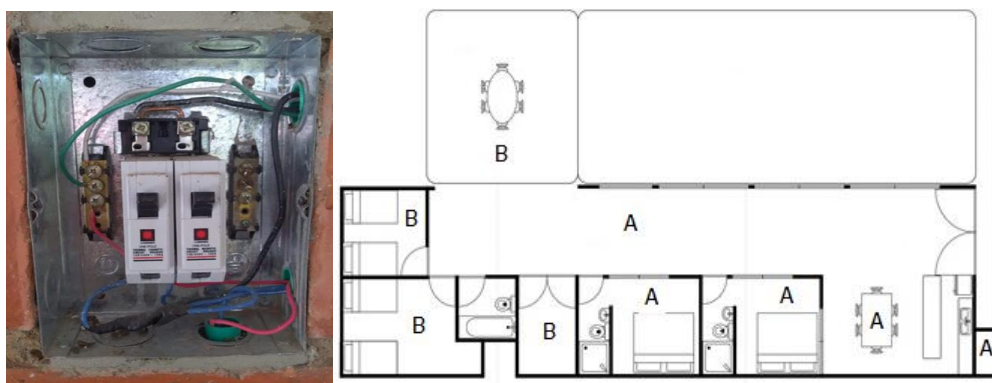


Figura 8. Tablero de distribución, cuenta con dos Breakers: Izquierda zona A y derecha zona B.

En la figura 6 se observan los instrumentos de medición utilizados para la toma de datos de las respectivas zonas, la distribución de éstas se observa en la figura 8. Estos datos no están enfocados en conocer el consumo discreto de las cargas del sistema, sino evaluar el funcionamiento de la red en lo relacionado a las fluctuaciones de voltaje, los resultados se observan en la Tabla 4. El requerimiento del cliente está enfocado a la zona A en específico, ya que es donde se encuentran sus cargas de principal interés; las mediciones realizadas fueron en tomacorrientes en las respectivas zonas no mayor a 5 metros del tablero de distribución.

Tabla 4. Datos obtenidos de 2 zonas las cuales son medidas cuando se activaban componentes (zona A breaker 1 y zona B breaker 2).

Componentes	Zona A (Voltaje AC)	Zona B (Voltaje AC)
Bombillo (1)	128.9	129.1
Ventilador (1)	129.5	127.5
Bombillo (2)	126.9	126.8
Bombillo (3)	126.9	126.6
Bombillo (4)	124.5	125.5
Ventilador (2)	123.9	125.4
Bombillo (5)	123.3	123.3

Componentes	Zona A (Voltaje AC)	Zona B (Voltaje AC)
Ventilador (3)	121.9	121.8
Bombillo (6)	121.8	121
Bombillo (7)	121.6	121.8
Ventilador (4)	120	120
Bombillo (8)	119.8	120
Bombillo (9)	119.6	119.8
Bombillo (10)	119.5	119.7
Bombillo (11)	119.1	119.4
Ventilador (5)	118.5	118.8
Televisor LED	118.2	118.6
Ventilador (6)	116.6	117.3
Nevera	112.2	113.9
Equipo de sonido	114.2	113.4
Bombillo (12)	114.1	114.9
Televisor	114.4	114.4
Bomba	99.4	102.5

Nuestra solución tiene como uno de sus objetivos disminuir estas fluctuaciones en el voltaje de alimentación, esto se logra al implementar un prototipo de tecnología Smart Grid de energía eléctrica el cual asegura un flujo de energía estable y constante, lo que garantizará al propietario de la residencia que las fluctuaciones de la señal no generen daños sobre los electrodomésticos y los clientes no tendrán incomodidades por la falta de un sistema que brinde la energía, además la implementación de un sistema Smart Grid permite al usuario tener nuevos métodos en la obtención de energía eléctrica, a través de un equilibrio con el medio ambiente, sin la necesidad de grandes proyectos o largas líneas de distribución.

2.7 Propuesta de solución

Prototipo genérico para la generación y convivencia de diferentes fuentes de energía eléctrica.

3 OBJETIVOS

3.1 General

Diseñar, probar e implementar un prototipo genérico, para la producción de energía eléctrica a través de la integración de diferentes fuentes de energía eléctrica.

3.2 Específicos

1. Elaborar un estudio del cableado actual y la demanda energética de los dispositivos electrónicos de todo circuito de la zona A.
2. Diseñar el prototipo genérico del sistema de generación y convivencia de diferentes fuentes de energía eléctrica.
3. Mitigar el impacto ambiental del diseño.
4. Implementar el prototipo genérico para la producción y convivencia de diferentes fuentes de energía eléctrica en la finca.
5. Realizar el plan de pruebas del sistema.
6. Elaborar documentos (manual de instalación, operación y mantenimiento) del sistema.

4 REQUERIMIENTOS

4.1 Funcionales

1. El sistema deberá contar con el diseño para integrar cuatro suministros de energía eléctrica, los cuales serán: red eléctrica actual (120V AC con frecuencia de 60 Hz), baterías de ciclo profundo (Que sean capaces de almacenar por lo menos un 30% por encima del nivel de energía mínimo para abastecer el consumo de la finca), paneles solares con un nivel de eficiencia (cantidad de energía producida por unidad de área) mínimo del 17%, una planta eléctrica que sea capaz de producir un 30% de energía por encima del consumo promedio de la finca).
2. El sistema deberá indicar los sistemas que están conectados en la residencia.
3. El sistema deberá indicar la potencia máxima que puede entregar cada suministro.
4. El sistema deberá mostrar la carga conectada en todo instante en la residencia.
5. El sistema deberá evaluar el consumo en tiempo real y partiendo de esto seleccionará cuál fuente alimentará la batería, la forma en que se distribuirá según un algoritmo de priorización que depende de las fuentes y cantidad de energía disponible, y las cargas que estarán conectadas.
6. El sistema deberá dar la priorización y selección de fuente energética.
7. El sistema deberá actuar de forma inteligente decidiendo entre almacenar la energía o generar para el consumo de suministro actual.
8. El sistema deberá ajustarse según unos rangos de carga, los cuales se determinarán después de hacer el respectivo estudio de cargas en la residencia.
9. El sistema deberá realizar la conmutación entre fuentes integradas según las órdenes producidas por el algoritmo.
10. El diseño deberá permitir que el sistema genérico sea escalable, esto en cuanto a la capacidad de horas de funcionamiento y la capacidad de alimentación sobre las cargas deseadas.
11. El sistema deberá tener una fuente de generación de último recurso la cual permite un lapso de consumo energético para emergencia.
12. El sistema deberá tener una interfaz gráfica, que le permita saber al consumidor con exactitud el consumo actual por circuito de la casa, y mediante qué fuentes de energía integradas se suple la necesidad.
13. El sistema deberá entregar una señal de alimentación senoidal uniforme, con un voltaje AC de 120V a una frecuencia de 60Hz.
14. El sistema deberá compensar la adición de cargas a la fuente de forma automática y estable, la integridad de la señal no debe desaparecer al momento de incrementar el nivel de carga.
15. El sistema deberá proporcionar una cantidad de energía suficiente para alimentar las cargas en un rango según el diseño.
16. El sistema deberá tener un interruptor conmutador de 3 posiciones con selector giratorio.
17. El sistema de accionamiento manual no requiere de una supervisión del estado por ser el último recurso.
18. El sistema de accionamiento manual deberá operar con voltajes de 120 voltios a 10 amperios mínimo.
19. La interfaz gráfica será desplegada en una pantalla led sencilla, de pequeñas proporciones, suficiente para brindar la información de interés de forma clara; consumo energético, producción de energía, compensación de energía a la carga, y carga actual conectada al sistema.
20. El sistema deberá contar con una interfaz hombre-máquina.

21. El sistema deberá informar cuando no tenga la capacidad de suplir las cargas.
22. El sistema deberá tener un botón de reset en caso de fallas.
23. El sistema deberá indicar cuando no haya red eléctrica comercial.
24. El sistema deberá estar protegido en caso de presencias de oscilaciones y posibles desconexiones de la red eléctrica actual.
25. El sistema deberá contar con un polo a tierra.
26. El sistema de accionamiento manual(switch) no será automático.
27. El sistema deberá ser capaz de modificar o actualizar la información de los sistemas que están funcionando.
28. El sistema deberá poder interactuar con una persona dentro de la residencia.
29. El sistema deberá transmitir la información al tablero hombre-máquina en tiempo real.
30. El sistema deberá suministrar la energía necesaria, sin importar su aumento gradual de cargas.
31. El sistema eólico debe ser capaz de transformar la energía de movimiento (cinética) a energía eléctrica con valores considerables para la aplicación.

4.2 *De calidad*

- 1 La señal no deberá presentar picos que afecten los equipos dentro de la residencia.
- 2 Trabajar óptimamente a una tensión de 120V (AC) y frecuencia de 60Hz de acuerdo con los requerimientos de la red eléctrica en Colombia.
- 3 El sistema deberá tener cumplimiento en la norma RETIE para zona rural.
- 4 La eficiencia de producción de los paneles debe ser superior al 12%.
- 5 La temperatura de operación de los paneles debe soportar hasta 50 grados centígrados.
- 6 La corriente producida por los paneles no debe ser mayor a 10 amperios.
- 7 El voltaje de operación de los paneles debe estar en el rango de 20 a 40 voltios.
- 8 El sistema mecánico deberá contar con un control eléctrico para evitar picos de producción y lograr aislamiento en los casos que la producción sea 0.
- 9 El sistema contará con indicadores de consumo en donde se pueda verificar el correcto funcionamiento
- 10 Los almacenadores deberán contar con las especificaciones técnicas y de garantía específicas del fabricante con valores de funcionamiento y vida útil del equipo.

4.3 *Restrictivos*

1. El sistema no podrá ser transportado luego de la instalación.
2. El sistema no estará activo por más de 12 horas si los recursos económicos no son suficientes.
3. El sistema contará con una programación que sólo podrá ser alterada por el personal de implementación del proyecto y el cuidandero de la finca luego de ser capacitado.
4. Se debe realizar un seguimiento periódico (cada 3 meses) del estado del equipo, asegurando que exista una correcta conexión de los implementos y su funcionamiento, el encargado será el cuidandero de la finca.
5. El sistema será diseñado para uso exclusivo de la propiedad.
6. EL sistema deberá generar la menor cantidad de afecciones medioambientales.
7. El sistema no deberá conmutar suministros que no den la potencia necesaria para la residencia.
8. El sistema deberá estar aislado de factores ambientales como la lluvia, este no debe mojarse por ninguna razón.
9. El sistema no deberá afectar los electrodomésticos.

5 PLAN DE PRUEBA DEL SISTEMA

Para este apartado, se realizará la debida planeación estructurada del cómo se debe revisar el funcionamiento del sistema ya enlazado, así mismo, se establecen las herramientas a utilizar para lograr una correcta revisión en cuanto al cumplimiento de las normas establecidas en el apartado de requerimientos del sistema por lo cual se puede observar en la tabla 5.

Para este fin se procede a describir la planeación en la siguiente tabla de forma detallada:

Tabla 5. Plan de prueba del sistema

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	NOMBRE DE LA PRUEBA	DESCRIPCIÓN DE PRUEBA	CANTIDAD DE PERSONAS PARA LA PRUEBA	EQUIPO, DISPOSITIVO O SOFTWARE DE MEDICIÓN NECESARIO.	TIEMPO DE DURACIÓN PARA LA PRUEBA
El sistema deberá contar con el diseño para integrar cuatro suministros de energía eléctrica los cuales serán: red eléctrica actual (120v ac con frecuencia de 60 Hz), baterías de ciclo profundo (que sean capaces de almacenar por lo menos un 30% por encima del nivel de energía mínimo para abastecer el consumo de la finca), paneles solares con un nivel de eficiencia (cantidad de energía producida por unidad de área) mínimo del 17%, una planta eléctrica que sea capaz de producir un 30% de energía por encima del consumo promedio de la finca).	Estabilidad del sistema al integrar las fuentes de producción y verificación de cantidad de energía producida	Se tomará la medida de amplitud y frecuencia de la señal de salida, y se también el nivel de carga de la batería con el multímetro para compararlo con el valor en HMI.	3	Multímetro	30 min
El sistema deberá indicar los sistemas que están conectados en la residencia, potencia máxima y carga conectada.	Verificación en interfaz HMI de dispositivos conectados al sistema y potencia máxima generada.	Se observará si los dispositivos conectados son detectados y mostrados desde la interfaz HMI.	1	Interfaz gráfica del sistema	15 min
El sistema deberá evaluar el consumo en tiempo real y partiendo de esto seleccionará cuál fuente alimentará la batería, la forma en que se distribuirá según un algoritmo de priorización que depende de las fuentes y cantidad de energía disponible, y las cargas que estarán conectadas.	Visualización de comportamiento Smart	Se pondrá en funcionamiento el sistema para observar que decisiones toma según el nivel de carga de batería y nivel de producción por fuente.	1	Interfaz gráfica del sistema	20 min
El sistema deberá dar la priorización y selección de fuente energética.	Visualización de fuente de alimentación según nivel de producción por fuente y carga conectada	Se conectará por medio del software Solar Power un PC para poder observar el comportamiento de las fuentes productoras y la variación de carga en baterías.	1	Interfaz gráfica del sistema	20 min
El sistema deberá actuar de forma inteligente decidiendo entre almacenar la energía o generar para el consumo de suministro actual.	Observación de la distribución de energía generada	Confirmaremos que se cumplan los parámetros descritos en nuestro algoritmo de comportamiento.	1	Software idóneo para la prueba	7 h
El sistema deberá ajustarse según unos rangos de carga, los cuales se determinarán después de hacer el respectivo estudio de cargas en la residencia.	Identificación de topes de carga y descarga de baterías.	En el HMI observaremos en que momento el sistema pasa a depender de la red comercial (si existe) para medir el nivel de carga en la batería y así mismo cuando ésta comience a aportar a la finca.	2	Software idóneo para la prueba	7h
El sistema deberá compensar la adición de cargas a la fuente de forma automática y estable, la integridad de la señal no debe desaparecer al momento de incrementar el nivel de carga.	Integración de cargas de forma sucesiva al sistema.	Se incrementará de forma aleatoria la demanda energética y se comprobará la estabilidad del sistema al acoplarse a eventualidades simuladas.	3	Multímetro, Software idóneo para la prueba	7h

6 METODOLOGÍA

A partir de los objetivos específicos planteados se llevará a cabo una metodología de desarrollo tomando como referencia el modelo (CDIO).

6.1 Proyecto I

Objetivo específico No.2: Diseñar el prototipo genérico del sistema de producción y convivencia de diferentes fuentes de energía eléctrica.

Actividades:

- A. Realizar el diseño funcional que garantice un sistema confiable y estable.
- B. Realizar el diseño detallado el cual estará enfocado en:
 - 1) Requerimientos de componentes
 - 2) Selección de proveedores
 - 3) Requerimientos de los subsistemas.

Entregables:

Documentación pertinente, la cual tendrá todo lo relacionado al diseño a implementar.
Objetivo específico No.3: Mitigar el impacto ambiental del diseño.

Actividades:

Realizar el estudio del impacto ambiental, que puede producir el sistema en la zona de instalación.

A partir de los resultados del estudio, orientar el diseño y la implementación del sistema hacia una filosofía verde.

Entregables:

Entregar el sistema bajo unas condiciones ambientales propicias, para maximizar la eficiencia en cuanto a funcionamiento.

6.2 Proyecto II

Objetivo específico No.4: Implementar el prototipo genérico para la producción y convivencia de diferentes fuentes de energía eléctrica en la finca.

Actividades:

- A. Realizar la integración del sistema
- B. Realizar la implementación de los subsistemas que requiera el proyecto.

Entregables:

Entregar el sistema funcionando correctamente.

7 RECURSOS NECESARIOS

7.1 Recursos de tiempo

La totalidad del proyecto se realiza en un periodo de tres (3) semestres, empezando con la asignatura de seminario de proyectos, luego de las consecutivas materias proyecto 1 y proyecto 2. El entregable del prototipo funcional debe presentarse al final del curso proyecto 2.

7.2 Recursos humanos

- A. Jesús Meza Orozco, estudiante de ingeniería electrónica con 8 horas de trabajo semanal.
- B. Brayan Steven Barona Jiménez, estudiante de ingeniería electrónica con 8 horas de trabajo semanal.
- C. Nicolas Barrera Mariño, estudiante de ingeniería electrónica con 8 horas de trabajo semanal.
- D. Edwards Josué Ortega González, estudiante de ingeniería electrónica con 8 horas de trabajo semanal.
- E. Holman Alexander Ariza Guerrero, director de proyecto con 4 horas de trabajo semanal.
- F. Ernesto Sabogal Gómez, Asesor metodológico con 4 horas de trabajo semanal.
- G. Técnico electricista para las instalaciones al momento del montaje.

7.3 Recursos técnicos

- A. Placas solares de gran potencia y alto rendimiento.
- B. Baterías de ciclo profundo.
- C. Inversor de alto coeficiente en VA (Voltio Amperios), Smart Grid.
- D. Controlador en carga para voltaje y corriente, Smart Grid.
- E. Sistemas alternos (mecánico o eólico).

7.4 Recursos materiales

- A. Bases de datos académicas brindadas por biblioteca Juan Roa Vásquez (biblioteca de la universidad El Bosque).
- B. Proyectos de grado aprobados en periodos pasados relacionado con la implementación de energías renovables.

7.4.1 Desarrollo

Se realizó una detallada revisión del estado del arte, donde se tuvo en cuenta tres temáticas principales:

- Rentabilidad y cuidados.
- Mejora de producción.
- Tecnologías y proveedores.

Se tomaron en cuenta estas tres temáticas para contextualizar y profundizar conocimientos sobre diferentes temas de los cuales se tenía poco y además tecnologías que se han venido implementando en la industria de la producción de energía renovable, en específico aprovechamiento solar.

La metodología que se observa en el capítulo 10, se desarrolló a partir de la formulación de objetivos específicos y requerimientos planteados sobre el prototipo a entregar con el fin de lograr cumplirlos a cabalidad, luego de esto se plantean las respectivas actividades y sus entregables esperados que permitan así desarrollar a cabalidad el proyecto.

Durante los cursos del pensum básico de la carrera de ingeniería electrónica en la universidad El Bosque, se han adquirido conocimientos en lo relacionado a potencia, distribución, transformación y aprovechamiento de energías eléctricas, sus riesgos y ventajas. Esto logró la preparación básica para atacar la problemática en la cual se focaliza el proyecto.

7.5 Recursos de financiación

Tabla 6. Carga planta solar

Equipos	cant.	Potencia watts	Uso h/día	Potencia total máxima consumo (w/h)	Intensidad total, máxima (a) a 24 volt	Potencia total requerida por día - whd
Bombillo	8	9	6	72	3,0	432
Televisor	1	50	4	50	2,1	200
Equipo de Sonido	1	80	3	80	3,3	240
Licuada	1	500	0,08	500	20,8	42
Carga de Celulares	3	3	3	9	0,4	27
Nevera	1	160	8	160	6,7	1.280
				871	36	2.221

Tabla 7. Cotización del sistema

Descripción	Cant.	Unidad	Vr unid	Precio venta
Paneles policristalinos a 24 Voltios. Panel Solar 280W 24V Jinko 1650*992*35mm Policristalino	3	Unid	367.500	\$1.102.500
Batería 150 Ah 12V, Gel Netion Largo 485 Ancho 176 Alto 240 mm Peso 44,5Kg	2	Unid	818.482	\$1.628.964
Inversor Híbrido 3Kva 24V Powest - NUHIB-7504 NCMR	1	Unid	2.189.113	\$2.189.113
Estructura. Rack de Panel, Cubierta inclinada	3	Unid	106.667	\$320.000
Estructura. Rack de batería	2	Unid	80.000	\$160.000
Cofre metálico para intemperie 500x500x250 con Malla	1	Unid	124.000	\$124.000
Aerogenerador 400W	1	Unid	1.970.640	1.970.640
Equipos y materiales de instalación: Breakers DC/AC, Fusible Cortacircuitos, Cableado: de paneles a Inversor Híbrido 10m, Baterías a Inversor 2m, Inversor a Tablero de Distribución 6m, la variación en esas medidas puede cambiar el calibre del cable.	1	Unid	573.650	573.650
SUBTOTAL PLANTA SOLAR				\$8.068.867
Montaje e instalación				\$936.000
Transporte de materiales al sitio de instalación.				\$600.000
SUBTOTAL PLANTA SOLAR				\$9.604.867
IVA			19%	\$1.824.925
TOTAL				\$11.429.792

8 ESTADO DEL ARTE

8.1 Bases teóricas

El crecimiento de la demanda energética en forma acelerada en los últimos años, seguido de nuevos desafíos para los sistemas de potencia como la incorporación de los vehículos eléctricos y las energías renovables, han abierto las puertas para nuevas herramientas como las Smart Grids (redes inteligentes en español), estas redes agrupan de manera inteligente los generadores de electricidad, los consumidores y los que son ambas cosas a la vez (Potter, 2010).

Muchos países han comenzado a desarrollar Smart Grids para dotar de inteligencia sus redes y lograr satisfacer la demanda energética creciente, pero reducen o cada vez más el impacto al medio ambiente por medio de energías renovables (Hledik, 2009).

Las fuentes renovables de energía de alta aplicabilidad en el país, como la generación solar y eólica son de características intermitentes. Por razones como éstas, los Smart Meters y los métodos de almacenamiento de energía son partícipes en las redes inteligentes (Vojdani, 2010), principalmente por permitirle a los generadores eólicos y solares seguir conectados a la red, aunque la demanda sea poca, almacenando así la energía para los momentos de mayor consumo. Las redes inteligentes utilizarían métodos de almacenamiento como, por ejemplo, hidroelectricidad bombeada, donde en las horas valle se bombea agua hasta un lugar a mayor altura, de manera que ésta se descargue a un generador durante las horas pico. El aporte de las redes inteligentes con las energías renovables consiste en permitirles a estas energías participar a gran escala en la generación de electricidad, porque con las condiciones actuales es difícil que estos métodos reemplacen a los actuales basados en carbón y gas (Battaglini, 2009). Algunos métodos de almacenamiento que las Smart Grids proponen son: baterías, almacenamiento con aire comprimido, volantes de inercia, supercondensadores y métodos de almacenamiento de energía solar. Un ejemplo de energía solar termoeléctrica es el almacenamiento de la energía solar, donde se funden sales por medio de una torre recolectora de calor; permitiendo así generar energía cuando el sol se haya ocultado.

8.1.1 Estado en el País:

Las Smart Grids utilizan elementos tecnológicos que permiten desarrollar las ventajas que éstas proponen. En el país se ha comenzado con la incorporación de algunos de estos desarrollos, como los PMUs instalados actualmente en el sistema de potencia, los cuales permiten adquirir práctica en el manejo de fasores para medición sincronizada, para que cuando se decida desarrollar a gran escala estas tecnologías se tenga buena experiencia. Existen también proyectos futuros, como el sistema de transmisión en corriente directa, HVdc para la interconexión Colombia-Panamá. El HVdc es óptimo para la transmisión de potencia a largas distancias, porque la transmisión en corriente alterna se ve limitada, por ejemplo, por las grandes distancias, retos en conexiones con cables aislados y pérdidas por calentamientos. Otros elementos altamente importantes para las Smart Grids son los FACTS, electrodomésticos inteligentes, Smart Meters, redes de área doméstica y protocolos de comunicaciones.

8.1.2 Viabilidad de la implementación en el país:

La aplicabilidad de las redes inteligentes en Colombia es alta, porque el país es apto para recibir los beneficios que las tecnologías de las Smart Grids incorporan. El sistema interconectado nacional cubre las regiones de alta demanda en el país, pero muchos territorios actualmente se encuentran no interconectados, siendo óptimos para la generación distribuida, donde las pequeñas poblaciones podrían generar electricidad con la ayuda de recursos renovables. Los

desarrollos en otros países con redes inteligentes han sido exitosos, mostrando la aplicabilidad a gran escala en Colombia, donde ya se están realizando estudios con diferentes dispositivos, como los PMUs instalados en el sistema, la generación eólica, y proyectos futuros como la interconexión con Panamá en HVdc. Muchos de los instrumentos utilizados por las redes inteligentes son de naturaleza “modular”, evitando la construcción de grandes proyectos, por ejemplo, la generación eólica y solar se puede realizar en diferentes sectores y a pequeña escala, desarrollando en conjunto gran potencia en forma dispersa. La generación distribuida es otra herramienta de carácter “modular”, la cual se puede ir desarrollando en pequeñas regiones, con la ventaja de instalarse fácilmente en muchos territorios, e ir creciendo a medida que lo hace la demanda; en comparación con una central hidroeléctrica donde es difícil realizar modificaciones de la capacidad, demostrando una vez más que las Smart Grids son elementos que se utilizarán en el futuro.

8.1.3 Características fundamentales de los sistemas tipo Smart-Grid

- Interacción en tiempo real entre el equipo y las entidades remotas de gestión del sistema, así como con diferentes entidades que estén dentro del área de distribución (Caruana et al., 2015; Deng et al., 2015).
- Determinismo temporal en las comunicaciones y marcación temporal en los datos (Benoit et al., 2013; Dong Han et al., 2014).
- Especificaciones de respuesta temporal adecuadas para la monitorización de parámetros y para las acciones de protección, utilizando el contexto normativo en vigor.
- Multifuncionalidad, para poder operar en diferentes ámbitos, en calidad de suministro, en protección, o ambas simultáneamente (Ransom, 2013).
- Modularidad, al tener que integrarse en un conjunto de equipos muy heterogéneo (Abbey et al., 2013).

8.2 Tecnología

8.2.1 Instalación solar fotovoltaica

Una instalación solar fotovoltaica es un arreglo que permite aprovechar la energía solar y transformarla en energía eléctrica aprovechable para el funcionamiento de diferentes equipos eléctricos. Generalmente, están contruidos por: paneles solares los cuales son los encargados de captar y transformar la energía solar; el regulador - controlador de carga que se encarga de cargar de manera correcta los equipos de almacenamiento y en ocasiones dan la opción de configurar comportamiento para mejorar el rendimiento general del sistema; las baterías o acumuladores de energía; el inversor de corriente DC/AC que convierte la corriente directa en alterna para que pueda ser usada en los equipos eléctricos comerciales; Generador el cuales se encargan de suministrar energía eléctrica AC usando algún combustible fósil.

Una instalación solar fotovoltaica puede ser aislada o conectada a la red eléctrica comercial (red pública), cuando no está conectada de llama “Off Grid”; al estar conectada se llama “On Grid”. También existen sistemas que permiten usar varias clases de energía los cuales son llamadas “Híbridos”. La instalación para este diseño será del tipo híbrido, puesto que servirá para suplir las necesidades de energía en una zona rural que cuenta con red eléctrica comercial como se puede observar en la figura 9.

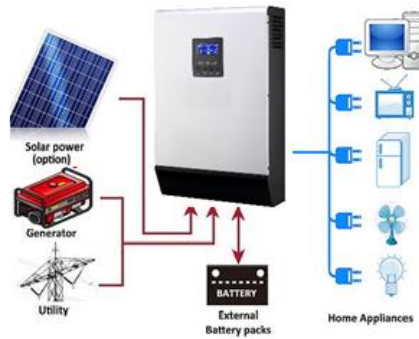


Figura 9. Esquema de funcionamiento de una instalación solar fotovoltaica híbrida.[3]

8.2.2 Panel fotovoltaico

Son dispositivos que pueden transformar la energía solar en energía eléctrica, están contruidos por celdas que funcionan de acuerdo con el principio del efecto fotoeléctrico. Una celda solar es la unidad más pequeña en la cual se divide un panel o modulo fotovoltaico, esta forma constructiva se hace debido a lo sensible de los materiales utilizados y las tecnologías que existen para la fabricación de estos dispositivos. En general, para aplicaciones el material más utilizado en la fabricación de celdas es el silicio por su abundancia y bajo costo. Un Panel está compuesto por:

- Caja metálica para contener las celdas.
- Placa con filas de celdas conectadas eléctricamente.
- Tapa transparente construida en material resistente a la intemperie.
- Marco metálico para instalación a la intemperie.

8.2.3 Celdas solares

Son dispositivos diseñados y contruidos para convertir la energía solar, las celdas solares comerciales generan pequeños voltajes de entre 0.5 y 1.7 voltios, y se pueden encontrar de dimensiones comerciales que van desde 12.6mm x 51mm hasta 125mm x 125mm, con un espesor aproximado de 400µm.

La mayoría de las celdas solares comerciales se fabrican de silicio, elemento que a pesar de ser muy abundante, se encuentra mezclado con oxígeno en moléculas de SiO_2 o sílice, no se encuentra en su estado puro y para usarlo como semiconductor se requiere aislarlo; para esto son utilizados varios métodos industriales con los que se logran diferentes grados de pureza; gracias a este proceso se pueden obtener eficiencia de celdas con promedio de 16% para monocristalinas, 13% policristalinas y 10% amorfas. Cuando se habla de silicio monocristalino, se hace referencia a que el sólido tiene una estructura cristalina única, continua, cuyos cristales están unidos sin que se perciban bordes ni imperfecciones como se observa en la figura 10.



Figura 10. Celda solar monocristalina y policristalina respectivamente.[4]

8.2.4 Tipos de paneles

Un módulo solar se construye ensamblando adecuadamente varias células solares, esta forma, obtener voltajes y corrientes que se puedan aprovechar en el funcionamiento de instalaciones y equipos eléctricos. En general se pueden encontrar paneles de 12 voltios con 30, 33, 36 y 72 celdas.

Panel monocristalino como se observa en la figura 11, se encuentran con eficiencias entre 14% y 16%, pueden ser de color azul oscuro o plateado oscuro. Son respectivamente los más costosos ya que la producción para este tipo de celdas tiene un precio más elevado, generalmente se fabrican con 36 celdas y 12 voltios.



Figura 11. Panel solar monocristalino de 300 Watts.[4]

Panel policristalino como se observa en la figura 12, cuentan con eficiencias de 10% y 15%, pueden ser de color azul y se identifican por tener visos de diferentes tonos de azul, es menos costoso que los monocristalinos y son los más utilizados.



Figura 12. Panel solar policristalino de 275 Watts.[4]

Panel amorfo, cuentan con eficiencias inferiores al 10% y sus características técnicas son las siguientes, se determinan tomando una radiación solar de 1000 Watts por metro cuadrado a una temperatura de 25 grados Celsius:

- Voltaje en vacío, es el voltaje que se mide en los terminales del panel en circuito abierto.
- Corriente de cortocircuito, corriente que genera el panel cuando se cortocircuitan sus terminales.
- Potencia nominal o potencia pico, es la máxima potencia que puede generar el panel a una carga conectada a sus terminales.
- Voltaje nominal o voltaje pico, es el voltaje que se presenta en el panel para la máxima potencia o potencia pico.
- Corriente nominal o corriente pico, Es la corriente que se presenta en el panel par la máxima potencia o potencia pico.
- Eficiencia nominal o eficiencia de conversión, es la relación entre la máxima potencia generada para un panel cuando recibe radiación y la potencia por área del panel.

8.2.5 Regulador - controlador de carga

Es un equipo electrónico que se requiere principalmente para garantizar la buena operación y vida útil de las baterías; aunque también, algunos tipos de reguladores, tiene funciones para cuidar y proteger los paneles y los equipos de la instalación. Los reguladores de carga controlan la máxima corriente de carga, el máximo voltaje de carga y el mínimo voltaje de descarga de las baterías o acumuladores que reciben la energía eléctrica transformada por los paneles solares.

Existen dos tipos básico de reguladores; el regulador tipo serie y regulador tipo paralelo, los cuales cuentan con diversas versiones según su funcionamiento durante los diferentes ciclos o etapas de carga de las baterías (carga, absorción, flotación e igualación).

8.2.6 Regulador tipo paralelo

Como se logra observar en la figura 13 este tipo de regulador se instala entre los módulos fotovoltaicos y las baterías, se caracteriza principalmente porque puede ser una resistencia disipadora que entra en operación cuando se ha alcanzado la carga completa de las baterías y recibe la energía eléctrica generada en los paneles desviando de las baterías para evitar sobrecarga, así mismo, puede desconectar las baterías cuando se llegue a un punto de descarga evitando que lleguen a un nivel muy bajo que podría llegar a generar daños y por último funcionar como diodo evitando corrientes en sentido inverso desde las baterías a los paneles en las noches o días oscuros.

En la actualidad existen reguladores con microprocesadores con capacidad para realizar funciones avanzadas de control de ciclos de carga, protección y monitoreo de las baterías, estos equipos son más completos y complejos.

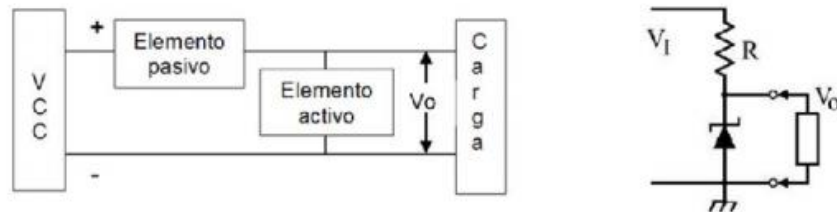


Figura 13. Esquema y circuito elemental de un regulador paralelo.[5]

En el circuito de la figura anterior el diodo Zener y la resistencia se deben seleccionar de acuerdo con el voltaje de entrada, voltaje de salida y corriente de salida requerido por la carga, estos componentes disipan mucha energía, haciendo que la eficiencia de este circuito sea muy baja; adicionalmente las regulaciones de línea y de carga son bajas.

8.2.7 Regulador tipo serie

Este tipo de regulador se instala en serie entre los módulos fotovoltaicos y las baterías y se caracteriza porque desconecta las baterías al momento de tener una carga completa y así mismo produce la desconexión al llegar al nivel bajo de carga, evitando daños en el equipo. Su principal característica es que los elementos activos se encuentran en serie con la carga cuidando la corriente. El elemento activo del regulador serie es el transistor y por este circula la corriente de la carga; por la resistencia R y el Zener (llamado elemento de referencia) circula la corriente base de transistor como se logra evidenciar en la figura 14.

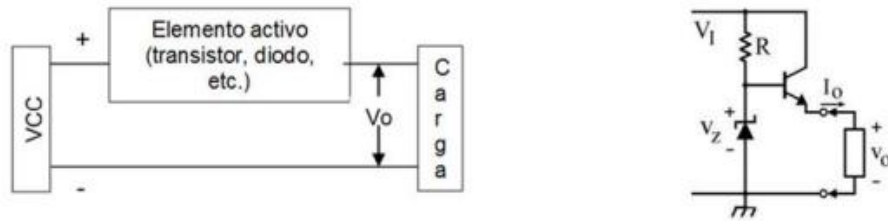


Figura 14. Esquema y circuito elemental de un regulador serie.[5]

Para mejorar la tensión en el circuito de la figura anterior se adiciona una resistencia de sangría en serie con el transistor, de la siguiente forma:

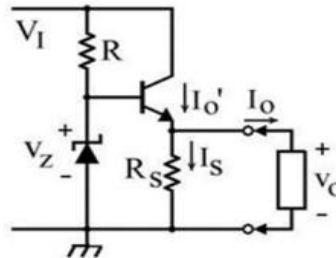


Figura 15. Esquema y circuito elemental de un regulador serie.[5]

Se debe tener en cuenta el voltaje de la entrada, voltaje y corriente de salida requerido por la carga. La mayoría de la corriente circula por el transistor y no por la resistencia, la eficiencia es mayor que en los reguladores tipo paralelo, aunque siguen siendo importantes; Con la finalidad de mejorar esto se construyen arreglos con transistores y amplificadores operacionales hasta llegar a reguladores integrados dando resultado la figura 16.

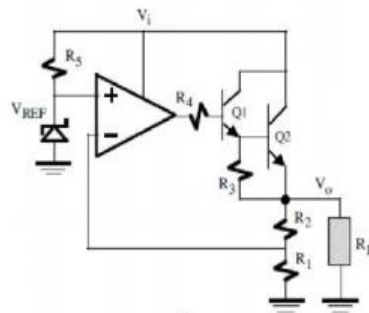


Figura 16. Regulador de tensión en serie basado en un AO.[5]

8.2.8 Regulador modulador de ancho de pulsos (PWM)

Como se observa en la figura 17 el regulador tiene la capacidad de controlar la corriente de carga de las baterías cuidando que no se superen los voltajes de carga máxima y descarga mínimas, su funcionamiento se basa en modificar los ciclos de trabajo de la señal de voltaje de entrada (recibida desde los paneles) para igualarla al valor del voltaje de la batería e inyectar corriente en cantidades adecuadas para cargar las baterías de acuerdo con sus ciclos de carga, este tipo de reguladores solo permiten reducir el voltaje a la entrada, no afectan la corriente; esto significa que hay desperdicios de energía recibida de los paneles.

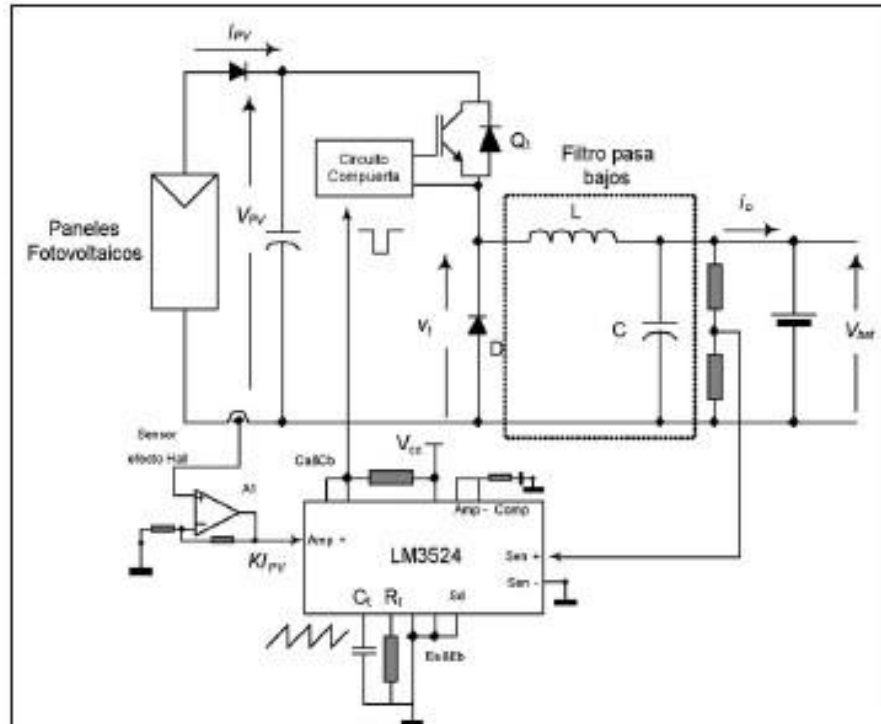


Figura 17. Regulador de tensión PWM (con integrado LM3524).[5]

8.2.9 Regulador controlador de máxima eficiencia (MPPT)

El regulador controlador MPPT (Máximo power point tracker) como se observa en la figura 18 aprovecha al máximo la energía solar recibida durante todo el día y todas las épocas del año, incluso la tomada en días nublados y oscuros; está diseñado para regular el voltaje generado por los paneles, de tal forma que se pueda inyectar corriente, de forma controlada, para cargar las baterías la mayor parte del tiempo. Se puede decir que funciona como un convertidor de DC/DC reductor – elevador aprovechando la máxima potencia generada por los paneles.



Figura 18. Regulador de máxima potencia MPPT.[6]

Se caracteriza porque su convertidor DC/DC sirve para reducir o elevar el voltaje de entrada, manteniéndolo constante a su salida y una sección de control para extraer la máxima potencia tomada por los paneles en cualquier momento. Sus elementos activos se encuentran en serie y paralelo con la carga como se evidencia en la figura 19.

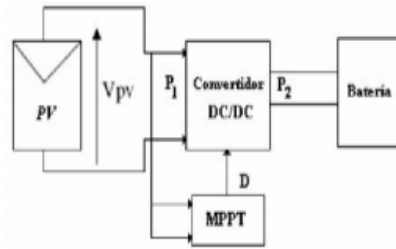


Figura 19. Esquema de sistema solar fotovoltaico con controlador MPPT.[6]

Consta principalmente de un MOSFET, de un diodo tipo schoottky, una inductancia, un capacitor y tiene la capacidad de reducir o elevar el voltaje de entrada para mantenerlo constante a su salida. hace conmutar el transistor mosfet (SW) permitiendo que circule corriente por la inductancia L, En el modo ON el mosfet (SW) permite que circule corriente por la bobina L y almacena esta energía en forma de campo magnético (el diodo está polarizado inversamente y no deja pasar corriente hacia el capacitor). En el modo OFF no circula corriente de la fuente, pero el diodo permite la circulación de corriente hacia el capacitor y hacia las baterías como se puede observar en la figura 20.

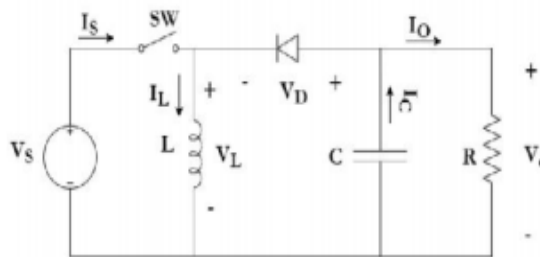


Figura 20. Esquema de un reductor elevador DC/DC.[6]

El sistema de control se basa en la implementación física de un algoritmo que busca aprovechar la máxima potencia recibida de los paneles y aprovecharla para entregarla a una carga o a un banco de baterías a un voltaje dado, en el caso de que el voltaje generado supere los niveles requeridos el controlador lo reduce y aumenta la corriente, y viceversa; de esta forma no se desperdicia la potencia recibida como se evidencia en la figura 21.

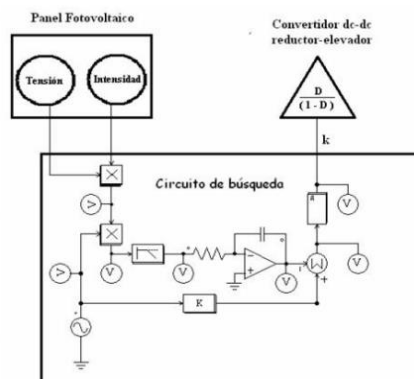


Figura 21. Esquema del sistema MPPT.[6]

Observando los datos técnicos de los diferentes fabricantes de estos equipos se llega a la conclusión de que los rendimientos de los sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia oscilan entre el 93% y el 99%. Esta altísima eficiencia se podría calcular si se tienen todos los datos de los elementos del circuito y si se conoce el ciclo de trabajo del MPPT. De todas formas, se aprecia que el mosfet trabaja en las zonas de bloqueo (OFF) y de conducción (ON) con la frecuencia del ciclo de trabajo, y que las pérdidas en el diodo, inductancia y capacitor son muy bajas.

8.2.10 Inversor de voltaje DC-AC

Es un equipo que transforma la corriente directa (DC), recibida de los paneles o almacenada en las baterías, en corriente alterna (AC) de tal forma que pueda aprovechar en los equipos comerciales (cargas), como se observa en la Figura 22.



Figura 22. Inversor senoidal.[6]

En el diseño de un inversor se debe tener en cuenta el que este equipo consta de una sección de control y una sección de potencia Figura 23, los inversores se clasifican de acuerdo con su alimentación y tipo de salida, para potencias menores a 5000 Watts se usan monofásicos y para mayores trifásicos.

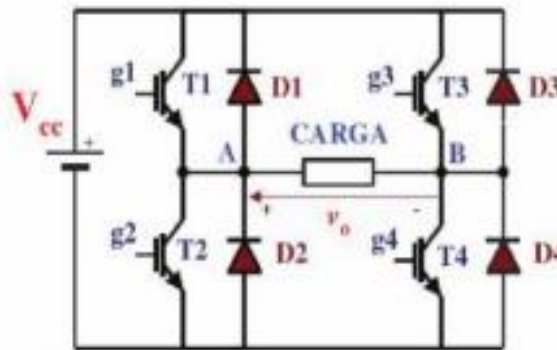


Figura 23. Sección de potencia en inversor monofásico tipo "puente completo" [6]

8.2.11 Generadores eólicos

Un generador eólico es una máquina que permite transformar la energía cinética producida por el viento en energía mecánica, la cual se aprovecha para el accionamiento de un alternador eléctrico y de esta manera obtener electricidad limpia y confiable.

Partes:



Figura 24. Partes que componen un aerogenerador.[7]

8.2.12 Los aerogeneradores se clasifican según:

- Uso: Bombeo de agua, generador de electricidad, molienda de semillas o granos, entre otros.
- Potencia: Dependiendo de la cantidad de energía que son capaces de generar, hay aerogeneradores de baja, media y alta potencia.

Potencia expresada en Watts:

- Aerogeneradores de baja potencia: < 3 kw
- Aerogeneradores de media potencia: < 50 kw
- Aerogeneradores de alta potencia: < 850 kw

Hay generadores enormes que sirven para abastecer a ciudades enteras, son capaces de producir entre 1 a 3 MW cuando alcanzan sus mejores condiciones de trabajo.

- Número de palas: Los más comunes poseen entre 1 a 3.
- Velocidades de trabajo: Los aerogeneradores llegan a una velocidad nominal en donde se obtiene la potencia y la eficiencia máxima.
- Ubicación del eje de rotación: Vertical u Horizontal.

Es preciso mencionar que el funcionamiento de la turbina depende de las condiciones ambientales bajo las que se encuentre, sin embargo, hay curvas de aproximación que permiten tener una idea de cómo se comportará el aerogenerador en condiciones específicas.

Por ejemplo:

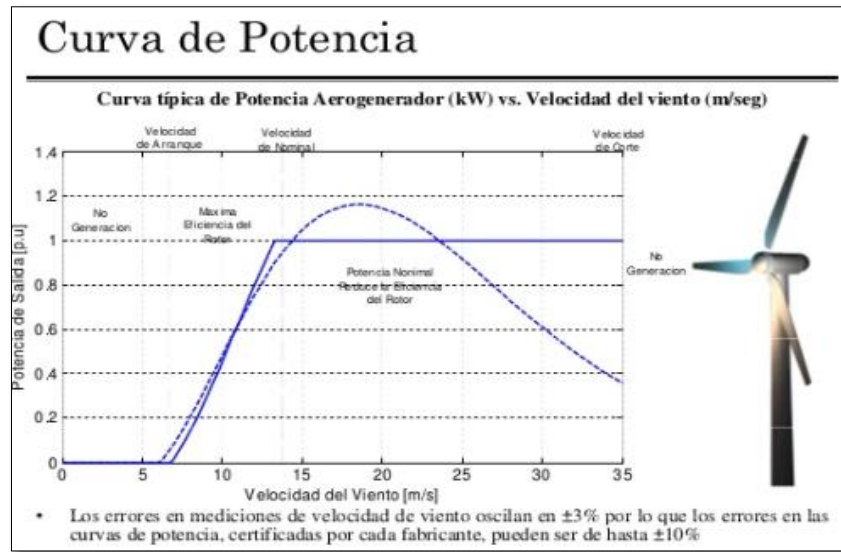


Figura 25. Curva de potencia del aerogenerador [7]

8.2.13 Otras Tecnologías

A Continuación, se presentan elementos actualmente usados en el mercado para lograr llevar a cabo procesos similares a los planteados, así mismo se enunciaron datos importantes de cada producto en donde se evidencien los valores reales para lograr una correcta labor, Figuras 26 y 27.



Figura 26. Inversor Solar- Cargador Mppt – Ups 5kva, LCD, Programable, Suneo.[7]

8.2.13.1 Características principales:

- Prioridad configurable: Red / Solar – Baterías.
- 5 KVA Continuos.
- KVA Pico.
- Entrada a 48V DC.
- Salida a 220V AC / 60Hz.
- Cargador solar MPPT 60 Amperios incorporado.
- Función de UPS incorporada (Al fallar la tensión de la red pasa a modo batería y viceversa de forma automática e instantánea).

- Puede funcionar como UPS (Sin paneles) o con energía solar gracias al regulador solar MPPT incorporado.
- Dimensiones 297.5*468*125 mm.
- Inversor de onda pura real, apto para todo tipo de cargas incluyendo equipo electrónico sensible y pequeños motores (neveras, ventiladores, aire acondicionado).
- Pantalla LCD para programación y monitoreo de todas las variables.
- Soporta arranque de generador automático.
- Conexión a PC por puerto USB.



Figura 27. Geinfinisolar V 3k-24 (120), Green Energy Latin America.[7]

Inversor On Grid con almacenamiento de energía – cargador 24VDC/MPPT 30-115VDC-80A – PV Max= 2000W/cargador AC Max-60A-24V- salida de onda sinusoidal pura.

- Autoconsumo y exportación de energía a red
- Puede ser conectado en paralelo: sistema monofásico y trifásico
- Prioridad de suministro programable para energía fotovoltaica, batería o red
- Múltiples modos de operación programables: enlace a la red, fuera de la red y enlace a la red con respaldo

8.3 Glosario de términos

Comunicación Bidireccional: se establece cuando los protagonistas pueden enviar y recibir mensajes de modo simultáneo.

Fotovoltaico: Es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores.

Inversor: Un inversor de voltaje es un dispositivo electrónico que convierte un determinado voltaje de entrada de Corriente Continua (DC) en otro voltaje de salida de Corriente Alterna (AC).

Smart grid: “es un sistema capaz de detectar señales anormales, realiza adaptaciones de reconfiguración y aísla las perturbaciones, eliminando o minimizar las perturbaciones eléctricas durante las tormentas u otros catástrofes Y debido a que el sistema es autocurativo, tiene una resistencia de extremo a extremo que detecta y anula los errores humanos que resultan en algunos de los cortes de energía, como cuando un trabajador por error dejó a millones de residentes de California sin electricidad en Septiembre 2011” [6].

9 DISEÑO FUNCIONAL

Para el desarrollo del proyecto se plantea utilizar 3 diseños genéricos los cuales serán presentados a continuación, cada diseño propuesto cuenta con propiedades similares en cuanto a las entradas y salidas, pero las claves del funcionamiento se encuentran en la aplicación del sistema Smart Grid y el manejo de las fuentes de energía. Estos diseños tienen como objetivo dar una prioridad para la potencia proveniente de 8 bombillos ahorradores mini espiral 15W referencia E27 luz Fría philips con un consumo de cada uno de 15w y una nevera Challenger modelo CR 365 no Frost con dimensiones de Alto x ancho x profundo en cm (164 x 58.4 x 66.5), además se asegurará un potencial adicional para el consumo que se encuentra sobredimensionada con el fin de suplir cualquier equipo que se conecte a la red.

El diseño del proyecto se basa en los datos presentados en la Tabla 8 y la figura 28: Se estima que las siguientes cargas van a estar encendidas de forma continua durante 6 horas, es por esto por lo que se puede obtener la cantidad de energía consumida durante el día por elemento:

Tabla 8. Total, de consumo requerido por el cliente.

Carga	Potencia instantánea (Watts)	Energía que consume (Watts/Hora)
Bombillo Ahorrador	15	90
Bombillo Ahorrador	15	90
Bombillo Ahorrador	15	90
Bombillo Ahorrador	15	90
Bombillo Ahorrador	15	90
Bombillo Ahorrador	15	90
Bombillo Ahorrador	15	90
Bombillo Ahorrador	15	90
Nevera	100	600
Otros consumos	900	2700
Total	1120	4020

Suma de ENERGÍA QUE CONSUME (WH)



Figura 28. Diagrama total consumo Wh/día.

Es importante aclarar que los datos en cuanto a potencia instantánea consumida son adquiridos a través de la ficha técnica de cada dispositivo, y que la energía consumida mostrada en la tabla y figura anterior muestra los valores obtenidos de forma analítica, cabe mencionar que la carga "otros consumos" está dada para que el cliente pueda hacer uso de tomacorrientes en lo que requiera, pero teniendo presente que no se sobrepasen los límites establecidos.

Como resumen de lo mencionado anteriormente se tiene que:

Potencia instantánea que debe ser capaz de entregar	=	1 KWatt.
Energía diaria que debe entregar	=	4 KWatt/H.
Potencia nominal	=	170.8 Watt.
Voltaje RMS AC	=	120 Voltios.
Señal seno generada con frecuencia	=	60 Hz.

Se integrará una planta ya existente con los siguientes parámetros técnicos:

Peso:	31Kg.
Marca:	SUKRA.
Modelo:	JD-1200.
Motor:	3.0HP.
Voltaje/Frecuencia:	CA 120V.
Frecuencia nominal:	60Hz/1.0.
Potencia nominal:	850W.
Potencia:	900W.
Amperaje:	7.08A.

9.1 Caja con entradas y salidas

La caja negra que se observa en la figura 29 representa la estructura básica para el diseño funcional del proyecto, en donde se observan un número de entradas que serán las fuentes de energía y una única salida que representa el suministro eléctrico a entregar en la residencia.

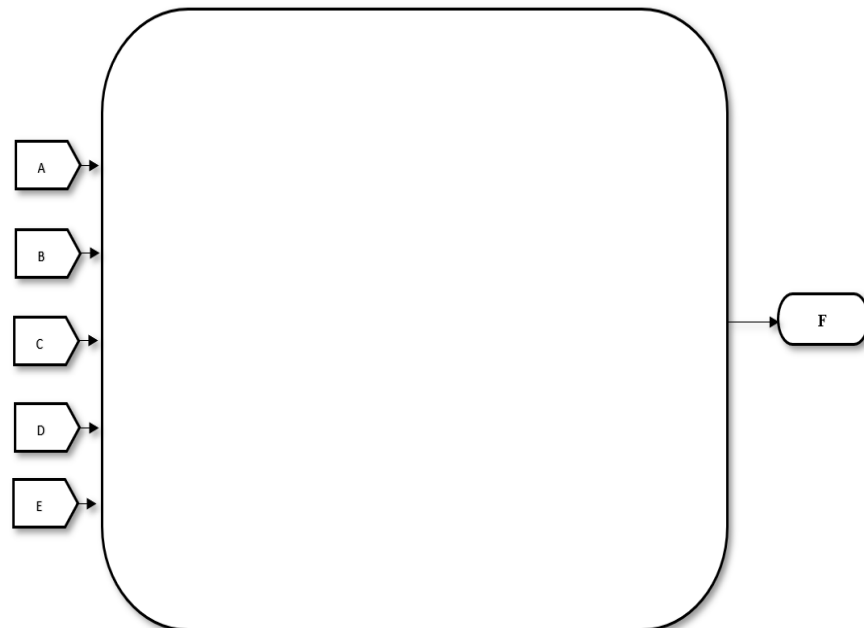


Figura 29. Caja con entradas y salidas.

9.2 Alternativas de solución

9.2.1 Primera alternativa

El siguiente diagrama presenta una ilustración en diagramas de bloques del sistema, Figura 30; se muestran las entradas y salidas del sistema propuesto.

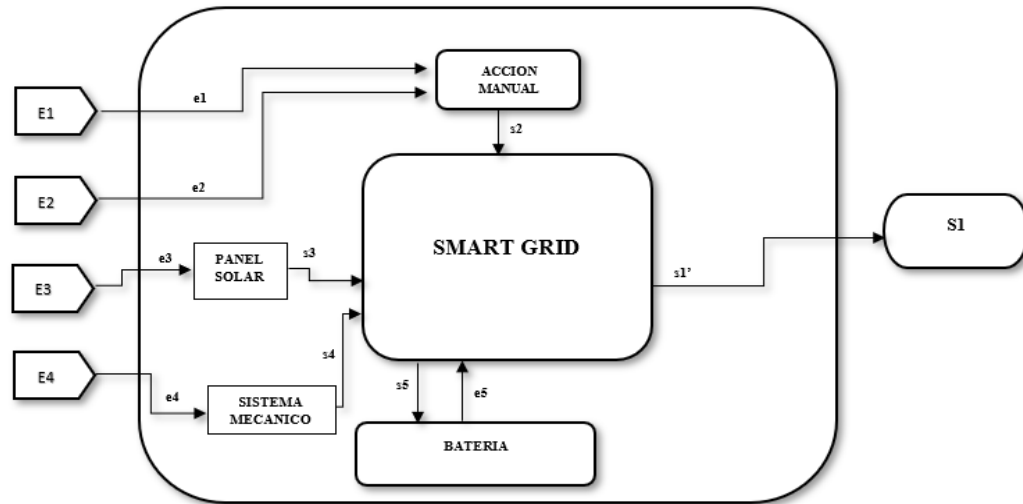


Figura 30. Primera alternativa.

9.2.1.1 Nombre de señales entre cajas

E1: Energía de combustión. Promedio 1000 Watt/Hora, Aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.

E2: Red eléctrica comercial. 120 voltios AC a 60 Hz.

E3: Radiación solar. Promedio 4.5 - 5 KWh/m² (anual).

E4: Viento. Promedio 5.4 km/h.

S1: Energía eléctrica Para la carga. Máximo consumo 850 W/h, Voltaje 120 Voltios AC a 60 Hz.

e1: Aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.

e2: Aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.

e3: Radiación solar. Promedio 4.5 - 5 KWh/m² (anual).

e4: Viento. Promedio 5.4 km/h.

e5: Rendimiento de Batería. 24 DC voltios.

s1': Aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.

s2: Aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.

s3: Energía paneles solares. Promedio 40 Voltios DC.

s4: Energía sistema mecánico. Promedio 24 Voltios DC.

s5: Carga para batería. 24 DC voltios.

9.2.1.2 Funciones de cada caja

Tabla 9. Funciones de cada caja primera alternativa.

Subsistemas	Descripción	Entrada(s)	Salida(s)
Acción manual	Dispositivo que activa el operador de la finca en el caso que no se cuente con algún suministro para la vivienda.	E1: Energía de combustión. Aprox 120 AC voltios a 60 Hz. E2: Red eléctrica comercial. Aprox 120 AC voltios a 60 Hz.	S2: Aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
Panel solar	Dispositivo encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica.	E3: Radiación solar. Promedio 4.5 - 5 kwh/m ² (anual).	S3: Energía paneles solares. Promedio 40 Voltios DC.
Sistema mecánico	Dispositivo encargado de captar el viento y transformarlo en energía eléctrica.	E4: Viento. Promedio 5.4 km/h.	S4: Energía sistema mecánico. Promedio 24 Voltios DC.
Baterías	Sistema de almacenamiento, se encarga de almacenar y entregar los valores de voltaje en DC para el Smart Grid	S5: Carga para batería 24 DC voltios.	E5: Rendimiento de batería. 24 DC voltios
Smart grid	Sistema inteligente que realiza medición y control de las fuentes constantemente, enfocado en entregar el valor en potencia deseado.	S2 S3 S4 E5	S1': Energía eléctrica Para la carga. Aprox. 120 AC Voltios a 60 Hz. S5: Carga para batería 24 DC voltios.

9.2.2 Segunda alternativa

A continuación, la figura 31 representa el diagrama de bloques de la segunda solución propuesta, en donde se pueden observar que cuenta con cinco entradas de energía y una única salida que será el suministro eléctrico final para la residencia.

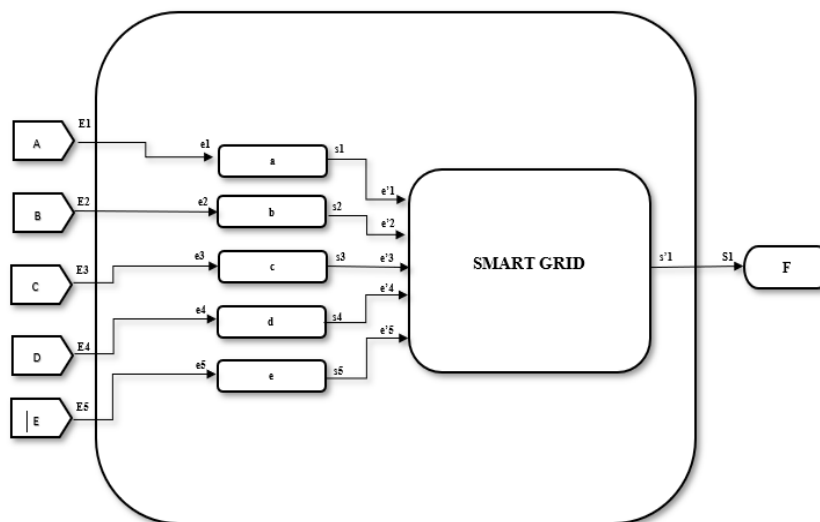


Figura 31. Segunda alternativa.

9.2.2.1 Nombre de señales entre cajas

A: Energía solar. Promedio 40 Voltios DC.
 B: Energía sistema mecánico. Promedio 24 Voltios DC.
 C: Red eléctrica comercial. 120 voltios AC a 60 Hz.
 D: Almacenadores de voltaje. 24 voltios DC.
 E: Generador de respaldo eléctrico por medio de Diesel. 120 voltios AC a 60 Hz. 1000 watt/Hora.
 F: Energía eléctrica para consumo de la finca. 120 voltios AC a 60 Hz, Máximo consumo instantáneo de 850 Watt/Hora.
 e1: Energía fotovoltaica, Promedio 40 Voltios DC.
 e2: Energía mecánica, aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
 e3: Red eléctrica comercial, aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
 e4: Almacenadores de voltaje, aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
 s1: Energía fotovoltaica acoplada en fase a 120 voltios AC.
 s2: Energía eólica acoplada en fase a 120 voltios AC.
 s3: Energía de la red comercial acoplada en fase a 120 voltios AC.
 s4: Energía de almacenadores de energía acondicionada para uso en la finca.
 s5: Energía fotovoltaica regulada a 120 voltios AC.
 he'1: Energía fotovoltaica, aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
 he'2: Energía eólica, aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
 he'3: Red eléctrica comercial, aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
 he'4: Almacenadores de voltaje, 24 Voltios DC.
 he'5: Red eléctrica comercial, aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
 s'1: Energía eléctrica correctamente acondicionada y administrada para cubrir la demanda en carga. 120 voltios AC a 60 Hz.

9.2.2.2 Funciones de cada caja

Tabla 10. Funciones de cada caja segunda alternativa.

Subsistemas	Descripción	Entrada(s)	Salida(s)
a	Acoplador de fase para fuente fotovoltaica	e1: señal AC producida por paneles solares	s1: Señal Acoplada en fase, proveniente de los paneles solares
b	Acoplador de fase para fuente mecánica	e2: señal AC producida por fuente mecánica	s2: Señal Acoplada en fase, proveniente de fuente mecánica
c	Acoplador de fase para energía de la red comercial	e3: Señal AC producida por la red eléctrica convencional	s3: Señal Acoplada en fase, proveniente de la red comercial
d	Acondicionador para almacenadores de energía	e4: Señal DC producida por los almacenadores de energía	s4: Señal Acondicionada para uso en la finca
e	Acoplador de fase para fuente de último recurso.	e5: Señal AC producida por la fuente de último recurso	s5: Señal Acoplada en fase, proveniente de la fuente de último recurso.
Smart Grid	Sistema inteligente que realiza una medición y control de las fuentes de forma inteligente, enfocado en dar a la salida un valor en potencia deseado.	e'1 = s1 e'2=s2 e'3=s3 e'4=s4 he'5=s5	s'1: Energía eléctrica correctamente acondicionada y administrada para la demanda en carga.

9.2.3 Tercera alternativa

A continuación, la figura 32 representa el diagrama de bloques de la tercera solución propuesta, en donde se pueden observar que cuenta con cuatro entradas de energía y una única salida que será el suministro eléctrico final para la residencia.

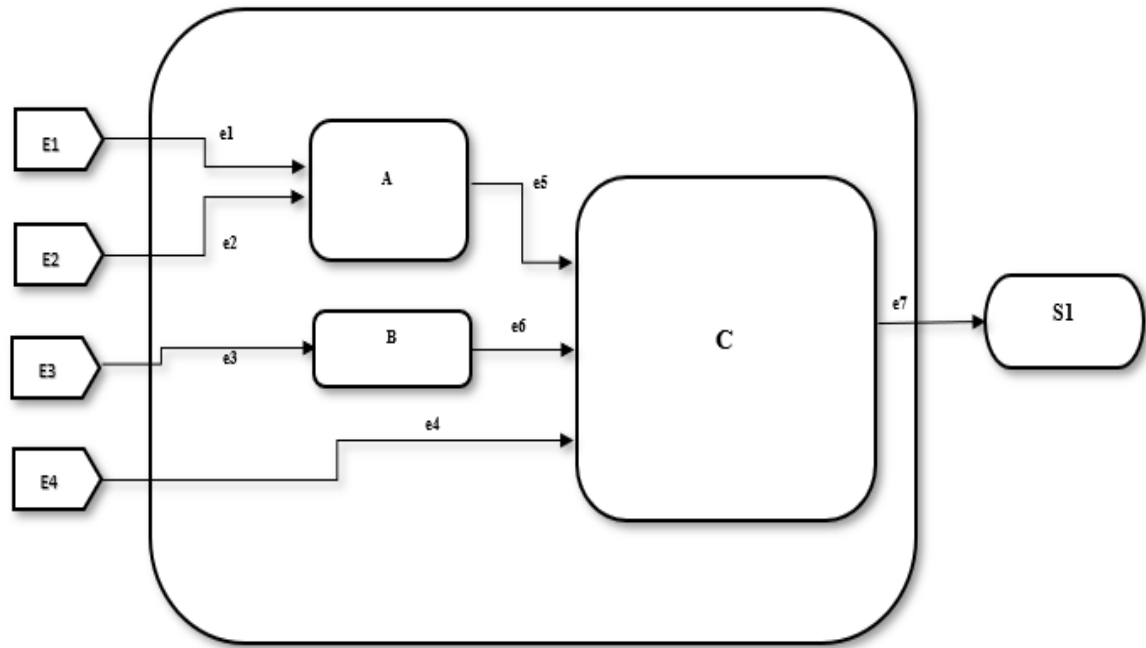


Figura 32. Tercera alternativa.

9.2.3.1 Nombre de señales entre cajas

- E1: Energía solar. Promedio de 120 Watt/Hora por metro cuadrado.
- E2: Energía eólica o de movimiento. Promedio 100 Watt/Hora.
- E3: Red eléctrica comercial en potencial AC. 120 voltios AC a 60 Hz.
- E4: Energía diesel en potencial AC. 120 voltios AC a 60 Hz.
- S1: Cargas del sistema que trabajan con voltaje AC. 120 voltios AC a 60 Hz.
- e1: Energía fotovoltaica.
- e2: Energía mecánica.
- e3: Energía de corriente alterna comercial.
- e4: Energía de corriente alterna por diésel.
- e5: Voltaje DC.
- e6: Voltaje AC.
- e7: Voltaje AC.

9.2.3.2 Funciones de cada caja

Se representan las funciones de caja negra que contiene la tercera alternativa como se observa en la tabla 11.

Tabla 11. Funciones de cada caja tercera alternativa.

Subsistemas	Descripción	Entrada(s)	Salida(s)
A	Regulador de voltaje en DC.	e1; e2: Energías ambientales con una carga energética sin transformar.	e5: Energía en voltaje DC sin variaciones extremas en su valor final.
B	Estabilizador de picos de voltaje AC	e3: Red comercial actual con picos e inestabilidad dentro del sistema.	e6: Energía en voltaje AC sin inestabilidad y protegida de picos fuera del rango comercial.
C	Smart Control	e4; e5; e6: Entradas de voltaje en corriente alterna y corriente directa.	e7: Energía en voltaje AC para el consumo de las cargas especificadas en la vivienda.

9.3 Selección de alternativa

Las alternativas anteriormente mencionadas cumplen con todos los requisitos necesarios para que el sistema funcione de acuerdo con los requerimientos establecidos y brinde el potencial solicitado por las cargas de la residencia, sin embargo, la alternativa número uno es escogida debido a que la configuración del sistema se encuentra centralizada, logrando así que las fuentes de energía a la entrada trabajen entre si manteniendo la carga de las baterías y pasando por los controles de seguridad del Smart Grid que asegurarán el cumplimiento de los factores de calidad a la salida. El sistema será capaz de mantener el nivel de carga que se encuentre conectada a la red y teniendo en cuenta la cantidad de energía producida en cada una de las entradas, si se requiere varias fuentes para suplir la demanda energética, no será problema.

Lo que se busca es crear un sistema inteligente que se ajuste a las necesidades del huésped de forma automática, la alternativa nos ofrece la posibilidad no solo de solucionar el principal aspecto crítico del problema (ausencia de electricidad), sino también de convertirse en un sistema escalable y sostenible.

10 DISEÑO DETALLADO

En este apartado se aclara el significado y funcionamiento en general cada uno de los subsistemas de la propuesta de solución, se expondrán requerimientos por bloques y con ello se evaluarán y seleccionarán diversas tecnologías que logren dar una respuesta óptima.

10.1 *subsistema acción manual*

Caja negra base para el subsistema acción manual con sus entradas y salidas se presenta en la figura 33.



Figura 33. subsistema (acción manual).

10.1.1 *Requerimientos de subsistemas*

Requerimientos funcionales:

- El sistema deberá entregar una señal de alimentación senoidal uniforme, con un voltaje AC de 120V a una frecuencia de 60Hz.
- El sistema deberá estar protegido en caso de presencias de oscilaciones y posibles desconexiones de la red eléctrica actual.
- El sistema deberá tener un interruptor conmutador de 3 posiciones con selector giratorio.

Requerimientos de restricción:

- El sistema de accionamiento manual (switch) no será automático.
- Su funcionamiento no requiere de una supervisión del estado por ser el último recurso.
- Deberá operar con voltajes de 120 voltios a 10 amperios mínimo.
- El sistema no podrá ser transportado luego de la instalación.
- El sistema no deberá afectar los electrodomésticos.
- El sistema no deberá ser manipulado por personal no capacitado.

Requerimientos de calidad:

- Trabajar óptimamente a una tensión de 120V (AC) y frecuencia de 60Hz de acuerdo con los requerimientos de la red eléctrica en Colombia (OCCIDENTE, 2004).
- El sistema deberá tener cumplimiento en la norma Retie para zona rural.

10.1.2 *Funciones, entradas y salidas subsistema acción manual*

Subsistema Acción manual: Sistema que tiene como función conmutar mecánicamente de forma segura la red eléctrica comercial y la fuente de último recurso, su resultante va a la entrada del sistema principal (Smart Grid).

Su funcionamiento ayuda a cortar el suministro de la planta en caso de que el sistema funcional regrese a tener de nuevo su funcionamiento diseñado.

Entradas:

e1: Energía eléctrica que proviene de la fuente de último recurso, es una planta eléctrica a base de Diesel que puede generar hasta 1 KW.

e2: Red eléctrica comercial que suministra aproximadamente 120 voltios AC a 60 Hz.

Salidas:

s2: Nivel de Voltaje AC con un voltaje RMS de 120 voltios AC y una frecuencia aproximada de 60 Hz con una potencia mínima de 1 KWatt/Hora.

10.1.3 Diseño del subsistema acción manual

A continuación, se muestra Datos relevantes para el diseño del interruptor

Voltaje AC	=	120 VRMS.
Amperaje	=	7.08A.
Hrs.Trabajo	=	24/7.
Frecuencia	=	60Hz.

Una vez determinados sus parámetros de entrada y salida se utilizará un interruptor el cual estará cerca al sistema completo para que el operario tenga un rápido acceso al control de la energía suministrada a el sistema.

Tabla 12. Selección componente accionamiento manual. Se validan requerimientos de componente frente a requerimientos levantados.

Selección componente acción manual					
Valor Requerimiento					
Requerimiento levantado	Lovato [1]	Abb.[2]	Sodial[3]	Ebchq [4]	Uxcell [5]
Tolerancia de voltaje Ac: 120 Vrms	0 -600v	0-600v	0-660v	0-660v	0-240v
Corriente máxima por soportar:7.08 Amperios	20a	25a	25a	25a	16a
Horas de trabajo 24/7	Si	Si	Si	Si	Si
Frecuencia 60hz	Si	Si	Si	Si	Si

Elección: Los requerimientos de diseño frente a este componente fueron seleccionadas teniendo en cuenta la necesidad energética del cliente, Tabla 12 (120 kW-h máximo por periodo mensual), los voltajes de entrada son planteados por lo entregado por el generador de la planta 120 voltios rms y la salida es ajustada a las condiciones de carga. Teniendo en cuenta factores de costos y utilidad real frente a la necesidad se escoge en producto EBCHQ.

10.1.4 Diagrama esquemático de subsistema acción manual

Como se observa en la figura 34 representa el instrumento



Figura 34. Visualización accionadora manual.

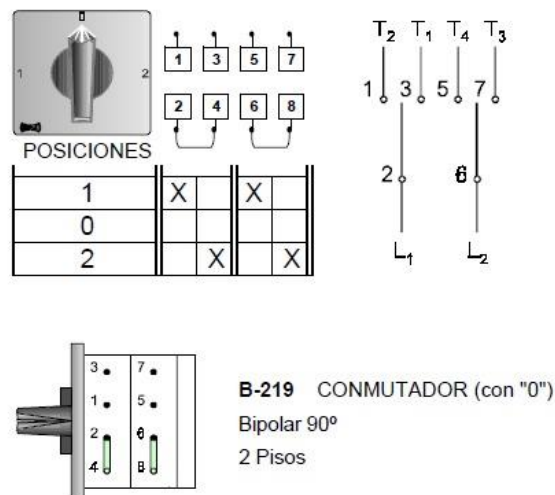


Figura 35. Esquemático subsistema acción manual [24]

10.1.5 Simulación del subsistema acción manual

No aplica por nivel de complejidad y utilidad para el proyecto, por lo cual no se realiza dicha simulación.

10.1.6 Plan de pruebas del subsistema acción manual

Se conectará un medidor de consumo que informe los valores de voltaje y corriente (multímetro y amperímetro) a la salida del subsistema, se seleccionará el estado donde se encuentre la activación para la entrada de red eléctrica comercial y se tomarán los valores de operación los cuales deben corresponder a las medidas entregadas por la red eléctrica comercial convencionalmente, luego de esto, se girará el conmutador a su estado "paso por cero" en donde los valores medidos para voltaje y corriente deben estar en 0 voltios y 0 amperios, por último seguimos al estado donde encontramos conectado el generador eléctrico y los valores medidos deben coincidir con los valores de funcionamiento del equipo.

10.2 Subsistema panel solar

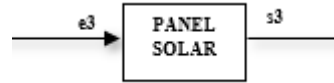


Figura 36. subsistema (panel solar).

10.2.1 Requerimientos de subsistemas

Requerimientos funcionales:

- El diseño deberá permitir que el sistema genérico sea escalable, esto en cuanto a la capacidad de horas de funcionamiento y la capacidad de alimentación sobre las cargas deseadas.
- El sistema deberá proporcionar una cantidad de energía suficiente para alimentar las cargas en un rango según el diseño.
- El sistema deberá contar con un polo a tierra.

Requerimientos de restricción:

- El sistema no podrá ser transportado luego de la instalación.
- El sistema será diseñado para uso exclusivo de la propiedad.
- EL sistema deberá generar la menor cantidad de afecciones medioambientales.
- El sistema no deberá ser manipulado por personal no capacitado.

Requerimientos de calidad:

- La eficiencia de producción de los paneles debe ser superior al 12%.
- La temperatura de operación de los paneles debe soportar hasta 50 grados centígrados.
- La corriente producida por los paneles no debe ser mayor a 10 amperios.
- El voltaje de operación de los panes debe estar en el rango de 20 a 40 voltios.

10.2.2 Funciones, entradas y salidas subsistema panel solar

Función: Dispositivo encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica.

Entradas:

e3: Radiación solar. Promedio 4.5 - 5 KWh/m² (anual).

Salidas:

s3: Energía paneles solares. Promedio 40 voltios DC.

10.2.3 Diseño del subsistema panel solar

Datos ubicación:

La instalación está situada: Cra. 8 #4-78, Carmen de Apicalá, Tolima, Colombia en las coordenadas :4.147882, -74.720757 el campo fotovoltaico estará dispuesto con las siguientes características: - Inclinação :6 ° - Desorientación respecto al Sur :0 ° Usará un sistema de corriente alterna con un voltaje de 110 V El sistema dispone de generador auxiliar.

Datos consumo:

Se calcula el consumo a partir del uso de los electrodomésticos y la iluminación por día. A continuación, se muestra las tablas de elementos existentes y sus consumos:

Tabla 13. Consumos electrodomésticos(día.)

Consumo Electrodomésticos(día)				
Aparato	Horas	Energía(W)	Número de equipos	Total (Wh)
Televisor	3	100	1	300
Nevera Challenger 254 Cr365	8	300	1	2400
Bombillo ahorrador Mini espiral 15W E27 Luz fría philips	5	15	8	600
Otros consumos	4	200	1	800
Total (Wh/día)				4100

Total, energía teórica diaria 4100 WH/DIA

Para el cálculo del rendimiento (Performance Ratio) se han utilizado los siguientes parámetros: Parámetros de cálculo del panel solar.

Tabla 14. Parámetros de cálculo del panel solar.

Coeficiente perdidas en batería	5%
Coeficiente auto descarga batería	0.50%
Profundidad de descarga batería	60%
Coeficiente perdidas conversión DC/AC	6%
Coeficiente perdidas cableado	5%
Autonomía del sistema	1 día
Rendimiento general	81.90%

Lo que nos proporciona los siguientes resultados de energía:

Total, energía real diaria: 5006.11 WH/DIA

Se trata de una (vivienda de Uso habitual con los siguientes consumos distribuidos por meses a lo largo del año.

Tabla 15. Consumos distribuidos por meses.

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
% mes	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Consumos (W)	5006	5006	5006	5006	5006	5006	5006	5006	5006	5006	5006	5006

Para el cálculo de las horas que son pico, se ha utilizado la base de datos NREL-NASA *figura 38*, contemplando la inclinación y orientación elegidas *figura 37*, así como los datos de localización del lugar. La declinación solar se ha calculado con la siguiente fórmula *figura 40*:

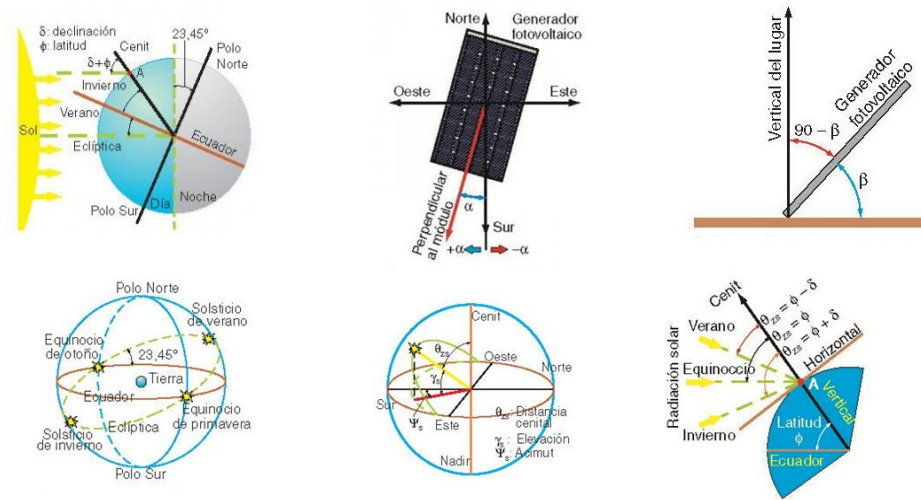


Figura 37. Diagrama de orientación panel.

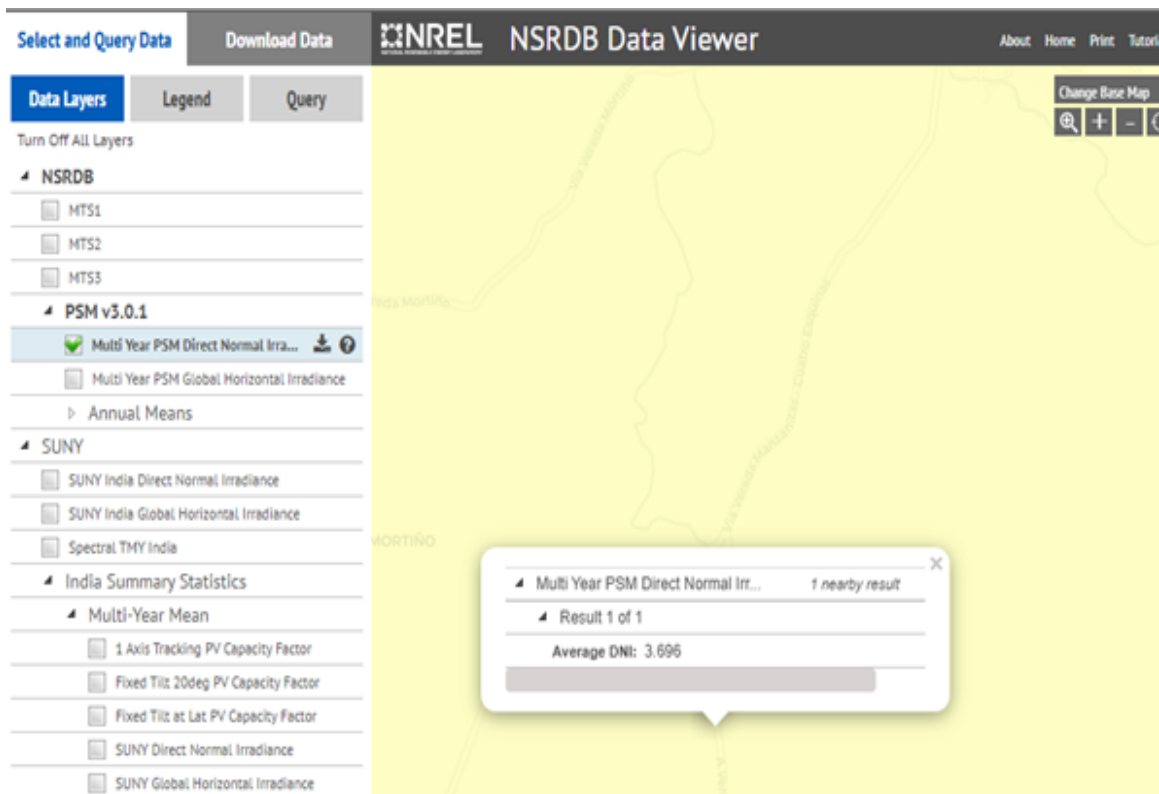


Figura 38. Irradiación de la zona dada por la NREL

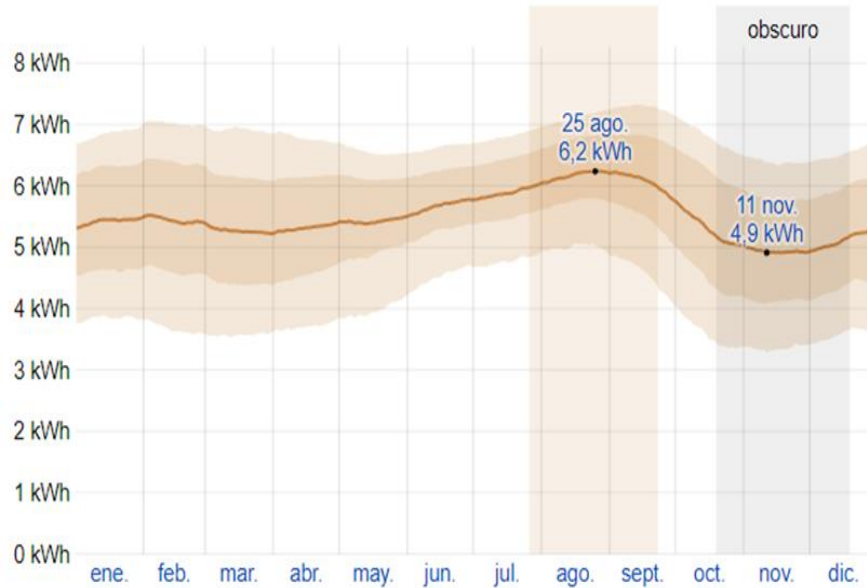


Figura 39. Energía solar de onda corta incidente diario promedio.

$$[1]\delta = 23,45 * \sin\left(360 * \frac{284 + \delta_n}{365}\right)$$

δ declinación(grados) δ_n día del año (1...365, tomado 1 para el día de enero)

Figura 40. Fórmula 1 panel solar.

Se ha elegido un día de cada mes, que viene a coincidir con un día a mediados de mes. Para el cálculo de la elevación solar se han tomado los valores, Figura 41:

$-(90^\circ - \varphi - \delta)$ en el solsticio de invierno

$-(90^\circ - \varphi + \delta)$ en el solsticio de verano

Siendo φ la latitud del lugar y δ la declinación

Figura 41. Fórmula 2 panel solar.

Para determinar la inclinación óptima se han utilizado las siguientes premisas, Figura 42:

$-\beta = \varphi - \delta$ en el solsticio de verano

$-\beta = \varphi + \delta$ en el solsticio de invierno

Pesando por el valor $\beta = \varphi$ en los equinoccios siendo φ la latitud del lugar y δ la declinación.

Figura 42. Fórmula 3 panel solar.

Para la obtención del factor de irradiación (FI) se han utilizado las siguientes expresiones, Figura 43:

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4}(\beta - \beta_g)^2 + 3,5 \times 10^{-5} * a^2]$$

Para $15^\circ < \beta < 90^\circ$

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4}(\beta - \beta_g)^2]$$

Para $\beta \leq 15^\circ$

Figura 43. Fórmula 4 panel solar.

Para la estimación del parámetro rad_glo_op se ha usado la siguiente fórmula, Figura 44:

$$G_a(\beta_{opt}) = \frac{G_a(0)}{1 - 4,46 * 10^{-4} * \beta_{opt} - 1,19 * 10^{-4} * \beta_{opt}^2}$$

$G_a(\beta_{opt})$ = valor medio anual de la irradiación global sobre superficie con inclinación óptima $(kW * \frac{h}{m^2})$.

$G_a(0^\circ)$: media anual de la irradiación global horizontal $(kW * \frac{h}{m^2})$.

β_{opt} : inclinación óptima de la superficie ($^\circ$).

Figura 44. Fórmula 5 panel solar.

Finalmente, las horas sol pico (HSP) es el resultado de multiplicar la radiación global óptima ($G_a(\beta_{opt})$) por el factor de irradiación (FI), la totalidad de datos se observan en la Tabla 16.

Tabla 16. Datos detallados por meses del panel solar respecto a su inclinación.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
días meses	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Declinación	-21.27°	-13.63°	-2.02°	9.78°	19.26°	23.39°	21.18°	13.12°	1.81°	-10.33°	-19.6°	-23.4°
N° día/año	15	45	76	106	137	168	198	229	259	290	321	351
elevación solar	64.58°	72.23°	83.84°	95.64°	105.15°	107.04°	98.97°	87.67°	87.67°	78.52°	66.25°	62.45°
inclinación oprima	25.42°	17.77°	6.16°	5.64°	15.12°	17.04°	8.97°	2.33°	2.33°	14.48°	23.75°	27.55°
rad_glo_hor	4.86	4.83	4.91	4.65	4.72	5	5.07	5.06	5.03	4.7	4.6	4.6
rad_glo_op	5.33	5.06	4.95	4.68	4.89	5.22	5.14	5.04	5.04	4.85	4.99	5.13
FI	0.95	0.98	1	1	0.99	0.99	1	1	1	0.99	0.96	0.64
HSP/día	5.06	4.96	4.95	4.68	4.84	5.17	5.14	5.004	5.04	4.8	4.79	4.82
HSP/mes	156.86	138.88	153.45	140.4	150.04	160.27	159.34	151.2	151.2	148.8	1443.7	149.42
Temp dia max	22.5°	22.91°	22.73°	22.3°	22.11°	21.9°	23.19	23.63°	23.63°	22.66°	21.86°	21.94°
Consul/HSP dia	989.35	1009.3	1011.34	1069.68	1034.32	968.3	973.95	993.28	993.28	1042.94	1045.12	1038.61

Datos de los módulos:

Para el cálculo del campo fotovoltaico se ha tenido en cuenta la inclinación y orientación elegidas, las HSP, la ratio de aprovechamiento del regulador de carga y las temperaturas medias mensuales diurnas del lugar elegido. Dando los siguientes valores:

- El mes más desfavorable según consumos: Abril.
- Inclinación óptima anual: 6. 56°.
- Inclinación óptima anual por consumos: 15.29°.
- Inclinación elegida: 6°.
- Azimut módulos: 0°.
- Temperatura media mensual máxima diaria (3 meses): 22.38°.
- Horas Sol Pico en meses más desfavorables: 4.68 HSP.
- Energía Real Diaria desde módulos: 5006.11 Wh/d.
- Ratio de aprovechamiento regulador: 1.
- Potencia pico módulos calculada: 1194 Wp.

Requerimientos levantados:

- 4.5 - 5 KWh/m² (anual)= 280 w.
- 24 voltios DC.
- Eficiencia 17%.
- Policristalino.

Tabla 17. Selección componente panel solar. Se validan requerimientos de componente frente a requerimientos levantados.

Selección Componente Panel Solar				
Valor Requerimiento				
Requerimiento Levantado	Jinko [6]	As-6p30[7]	Bauer Bsp280p [8]	As-6p30-280w [9]
4.5 - 5 Kwh/M ² (Anual). 280 W	280w	280 W	280 W	280w
24 Voltios Dc	24 V	24 V	24 V	24 V
Eficiencia 17%	17.11%	17.52%	17.1%	17.21%
Policristalino	Si	Si	Si	Si

ELECCIÓN:

Realizando la cotización y verificación de disponibilidad en los diferentes equipos en proveedores y se determina que el componente que más se ajusta al tiempo de implementación para la compra es el JINKO [6].

10.2.4 Diagrama esquemático de subsistema panel solar

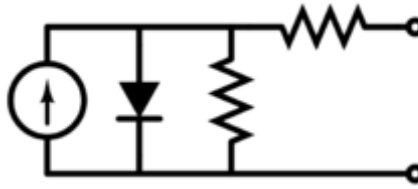


Figura 45. Diagrama esquemático de subsistema panel solar.

10.2.5 Simulación del subsistema panel solar

No aplica por nivel de complejidad y utilidad para el proyecto, por lo cual no se realiza dicha simulación.

10.2.6 Plan de pruebas del subsistema panel solar

Se realizará la toma de mediciones de voltaje (multímetro) respecto a la radiación solar en horas en específico asimismo corroborando que dichos voltajes cumplen con las condiciones deseadas y los valores especificados en las tablas del fabricante.

10.3 Subsistema sistema mecánico

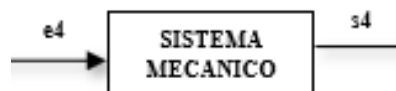


Figura 46. Subsistema mecánico.

10.3.1 Requerimientos de subsistemas sistema mecánico

Requerimientos funcionales:

- El sistema mecánico debe ser capaz de transformar la energía de movimiento (cinética) a energía eléctrica con valores considerables para la aplicación.

Requerimientos de restricción:

- El sistema no podrá ser transportado luego de la instalación.
- El sistema será diseñado para uso exclusivo de la propiedad.
- EL sistema deberá generar la menor cantidad de afecciones medioambientales.
- El sistema no deberá ser manipulado por personal no capacitado.

Requerimientos de calidad:

- El sistema mecánico deberá contar con un control eléctrico para evitar picos de producción y lograr aislamiento en los casos que la producción sea 0.

10.3.2 Funciones, entradas y salidas subsistema Sistema Mecánico

Entradas:

e4: Viento. Promedio 5.4 km/h.

Salida:

s4: Energía sistema mecánico. Promedio 24 Voltios DC.

10.3.3 Diseño del subsistema sistema mecánico

Para el diseño de este apartado se partirá de dos opciones planteadas, donde se evalúa la adición de un sistema mecánico el cual es alimentado por la fuerza ejercida sobre un Pedal para llegar a generar energía sobre un dinamo y la adición de un sistema mecánico el cual funciona con la fuerza del viento para generar un rango de potencial dentro del transcurso del día. Debido a que el generador eólico es más potente, efectivo y no requiere de un esfuerzo humano se optara por este.

10.3.3.1 Diseño del subsistema mecánico 1

Los cálculos Energía Mecánica 1 Se basa en un estudio realizado en el Centro de acondicionamiento Fisico Bodytech por Bravo (2015). Donde se toma la siguiente información del estudio ya realizado para nuestro proyecto con el fin de obtener la mayor eficiencia:

1. funcionamiento del alternador y datos de la máquina a usar *Figura 53*.
2. Cálculos realizados *Figura 47, Figura 48, Figura 49 y figura 50*.
3. Elección del componente *Figura 51 y Figura 52*.

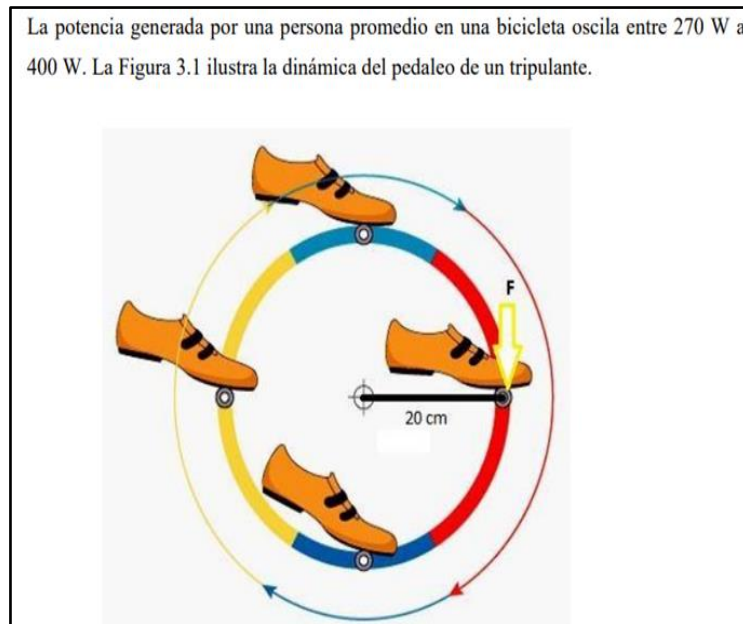


Figura 47. Esquemático de fuerza de pedal.

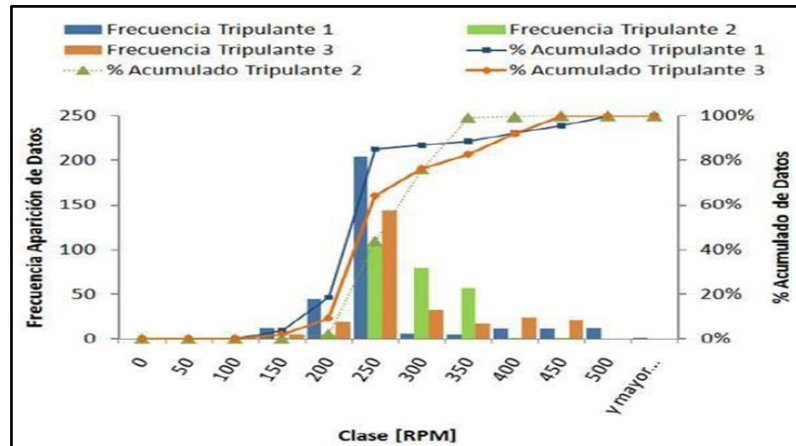


Figura 48. Histograma de velocidad del volante de la bicicleta durante una sesión de spinning.

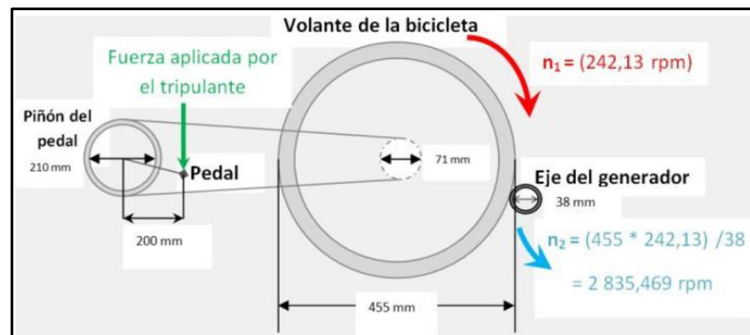


Figura 49. Transmisión de velocidad bicicleta.

Una persona pedalea con una velocidad media de 81,8 rpm o lo que es lo mismo 9 rad/s conocidos estos datos y sabiendo que una persona puede generar una fuerza promedio de 205,8N la velocidad media a la que es capaz de pedalear durante una hora son 86 rpm finalmente tenemos que la potencia mecánica en el eje de los pedales es de 370 W. Se espera que una persona genera en promedio entre 270 y 400 [W] durante 60 minutos.

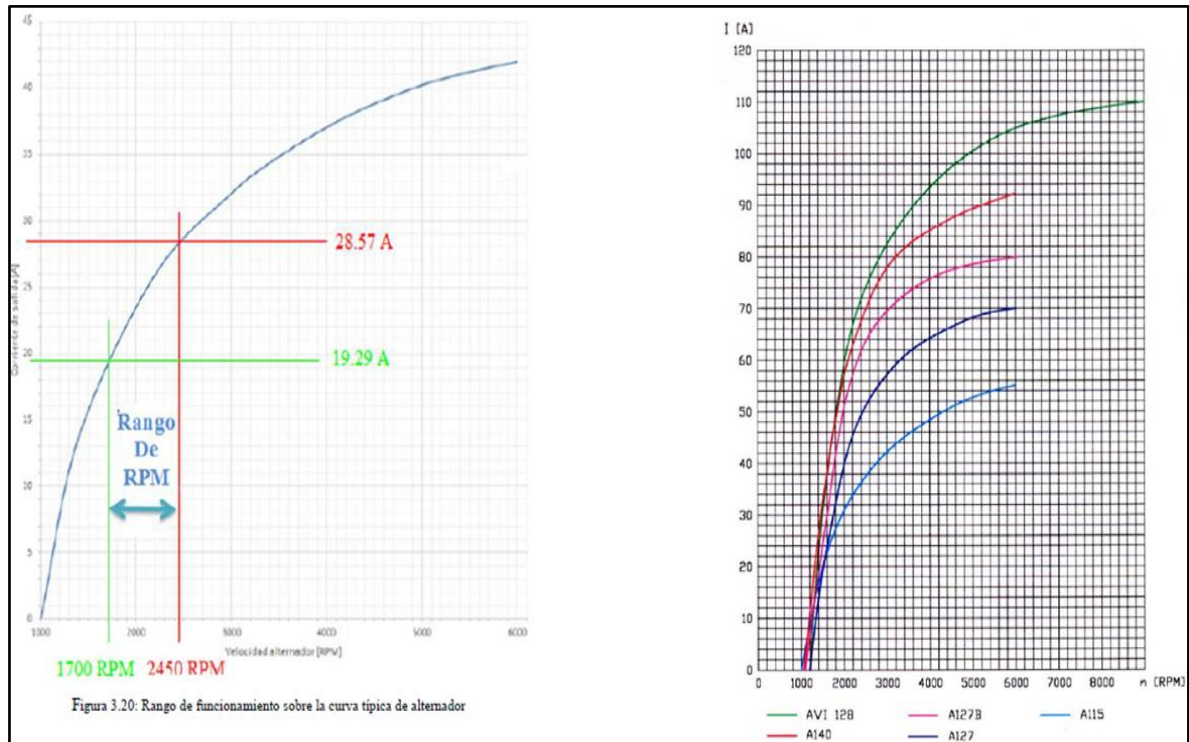


Figura 50. Rango de funcionamiento sobre la curva típica del alternador.

Alternador A115

- Tensión regulada ajustada según requerimiento de la termina
- Temperatura ambiente de trabajo: -40 °C / 100°C
- Velocidad máxima continua: 13000 RPM
- Velocidad máxima transitoria: 16000 RPM
- Zona de escobillas protegida contra la entrada de polvo
- Larga vida de escobillas y rodamientos
- Regulador con tecnología de montaje superficial
- Condensador externo supresor de ruido
- Ventiladores de giro horario y anti-horario

Figura 51. Características de los alternadores Indiel A115.

Donde

L: longitud primitiva de la correa
 I: distancia entre centros
 D: diámetro de la polea mayor
 d: diámetro de la polea menor

$$L \text{ [mm]} = 2 \cdot I + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4I}$$

Figura 52. Correa del fabricante gates.

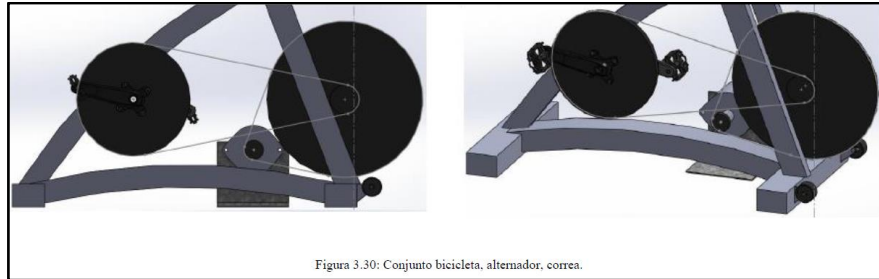


Figura 3.30: Conjunto bicicleta, alternador, correa.

Figura 53. Conjunto bicicletas, alternador, correa.

10.3.3.2 Diseño del subsistema mecánico 2

10.3.3.2.1 Sistemas Eólicos

Los aerogeneradores o turbinas de viento como también se les conocen, son máquinas que se encargan de convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica. Su principio de funcionamiento se basa en aprovechar el flujo del viento para hacer girar las palas del rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, cumpliendo el principio en que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica. Existen aerogeneradores de distintos tipos y modelos, clasificados bajo distintos criterios, como se muestra en la *Tabla 18*.

Tabla 18. Tipos de aerogeneradores

Según el eje de trabajo	Aerogeneradores de eje vertical
	Aerogeneradores de eje horizontal
Según el número de palas	Aerogeneradores Multipala
	Aerogeneradores rápidos
Según la posición del roto en la maquina	Aerogeneradores de barlovento
	Aerogeneradores de sotavento
Según la posición del rotor de la maquina	Microaerogeneradores
	Pequeños aerogeneradores
Según su potencia	Grandes aerogeneradores
	Aerogeneradores multimegavat

La velocidad es un factor muy importante dentro de estos sistemas y podemos encontrar diferentes tipos a diferentes momentos como:

- **Velocidad de arranque:** Es la velocidad del viento para la cual el generador comienza a suministrar potencia útil. En aerogeneradores rápidos tripala de eje horizontal acostumbra a ser del orden de unos 4 a 5 m/s. Por debajo de estos umbrales, el generador no produce potencia eléctrica.
- **Velocidad nominal:** Es la velocidad del viento para la que se alcanza la potencia nominal del aerogenerador. En rotores tripala de eje horizontal suele estar comprendida entre 12 y 15 m/s.
- **Velocidad de parada:** Es la velocidad del viento a la cual el rotor se detiene por la acción de los sistemas de regulación y control, para evitar el riesgo de sufrir algún daño dada la elevada velocidad del viento. En rotores tripala, esta velocidad se sitúa en el rango de 25 a 30 m/s.

- Velocidad de supervivencia: Es la velocidad del viento por encima de la cual el aerogenerador puede dañarse a pesar de estar parado. Acostumbra a situarse en el entorno de los 70 m/s.

Cálculos:

El viento que llega a las hélices de un aerogenerador lleva una energía cinética por unidad de tiempo igual ^{a:} $\frac{dE_c}{dt} = \frac{1}{2} \frac{dm}{dt} v^2$ donde v es la velocidad del viento y el caudal másico es equivalente $\frac{dm}{dt} = \rho \frac{dVol}{dt} = \rho A \frac{dx}{dt} = \rho A v$, donde ρ es la densidad del aire y A la superficie barrida por las aspas de la hélice. Por tanto, tenemos en definitiva que

$$\frac{dE_c}{dt} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

La potencia eléctrica generada vendrá entonces dada por:

$$P_{el} = \eta \frac{dE_c}{dt} = \eta \frac{1}{2} \rho A v^3$$

siendo η la eficiencia del modelo de hélice. Además, existen unos valores de corte máximo y mínimo para la velocidad del viento por encima o debajo de los cuales la hélice no funciona. El viento generalmente tiene cambios continuos de velocidad. Pero si consideramos una serie de intervalos de velocidad del viento, a lo largo del año el viento había estado soplando un determinado número de horas con velocidades comprendidas en ese intervalo. Esto es lo que se llama una distribución del viento.

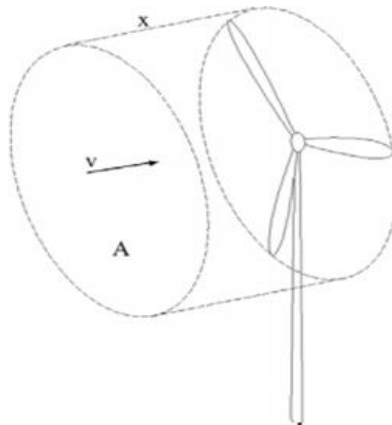


Figura 54. Esquemático de área y velocidad.

La energía que puede ser aprovechada de un aerogenerador se calcula a partir de su curva de potencia y las frecuencias horarias para cada intervalo de la velocidad del viento a lo largo del año. Multiplicando estos dos valores se obtiene la energía producida por cada modelo de aerogenerador seleccionado, como se señala en la Figura 55.

$$E_w = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times t_i}{1000}$$

Donde: E_w = Energía anual producida por el aerogenerador [kWh]

i = Valor de velocidad del viento [m/s]

P_i = Valor de potencia a la velocidad i según curva del aerogenerador [W]

t_i = Número de horas al año de viento a la velocidad i [h]

Figura 55. Ecuación 4.1 aerogenerador.

El costo de la energía producida se calcula dividiendo el precio CIF del aerogenerador, entre el valor de energía calculado con la Figura 55.

La hélice óptima es capaz de captar la mayor potencia del viento cuando éste sopla a la velocidad nominal y la hélice gira a la velocidad nominal. Sin embargo, esta hélice también debe operar fuera de las condiciones nominales y es necesario conocer su comportamiento en estas otras situaciones. Cuando está detenida y debe arrancar a velocidades de viento entre 3,5 y 4 m/seg.

Velocidad angular

se tiene que la velocidad de rotación del aire relativa es $V_{tr} = r (a'-1)$. Esta velocidad se compone con la velocidad axial $V = V_1 (1-a)$, dando la velocidad relativa resultante V_r . Figura 56

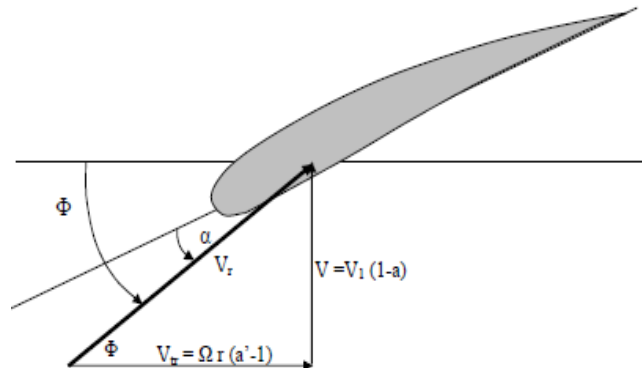


Figura 56. Referencia aerogenerador.

De acuerdo con la ecuación del momento de la cantidad de movimiento para un flujo estacionario, el momento exterior que actúa sobre el fluido está dado por:

$$\bar{C} = \int_A \bar{r} \times \bar{V}_{abs} \rho \bar{V}_{rel} dA$$

Figura 57. Fórmula 1 aerogenerador.

La integral se extiende sobre la superficie que envuelve al volumen de control, Figura 58, V_{abs} es la velocidad absoluta y V_{rel} es la velocidad del aire relativa a la pala de la hélice.

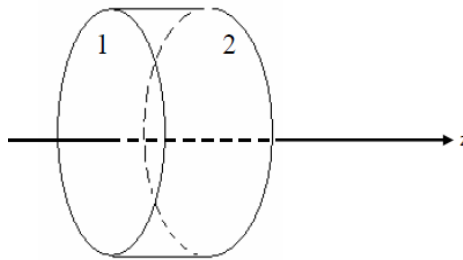


Figura 58. Superficie que envuelve al volumen de control.

Teoría del Elemento de Pala de Hélice

Una porción elemental de pala de hélice, de espesor dr , puede ser considerada como un perfil bidimensional aislado, con sus características aerodinámicas propias. Omitiendo la interferencia de las secciones adyacentes y también la producida por las otras palas, se puede considerar que los coeficientes de los esfuerzos, tangencial y normal al plano de giro, están dados por:

$$C_t = C_L \sin \Phi - C_D \cos \Phi$$

$$C_n = C_L \cos \Phi + C_D \sin \Phi$$

Figura 59. Fórmula 2 aerogenerador.

donde C_L es el coeficiente de sustentación del perfil y C_D el coeficiente de resistencia, Figura 60. De aquí se desprende que el empuje que actúa sobre el elemento es:

$$dT = \frac{1}{2} \rho V_r^2 N c C_n dr$$

Figura 60. Fórmula 3 aerogenerador.

donde c = cuerda, y el momento elemental:

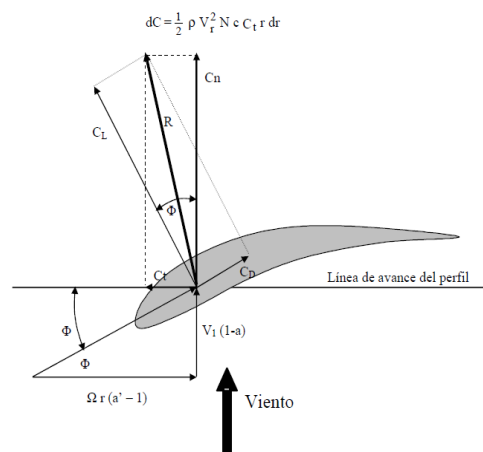


Figura 61. Coeficiente de resistencia del aerogenerador. [11]

10.3.4 Diagrama esquemático de subsistema Sistema Mecánico

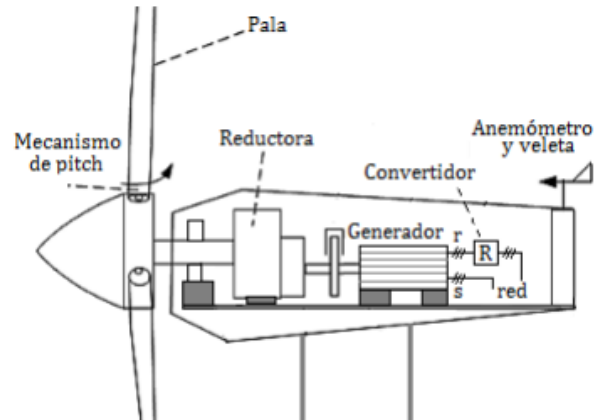


Figura 62. Diagrama esquemático aerogenerador.

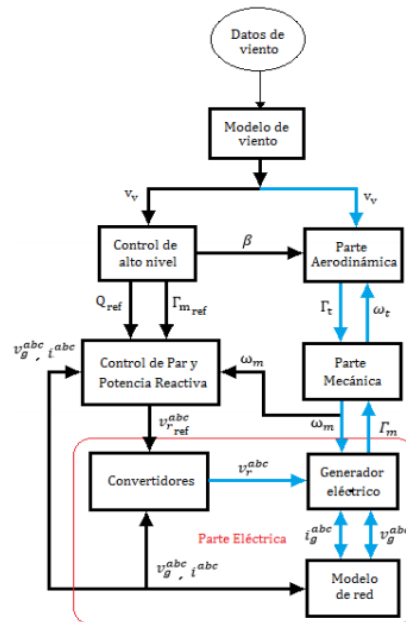


Figura 63. Diagrama de flujo del aerogenerador. [11]

Características técnicas de aerogeneradores Eólicos [12]

Tabla 19. Proveedores comunes de aerogeneradores. [13]

Fabricante	Nombre Comercial	Potencia Nominal (KW)	Velocidad de arranque (m/s)	Velocidad nominal(m/s)	Nº de palas	Diámetro (m)
Vergnet	GEV 6/5	5,0	3,5	14,0	2	6,0
Vergnet	GEV 5/5	5,0	3,0	14,0	2	5,0
Westwind	5,5 KW	5,5	3,0	14,0	3	5,1
Eoltec	Scirocco	6,0	2,7	11,5	2	5,6
J.B. Bornay	Inclin 6000	6,0	3,5	12,0	3	4,0

Dado que para este proyecto se dijo inicialmente que no se usaría el sistema mecánico 1 y se optó por el sistema mecánico 2 ya que presenta una mayor producción, a continuación, se aclaran más a fondo estas ideas plasmándolas sobre un breve cuadro comparativo donde se puede apreciar que las ventajas en producción se encuentran a favor del sistema eólico y son enfocadas a lo que es destinada esta propiedad partiendo principalmente que el esfuerzo humano es un factor muy variante, Tabla 20.

Tabla 20. Cuadro comparativo entre bicicleta generadora vs aerogenerador.

Cuadro comparativo entre fuentes	
Bicicleta generadora	Aerogenerador
• Se requiere obligatoriamente de un esfuerzo humano para poder generar energía. • Se compromete la comodidad del cliente tras obligarlo a realizar una actividad física durante su descanso para obtener el máximo rendimiento del sistema • Se requiere anclar a una bicicleta deportiva estática un alternador, comprometiendo la integridad física y calidad de esta.	• Funciona las 24 horas del día 7 días a la semana de forma automática. • El sistema se automatiza aún más, y por lo tanto el cliente no formará parte del sistema en cuanto a producción se refiere. • Puede ubicarse en un lugar que no invada o interrumpa las actividades de los clientes en la finca.

10.3.5 Simulación del subsistema Sistema Mecánico

No aplica por nivel de complejidad y utilidad para el proyecto, por lo cual no se realiza dicha simulación.

10.3.6 Plan de pruebas del subsistema Sistema Mecánico

Chequear que la corriente a la salida del dispositivo sea estable y no presente fluctuaciones para que el sistema recolecte la información correspondiente sobre los registros, asegurando una regulación en el voltaje, para que así sean protegidos los aparatos de lectura sobre las diferentes velocidades del viento que pueden presentar durante el transcurso del día y finalmente cumplir el objetivo de suplir las cargas del sistema, por lo tanto, se hará seguimiento con diferentes registros tomados de dichos valores para que el sistema sea más efectivo.

10.4 Subsistema Smart Grid

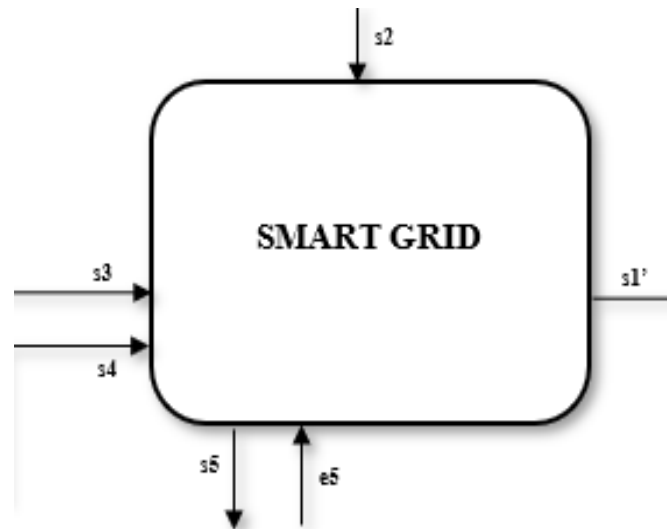


Figura 64. Subsistema Smart Grid.

10.4.1 Requerimientos de subsistemas

Requerimientos funcionales:

- El sistema deberá contar con el diseño para integrar cuatro suministros de energía eléctrica los cuales serán: red eléctrica actual (120V AC con frecuencia de 60 Hz), baterías de ciclo profundo (Que sean capaces de almacenar por lo menos un 30% por encima del nivel de energía mínimo para abastecer el consumo de la finca), paneles solares con un nivel de eficiencia (cantidad de energía producida por unidad de área) mínimo del 17%, una planta eléctrica que sea capaz de producir un 30% de energía por encima del consumo promedio de la finca).
- El sistema deberá indicar los sistemas que están conectados en la residencia.
- El sistema deberá mostrar la carga conectada en todo instante en la residencia.
- El sistema deberá dar la priorización y selección de fuente energética.
- El sistema deberá actuar de forma inteligente decidiendo entre almacenar la energía o generar para el consumo de suministro actual.
- El sistema deberá realizar la conmutación entre fuentes integradas según las órdenes de una.
- El sistema deberá tener una interfaz gráfica, que le permita saber al consumidor con exactitud el consumo actual por circuito de la casa, y mediante qué fuentes de energía integradas se suple la necesidad.
- El sistema deberá entregar una señal de alimentación senoidal uniforme, con un voltaje AC de 120V a una frecuencia de 60Hz.
- El sistema deberá compensar la adición de cargas a la fuente de forma automática y estable, la integridad de la señal no debe desaparecer al momento de incrementar el nivel de carga.
- La interfaz gráfica será desplegada en una pantalla led sencilla, de pequeñas proporciones, suficiente para brindar la información de interés de forma clara; consumo energético,

producción de energía, compensación de energía a la carga, y carga actual conectada al sistema.

- El sistema deberá informar cuando no tenga la capacidad de suplir las cargas.
- El sistema deberá tener un botón de reset en caso de fallas.
- El sistema deberá estar protegido en caso de presencias de oscilaciones y posibles desconexiones de la red eléctrica actual.
- El sistema deberá ser capaz de modificar o actualizar la información de los sistemas que están funcionando.
- El sistema deberá poder interactuar con una persona dentro de la residencia.
- El sistema deberá transmitir la información al tablero hombre-máquina en tiempo real.
- El sistema deberá suministrar la energía necesaria, sin importar su aumento gradual de cargas.

Requerimientos de restricción:

- El sistema no deberá ser manipulado por personal no capacitado.
- El sistema contará con una programación que sólo podrá ser alterada por el personal de implementación del proyecto y el cuidandero de la finca luego de ser capacitado.
- Se debe realizar un seguimiento periódico (cada 3 meses) del estado del equipo, asegurando que exista una correcta conexión de los implementos y su funcionamiento, el encargado será el cuidandero de la finca.
- El sistema deberá estar aislado de factores ambientales como la lluvia, este no debe mojarse por ninguna razón.
- El sistema no podrá ser transportado luego de la instalación.

Requerimientos de calidad:

- La señal no deberá presentar picos que afecten los equipos dentro de la residencia.
- El sistema contará con indicadores de consumo en donde se pueda verificar el correcto funcionamiento.

10.4.2 Funciones, entradas y salidas subsistema Smart Grid

Subsistema Smart Grid: Sistema inteligente que realiza una medición y control de las fuentes de forma inteligente para dar a la salida un valor en potencia deseado para la carga.

Entradas:

- s2: Aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
- s3: Energía paneles solares. Promedio 40 voltios DC.
- s4: Energía sistema mecánico. Promedio 24 voltios DC.
- e5: Rendimiento de Batería. 24 DC voltios.

Salida:

- s1': Aproximadamente 120 AC voltios a 60 Hz.
- s5: Carga para batería. 24 DC voltios.
- S1: Energía eléctrica para la carga. Máximo consumo 850 W/h, Voltaje 120 Voltios AC a 60 Hz.

10.4.3 Diseño del subsistema Smart Grid

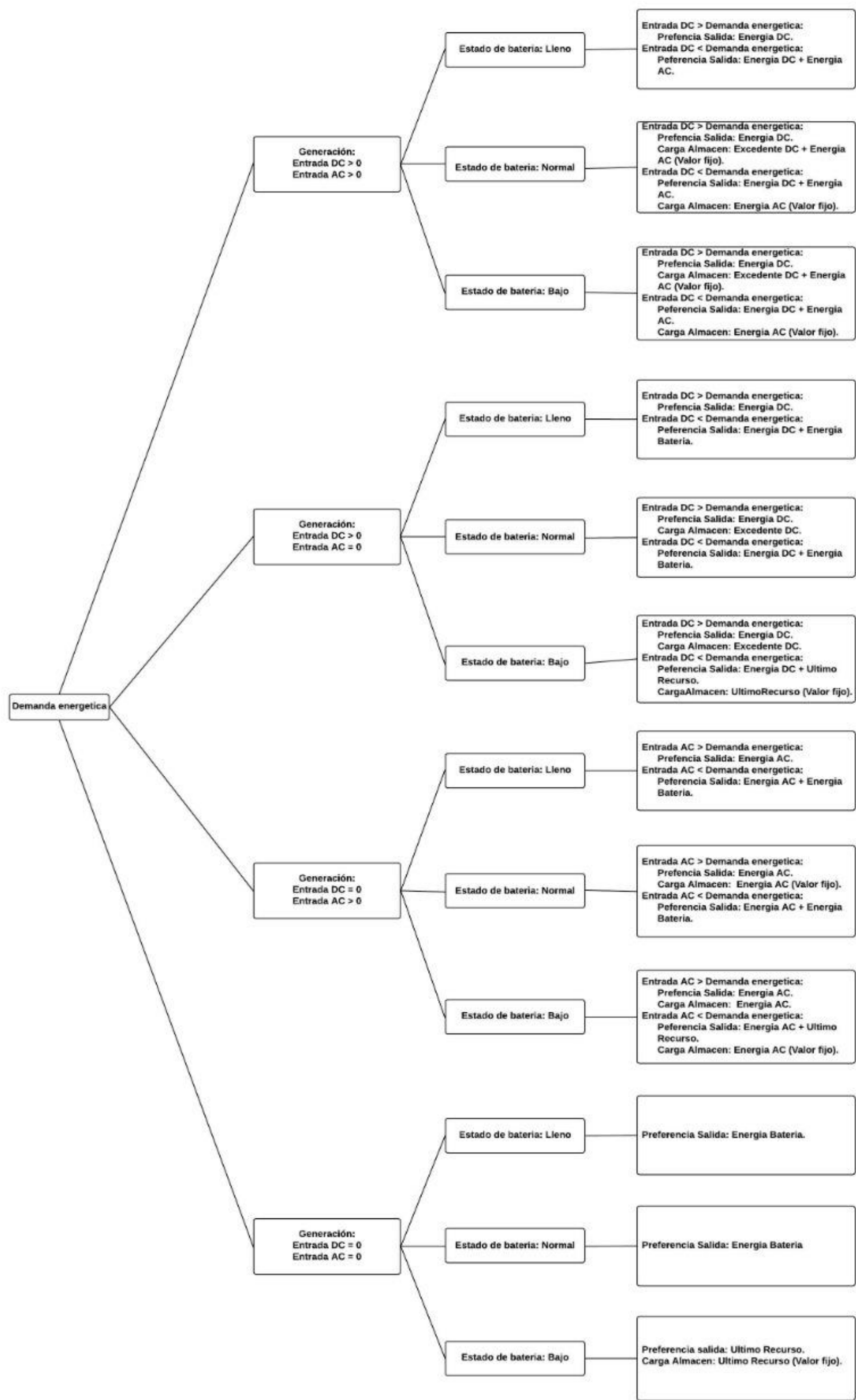


Figura 65. Diagrama de flujo subsistema Smart Grid.

La Figura 65, muestra el comportamiento que tendrá el sistema, en donde se asegurará la confiabilidad en el suministro eléctrico para la vivienda, partiendo de una necesidad que fue nombrada "Demanda energética" y tiene unos valores conocidos de:

Potencia instantánea que debe ser capaz de entregar	=	1 KWatt.
Energía diaria que debe entregar	=	4 KWatt/H.
Potencia nominal	=	170.8 Watt.

Con lo anterior establecido se entiende que la solicitud de energía varía dependiendo de los diferentes momentos del día y los equipos que se lleguen a utilizar en simultáneo, por lo que se asegura sensórica específica para medir en tiempo real que valor de energía se entrega, así mismo, se integran las energías encargadas de brindar el suministro y se separan en dos grupos, el término "entrada DC" es correspondiente a lo producido mediante los paneles solares y la bicicleta, el siguiente término "entrada AC" se refiere a la red comercial; estas dos entradas también cuentan con sensórica para conocer los niveles en que se encuentren y tomar decisiones a partir de esos valores.

Con los valores de entrada y demanda solicitada se sigue a comprobar el estado energético de las baterías, esta acción se realiza para asegurar que este equipo cuente con el mayor almacenaje en todo momento para así tener disponibilidad de energía en los eventos que sean necesarios, a la batería se le asignan 3 estados y están especificados por valores que serán censados por el correspondiente controlador de carga. Los estados son los siguientes:

Lleno: las baterías cuentan con un voltaje aproximado de 25 voltios (este es un valor en el tipo de baterías con operación de 24 voltios) y por consiguiente no se requiere suministrar más energía para la carga.

Normal: Las baterías cuenta con un voltaje entre los 20,5 a 25 voltios, en este rango las baterías pueden cumplir su función en cuanto a entregar energía al sistema cuando sea necesario sin presentarse alteraciones.

Bajo: Las baterías cuentan con un voltaje de 20,5 o inferior, en este caso no se debe seguir realizando descarga o solicitud de energía a las baterías ya que genera daños al equipo. se prioriza cargar las baterías para que lleguen a su estado normal.

Para terminar en diagrama encontramos la respuesta que se debe presentar el sistema en los diferentes casos teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente (Demanda, entradas y estado de batería).

El diseño parte de la carga conectada al sistema, la cual es descrita a continuación:

Datos de los reguladores:

Para la elección del regulador se tienen en cuenta los valores de tensión del sistema, los parámetros de los módulos fotovoltaicos, lo que nos aporta un determinado grado de optimización. Ver a continuación:

- Tensión sistema: 24 V.
- Tensión módulos Circuito abierto: 37 V.
- Tensión módulos máxima potencia: 29.8 V.
- Corriente de cortocircuito módulo: 8.22 A.

- Corriente a potencia máxima módulo: 7.73 A.
- N° de módulos serie instalar: 1.
- N° de módulos paralelo instalar: 5.
- Total, módulos instalar: 5.
- Intensidad módulo a tensión sistema (abierto): 8.22 A.
- Intensidad módulo a tensión sistema (cerrado): 7.73 A.
- Intensidad total sistema (abierto): 41 A.

Potencia instantánea que debe ser capaz de entregar	=	1	KWatt.
Energía diaria que debe entregar	=	4.1	KWatt/H.
Potencia nominal	=	170.8	Watt.
Voltaje RMS AC	=	120	Voltios.
Señal seno generada con frecuencia entre	=	50 a 60 Hz.	

Tabla 21. Selección componente Smart grid. Se validan requerimientos de componente frente a requerimientos levantados.

Selección componente smart grid			
Valor requerimiento			
Requerimiento Levantado	ECOSSOL	POWEST	SUNNY ISLAND 4.4M
Voltaje: 24 V corriente directa máx.	24 V	24 V	24 - 32 V
Corriente: 48 A corriente directa máx.	50 A	80 A	100 A
1.120 KWatt instantáneos máx.	3 K Watt	2.4 K Watt	1.5 K Watt
120 V Corriente Alterna	120 a 110 V	120 V	120 a 240 V
9 A Corriente Alterna	9 A	12 A	15 A
Programable	Si	Si	Si

El equipo debe contar con las siguientes características programables para asegurar su inteligencia:

- Credenciales de seguridad (Usuario y contraseña).
- Configuración de alarmas del sistema (sobrecarga, temperatura y rendimientos).
- Configuración de trabajo híbrida (usando red comercial), o fuera de línea (Sin uso de la red comercial).
- Bypass de seguridad para sobrecargas configurable, es decir, si la carga del sistema es mayor a la capacidad que puede entregar el del equipo este se desconecta y deja únicamente la red comercial.
- Indicadores de alimentación, cuando la fuente de carga primaria cambia (solar - red comercial o viceversa) da una alarma avisando ese cambio.
- Configuración de voltaje de salida a 120V AC.
- Asignación de prioridad de carga, permite seleccionar entre las fuentes cuál será la usada principalmente para realizar la correspondiente carga de las baterías.
- Configuración de carga de banco de almacenamiento, control de corriente para carga de baterías

- Configuración de corriente por red, configura a qué corriente se cargan las baterías usando la red eléctrica.
- Configuración de fuente de último recurso (tiempo de accionamiento)
- Voltaje máximo de carga y su correspondiente voltaje, así mismo, voltaje mínimo de descarga.
- Priorización de alimentación entre carga y baterías, selección de fuente para carga de baterías y alimentación de finca.
- Operation source priority: prioridad solar, es decir, cómo se usará la energía solar en orden de necesidad establecida por el cliente (cargas, baterías, rendimientos - red). Prioridad de salida AC, como se quiere energizar la salida del equipo (Solar, red, Baterías).
- Configuración de uso de la red eléctrica para realizar cargas de las baterías en específico y configuración de tiempos de desconexión total de la red comercial.

Software existentes en el mercado:

1. Solar Power / Watch Power
2. SunVision 2
3. MonSol
4. SMA Software



Fig X. Solar Power



Fig X. SunVision 2



Fig X. MonSol



Fig X. SMA Software

Figura 66. Software del mercado.

Tabla 22. Información sobre cada software.

Valor añadido de cada software:

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Solar Power / Watch Power
Software gratis, monitorización gráfica del estado del inversor en tiempo real visualización detallada con todas las dimensiones eléctricas, diversas configuraciones para almacenadores. | <ol style="list-style-type: none"> 3. MonSol
Conexión indefinida de número de inversores, protocolos propios, datos meteorológicos, diseño integrado para inyección a la red eléctrica comercial, manejo de altas potencias, puede integrar diferentes tipos de inversores para un control generalizado. |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. SunVision 2
Software gratis, monitorización gráfica del estado del inversor en tiempo real visualización detallada con todas las dimensiones eléctricas, notificación de alarmas a través de e-mail, fax o SMS, compatible con los sensores ambientales conectado a la red a través de la interfaz, servicio de asistencia online. | <ol style="list-style-type: none"> 4. SMA Software
Conexión indefinida de número de inversores, conexión inalámbrica con equipos conectados a la entrada de las cargas con lo cual logra desconexiones automáticas de ser necesario, medición de factores atmosféricos y ubicación por gps, conexión con diversas plataformas para comunicación y disponibilidad de acceso remoto vía teléfono móvil. |

ELECCIÓN: La elección del módulo es del proveedor Ecossol ya que tiene en cuenta los distintos parámetros eléctricos, que determinan el rendimiento, las unidades necesarias y su acoplamiento con el regulador, inversor y batería. es importante resaltar que la elección del elemento agrupa todos los elementos que se diseñaron integrados citados a continuación.

Potencia instantánea que debe ser capaz de entregar	=	1	KWatt.
Energía diaria que debe entregar	=	4.1	KWatt H.
Potencia nominal	=	170.8	Watt.
Voltaje RMS AC	=	120	Voltios.
Señal seno generada con frecuencia	=	60	Hz.

Además, permite la integración de las energías fotovoltaicas, mecánicas, red eléctrica comercial y la fuente de último recurso con la que contaba el dueño la cual sigue los siguientes parámetros según su ficha técnica:

Motor	=	3.0HP.
Potencia Máx	=	990W.
Potencia nominal	=	850W.
Voltaje CA	=	110V.
Amperaje	=	7.08A.
Hrs.Trabajo	=	10 Hrs.
Frecuencia	=	60Hz/1.0.
Salida CC	=	12V/8.3A.
Nivel Sonoro	=	7m 68db(4).
Peso (aprox)	=	31Kg.
Combustible	=	Gasolina sin plomo
Sistema arranque	=	manual.
Velocidad(r/min)	=	3600.
Desplazamiento	=	163.
Tanque combustible	=	15L.
Capacidad aceite	=	0.6L.

Al diseñar los elementos e instalarnos no se puede asegurar una fiabilidad en cuanto a garantía y valores deseado a diferencia a la que puede llegar a proporcionar un circuito el cual ya se encuentra acoplado de forma industrial y se ha puesto a prueba con acoplamiento no solo de los sistemas encargados de la regulación y variación de las energías, sino también de los sistemas encargados de la captura de la energía hacia la carga los cuales ya se encuentran optimizados tanto en rendimiento como en un análisis del mercado actual en cuanto a oferta y demanda.

10.4.4 Diagrama esquemático de subsistema Smart Grid

Se presenta el esquemático general del sistema el cual se puede observar en la Figura 67 indicando la interacción entre entradas y salida.

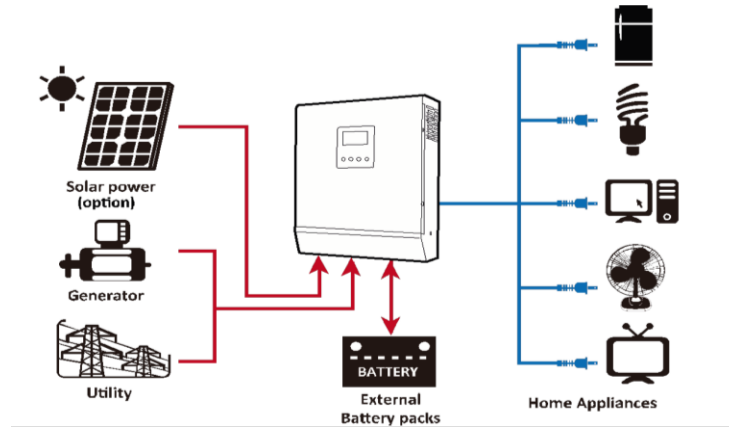
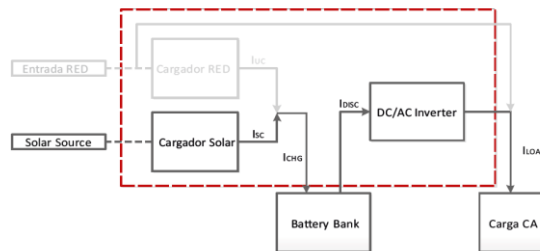


Figura 67. Esquemático genérico Smart Grid.

El subsistema cuenta con diferentes posibles combinaciones de prioridad referente al consumo y disponibilidad de cada subsistema esto quiere decir que si solo se encuentra disponible la fuente solar esta realizara la carga de baterías y si las mismas suministrarán el potencial de consumo que requiere la residencia como se observa en la figura 68.

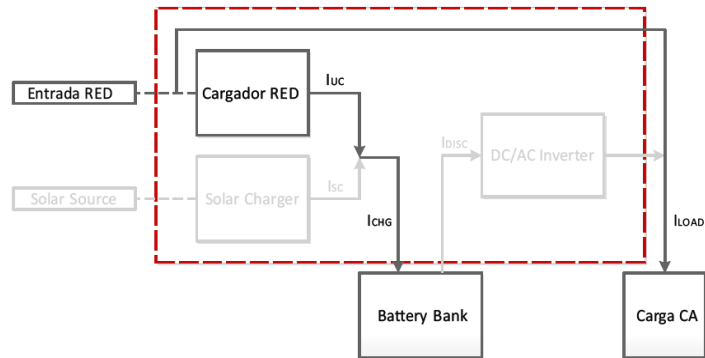


Posibles Combinaciones de Prioridades:

Prioridad cargador	Prioridad salida CA
solar	solar
RED	RED
solar	RED
solar y RED	RED
solar y RED	solar

Figura 68. Diagrama 1 de prioridades carga y salida.

Otra posible combinación es que solo el sistema cuente con la red eléctrica comercial la cual con prioridad cargara las baterías y suministrara el potencial requerido por la residencia como se puede observar en la Figura 69.

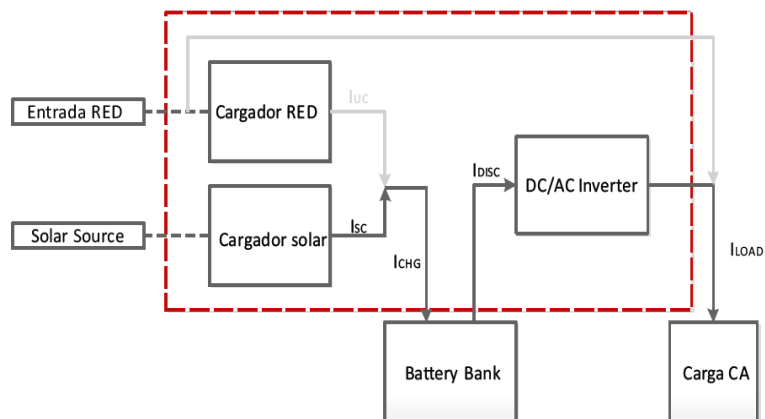


Posibles Combinaciones de Prioridades:

Prioridad cargador	Prioridad salida CA
solar	solar
RED	RED
solar	RED
solar y RED	RED
solar y RED	solar

Figura 69. Diagrama 2 de prioridades carga y salida.

Otra posible combinación es que el sistema cuente con la red eléctrica comercial y la fuente solar la cual con prioridad cargará las baterías con el suministro solar y no hará el uso de la red eléctrica comercial además suministrando el potencial requerido por la residencia como se puede observar en la Figura 70.

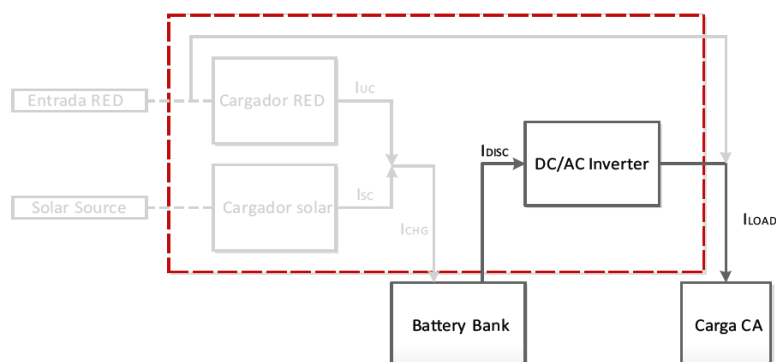


Posibles Combinaciones de Prioridades:

Prioridad cargador	Prioridad salida CA
solar	solar

Figura 70. Diagrama 3 de prioridades carga y salida.

Otra posible combinación es que el sistema no cuente con ninguna fuente de suministro, el cual realizara el uso de las baterías que se tengan a disposición y así se suministre el potencial requerido por la residencia como se puede observar en la Figura 71.

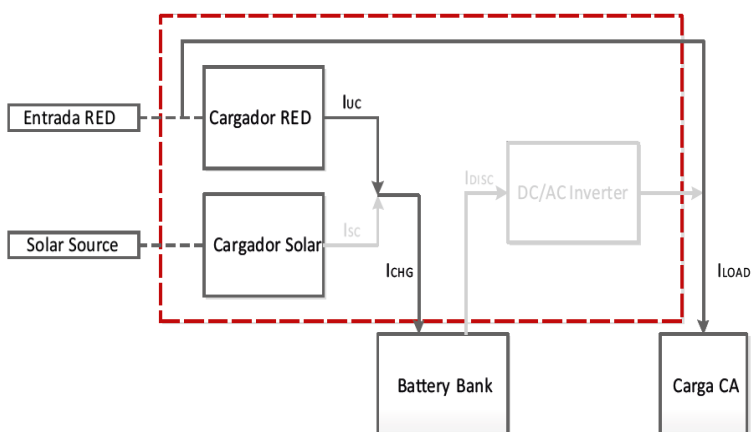


Posibles Combinaciones de Prioridades:

Prioridad cargador	Prioridad salida CA
solar	solar
RED	RED
solar	RED
solar y RED	solar
solar y RED	RED

Figura 71. Diagrama 4 de prioridades carga y salida.

Otra posible combinación es que el sistema cuente con fuente solar y red eléctrica comercial pero no se haga uso de la fuente solar por lo cual la red eléctrica comercial cargara baterías y suministrara el potencial requerido por la residencia como se puede observar en la Figura 72.



Posibles Combinaciones de Prioridades:

Prioridad cargador	Prioridad salida CA
RED	RED

Figura 72. Diagrama 5 de prioridades carga y salida.

Otra posible combinación es que el sistema cuente con fuente solar y red eléctrica comercial, estas cargaran las baterías y a su vez las baterías suministrarán el potencial requerido por la residencia como se puede observar en la Figura 73.

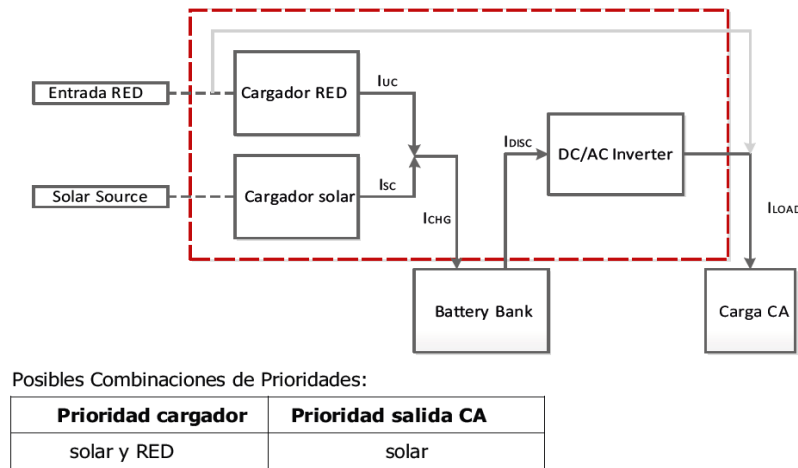


Figura 73. Diagrama 6 de prioridades carga y salida.

10.4.5 Simulación del subsistema Smart Grid

No aplica por nivel de complejidad y utilidad para el proyecto, por lo cual no se realiza dicha simulación.

10.4.6 Plan de pruebas del subsistema Smart Grid

Chequear que la corriente a la salida del dispositivo sea estable y no presente fluctuaciones para que el sistema recolecte la información correspondiente sobre los registros, asegurando una regulación en el voltaje, para que así sean protegidos los aparatos de lectura sobre las diferentes entradas productoras de energías limpias que pueden presentar durante el transcurso del día y finalmente cumplir el objetivo de suplir las cargas del sistema, por lo tanto, se hará seguimiento con diferentes registros tomados de dichos valores para que el sistema sea más efectivo.

10.5 Subsistema Batería

Como se observa en la figura 74 se representa el diagrama de bloques del subsistema de baterías el cual tiene un comportamiento bidireccional.

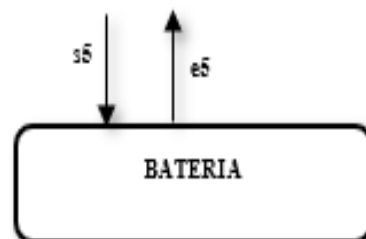


Figura 74. Subsistema baterías

10.5.1 Requerimientos de subsistemas Batería

Requerimientos funcionales:

- El diseño deberá permitir que el sistema genérico sea escalable, esto en cuanto a la capacidad de horas de funcionamiento y la capacidad de alimentación sobre las cargas deseadas.
- El sistema deberá proporcionar una cantidad de energía suficiente para alimentar las cargas en un rango según el diseño.
- El sistema deberá suministrar la energía necesaria, sin importar su aumento gradual de cargas.

Requerimientos de restricción:

- El sistema no podrá ser transportado luego de la instalación.
- El sistema no estará activo por más de 12 horas si los recursos económicos no son suficientes.
- El sistema será diseñado para uso exclusivo de la propiedad.
- El sistema deberá generar la menor cantidad de afecciones medioambientales.
- El sistema no deberá ser manipulado por personal no capacitado.

Requerimientos de calidad:

- Los almacenadores deberán contar con las especificaciones técnicas y de garantía específicas del fabricante con valores de funcionamiento y vida útil del equipo.

10.5.2 Funciones, entradas y salidas subsistema Batería

Entradas:

- s5: Carga para batería 24 DC voltios.

Salidas:

- e5: Rendimiento de batería. 24 DC voltios.

10.5.3 Diseño del subsistema Batería

Para el cálculo de la batería, se ha tenido en cuenta, la energía necesaria, la tensión del sistema, así como la profundidad de descarga y la autonomía de dicho sistema en días.

- Tensión nominal de baterías: 24 V.
- Profundidad de descarga de baterías: 60 %.
- Autonomía del sistema: 1 día.
- Energía Real Diaria: 5006 Wh/día.
- Capacidad útil baterías calculada: 626 Ah.
- Capacidad real baterías calculada: 1043 Ah.

Datos inversor - cargador:

Para el dimensionado del inversor-cargador se han utilizado los siguientes datos:

- Tensión sistema DC: 24 V.
- Tensión salida AC: 120 V.
- Potencia máxima: 720 W.
- Coeficiente Simultaneidad: 0.7.
- Potencia mínima necesaria: 504 W.
- Factor de seguridad: 0.8.
- Potencia de cálculo: 630 W.

Tabla 23. Selección componente baterías. Se validan requerimientos de componente frente a requerimientos levantados.

Selección de componente baterías				
Valor requerimiento				
Requerimiento Levantado	Requerimiento Proveedor Ultracell	Requerimiento Proveedor Formula star	Requerimiento Proveedor Ecosol	Requerimiento Proveedor Mpg12v150f
V = 12V I = 515A	24v 120 ^a	12v 200A	12v 150 A	12v 1000 ^a

ELECCIÓN: EcosSol, se espera utilizar 6 batería de 12 voltios en conexión serie y paralelo para asegurar un voltaje de 24 voltios y un valor de amperaje cercano a los 450 amperios. Con esta acumulación se tendría la capacidad de almacenamiento de 1 día, con los consumos teóricos totales de la residencia; la cantidad de baterías se puede reducir hasta un tercio del total por factores económicos, pero en todo momento se mantiene el cumplimiento de los requerimientos planteados, esta acción se puede realizar debido a que los cálculos de amperaje están diseñados con el total de la carga de la casa.

10.5.4 Diagrama esquemático de subsistema Batería.

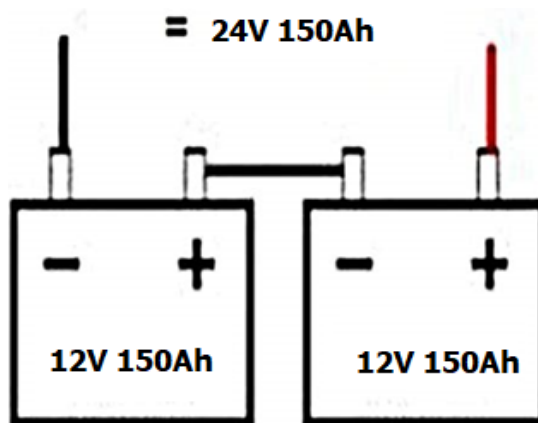


Figura 75. Diagrama subsistema Batería.

10.5.5 Simulación del subsistema Batería

No aplica por nivel de complejidad y utilidad para el proyecto, por lo cual no se realiza dicha simulación.

10.5.6 Plan de pruebas del subsistema Batería.

Se realizará la conexión de las baterías al sistema y luego se observará la correspondiente carga por medio del controlador integrado en el subsistema B, luego de esto se conectarán cargas de consumo controladas y se observará el proceso de descarga comparando valores con los dados por el fabricante en la correspondiente tabla de datos del producto, este proceso se repetirá 3 veces en el transcurso del día para evaluar los tiempos de descarga aplicados a lo necesario en la salida, en donde tenemos un máximo de 850 Watt/Hora, la batería debe suplir un mínimo de 350 Watt/Hora por 5 horas consecutivas al tener su estado de carga completo.

10.6 Esquemático del sistema integrado

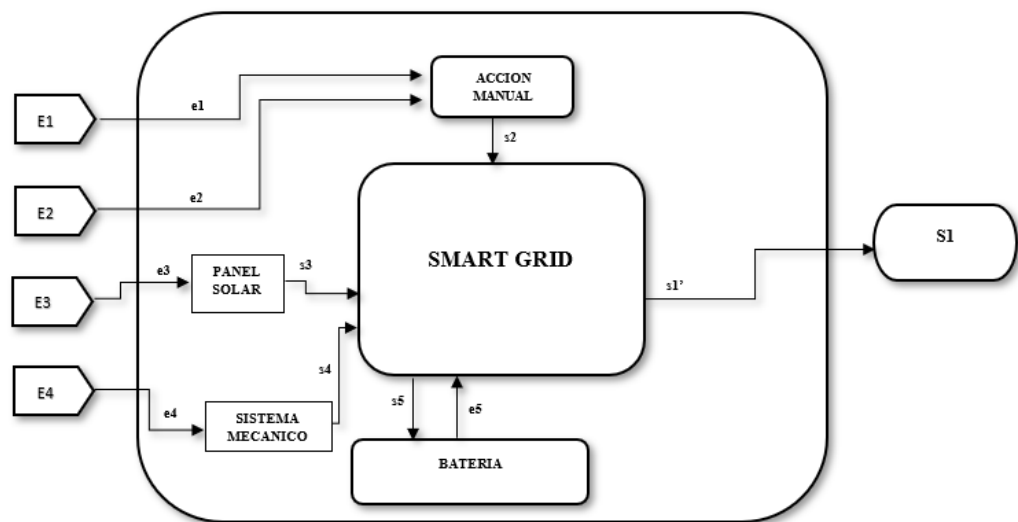


Figura 76. Esquemático del sistema integrado.

En la figura 76, se observa cómo será la integración del sistema propuesto, en donde la organización de conexiones está dada por zonas de voltajes continuos y zona de voltajes directos, esto se realiza para evitar cualquier tipo de accidente al momento del montaje, así mismo se observa que hay una única salida la cual estará directamente conectada al tablero de distribución de la casa estudio, y antes de este punto se ubica el sistema de toma de decisiones (Smart Grid) el cual se encargará de asegurar que no se presenten variaciones o ausencia de potencial alternando las diversas fuentes.

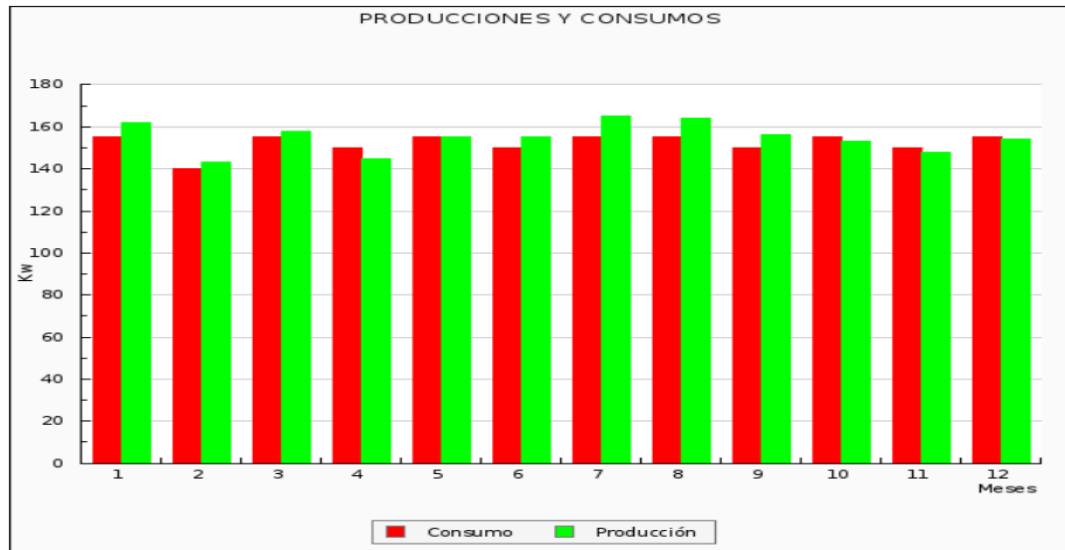
10.6.1 Simulación del sistema integrado

Con los elementos de consumos seleccionados y los componentes de las instalaciones calculados, obtenemos la siguiente comparativa de consumos y producción estimados a lo largo del año *Tabla 24*.

Tabla 24. Consumo mes a mes del sistema integrado.

	Ene	Feb	Mar	Abl	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Consumo	155	140	155	150	155	150	155	155	150	155	150	155
Producción	162	143	158	145	155	155	165	164	156	153	148	154

Consumo total al año: 1825 Kw
 Producción total al año: 1858 Kw
 Total kg/año CO2 evitados: 1007

*Figura 77. Producción y consumo sistema integrado.*

CALCULOS FINANCIEROS:

En la Tabla 25 se exponen todos los datos que permitirán analizar financieramente la viabilidad del proyecto, es indispensable realizar una estimación de cuánto tiempo va a tomar el retorno de la inversión y así mismo, el ahorro que se va a obtener por la producción de energía, esto último expuesto en la Figura.78

Tabla 25. Cálculos financieros.

Residencia	Carmen de Apicara casa blanca		
Nombre proyecto	Pi-636		
Tarifa del Energético		568	\$/ kWh, m3, ...
Consumo actual		150 11/60	kWh mes
Ahorro mensual		150 11/60	kWh mes
Total, Ahorro estimado mensual (\$)		85.305	\$/mes
Total, Ahorro estimado anual (\$)		1.023.663	\$/año
Inversión total en Equipos antes de IVA		\$8.068.867	COL\$
IVA		\$1.824.925	COL\$
INVERSIÓN TOTAL		\$11.429.792	COL\$

Como se observa tenemos en términos de KWh la cantidad de energía que se ahorrará y también la cantidad de dinero que le representará al dueño de la finca.

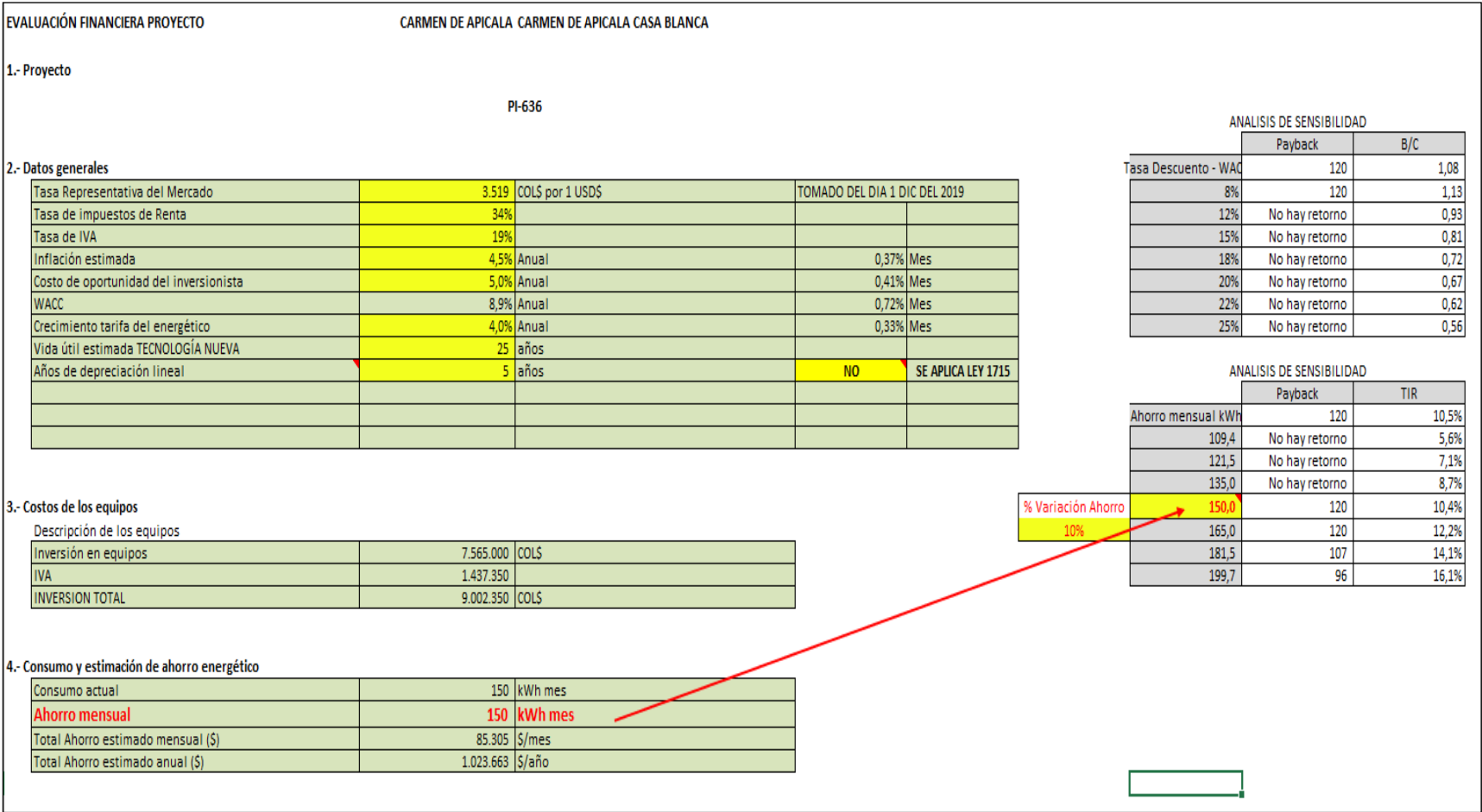


Figura 78. Ahorro mensual del proyecto.

En términos del Payback (Cantidad de tiempo que tomará retornar la inversión con sólo flujo de caja) y el coste medio ponderado del capital (WACC), tenemos las Figuras 79, 80 y 81; la información específica se encuentra en la Tabla 26:

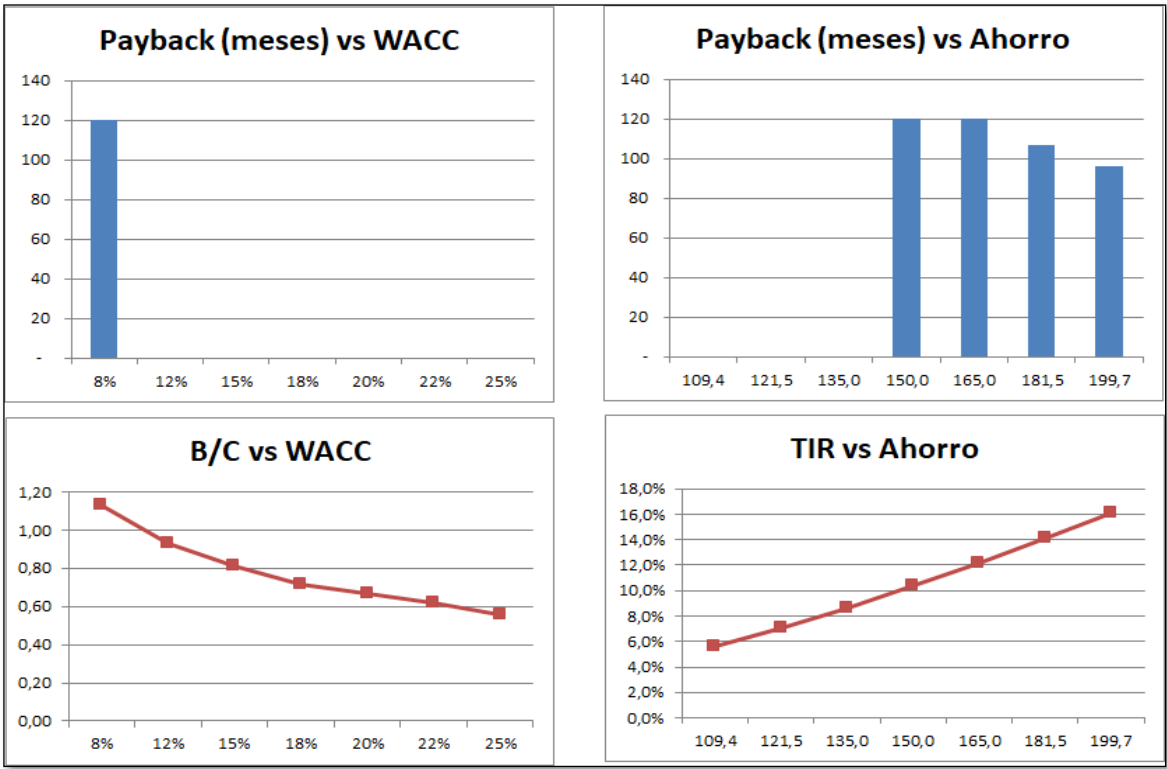


Figura 79. Diagrama 1 de la evaluación financiera proyecto.

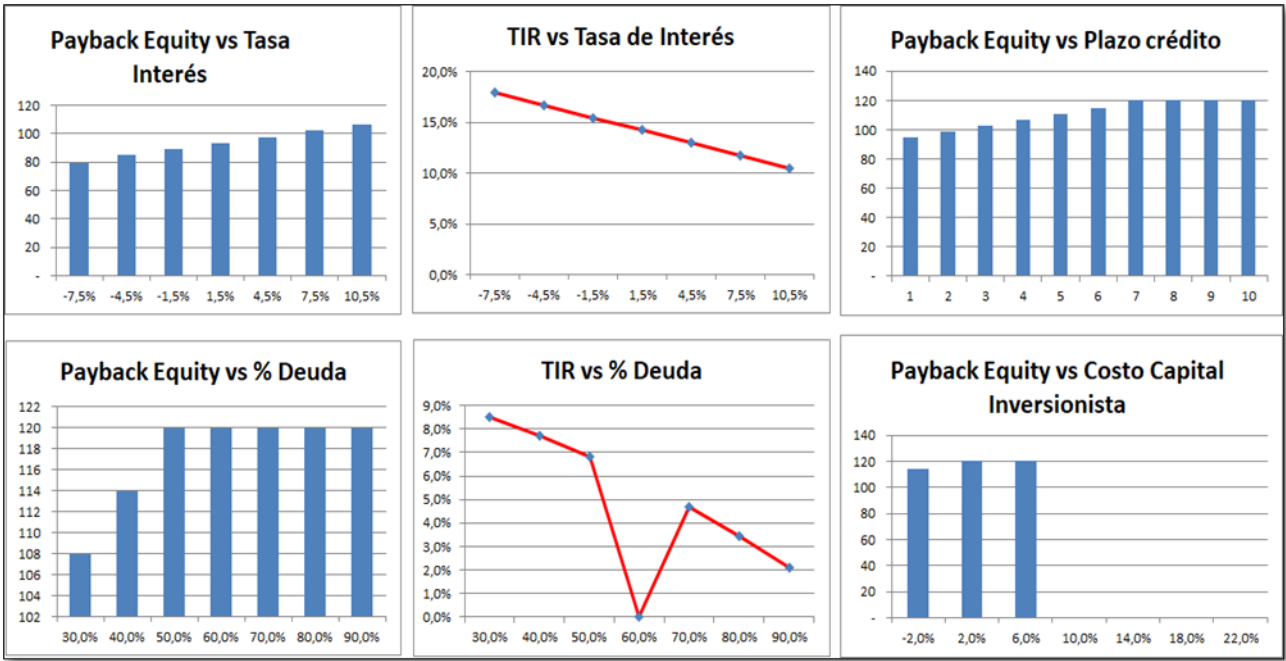


Figura 80. Diagrama 2 de la evaluación del proyecto.

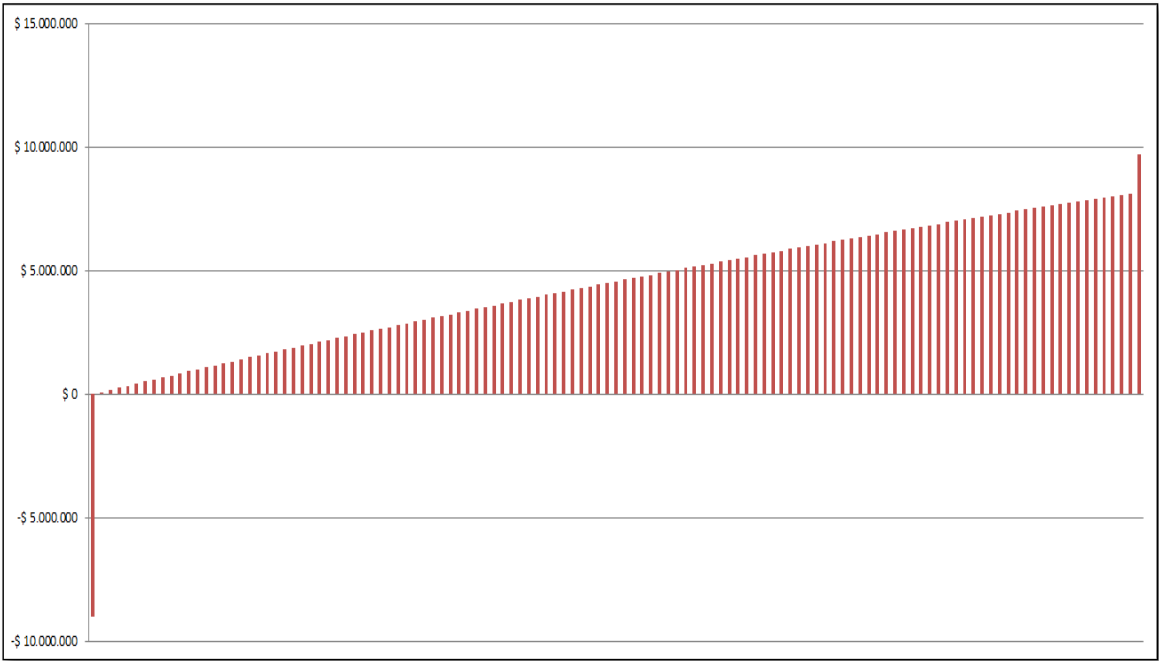


Figura 81. Tasa de retorno de inversión.

Tabla 26. Datos Periodo Pago (Payback).

Datos generales		
Tasa Representativa del Mercado	3.519	COL\$ por 1 USD\$
Tasa de impuestos de Renta	34%	
Tasa de IVA	19%	
Inflación estimada	5%	Anual
Costo de oportunidad del inversionista	5%	Anual
WACC	9%	Anual
Crecimiento tarifa del energético	4%	Anual
Vida útil estimada TECNOLOGÍA NUEVA	25	Años
Años de depreciación lineal	5	Años
Condiciones de crédito		
Plazo (años)	5	
DTF (%)	5%	
Puntos adicionales al DTF (%)	15%	
Pagos constantes (mensuales)	60	
Tasa de interés mensual (%)	1,50%	
Porcentaje de deuda sobre la inversión (%)	50%	
Valor total del proyecto IVA incluido (\$)	9.002.350	
Valor de préstamo (\$)	3.782.500	
Valor de la cuota mensual (\$)	95.943	
Valor de ahorros mensuales (\$)	85.305	
Indicadores financieros		
VPN	1.098.146	A 10 años
VPN	-1.617.200	A 7 años
VPN	-3.005.424	A 5 años
TIR	12%	A 10 años
TIR	2%	A 7 años
TIR	-10%	A 5 años
Resultado de retorno de la inversión del proyecto		

Datos generales		
Periodo Pago (Payback)	10,00	Años

Los cálculos anteriormente mencionados se realizan bajo la premisa de que el cliente no haga una inversión en esta y los estudiantes soliciten un crédito para abastecer todos los gastos del proyecto.

11 PLAN DE PRUEBAS DEL SISTEMA

11.1 Plan de pruebas de componentes

En el sistema a implementar se tendrá en cuenta las siguientes entradas para que el sistema funcione de la forma correcta, así mismo dando una breve descripción de su funcionalidad.

E1: Energía solar, paneles solares: Para probar estos componentes se deben tomar medidas en el transcurso del día para evaluar los valores de salida en voltaje en diversos índices de radiación, este valor de voltaje se medirá usando 2 multímetros colocados en el puerto de salida de voltaje del equipo para lograr asegurar que el funcionamiento del equipo sea el adecuado y que cumpla su ficha técnica.

E2: Energía mecánica, generador eólico: Para probar este componente se deben tomar medidas cuando se ejerza energía mecánica a través del viento sobre el generador a diferentes velocidades, este valor de voltaje se medirá usando 2 multímetros colocados en el puerto de salida de voltaje del equipo para lograr asegurar que el funcionamiento del equipo sea el adecuado y que cumpla su ficha técnica.

E3: Red eléctrica: Se conectarán 2 multímetros en diferentes zonas de abastecimiento eléctrico de la vivienda a diferentes horas del día y así monitorear que la energía suministrada por la empresa encargada esté en los valores de 120 Vrms a 60 Hz, como indica dicha empresa.

E4: Energía producida con fuente diesel, motor diesel: Se abastece el combustible en el tanque del motor y se encenderá, se conectarán 2 multímetros a la salida del equipo para comprobar que su respuesta como indica la ficha técnica y su indicador análogo.

11.2 Plan de pruebas de subsistemas

11.2.1 Plan de pruebas del subsistema acción manual

Se conectará un medidor de consumo que informe los valores de voltaje y corriente (multímetro y amperímetro) a la salida del subsistema, se seleccionará el estado donde se encuentre la activación para la entrada de red eléctrica comercial y se tomarán los valores de operación los cuales deben corresponder a las medidas entregadas por la red eléctrica comercial convencionalmente, luego de esto, se girará el conmutador a su estado “paso por cero” en donde los valores medidos para voltaje y corriente deben estar en 0 voltios y 0 amperios, por último seguimos al estado donde encontramos conectado el generador eléctrico y los valores medidos deben coincidir con los valores de funcionamiento del equipo.

11.2.2 Plan de pruebas del subsistema panel solar

Las pruebas del panel solar son de la mano con la ficha técnica, donde nos aseguraremos que el valor de voltaje a la salida del panel sea acorde a la radiación solar presente, al presentarse un momento nublado este valor se vea reducido, también se realizaran varias mediciones como se indicó al principio en las cuales estaremos monitoreando el funcionamiento del panel respecto al transcurso del día esto para poder dar indicios de cuál fue su punto más alto y en qué hora ya se consideraron bajos.

11.2.3 Plan de pruebas del subsistema Sistema Mecánico

Chequear que la corriente sea estable y no presente fluctuaciones para el sistema obtenga la información correspondiente sobre los registros de este además de realizar el

acondicionamiento en el voltaje, para que así sea el requerido para suplir las cargas del sistema, por lo tanto, se hará seguimiento con diferentes registros tomados de dichos valores para que el sistema sea más efectivo.

11.2.4 Plan de pruebas del subsistema Smart Grid

Las pruebas del Smart Grid son de la mano con la ficha técnica, haciendo uso del multímetro y el software donde se pondrá a prueba los diferentes parámetros de configuración, se debe comprobar los voltajes de operación, corrientes y potencia; en la interfaz visual del software se observarán las entradas del sistema y el valor a la salida.

Es importante tratar de hacer emulaciones de los posibles eventos climáticos que se pueden presentar como por ejemplo días nublados, días con lluvia, días soleados, días con fuertes y bajos vientos; finalmente y de gran importancia hacer pruebas del funcionamiento sin ninguna de las entradas activa, ya que esto nos confirmará el funcionamiento tal y como se presentó en el diagrama de flujo de funcionamiento.

11.2.5 Plan de pruebas del subsistema Batería.

Se realizará la conexión de las baterías al sistema y luego se observará la correspondiente carga por medio del controlador integrado en el subsistema B, luego de esto se conectaran cargas de consumo controladas y se observará el proceso de descarga comparando valores con los dados por el fabricante en la correspondiente tabla de datos del producto, este proceso se repetirá 3 veces en el transcurso del día para evaluar los tiempos de descarga aplicados a lo necesario en la salida, en donde tenemos un máximo de 850 Watt/Hora, la batería debe suplir un mínimo de 350 Watt/Hora por 5 horas consecutivas al tener su estado de carga completo.

11.3 Plan de pruebas de integración

Tabla 27. Plan de prueba integración 1.

Requerimientos de la asociación de subsistemas paneles solares y sistema mecánico		Nombre de la prueba	Cantidad de personas para la prueba	Equipo de medición necesario.	Tiempo de duración para la prueba	Dato simulado o dato ficha técnica	% Frente al requerimiento levantado
Requerimientos de entrada de la asociación	E1: Determinar el nivel de voltaje máximo entregado por los paneles solares durante el día.	Nivel DC por paneles	4	Multímetro	2 horas	30-45 v	
	E2: Determinar el nivel de voltaje capaz de generar el sistema mecánico 30 minutos de uso.	Nivel DC sistema mecánico	4	Multímetro	2 horas	40-50v	
Requerimientos de salida de la asociación	S1: Determinar amplitud de la onda seno y su frecuencia producido a partir de las fuentes anteriormente mencionada	Medición onda seno	4	Multímetro	1 hora	Amplitud =120v Frecuencia 50-60Hz	

Tabla 28. Plan de pruebas integración 2.

Requerimientos de la asociación de subsistemas red eléctrica comercial y Smart grid.		Nombre de la prueba	Cantidad de personas para la prueba	Equipo de medición necesario	Tiempo de duración para la prueba	Dato simulado o dato ficha técnica	% Frente al requerimiento levantado
Requerimientos de entrada de la asociación	E1: Determinar el nivel de voltaje máximo entregado por la red eléctrica comercial	Medición onda seno de la red comercial.	4	Multímetro	2 horas	Amplitud =120v Frecuencia 50-60Hz	
Requerimientos de salida de la asociación	S1: Determinar amplitud de la onda seno entregada la carga a partir de la selección de la fuente E3	Medición onda seno sobre la carga	4	Osciloscopio	1 hora	Amplitud =120v Frecuencia 50-60Hz	

11.4 Plan de pruebas del sistema

En la siguiente tabla se registrará de forma detallada el plan de pruebas de todo el sistema haciendo énfasis en la revisión del cumplimiento de los requerimientos funcionales.

Tabla 29. Plan de prueba del sistema

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	NOMBRE DE LA PRUEBA	CANTIDAD DE PERSONAS PARA LA PRUEBA	EQUIPO, DISPOSITIVO O SOFTWARE DE MEDICIÓN NECESARIO.	TIEMPO DE DURACIÓN PARA LA PRUEBA
El sistema deberá contar con el diseño para integrar cuatro suministros de energía eléctrica los cuales serán: red eléctrica actual (120v ac con frecuencia de 60 Hz), baterías de ciclo profundo (que sean capaces de almacenar por lo menos un 30% por encima del nivel de energía mínimo para abastecer el consumo de la finca), paneles solares con un nivel de eficiencia (cantidad de energía producida por unidad de área) mínimo del 17%, una planta eléctrica que sea capaz de producir un 30% de energía por encima del consumo promedio de la finca).	Estabilidad del sistema al integrar las fuentes de producción y verificación de cantidad de energía producida	3	Multímetro	30 min
El sistema deberá indicar los sistemas que están conectados en la residencia, potencia máxima y carga conectada.	Verificación en interfaz HMI de dispositivos conectados al sistema y potencia máxima generada	1	Interfaz gráfica del sistema	15 min
El sistema deberá evaluar el consumo en tiempo real y partiendo de esto seleccionará cuál fuente alimentará la batería, la forma en que se distribuirá según un algoritmo de priorización que depende de las fuentes y cantidad de energía disponible, y las cargas que estarán conectadas.	Visualización de comportamiento Smart	1	Interfaz gráfica del sistema	20 min
El sistema deberá dar la priorización y selecciónde fuente energética.	Visualización de fuente de alimentación según nivel de producción por fuente y carga conectada	1	Interfaz gráfica del sistema	20 min
El sistema deberá actuar de forma inteligente decidiendo entre almacenar la energía o generar para el consumo de suministro actual.	Observación de la distribución de energía generada	1	Software Solar Power	7 h
El sistema deberá ajustarse según unos rangos de carga, los cuales se determinarán después de hacer el respectivo estudio de cargas en la residencia.	Identificación de topes de carga y descarga de baterías.	2	Software Solar Power	7h
El sistema deberá realizar la conmutación entre fuentes integradas según las órdenes de una.	Observación de la conmutación entre fuentes de energía	2	Multímetro, Software Solar Power e Interfaz gráfica	7h
El sistema deberá tener una fuente de generación de último recurso la cual permite un lapso de consumo energético para emergencia.	Encendido y supervisión de la energía generada por la fuente de último recurso.	1	Multímetro	3h
El sistema deberá tener una interfaz gráfica, que le permita saber al consumidor con exactitud el consumo actual por circuito de la casa, y mediante qué fuentes de energía integradas se suple la necesidad.	Monitorización de la carga conectada al sistema	2	Software Solar Power	2h
El sistema deberá entregar una señal de alimentación senoidal uniforme, con un voltaje ac de 120v a una frecuencia de 60hz.	Medición de la onda de energía de salida.	2	Multímetro	1h
El sistema deberá compensar la adición de cargas a la fuente de forma automática y estable, la integridad de la señal no debe desaparecer al momento de incrementar el nivel de carga.	Integración de cargas de forma sucesiva al sistema.	3	Multímetro, Software Solar Power	7h

12 DISEÑO INDUSTRIAL

Análisis de la actividad y el contexto

Descripción del contexto:

La finca Casa Blanca se encuentra en la zona rural de Carmen de Apicalá en la vía Cuatro Esquinas sobre la zona los Triangles en el departamento del Tolima-Colombia, su construcción se realizó hace aproximadamente 8 años y desde entonces es usada como sitio de hospedaje para turistas en la zona. Cuenta con dos habitaciones principales con baños independientes, una sala comedores con cocina integral, una habitación sencilla, zona de lavandería y duchas, un cuarto de máquinas, zona BBQ, piscina y un pequeño huerto en la parte trasera (figura 82 y figura 84), en la finca pueden hospedarse hasta 12 personas sin ningún problema. Nomenclatura:

Tabla 30. Enumeración de las áreas de la residencia.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cuarto	Cuarto	Bodega	Cuarto	Cuarto	Pasillo	Cocina	Cuarto Maquinas	Kiosco	Piscina
									
									

Figura 82. Plano guía de la finca aproximado.

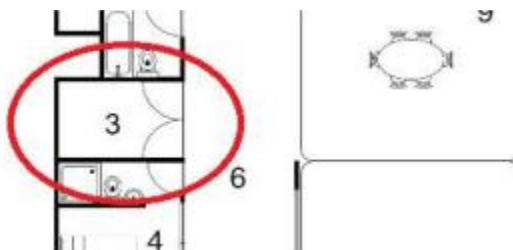


Figura 83. Zona para la ubicación del sistema.

La zona #3 como se muestra en la figura 84, es escogida por sus dimensiones y asimismo porque cuenta con un espacio con ventilación como se puede observar en las siguientes

imágenes:

La zona #3 como se muestra en la figura 83, es escogida por sus dimensiones y asimismo porque cuenta con un espacio con ventilación como se puede observar en las siguientes imágenes:



Figura 84. Zona de instalación sistema (Vista Frontal).



Figura 85. Visualización de la zona de instalación. (Espacio interno).

Así mismo, esta cuenta con cerramiento siendo apropiado para la seguridad de los equipos o dispositivos.

- Consideraciones climáticas:
 - Temperatura

La temporada calurosa dura 1,7 meses, del 2 de agosto al 24 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 35 °C. El día más caluroso del año es el 24 de agosto, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y una temperatura mínima promedio de 24 °C.

La temporada fresca dura 1,8 meses, del 20 de octubre al 12 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 34 °C. El día más frío del año es el 5 de enero, con una temperatura mínima promedio de 23 °C y máxima promedio de 34 °C.

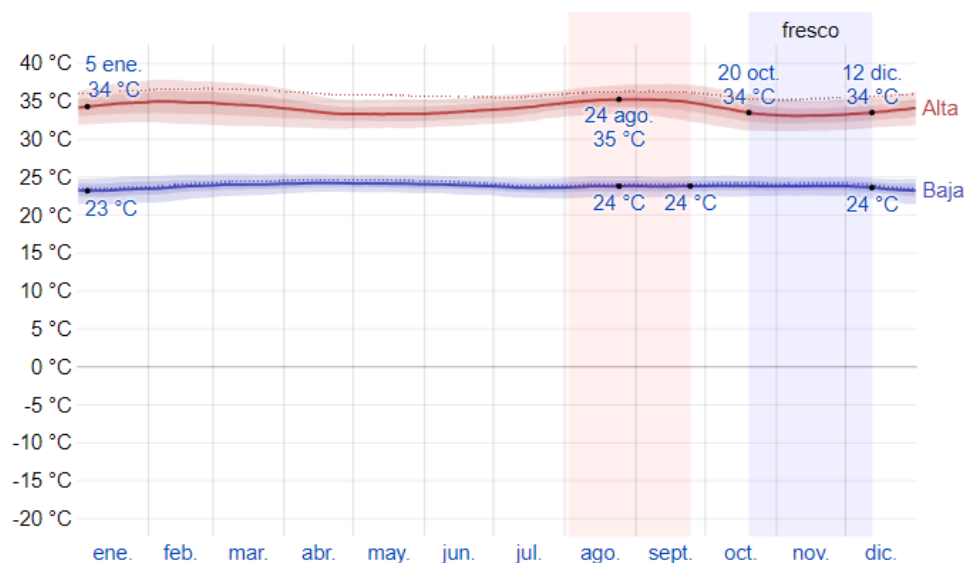


Figura 86. Temperatura máxima y mínima promedio de la zona.

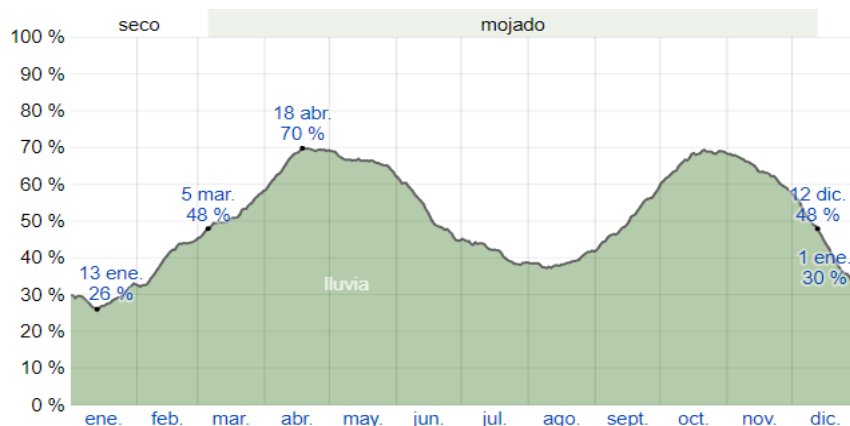
- Precipitaciones:

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Carmen de Apicalá varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 9,2 meses, de 5 de marzo a 12 de diciembre, con una probabilidad de más del 48 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 70 % el 18 de abril.

La temporada más seca dura 2,8 meses, del 12 de diciembre al 5 de marzo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 26 % el 13 de enero.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 70 % el 18 de abril.



El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).

Figura 87. Probabilidad diaria de precipitación de la zona.

- Sol:

La duración del día en Carmen de Apicalá no varía considerablemente durante el año, solamente varía 21 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2019, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 53 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 12 horas y 22 minutos de luz natural.

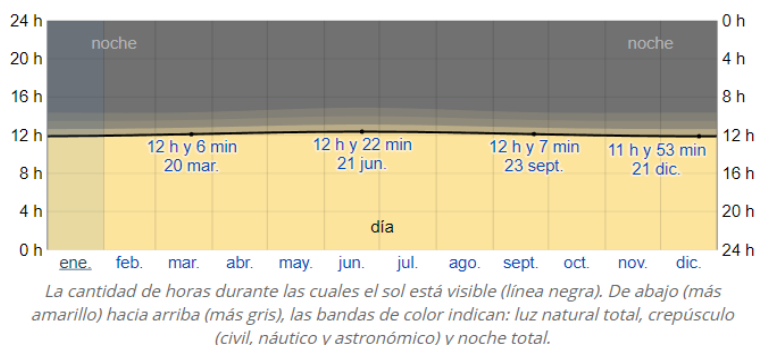


Figura 88. Horas de luz natural y crepúsculo de la zona.

- Viento:

La velocidad promedio del viento por hora en Carmen de Apicalá tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 3,5 meses, del 4 de junio al 20 de septiembre, con velocidades promedio del viento de más de 5,4 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 7 de agosto, con una velocidad promedio del viento de 7,1 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 8,5 meses, del 20 de septiembre al 4 de junio. El día más calmado del año es el 30 de noviembre, con una velocidad promedio del viento de 3,7 kilómetros por hora.

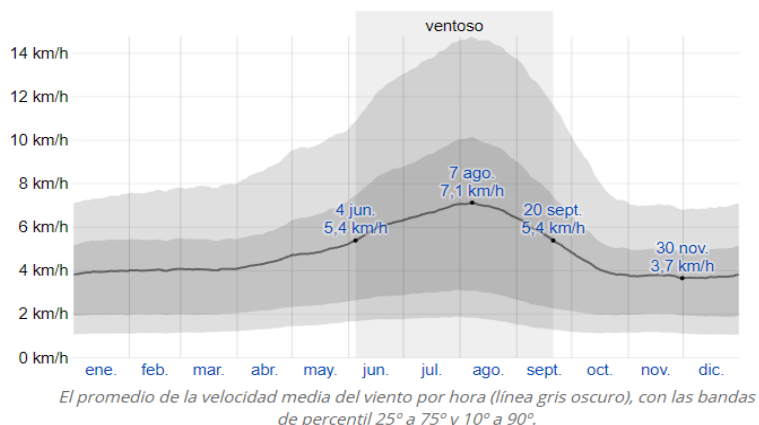
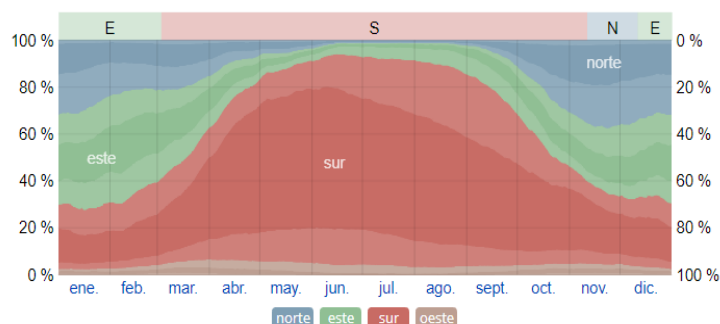


Figura 89. Velocidad promedio del viento.

La dirección predominante promedio por hora del viento en Carmen de Apicalá varía durante el año.

El viento con más frecuencia viene del sur durante 8,3 meses, del 3 de marzo al 11 de noviembre, con un porcentaje máximo del 90 % en 15 de junio. El viento con más frecuencia

viene del norte durante 1,0 mes, del 11 de noviembre al 11 de diciembre, con un porcentaje máximo del 37 % en 23 de noviembre. El viento con más frecuencia viene del este durante 2,7 meses, del 11 de diciembre al 3 de marzo, con un porcentaje máximo del 39 % en 1 de enero.



El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noroeste, suroeste, sureste y noreste).

Figura 90. Dirección del viento.

Energía solar:

Esta sección trata sobre la energía solar de onda corta incidente diario total que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año.

El período más resplandeciente del año dura 1,9 meses, del 26 de julio al 23 de septiembre, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6,0 kWh. El día más resplandeciente del año es el 25 de agosto, con un promedio de 6,2 kWh.

El periodo más oscuro del año dura 2,0 meses, del 19 de octubre al 19 de diciembre, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 5,2 kWh. El día más oscuro del año es el 11 de noviembre, con un promedio de 4,9 kWh.

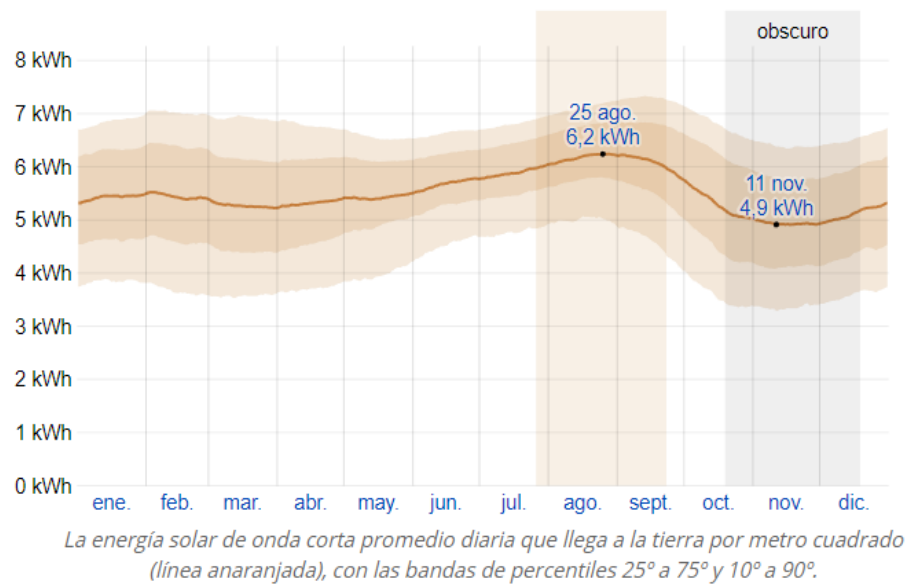


Figura 91. Energía solar de onda corta incidente diario promedio.

- *Casos de uso*

El sistema a desarrollar cuenta con la integración de tecnologías en lo referente a generación, partiendo de aspectos ambientales en donde se usarán paneles solares y generadores mecánicos, así mismo se hará uso de almacenadores de energía mejor conocido como baterías de ciclo profundo, inversores y una planta de control que dará como resultado una interfaz para el usuario en donde logré observar los procesos que se están llevando a cabo y así mismo tomar decisiones a conveniencia partiendo de unos parámetros establecidos.

Al momento de la ubicación de los generadores se deberán seguir las indicaciones de los proveedores para garantizar el mayor rendimiento y teniendo claro los sitios donde logren estar aislados de factores que generen daños al equipo o al usuario.

El sistema usa el potencial generado por los paneles solares enviándolo a un regulador de voltaje, luego de esto lleva un valor DC en paralelo al almacenaje de las pilas y a una salida en común de valor DC, así mismo trabaja con el potencial que genera la parte eólica y las baterías; al tener una única salida donde se asegure un voltaje DC bajo cualquier circunstancia se realiza el proceso de conversión de la señal para que pueda ser usada dentro de la casa. todo este proceso está monitoreado con el uso de sensores para evitar cualquier contratiempo en la labor del sistema, la información de estos sensores es procesada en el sistema de control para que pueda ser entregado al usuario un estado en tiempo real y visualmente.

Casos de uso típicos

- El sistema de generación solar produce un valor de potencial en todo momento (24/7) sin importar la condición climática.
- El sistema se encontrará protegido con una cubierta inoxidable por lo que el operario o encargado de controlarlo dentro de la finca deberá contar con la llave de acceso, y todas las protecciones eléctricas mínimas enunciadas en la norma RETIE.
- Durante su funcionamiento ningún visitante debe tener acceso o contacto con algún componente interno del sistema.
- Si el sistema por algún motivo no funciona o responde a las órdenes de control, por ningún motivo cualquier persona podrá realizar un protocolo de mantenimiento.

- E. El sistema de control se mantiene en las temperaturas parámetro, mayor a 10 grados centígrados y menor a 80 grados centígrados.
- F. El sistema supe energía a la totalidad de la casa estudio, de manera censada y controlada.
- G. El sistema informa en la interfaz de usuario los estados en tiempo real de la generación y entrega de potencial.
- H. El sistema está aislado de factores climáticos y personal no autorizado.

Casos de uso atípicos

- A. El sistema de generación solar se desconecta, la lectura de voltaje de generación se hace cero, la interfaz con el usuario emite alerta para informar de la falla y proceder a realizar la debida conexión.
- B. El sistema de generación eólica se desconecta, la lectura de voltaje de generación se hace cero por un periodo de tiempo mayor a 1 hora, la interfaz con el usuario emite alerta para informar de la falla y proceder a realizar la debida conexión.
- C. El valor de potencial de las baterías no varía durante la carga, la interfaz de con el usuario emite alerta para informar de la falla y proceder a realizar la debida conexión.
- D. La temperatura del sistema de control sobrepasa los 80 grados centígrados, se emite una alarma para luego apagar el sistema.
- E. la temperatura del sistema de control es más baja de 10 grados centígrados, la interfaz de usuario emite una alerta para realizar la debida inspección.
- F. Si el sistema informa que está suministrando potencia a la residencia, pero las cargas no tienen ningún tipo de alimentación, se deberá realizar un reinicio manual y verificación de funcionamiento.
- G. En caso de una falla total, desconectar el sistema y contactar al personal capacitado.

Requerimientos industriales

Requerimientos industriales de uso y de función:

- A. El sistema contará con una guía/manual que explicará cada uno de los pasos a seguir para el debido funcionamiento.
- B. El sistema contará con una guía/manual que explicará qué medidas tomar en caso de fallas o casos no típicos.
- C. El sistema contará con una guía/manual que explicará cada uno de los pasos a seguir para el debido mantenimiento.

Requerimientos industriales de estructura y producción:

- A. El sistema al tener la necesidad de cableado por los sistemas externos a la vivienda deberá usar canaletas si la estructura no permite una apertura adecuada.
- B. El sistema no debe sobrepasar de las dimensiones de la zona de ubicación las cuales son de 2 x 4,7 metros. La Instalación del sistema interviene con las paredes de la zona escogida para el montaje del sistema.
- C. El sistema contará con un aislamiento ante problemas de humedad o la intemperie.
- D. El sistema solar no debe ser más pesado de 45 kilos sobre el tejado, ya que esa es la tolerancia máxima que este soporta.

Requerimientos industriales de estética e identificación:

- A. El sistema contará con el cumplimiento del RETIE con respecto al código de colores y el calibre necesario para el potencial.
- B. El sistema de control no debe ser ubicado en zonas que afecten grandes rasgos arquitectónicos en la vivienda, tolerancia máxima un metro cuadrado.
- C. El sistema tendrá la señalización de seguridad eléctrica pertinente para la protección de riesgos que este puede ocasionar.

Las instalaciones se harán bajo la normativa expresada en la RESOLUCIÓN NO. 9 0708 de AGOSTO 30 de 2013 de la RETIE, es importante aclarar que, en el proceso de instalación, el cliente también participará en la toma de decisiones durante la instalación del sistema, buscando que no solo se cumpla la norma, sino también, las exigencias del cliente.

13 IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE SUBSISTEMAS

Para el plan de pruebas por integración es vital tener en cuenta la instalación del tablero de distribución, como se observa en la figura 92, allí entran las diferentes fuentes de producción y deben pasar por el sistema de seguridad, luego de esto se conectan al sistema principal conocido como Smart Grid. De este punto se partirá al tablero energético de la vivienda.



Figura 92. Instalación del tablero de distribución.

El siguiente componente para integrar es el sistema fotovoltaico, figura 93; el cual requiere una inclinación calculada en la sección de diseño detallado, dada a esta condición y viendo el cumplimiento en la zona del tejado en la vivienda se instalaron los paneles sobre el mismo, con el fin de lograr tener los correctos funcionamientos. Fue necesario realizar modificaciones en el tejado para la ubicación del cableado, así mismo se realizó un sellado al agujero con silicona térmica que evita el flujo de agua.



Figura 93. Ficha técnica y foto de la ubicación final de los paneles solares.

El siguiente componente para instalar fueron las baterías de ciclo profundo las cuales se observan en la figura 94; estos equipos para la aplicación puntual requieren tener su conexión en serie, esto es debido a que requirió un voltaje de 24 voltios y cada una de forma individual tiene 12 voltios, este valor es el indicado para que logre operar de forma correcta con los demás componentes del sistema general.

Debido al tipo de baterías y la conexión realizada se tiene un equivalente de 150 Ah de almacenaje, lo cual es un tercio de lo calculo, pero cumple con los requerimientos planteados y en capítulo de diseño detallado se encuentra la explicación del porqué se tomó esta decisión.



Figura 94. Conexión final de las baterías de ciclo profundo.

Para la conexión de la red eléctrica



Figura 95. Cableado hacia el tablero de distribución principal.

Una vez finalizada estas conexiones se procede a realizar la primera prueba de integración donde se valida el funcionamiento de los paneles junto con las baterías y el sistema eléctrico actual como se observa en la figura 95.



Figura 96. Integración del sistema con la red eléctrica ya existente.

Es importante mencionar que para futuras implementaciones del sistema es necesario cumplir con la norma RETIE en cuanto aseguramiento de cableado y protección de elementos que comprometan la integridad física de cualquier persona que esté en contacto con el sistema.

En cuanto al sistema fotovoltaico se debe asegurar el cumplimiento de la norma técnica IEC-62108 y la IEC-61215, así mismo la IEC-61400 para el aerogenerador.

13.1 Subsistema acción manual

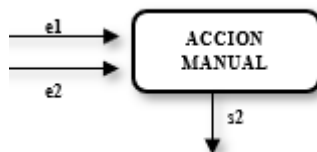


Figura 97. Subsistema acción manual.

13.1.1 Implementación de subsistema acción manual

Se realizó el acondicionamiento del sitio para la instalación del tablero de control del sistema, tomando en cuenta variables como espacio, temperatura media en el lugar y facilidad de acceso al mismo, Figura 98.



Figura 98. Tablero de control.

Se comienza instalando los componentes de protección para la integración del sistema a la red eléctrica existente, como se observa en la figura 99, donde podemos ver los interruptores ferromagnéticos e interruptor de acción manual con punto ciego en 0 que funciona como bypass, y se ajustan los soportes metálicos dentro del rack para su sujeción y distribución.



Figura 99. Ubicación del Accionador Manual dentro del tablero de control

13.1.2 Pruebas del subsistema acción manual

En la figura 100 observamos el comportamiento cuando el subsistema acción manual se encuentra en la posición 1, en donde al observar la interfaz del Smart Grid nos indica la existencia en las entradas de red eléctrica comercial (representado por una onda seno) y los paneles solares (representado por cuadros de color oscuro).



Figura 100. Integración paneles solares y Red Eléctrica

Acto seguido se cruza por la posición 0, en donde debe desconectar por completo la entrada AC del sistema, este evento es observado en la figura 101. Este caso es rectificado de igual manera por el software de control en la figura 96.

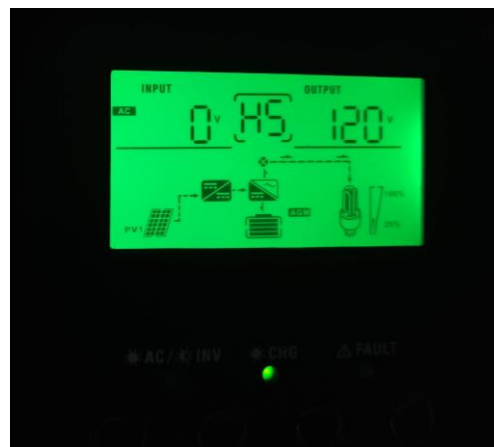


Figura 101. Comportamiento del sistema sin existencia de energía aportada por la red eléctrica comercial / generador eléctrico.

La última prueba del subsistema fue evaluando la posición 2, al no tener la entrada del generador conectada se observa simular al estado 0. Figura 102 y 103, pero logramos evidenciar de antemano el constante trabajo del sistema con dependencia de baterías.



Figura 102. Comportamiento del sistema con aporte del generador eléctrico.

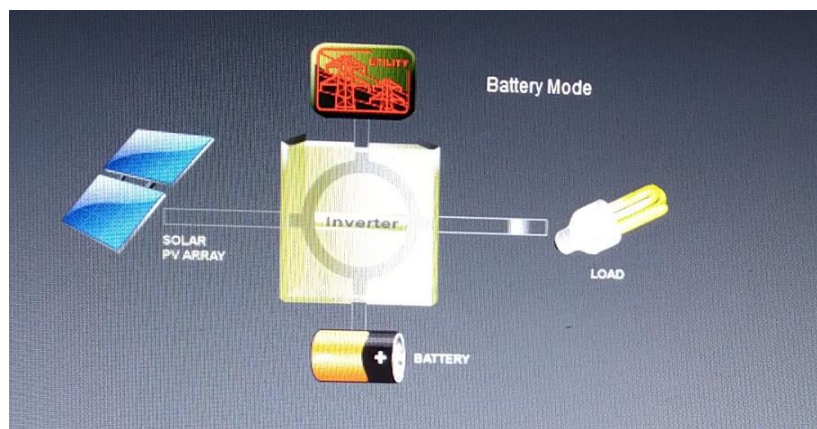


Figura 103. Monitorización del sistema en el software.

13.1.1. Pruebas y resultados finales subsistema acción manual

Se realizaron las pruebas correspondientes de continuidad del subsistema observando que el mismo no presentaba inconsistencias con el posicionamiento 1 - 0 - 2.

13.2 Subsistema panel solar

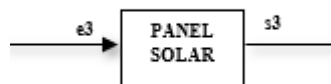


Figura 104. Subsistema panel solar.

13.2.1 Implementación de subsistema panel solar

Se realizó la correspondiente instalación de los paneles solares sobre una ubicación estratégica para que dichos paneles no recibieran algún tipo de sombra, figura 105; y que los mismos estuvieran orientados hacia el norte, cabe mencionar que para su instalación se utilizaron

unas láminas de duraluminio para asegurarlos y no tuvieran algún tipo de inconvenientes con las fuertes brisas, figura 107.



Figura 105. Zona de instalación de los paneles.



Figura 106. Paneles para instalar.



Figura 107. Adecuación del sitio de instalación.

Luego de su ubicación se realizó la conexión de los paneles en serie usando los puertos de conexión que trae cada uno los cuales se muestran en la figura 108; este tipo de arreglo de paneles se usa para lograr una suma de su voltaje producido, este valor debe ser de 100 voltios aproximados en el pico máximo de producción, esta prueba la logramos observar en las figura 115 y figura 116, donde se ubican 2 multímetros de referencia en las terminales del arreglo de paneles y se midió el voltaje producido, hay que tener en cuenta que dicha prueba fue realizada a las 2 pm aproximadamente.



Figura 108. Caja de conexiones

A continuación, se muestra el posicionamiento de los paneles en el techo y su aseguramiento con los soportes de aluminio.



Figura 109. Ubicación de los paneles en el Sitio



Figura 110. Terminado de instalación

Esta es una vista panorámica de todas las interfaces de conexión del sistema en donde podemos resaltar, nuestro puerto RS-232 para conexión ethernet, el P/V INPUT (conexión de paneles).



Figura 111. Interfaces de conexión del controlador inteligente

Después de realizar las pruebas de producción del arreglo de planes se procede a continuar con la integración al bloque Smart Grid, hay que tener en cuenta que las conexiones que impliquen altos valores de corriente pasan por el tablero de distribución en donde se encuentran las respectivas seguridades, la entrada de conexión al Smart Grid se observan en las Figuras 112 y 113.



Figura 112. Borne de entrada de los paneles solares.



Figura 113. Conexión de paneles en el controlador

13.2.2 Pruebas del subsistema panel solar

En esta figura podemos observar la cantidad de energía producida sólo con los paneles, cómo se puede observar el aporte energético de la red comercial en este caso es de 0 V.



Figura 114. Interfaz visual del Smart Grid representando el funcionamiento de los paneles solares.

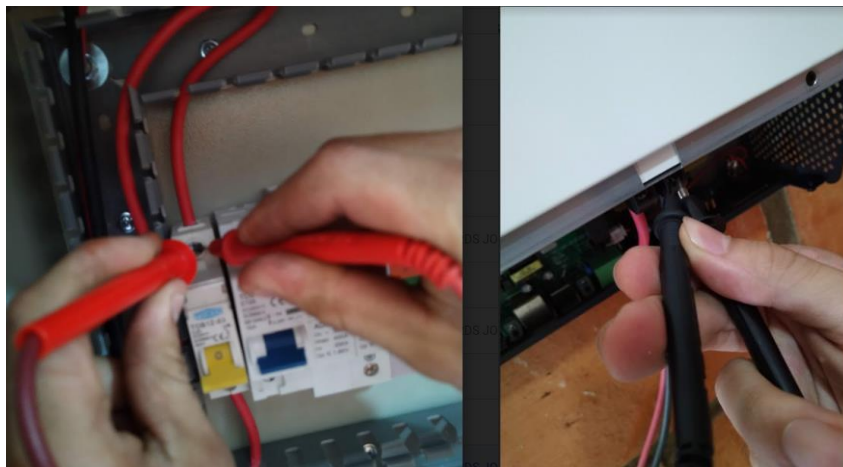


Figura 115. Registro de pruebas



Figura 116. Voltaje de paneles solares

13.2.3 Pruebas y resultados finales subsistema panel solar

Pruebas de los paneles solares del día 11 de marzo a mediodía hasta el 12 de marzo hasta el mediodía, Figura 117.

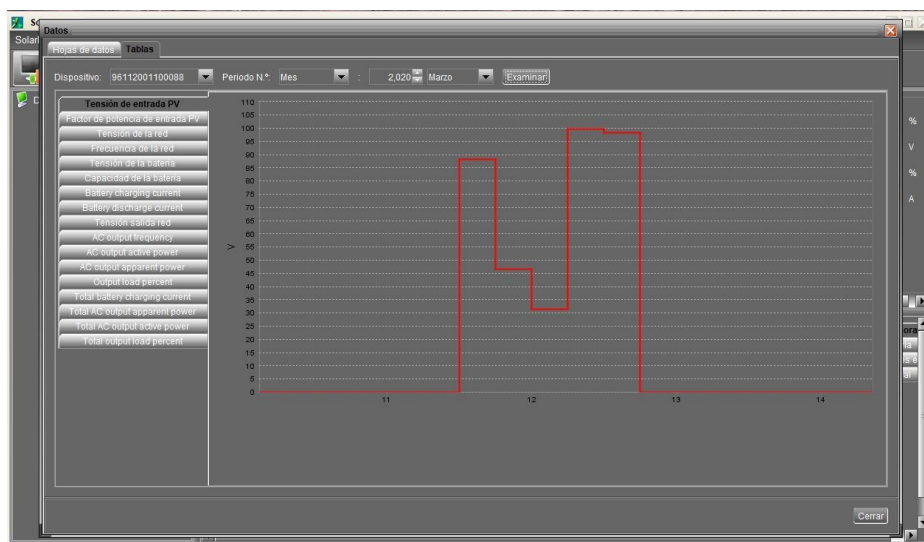


Figura 117. Registro de datos funcionamiento panel solar.

13.3 Subsistema sistema mecánico

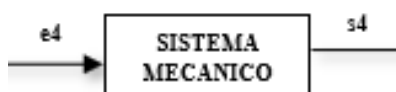


Figura 118. Subsistema mecánico.

13.3.1 Implementación de subsistema mecánico

Aún no se han efectuado dicha implementación por dificultades de transporte en consecuencia a la crisis sanitaria producida por el covid-19; en los días que se realizaron las pruebas este equipo no se encontraba en el país, por este motivo no se logró implementar en estas fechas. El equipo ya se encuentra en la ciudad de Bogotá y está a la espera de que la situación de sanidad se normalice.

13.3.2 Pruebas del subsistema mecánico

No fue posible implementar por dificultades en el transporte en consecuencia a la crisis sanitaria producida por el covid-19.

13.3.3 Pruebas y resultados finales subsistema Mecánico

Aún no se han efectuado dicha implementación por dificultades de transporte en consecuencia a la crisis sanitaria producida por el covid-19.

13.4 Subsistema sistema smart grid

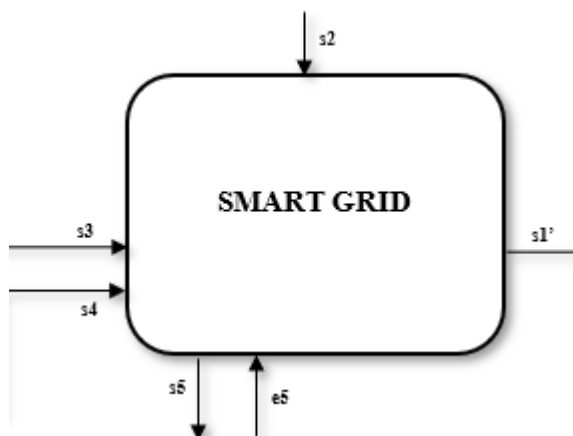


Figura 119. Subsistema smart grid.

13.4.1 Implementación de subsistema smart grid

Se realizó el debido desempaque del equipo y su acondicionamiento para el montaje en pared, esto lo que se observa en la figura 120 y figura 121. Al completar la tarea anterior se realizó la conexión de las baterías (pasando antes por la caja de distribución) y así alimentar energéticamente el subsistema Smart Grid.



Figura 120. Desempaque sistema Smart Grid.



Figura 121. Instalación en pared del sistema Smart Grid.

Al terminar el montaje y conexión del subsistema, se encendió y procedimos a realizar las pruebas de funcionamiento.

13.4.2 Pruebas del subsistema Smart Grid

La primera prueba realizada fue la validación del requerimiento de onda sinusoidal pura a 120 voltios y 60 Hertz, la evidencia del correcto funcionamiento se observa en las Figuras 122 y 123, en donde haciendo uso de 3 multímetros me referencia conectados a la salida del subsistema y un osciloscopio conectado en un tomacorriente de la residencia.



Figura 122. Registro de voltaje con multímetros utilizados.

Las siguientes pruebas para realizar fueron de funcionamiento con las entradas establecidas de red eléctrica y paneles solares, se chequeo que lo indicado por el equipo fuera correspondiente a lo referente a los equipos de medición; Se comprobaron valores de voltajes y frecuencias existentes en las entradas haciendo uso de los multímetros y el osciloscopio, y luego se comprobó con los indicadores que vienen integrados en el Smart Grid.

Como nos muestra la figura 124, en todo momento se estuvo chequeando, revisando el estado del sistema en base al software, también se observaron los cambios a nivel de las entradas en los diferentes momentos del día (producción de los paneles solares) y en los casos de desconexión de la red eléctrica comercial.

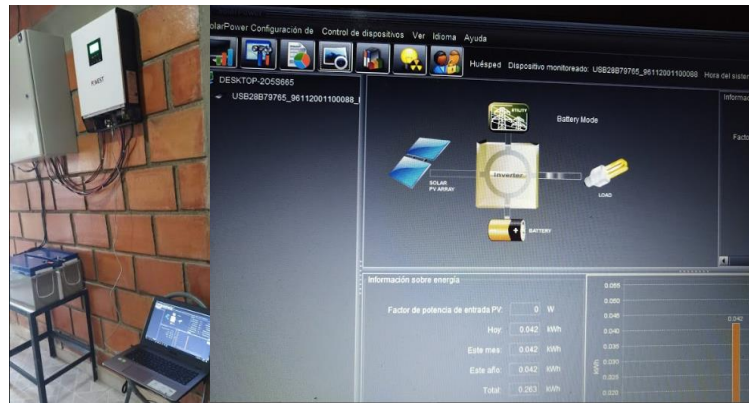


Figura 123. Implementación sistema

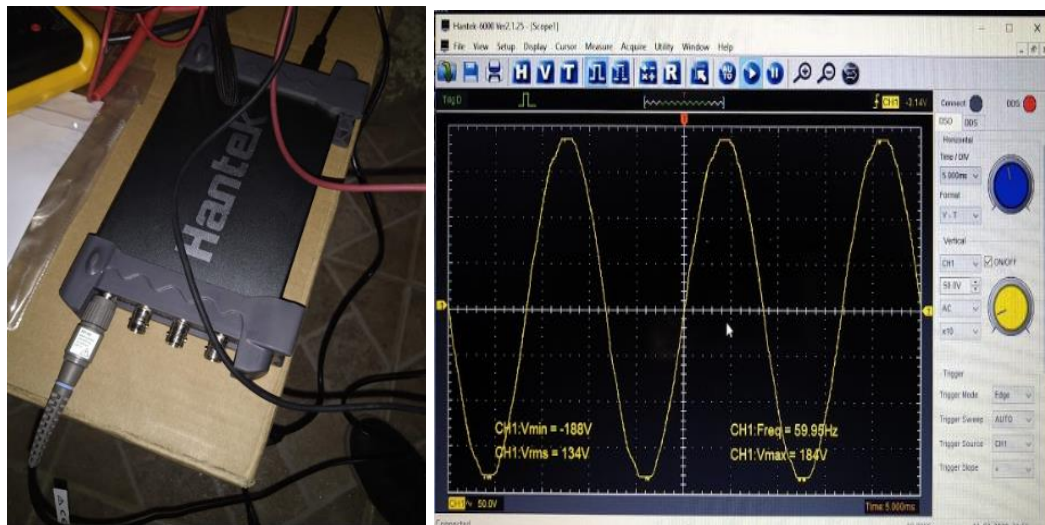


Figura 124. Registro frecuencia de salida del smart grid.

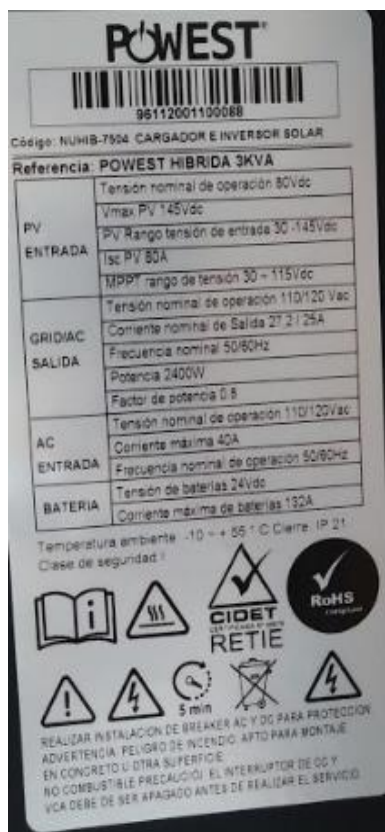


Figura 125. Ficha técnica del smart grid

13.4.3 Pruebas y resultados finales subsistema smart grid.

Se mide la cantidad de energía generada por los paneles solares, y la que se encontraba en ese momento almacenada en las baterías para comprobar que porcentaje provenía directamente de la red eléctrica comercial, al mismo tiempo se compararon los valores con lo que arrojaba tanto la interfaz HMI, como el software para verificar que el sistema respondía de la manera que esperábamos.

Emulamos situaciones específicas para observar el comportamiento del sistema, como:

- Ausencia absoluta de energía proveniente de la red eléctrica comercial.
- Ausencia absoluta de energía producida por los paneles solares.
- Tope mínimo y máximo de carga en baterías.
- Trabajo simultáneo de las 3 fuentes de energía.

Los cuatro puntos anteriores se desarrollaron tanto en el día como en la noche.

En los cuatro casos se logró obtener una respuesta satisfactoria y acorde con los requerimientos funcionales del sistema, no fue necesario realizar ningún tipo de ajuste.

13.5 Subsistema sistema batería

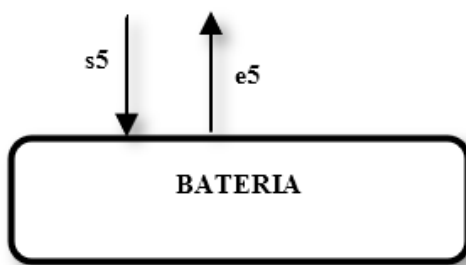


Figura 126. Subsistema batería.

13.5.1 Implementación de subsistema batería

Se realiza la instalación de las 2 baterías en una estructura metálica como se observa en la Figura 128, las cuales se ubicaron en una zona con protección para que no sea manipulada o presente algún tipo de afectación física la referencia de las baterías utilizadas se puede observar en la Figura 127 con toda su característica.



Figura 127. Referencia batería instalada.



Figura 128. Estructura metálica para baterías.



Figura 129. Conector batería.

13.5.2 Pruebas del subsistema batería

Para realizar las respectivas pruebas fueron necesarios multímetros para obtener los valores de la tensión de las baterías, voltaje de salida en tomacorrientes, además del uso del software SolarPower para evidenciar su funcionamiento.

Se realizó una serie de procedimientos para la instalación de dichas baterías las cuales estaban embaladas en cajas como se observa en la Figura 130 además de esto de la ubicación de la estructura metálica y soportes de madera para las mismas.



Figura 130. Embalaje de la batería.



Figura 131. Conexión de baterías.

Fue necesario la utilización de terminales de bronce para la conexión en serie de las baterías para reducir la corrosión y que dichas conexiones presenten sulfatación como se puede observar en las Figuras 132.

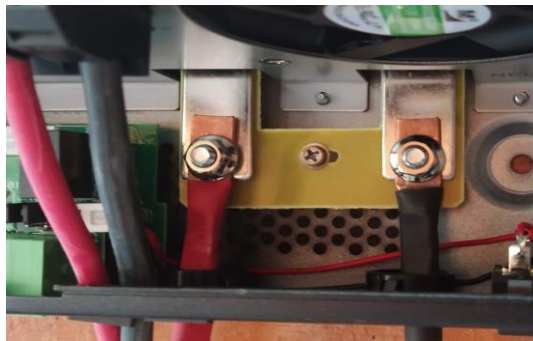


Figura 132. Bordes de conexión de baterías.

Se evidenció que el voltaje de carga y descarga de las baterías cumplía con las características deseadas y suplir a la carga necesaria para el cumplimiento de los requerimientos como se evidencia en la Figura 132 y Figura 133 datos tomados de la interfaz visual del Smart Grid.



Figura 133. Tensión de baterías con su respectiva carga de salida.



Figura 134. Tensión de baterías con su respectivo voltaje de salida.

Sucesivamente se realizó un registro tensión de las baterías y la capacidad de éstas como se logra evidenciar en las Figuras 136 y 137 obteniendo a su vez el voltaje de salida con el uso del multímetro conectado a un tomacorriente cómo se logra evidenciar en la figura 133, dando certeza que las baterías cumplen con los requerimientos planteados.



Figura 135. Voltaje de salida cuando el sistema solo está funcionando con baterías.

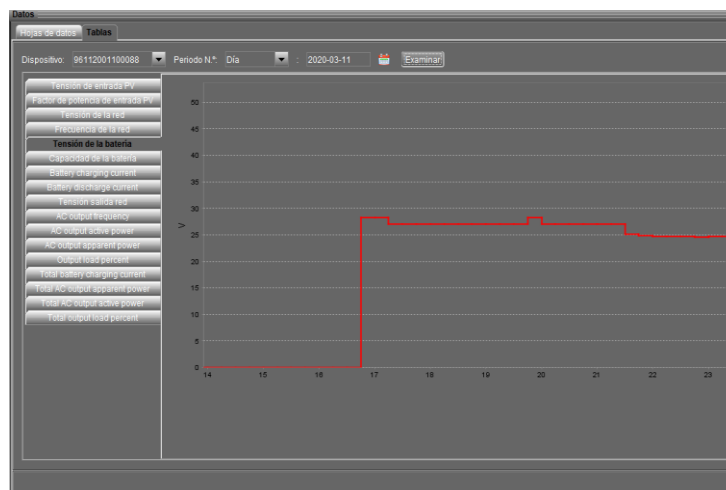


Figura 136. Gráfica de tensión de la batería.

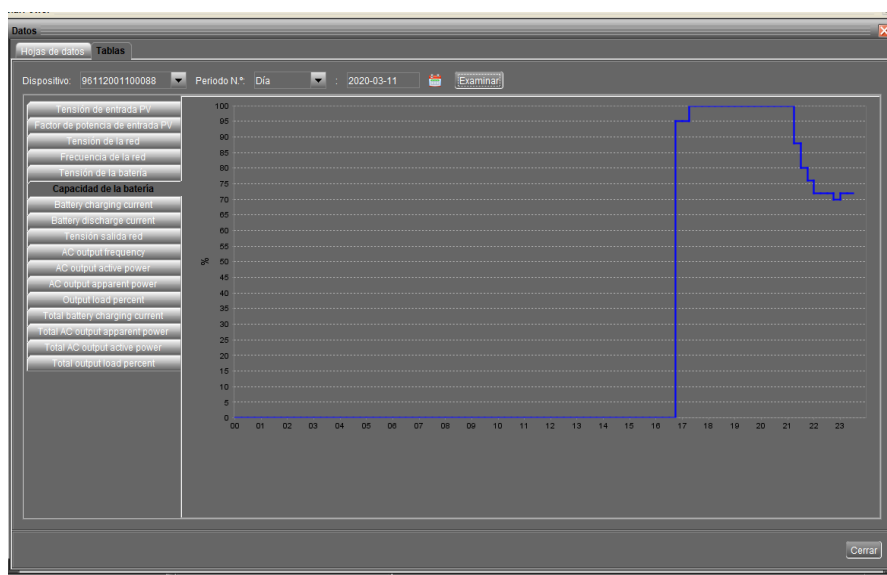


Figura 137. Gráfica capacidad de la batería.

13.5.3 Pruebas y resultados finales subsistema Batería

Se mide el nivel de carga en la batería con el multímetro para verificar que el valor se mantenga siempre entre nuestros topes de carga y descarga, el subsistema se mantuvo por encima del 70% de su capacidad, esto se compara con los valores arrojados por el sistema y la interfaz HMI.

Aumentamos de forma gradual la carga conectada a las mismas para observar la curva de desempeño de esta y de esta manera compararla con la gráfica ofrecida por el fabricante en el datasheet.

El banco de baterías se comporta según las especificaciones técnicas del proveedor y no fue necesario realizar ningún tipo de ajuste a las mismas.

14 INTEGRACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA

Para garantizar el correcto funcionamiento de los Subsistemas se requiere de al menos un multímetro, Osciloscopio y computador para registrar los valores y ser graficados en tiempo real observando que se mantengan los valores especificados en los requerimientos, esto en lo referente a la salida general del sistema teniendo en cuenta los cambios en las cargas que se pueden presentar.

Al tratarse de un proyecto enfocado en la transformación de energía y de asegurar un potencial en voltaje es vital el uso del multímetro, tanto en el sistema integrado, como en los subsistemas, seguidamente hacer la conversión de voltaje a potencia, sin dejar de monitorear la señal sinusoidal del sistema a la salida para poder dar un estimado del funcionamiento del sistema en el transcurso del día.

14.1 Integración del sistema

Para entender la integración del sistema debemos leer detenidamente el capítulo 13 en donde se habla por completo de la implementación de los subsistemas, en esta sección del documento se menciona la necesidad de un tablero de distribución en donde se encuentran el total de conexiones de las entradas y las seguridades que se deben tener para los equipos, lo observamos en la figura 138, así mismo en esta figura se encuentra el resultado final en lo implementado para el control del sistema en general.



Figura 138. Tablero de distribución con las conexiones de los subsistemas y montaje final.

Luego de que los diferentes bloques pasen por sus correspondientes seguridades las conexiones viajan al bloque del Smart Grid, en donde este equipo se encarga de integrar las energías y está realizando censado en tiempo real para conocer los estados de las entradas, baterías y salida. Observado en la figura 139.



Figura 139. Punto de conexión general del sistema en el Smart Grid.

Los controles del funcionamiento en los diferentes bloques del sistema antes de la integración se realizaron usando los multímetros de referencia y pinza amperimétricas, al momento de la integración haciendo uso de las seguridades se interrumpió los flujos eléctricos para así evitar accidentes, y después de la integración se tomó como referencia las medidas tomadas por parte de los multímetros, amperímetros y se comparó con los valores censados por parte del Smart Grid, dichos valores coincidieron en todo momento.

14.2 Pruebas de integración

Al terminar la integración de los subsistemas y realizar las principales pruebas de funcionamiento (revisar que la salida del sistema se mantuviera en el voltaje, frecuencia y entregara la potencia necesaria, este funcionamiento es mencionado en el capítulo 13), se procedió a comprobar los diferentes funcionamientos en los casos de fallas en las entradas, es decir se interrumpió el funcionamiento de la red eléctrica comercial y se tomaron datos de la respuesta del sistema, así mismo, se realizaron pruebas con la energía que proviene de los paneles solares. Este evento lo visualizamos en los capítulos 13.4 y 13.5.

15 PRUEBAS DEL SISTEMA

En el siguiente capítulo se desarrollará el plan de pruebas del sistema (como un todo). Las pruebas se orientan a demostrar el cumplimiento de los requerimientos y su comparación con los valores esperados y definidos en el plan de prueba respectivo:

Para facilitar el registro y el análisis de los datos y evidencias de la prueba se procede a elaborar la Tabla 31:

Tabla 31. Resultados de la Prueba del sistema

Prueba	Resultado de la prueba
Estabilidad del sistema al integrar las fuentes de producción y verificación de cantidad de energía producida	Se implementaron solo 3 de las fuentes descritas en el requerimiento por causas mencionadas en el capítulo 15, sin embargo, observando el comportamiento de las señales de entrada y salida del sistema, validamos que durante su funcionamiento sus características principales como lo son su amplitud y frecuencia no cambian, a pesar de que se hizo un incremento gradual de la demanda energética para forzar al sistema a responder.
Verificación en interfaz hmi de dispositivos conectados al sistema y potencia máxima generada	Se logró la comunicación directa con el sistema a través del software solar power para confirmar que los datos mostrados en la interfaz hmi eran los correctos, y así fue, pudimos tener acceso a una gráfica en donde se veía que dispositivos estaban conectados y que cantidad de energía estaba produciendo cada fuente.
Visualización de comportamiento smart	Así mismo, variábamos la demanda para ver el comportamiento del sistema en el software y de esta manera observar el cumplimiento de nuestros algoritmos de priorización de carga y descarga de la batería, los cuáles fueron satisfactorios, la batería nunca llegó a un valor de descarga por debajo del 70% y la conmutación entre esta fuente y la red comercial fue completamente estable.
Visualización de fuente de alimentación según nivel de producción por fuente y carga conectada	El sistema arroja información detallada de las cargas conectadas en el sistema en tiempo real, y del aporte energético por fuente en todo momento, comparamos estos valores usando nuestro multímetro y encontramos concordancia entre estos.
Observación de la distribución de energía generada	El sistema también nos mostraba cuanta energía consumía cada circuito y de esta manera podíamos ver si el sistema cubría la demanda.
Identificación de topes de carga y descarga de baterías.	La batería nunca llegó a un nivel por debajo del 70% de carga total, el tope máximo fue el que por defecto nos entregó el fabricante y esto por supuesto cuando la finca estaba dependiendo completamente de la red eléctrica comercial.
Observación de la conmutación entre fuentes de energía	La conmutación entre las fuentes de energía fue satisfactoria, no hubo picos de voltaje o cambios en la señal de salida del sistema.
Encendido y supervisión de la energía generada por la fuente de último recurso.	Esta prueba no pudo ser realizada por causas descritas en el capítulo 15, apartado del subsistema respectivo.
Monitorización de la carga conectada al sistema	Logramos observar en todo momento que carga estaba conectada al sistema, y además pudimos generar curvas que representaban el gasto de la batería conforme pasaba el tiempo para observar coherencia con el aumento o disminución de la demanda.
Medición de la onda de energía de salida.	Señal de salida con amplitud constante de 120vac, y frecuencia de 60 hz
Integración de cargas de forma sucesiva al sistema.	Cuando la batería se encontraba con un nivel de carga insuficiente, inmediatamente entraba la red comercial para alcanzar a cubrir la demanda, hasta que la batería se encontrara cargada completamente, este proceso fue mucho más rápida cuando estábamos teniendo energía producida de los paneles.

16 AJUSTES

Luego de conocer las pruebas realizadas de los subsistemas y el sistema en general, se encontró que es posible realizar infinidad de configuraciones que nos pueden brindar ventajas y desventajas en nuestra aplicación, por ejemplo:

- Priorizar energía de los paneles solares y baterías: esta posibilidad nos reduce el consumo energético entregado por la red comercial a un nivel mínimo, pero así mismo limita los periodos de utilidad de las baterías en el caso de fallas eléctricas en los espacios de tiempo sin radiación solar (noche) y cortes de energía comercial.
- Programar periodos de uso específico de la energía almacenada: nos permite limitar la entrada de energía por parte de nuestros generadores y depender únicamente de lo almacenado, esta aplicación tiene utilidad en los días de baja demanda energética que nos permitiría mantener un flujo de carga y descarga en las baterías para conservar su vida útil.
- Programar valores y tiempos fijos de carga para las baterías: es decir, podemos asignar espacios de tiempo a disposición dependiendo de las entradas, asignando por ejemplo durante el día que solo se priorice la energía solar y con esto supla la demanda energética de la casa y mantenga un nivel de carga en baterías.

Luego de mencionar lo anterior y conociendo los resultados de las pruebas luego del montaje y operación, podemos afirmar que para nuestra aplicación se cumplió con los requerimientos planteados por los estudiantes y el cliente, todas las demás configuraciones adicionales quedan a disposición del personal dueño del establecimiento.

Es importante mencionar que la integración no fue lograda en su totalidad por las dificultades en transporte y ejecución de labores fuera de la ciudad por la crisis sanitaria provocada por el Covid-19, en ninguno de los dispositivos instalados fue necesario hacer una corrección.

17 PRUEBAS DEL SISTEMA

No aplica nuevas pruebas del sistema debido a que no se presentaron ajustes necesarios luego de la instalación para lograr cumplir con los requerimientos planteados.

18 MANUALES

El manual adjunto en el presente documento corresponde al manual de uso básica y operación del sistema cabe mencionar que dicho sistema es controlado por el Smart Grid. Para ver el manual debe dirigirse al capítulo de anexos y ver el anexo 3.

19 RESULTADOS

A continuación, se compararán los resultados obtenidos después de realizados los planes de prueba por subsistema y sistema con los valores esperados y registrados en el capítulo de requerimientos.

Para facilitar la revisión de estos se procede a mostrar nuevamente el listado respectivo y compararlo en la tabla 31, además, se consolida la veracidad de los datos obtenidos mediante la presentación de un video autocontenido, el cual se encontrará adjunto al presente documento.

Tabla 32. Resultados obtenidos tras implementación.

Requerimiento	Resultado tras implementación	Cumplimiento Si/no/parcial	Observaciones
El sistema deberá contar con el diseño para integrar cuatro suministros de energía eléctrica los cuales serán: red eléctrica actual (120V AC con frecuencia de 60 Hz), baterías de ciclo profundo (Que sean capaces de almacenar por lo menos un 30% por encima del nivel de energía mínimo para abastecer el consumo de la finca), paneles solares con un nivel de eficiencia (cantidad de energía producida por unidad de área) mínimo del 17%, una planta eléctrica que sea capaz de producir un 30% de energía por encima del consumo promedio de la finca).	La integración se probó solo con 3 fuentes de energía de las que se desglosan en el requerimiento por causas ya mencionadas en el capítulo 15, sin embargo, se obtuvieron los siguientes valores: - A la salida Onda seno 120VAC de 60HZ - Nivel mínimo de carga en baterías del 73% - Carga máxima almacenada en baterías por encima del 20% de la demanda estimada.	Parcial	Aunque se diseñó para integrar cuatro fuentes de energía eléctrica, solo se implementaron satisfactoriamente tres.
El sistema deberá indicar los sistemas que están conectados en la residencia.	El sistema arrojo toda la información de forma detallada, aunque para ello fue necesario lograr enlace con el sistema a través del software Power Solar.	Si	En la interfaz HMI también se puede ver esta información de manera más global.
El sistema deberá evaluar el consumo en tiempo real y partiendo de esto seleccionará cuál fuente alimentará la batería, la forma en que se distribuirá según un algoritmo de priorización que depende de las fuentes y cantidad de energía disponible, y las cargas que estarán conectadas.	Las fuentes conmutan para cargar la batería de forma satisfactoria, los casos descritos en el algoritmo de priorización se cumplen a cabalidad.	Si	Desde la interfaz HMI también podíamos ver cuando se ejecutaban dichos cambios y el estado del sistema en ese punto para que el sistema hubiera tomado esa decisión.
El sistema deberá actuar de forma inteligente decidiendo entre almacenar la energía o generar para el consumo de suministro actual.	El sistema es completamente autónomo en la generación y conmutación entre las fuentes, y esto lo hace de forma satisfactoria según los parámetros de configuración asignados.	Si	Se programan los parámetros a través del software Power Solar.
El sistema deberá ajustarse según unos rangos de carga, los cuales se determinarán después de hacer el respectivo estudio de cargas en la residencia.	Se configura desde el software el nivel de carga mínimo y máximo de la batería y se observó cómo se comportaba integrando la fuente de energía comercial y los paneles. Nunca se sobrepasó el tope mínimo y máximo de carga de la batería.	Si	Esta configuración se puede hacer desde la interfaz HMI del sistema, así mismo, se puede hacer un seguimiento en tiempo real estando conectado a través del puerto RS-232 y nuestra interfaz en Power Solar.
El diseño deberá permitir que el sistema genérico sea escalable, esto en cuanto a la capacidad de horas de funcionamiento y la capacidad de alimentación sobre las cargas deseadas.	El sistema se implementó de tal manera que pudiéramos duplicar la producción y el almacenaje de energía cuando se necesite.	Si	Se cumple a cabalidad.
El sistema deberá compensar la adición de cargas a la fuente de forma automática y estable, la integridad de la señal no debe desaparecer al momento de incrementar el nivel de carga.	Se Incremento de forma gradual la demanda energética para observar cómo respondía el sistema, las condiciones iniciales se mantuvieron y fueron monitorizadas desde la interfaz HMI y multímetro.	Si	Se cumple a cabalidad.
El sistema eólico debe ser capaz de transformar la energía de movimiento (cinética) a energía eléctrica con valores considerables para la aplicación.	La turbina fue calculada y diseñada para hacer un aporte significativo a la carga de la batería, sin embargo, no se pudo saber con exactitud de cuanto es ese aporte ya que no se logró implementar.	Parcial	No se logró realizar su implementación por causas descritas en el capítulo 15.

20 DISCUSIÓN

Se cumplieron todos los objetivos planteados al inicio del proyecto, llevando a cabo el diseño, pruebas e implemento un prototipo genérico funcional, para la producción de energía a través de la integración de diferentes fuentes de energía eléctrica; así mismo se tienen los manuales de usuario y de mantenimiento.

Se logró implementar un sistema inteligente que cumple con los principales requerimientos del cliente, ya que la finca en estos momentos es energéticamente autosostenible y logramos una disminución considerable en el número de interrupciones presentadas por semana en el lugar, además, los dispositivos conectados a la red no se han vuelto a dañar.

La fuente de último recurso no se logró integrar al sistema por la emergencia sanitaria que atraviesa el país y las dificultades de transporte y operación laboral que provocó, sin embargo, su instalación puede realizarse sin problema alguno siempre y cuando lo haga personal capacitado para ello, cumpliendo con todas las normas de seguridad descritas en el manual de operación y mantenimiento.

La turbina eólica será un elemento que en todo momento aporte carga a la batería, de esta manera será mayor el aporte energético que haga ésta durante al día, la energía que produce ésta directamente se inyectará al banco almacenador de energía.

Durante el día la mayoría de energía cuando no está disponible la red eléctrica es aportada por los paneles solares y las baterías siempre y cuando el valor de carga esté por encima del 70%, si éste no es el caso, parte de la energía producida se usa para alcanzar ese umbral.

El sistema en la mayoría de las ocasiones produce más de lo que se consume, por lo que se asegura una cantidad de energía prudente que permita el respaldo ante consumos indicados en el diseño, cuando se enciende la bomba para purificar el agua de la piscina la energía almacenada se reserva y dejamos la red comercial como única fuente, si queremos aportar más energía desde nuestras baterías, en tal caso es indispensable la ampliación de nuestro banco de almacenaje y aumentar la cantidad de energía que aporta cada fuente, esto con el fin de mantener los mismos tiempos y toques máximos y mínimos de carga y descarga para asegurar el tiempo de vida útil de nuestros dispositivos.

El resultado también es demasiado escalable, el cliente tiene como visión la posibilidad de vender parte de su energía a residencias aledañas, pero recomendamos ante esta premisa que se haga una remodelación de toda la red eléctrica de la finca para asegurar que la gestión de la energía sea la adecuada, sino es toda, por lo menos centralizar todas las conexiones de la red a un tablero de distribución específico.

El proyecto tiene un potencial de crecimiento increíble, el cliente certifica que el sistema está funcionando como esperaba y le fue mostrado desde el diseño funcional del sistema, es una oportunidad de escalar su negocio no sólo en términos del aumento y retención de huéspedes en lugar, sino también la posibilidad de distribuir su energía a casas aledañas, de hecho fue un punto que se tuvo en cuenta al proponer constantemente la posibilidad de aumentar tanto la cantidad de energía producida, como la almacenada.

21 CONCLUSIONES

En el estudio del cableado se diseñó un plano estructural de la propiedad en búsqueda del reconocimiento y ubicación de las habitaciones, cocina, baños, cuarto de máquinas y los dispositivos consumidores de energía, objetos de estudio *Figura 8*. El cableado actual propiedad de la empresa Enertolima para esta zona presenta deterioro, evidenciado en las líneas de distribución ya que estas no presentan una tensión adecuada para transportar la energía a los hogares, como se aprecia en la *Figura 4* y *Figura 7*. Con relación a la demanda energética dentro de la propiedad, se encontró que no presenta buena distribución de cargas para cada zona, teniendo en cuenta que no existe un diseño, en cuanto al valor de voltaje entregado para los dispositivos registrados en la *Tabla 4* se evidenció que el valor de voltaje en corriente alterna es variable e inestable a medida que se exige más consumo.

El prototipo genérico del sistema de generación y convivencia de diferentes fuentes de energía eléctrica se diseñó planteando un diseño funcional, el cual, por medio de unas entradas generadoras de energía, logra tener a la salida un valor capaz de satisfacer los dispositivos requeridos por el cliente, para esto, se crearon tres alternativas las cuales se analizaron y compararon para establecer la más adecuada a nivel de requerimientos, diseño y financiamiento, tras la elección de la alternativa se hicieron los cálculos pertinentes para poder tener una generación energética capaz de satisfacer lo requerido y tener un potencial adicional en caso que se presente alguna falla sobre cada uno de estos, evidenciado en la *Figura 65*.

Al realizar los cálculos del diseño detallado se encontró que el factor de emisión de CO₂ en Colombia para 1 Kwh es de 164.38 gramos de CO₂. [24] En la propiedad al producir anualmente 1800 KW a través de los paneles solares y la energía eólica y realizar un estimado para la emisión de esta energía en Colombia se concluye que el diseño funcional evita la producción de 300KG de CO₂ anualmente contribuyendo de esta forma en la mitigación del impacto ambiental.

El diseño planteado para la integración de energías limpias consta de un sistema generador de paneles solares y un sistema generador eólico que son integrados a la red eléctrica comercial para trabajar en conjunto. En la primera fase de implementación se instaló el sistema solar en conjunto con el Smart Grid y la red eléctrica, una vez implementado el sistema se realizó la adecuación del cableado teniendo en cuenta las buenas prácticas para una instalación. En la Segunda fase de implementación se tenía planteado instalar el generador eólico, corregir las mediciones previamente tomadas que lo ameritaran, tomar registros audiovisuales del funcionamiento y realizar las pruebas pertinentes con todo el sistema integrado, además de probar cada una de las fases ya diseñadas para los fallos, la ejecución de esta fase se vio afectada por la contingencia mundial del Covid-19.

Se ejecutó el plan de pruebas por subsistemas para cada uno de los componentes por separado a excepción del sistema generador eólico, una vez validado su funcionamiento se procedió a realizar las conexiones de los dispositivos, continuando con el plan de pruebas de los componentes integrados y finalmente, una vez ensamblados todos los componentes se realizaron las mediciones finales destinando un día de hospedaje en la finca en el cual se puso a prueba diferentes estados dentro del flujograma *Figura 65* para evidenciar el correcto funcionamiento sobre los componentes requeridos por el propietario, sin el sistema generador eólico.

El sistema responde de manera estable a cualquier cambio que se presente dentro de la red, como el aumento en demanda gradual, caídas y picos de tensión de la red comercial, el sistema asegura la integridad de todos los dispositivos electrónicos del lugar por sus protecciones, el sistema es escalable y su alcance no solo se acopla a las necesidades actuales del cliente sino también a futuro, por último, el diseño del sistema tiene la capacidad de distribuir energía a casas aledañas o acoplarse a las demás permitiendo la aplicación del principio de un Smart Grid.

El cliente dueño de la propiedad, después de más de 1 mes en funcionamiento afirma que el sistema funciona según lo acordado y supera la producción por encima de lo esperado, Se logro evitar las fluctuaciones y cargas excesivas que causaban daños a los dispositivos.

22 REFERENCIAS DOCUMENTALES

- [1] Circutor. "Ventajas de las Redes Inteligentes", 2017. [Online]. Available: <http://circutor.es/es/documentacion-es/articulos/4156-ventajas-de-las-redes-inteligentes>.
- [2] Galatasaray Sevdasi. "Smart Grid Icon", 2019. [Online] Available: https://www.clipartkey.com/view/oxTJRw_smart-grid-icon-png/.
- [3] Raül Serrano. "Tipos de paneles fotovoltaicos", 2019. [Online]. Available: <http://tritec-intervento.cl/productostritec/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>.
- [4] Aguilar Peña. "Fuentes reguladas J.A". [Online]. Available: [http://voltio.ujaen.es/jaguilar o http://redeya.bytemaniacos.com/electronica/tutoriales/PDF/fuentesr.pdf](http://voltio.ujaen.es/jaguilar_o_http://redeya.bytemaniacos.com/electronica/tutoriales/PDF/fuentesr.pdf).
- [5] Planas Oriol. "Regulador de carga", 2020. [Online]. Available: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/instalaciones-autonomas/reguladores-carga>.
- [6] RS Components. "Interruptor giratorio, 3 Posiciones, tensión máx. 230 V, 600 V, corriente máxima 20 A", 2020. [Online]. Available: <https://es.rs-online.com/web/p/conmutadores-giratorios/8405627/>.
- [7] Francisco Gonzalez-Longatt. "Capítulo 2.6: Sistemas Eólicos - Sistemas de Generación Distribuida aero-generador", 2016. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/fglongatt/capitulo-26-sistemas-elicos-sistemas-de-generacion-distribuida>
- [8] Sodial. "Interruptor de Cambio", 2016. [Online]. Available: <https://www.amazon.es/Interruptor-cambio-posiciones-giratorio-momentaneo/dp/B01GZWMFUE>.
- [9] Uxcell. "Interruptor conmutador de 3 posiciones", 2018. [Online]. Available: <https://www.amazon.es/uxcell-Interruptor-conmutador-posiciones-giratorio/dp/B07F5WZDYQ?th=1>.
- [10] Monsolar. "Placa solar 60 células", 2020. [Online]. Available: <https://www.monsolar.com/placa-solar-60-celulas.html>.
- [11] Merkasol. "Panel solar policristalino", 2020. [Online]. Available: <https://www.merkasol.com/Panel-Solar-Policristalino-280W-24V-Amerisolar>.
- [12] Autosolar. "Paneles On Grid", 2020. [Online]. Available: <https://autosolar.es/paneles-de-conexion-a-red/panel-solar-280w-policristalino-bauer>.
- [13] Autosolar. "Panel 280W", 2020. [Online]. Available: <https://autosolar.es/pdf/ficha-tecnica-panel-280.pdf>.
- [14] Greenenergy. "Panel solar fotovoltaico", 2020. [Online]. Available: <https://www.greenenergy-latinamerica.com/tienda/producto/panel-solar-fotovoltaico-as-6030-280w/>.
- [15] Francisco M. Gonzalez. "Energía Eólica", 2008. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/fglongatt/capitulo-26-sistemas-elicos-sistemas-de-generacion-distribuida>.

- [16] Carlos Ouro Doral. "Modelado, simulación y control de un aerogenerador de velocidad variable", 2017. [Online]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23681/2-Memoria_TFM.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- [17] CK 12. "Wind Turbine modeling", 2020. [Online]. Available: <https://interactives.ck12.org/simulations/physics/wind-turbine/app/index.html?screen=sandbox>.
- [18] Alex M. Araújo*, Gilberto M. Melo, Armando L. R. de Medeiros y Maurílio J. dos Santos. "Simulación de la Producción de Energía Eléctrica con Aerogeneradores de Pequeño Tamaño", 2009. [Online]. Available: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642009000300006#tb2.
- [19] Ricardo A. Bastionen. "Cálculo y diseño de la hélice óptima para turbinas eólica", 2008. [Online], Available: <http://Ricardo.Bastianon.googlepages.com/>.
- [20] Factor energía. "Energías renovables: características, tipos y nuevos retos", 2020 [Online], Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>.
- [21] Pablo Turmero. "Sistema eléctrico de potencia", 2015 [Online], Available: <https://www.monografias.com/trabajos102/sistema-electrico-potencia/sistema-electrico-potencia.shtml>.
- [22] Greenenergy. "Inversores", 2020. [Online], Available: <https://www.greenenergylatinoamerica.com/inversores-hibridos-vs-inversores-multifuncionales/>.
- [23] SemanticWebBuilder. "Sistemas embebidos: Innovando hacia los Sistemas Inteligentes", 2018. [Online], Available: http://www.semanticwebbuilder.org.mx/es_mx/swb/Sistemas_Embebidos_Innovando_hacia_los_Sistemas_Inteligentes_.
- [24] Juan López. "Sistemas de tiempo real", 2015. [Online], Available: <https://www.monografias.com/trabajos37/sistemas-tiempo-real/sistemas-tiempo-real.shtml>.
- [25] Carel. "Diferencia entre monitorización, gestión motora y supervisión", 2020. [Online], Available: <https://www.carel.es/what-is-the-difference-between-monitoring-remote-management-and-supervision->
- [26] Foroelectricidad. "Conexión de selector de tres puestos", 2015. [Online], Available: <http://foroelectricidad.com/viewtopic.php?t=7955>.
- [27] Revista la república. "Colombia Potencia Energética", 2020. [Online], Available: <https://www.larepublica.co/especiales/colombia-potencia-energetica/el-consumo-de-energia-en-colombia-crecio-402-en-el-trascurso-del-ano-pasado-2966316>.

23 ANEXOS

Anexo 1. Registro Mediciones Realizadas:

Como se logra evidenciar en las figuras 140,141 y 142 los instrumentos utilizados para realizar los registros de las fluctuaciones de la red eléctrica y de cómo este afecta sus respectivas zonas.



Figura 140. Multímetros utilizados y estructura física de la residencia.



Figura 141. Mediciones del tablero de distribución y tomacorriente.



Figura 142. Estructura techo residencia.

Anexo 2. Registro de viajes:

En este apartado se presentan las evidencias del viaje realizado para la implementación del proyecto dando referencia al día y horas utilizadas en transporte, instalación y ubicación de residencia como se logra evidenciar en las figuras

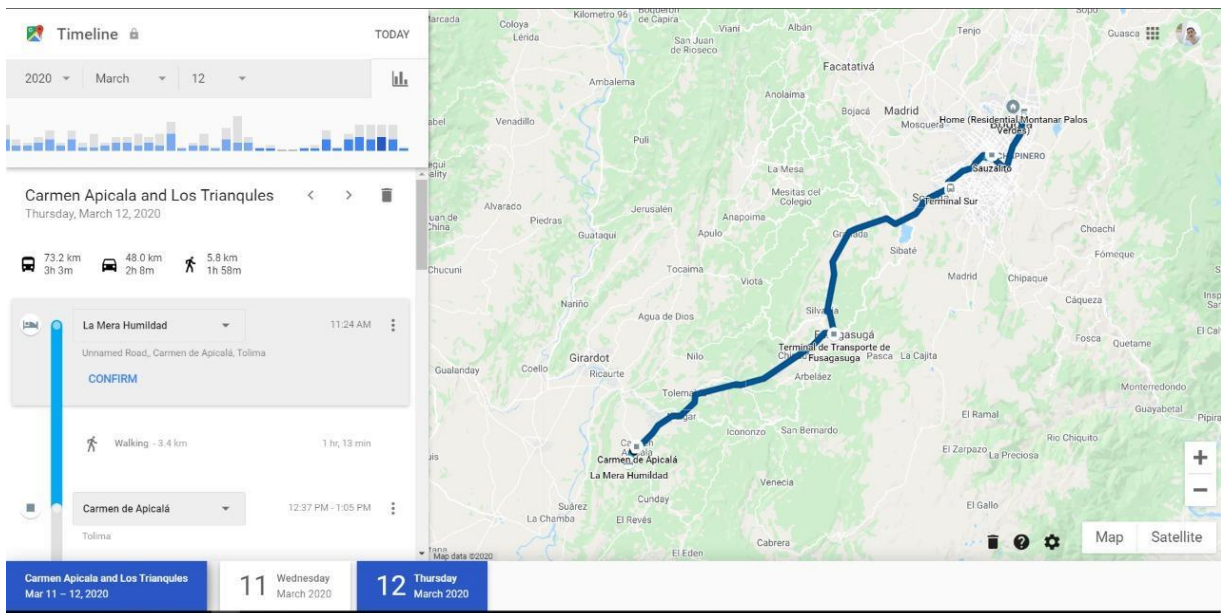


Figura 143. Registro del viaje de la implementación.

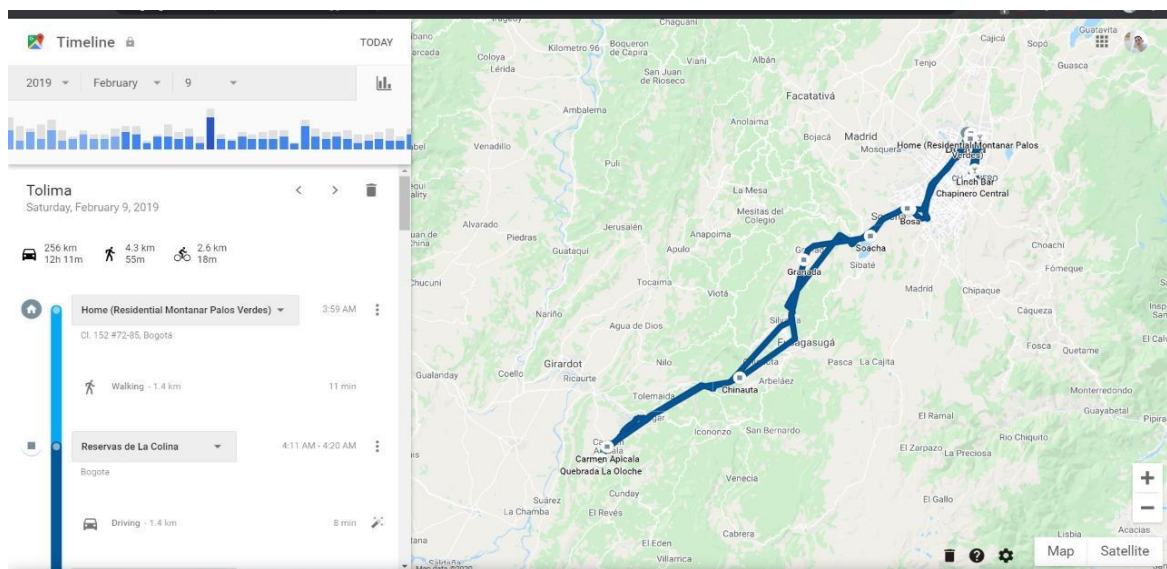


Figura 144. Visita a la residencia.

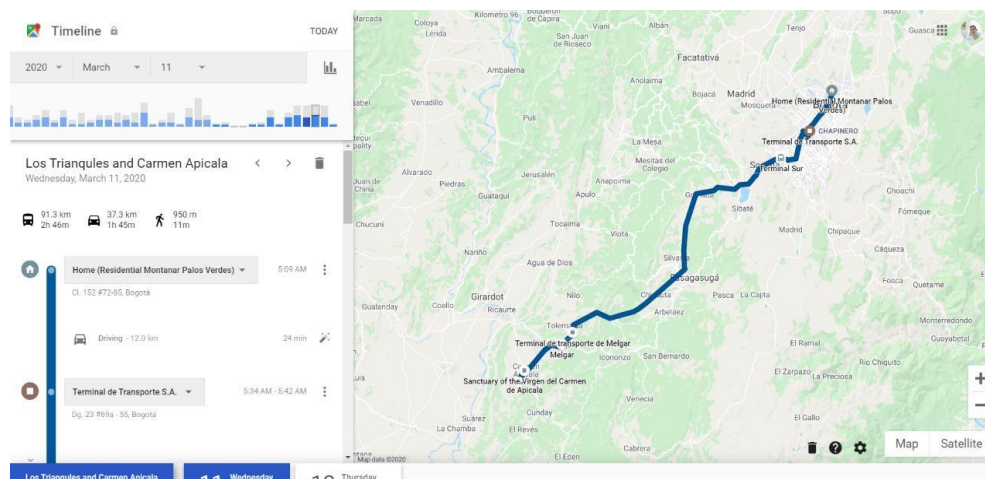


Figura 145. Visita residencia.

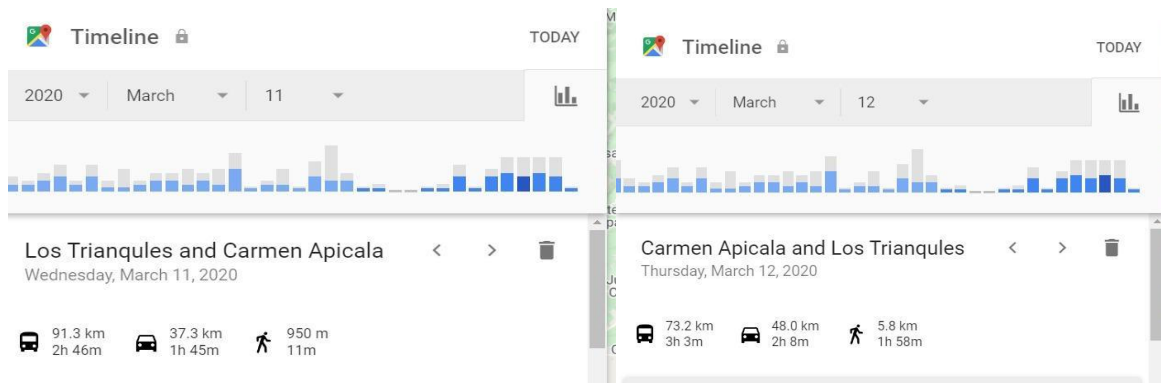


Figura 146. Registro del tiempo utilizado en transporte para la instalación.

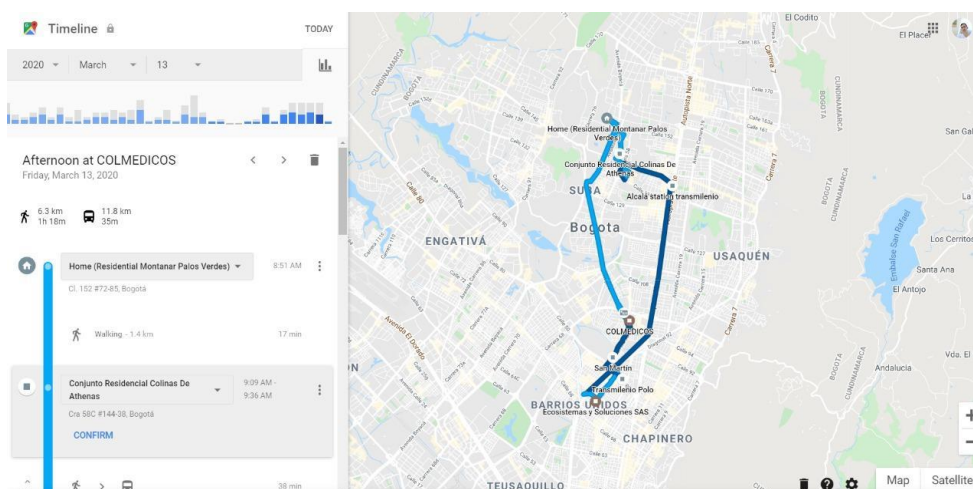
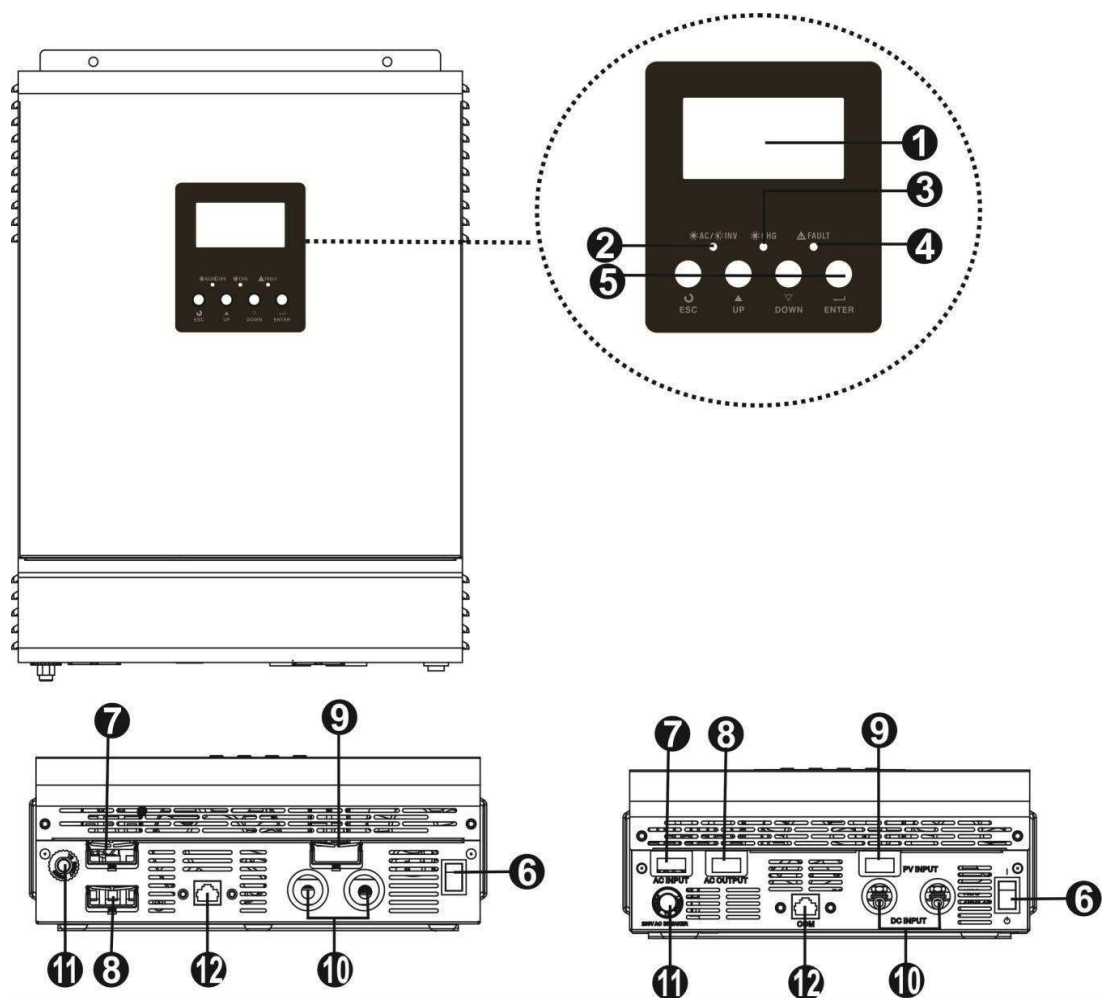


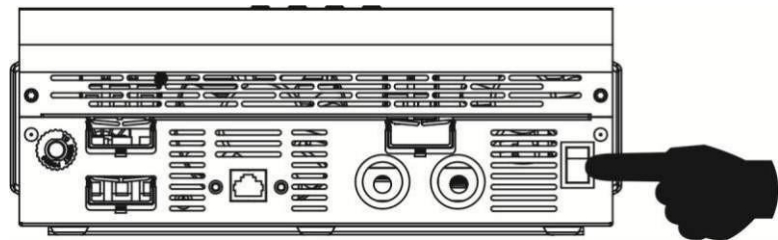
Figura 147. Visita proveedor para solicitar los pendientes.

Anexo 3. Manual de usuario.

1. Pantalla LCD
2. Indicador estado inversor
3. Indicador de carga
4. Indicador de fallos
5. Botones de configuración
6. Encendido/apagado
7. Entrada CA
8. Salida CA
9. Entrada FV
10. Entrada baterías
11. Fusible automático
12. Conector RJ485 de comunicación

Puesta en Marcha

- 1. Conecta fusible/disyuntor de las baterías
- 2. Conecta Fusible/disyuntor de los módulos solares
- 3. Conecta magneto térmico de la entrada
- 4. Enciende el botón abajo en el inversor en posición ON
- 5. Comprueba si no hay fallos o advertencias
- 6. Conecta las cargas



Funcionamiento y pantalla LCD

El panel de control y la pantalla LCD, se muestra en la figura abajo, se encuentra en el panel frontal del inversor. Incluye tres indicadores, cuatro teclas de función y una pantalla LCD que indica el estado de funcionamiento, entrada FV, entrada salida CA e información de la potencia.

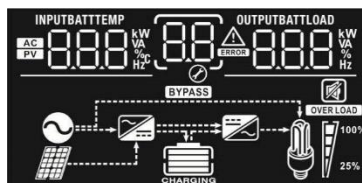


Información LEDs

LED Indicador			Mensaje
AC / INV	Verde	Encendido	Salida CA está alimentado por la RED.
		Parpadeando	Salida CA está alimentado por las baterías.
CHG	Verde	Encendido	Batería llena.
		Parpadeando	Batería está cargando.
FAULT	Rojo	Encendido	Fallo en inversor.
		Parpadeando	Advertencia.

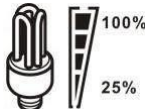
Función de los botones

Tecla	Descripción
ESC	Salir del modo configuración
UP	A selección anterior
DOWN	A selección siguiente
ENTER	Confirmar / Entrar en modo de configuración

Símbolos pantalla LCD

Icono	Descripción
Información entradas	
AC	Indica: entrada de RED disponible.
PV	Indica: entrada de energía Fotovoltaica
INPUTBATT 	Indica: voltaje de entrada, frecuencia de entrada, voltaje FV, Voltaje batería y corriente de carga.
Configuración, Programación y Códigos de Fallo	
	Indica: tipo de configuración.
	Indica: código de advertencia o fallo.
Advertencia: parpadea Fallo: encendido continuo	
Información Salida	
OUTPUTBATTLOAD 	Indica: voltaje de salida, frecuencia salida, porcentaje de la carga CA, Carga en la salida CA en VA o en Watt.
Información Baterías	

	Indica nivel de la batería, 0-24%, 25-49%, 50-74% and 75-100% en modo de batería y en modo de carga desde la RED.		
In modo CA, representa el nivel de la carga.			
Status	Voltaje Batería	Pantalla LCD	
Modo corriente constante / modo Voltaje constante	<2V/cell	4 barras parpadeando en vueltas.	
	2 ~ 2.083V/cell	Barra inferior estará encendida y las otras tres barras parpadearán en vueltas.	
	2.083 ~ 2.167V/cell	2 barras inferiores estarán encendidas y las otras dos barras parpadearán.	
	> 2.167 V/cell	3 barras inferiores estarán encendidas y barra superior parpadea.	
Modo flotación. Baterías cargados completamente.		4 barras encendidos.	
En modo de batería indica la capacidad de la batería.			
	Load Percentage	Battery Voltage	LCD Display
Load >50%		< 1.717V/cell	
		1.717V/cell ~ 1.8V/cell	
		1.8 ~ 1.883V/cell	
		> 1.883 V/cell	
50%> Load > 20%		< 1.817V/cell	
		1.817V/cell ~ 1.9V/cell	
		1.9 ~ 1.983V/cell	
		> 1.983	
Load < 20%		< 1.867V/cell	
		1.867V/cell ~ 1.95V/cell	
		1.95 ~ 2.033V/cell	
		> 2.033	

Información carga salida CA					
		Indica: sobrecarga.			
		Indica nivel de carga salida CA 0-24%, 25-50%, 50-74% y 75-100%.			
		0%~25%	25%~50%	50%~75%	75%~100%
					
Modos de Opera		ción			
		Indica: unidad está conectado a la RED.			
		Indica: unidad está conectado a los módulos fotovoltaicos.			
		Indica: que la carga CA esta suministrado por la RED.			
		Indica: que el cargador CA está funcionando.			
		Indica: que el inversor está funcionando.			
Modo silencioso					
		Indica: que la alarma está apagada.			

Programación por botones

Tras mantener pulsado el botón ENTER durante 3 segundos, la unidad entrará en el modo de configuración. Pulse el botón "UP" o "DOWN" para seleccionar los programas de configuración. A continuación, pulse "ENTER" para confirmar la selección o el botón ESC para salir.

Programas:

Programa	Descripción	Opción	
00	Salga del modo configuración	Escape 00 ESC	
01	Prioridad salida CA	Primero solar: 01 SOL	Primero RED (defecto): 01 UTI

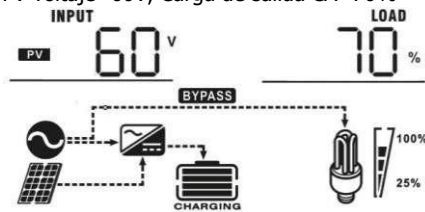
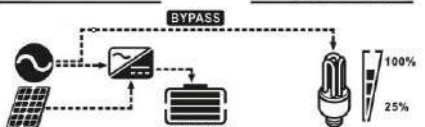
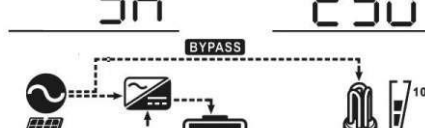
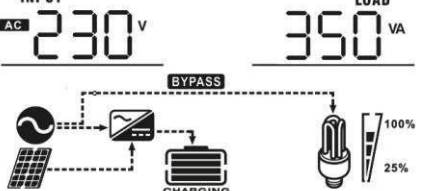
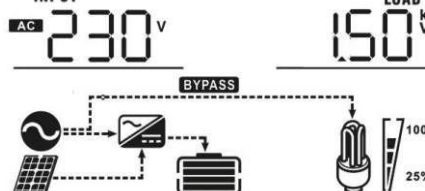
02	Máxima corriente de carga	10A: 02 10A	20A: 02 20A
		30A: 02 30A	40A: 02 40A
		50A (defecto): 02 50A	
03	Rango de entrada CA	Electrodomésticos(defecto): 03 APL	UPS: 03 UPS
04	Modo ahorro de energía	Ahorro desactivado (defecto): 04 SdS	) Ahorro activado: 04 SEN
05	Tipo de batería	AGM/GEL(defecto): 05 AGn	Plomo abierto: 05 FLd
06	Reinicio automático cuando se produce una sobrecarga	desactivado(default): 06 LtD	Activado: 06 LtE
07	Reinicio automático cuando se produzca sobre calentamiento	desactivado(default): 07 LtD	Activado: 07 LtE
09	Frecuencia de salida	50Hz(defecto): 09 50 Hz	60Hz: 09 60 Hz
16	Prioridad de carga baterías	Primero Solar: 16 C50	Primero RED(defecto): 16 CUL
		Solar y RED: 16 SNU	
18	Control alarma	Alarma activada(defecto): 18 60n	Alarma desactivada: 18 60F

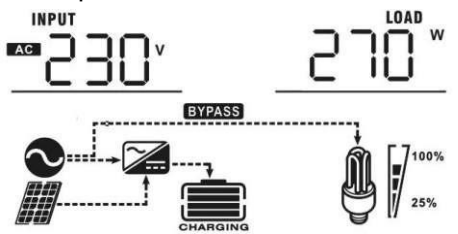
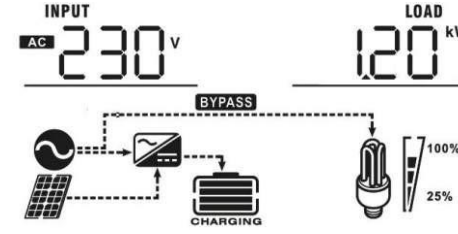
20	Control retro iluminación LCD	Activado 20 seg(defecto): 20 LON	Apagado: 20 LOF
22	Pitido mientras se interrumpe fuente primaria	Alarma activada(defecto): 22 AON	Alarma desactivada: 22 AOF
		Registro activado:	Desactivado(defecto):
25	Registrar Códigos de fallo	25 FEN	25 FdS

Información pantalla LCD

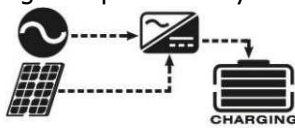
La información de la pantalla LCD se puede cambiar a su vez con la tecla "DOWN" "UP". La información seleccionable cambia de la forma en siguiente orden: voltaje de entrada, frecuencia de entrada, voltaje de la batería, voltaje de PV, la corriente de carga, tensión de salida y carga en vatios.

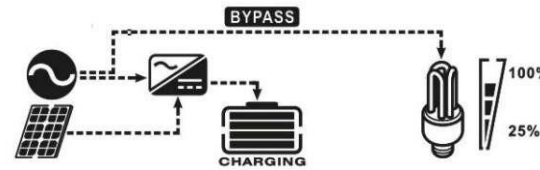
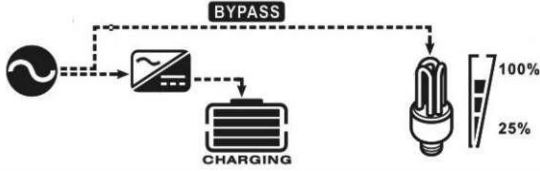
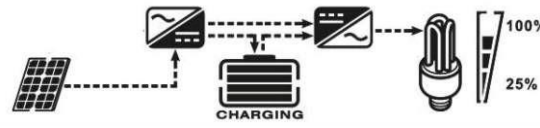
Información seleccionable	Pantalla LCD
Voltaje entrada/voltaje salida (defecto)	Voltaje entrada=230V, voltaje salida=230V INPUT OUTPUT AC 230 V 230 V
Frecuencia entrada/frecuencia salida	Frecuencia entrada=50Hz, frecuencia salida=50Hz INPUT OUTPUT AC 50.0 Hz 50.0 Hz
Voltaje batería/voltaje salida	Voltaje batería=25.5V BATT OUTPUT 25.5 V 230 V

Voltaje FV/carga en % en la salida CA	FV voltaje=60V, Carga de salida CA=70% 
Corriente de carga/Voltaje de salida CA	Corriente $\geq 10A$  Corriente $< 10A$ 
Voltaje entrada CA/Carga salida CA en VA	Cuando la carga es inferior a 1 kVA, la carga en VA se presenta 350VA como a continuación.  Cuando la carga es superior a 1 kVA ($\geq 1kVA$), la carga en CA se presenta a continuación como 1,5 kVA: 

Voltaje de entrada CA/Carga salida CA en Wat	Cuando la carga es inferior a 1 Kw, la carga en W se presentará 270W como a continuación:  Cuando la carga es superior a 1 Kw (≥ 1 KW), la carga se presentará 1.2kW como a continuación. 
---	--

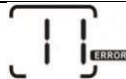
Modos de funcionamiento

Modo funcionamiento	Descripción	Pantalla LCD
Modo standby/modo fallo/modo ahorro energía	No hay suministro de energía en la salida CA, pero todavía puede cargar las baterías.	Cargando por la RED y FV 
		Cargando por la RED 
		Cargando por FV 
		No cargando 

Modo en RED	La energía esta suministrada por la RED de entrada. Las baterías se cargan desde la RED y FV.	Cargando desde la RED y FV a la vez 
		Cargando desde la RED 
Modo batería	La unidad suministra energía desde las baterías y FV.	Suministro de energía desde FV y baterías. 
		Suministro de energía desde las baterías. 

Códigos de fallo

Código fallo	Problema	Icono encendido
01	Ventilador esta obstruido	
02	Sobre calentamiento	
03	Voltaje de batería demasiado alto	

04	Voltaje de batería demasiado bajo	      
05	Cortocircuito en salida CA o sobre calentamiento	
06	Voltaje de salida fuera de rango	
07	Sobre cargado (en tiempo)	
08	Voltaje bus demasiado alto	
09	Bus soft start fallo	
11	Fallo en Relé RED	

Códigos de advertencias

Código advertencia	Advertencia	Alarma	Icono parpadea
01	Ventilador obstruido	Pitido tres veces por segundo	
03	Batería sobrecargado	Pitido una vez por segundo	
04	Batería baja	Pitido una vez por segundo	

07	Sobrecarga en salida CA	Pitido una vez por 0.5 segundo	
10	limitación de potencia	Pitido dos veces por 3 segundos	

Especificaciones Tabla 1 En Modo RED

INVERSOR MODELO	1KVA	2KVA	3KVA
Input Voltaje Waveform	Sinusoidal (utility or generator)		
Nominal Input Voltage	230Vac		
Low Loss Voltage	170Vac±7V (UPS); 90Vac±7V (Appliances)		
Low Loss Return Voltage	180Vac±7V (UPS); 100Vac±7V (Appliances)		
High Loss Voltage	280Vac±7V		
High Loss Return Voltage	270Vac±7V		
Max AC Input Voltage	300Vac		
Nominal Input Frequency	50Hz / 60Hz (Auto detection)		
Low Loss Frequency	40±1Hz		
Low Loss Return Frequency	42±1Hz		
High Loss Frequency	65±1Hz		
High Loss Return Frequency	63±1Hz		
Output Short Circuit Protection	Circuit Breaker		
Efficiency (Line Mode)	>95% (Rated R load, battery full charged)		
Transfer Time	10ms typical (UPS); 20ms typical (Appliances)		

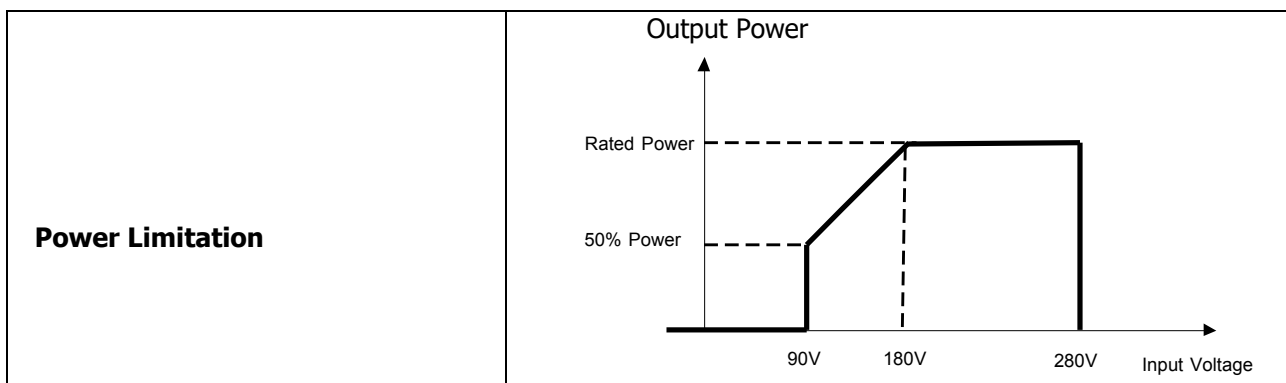


Tabla 2 En modo Inversor

INVERTER MODEL	1KVA	2KVA	3KVA
Rated Output Power	1KVA/0.8KW	2KVA/1.6KW	3KVA/2.4KW
Output Voltage Waveform	Pure Sine Wave		
Output Voltage Regulation	230Vac±15%		
Output Frequency	50Hz		
Peak Efficiency	>90%		
Overload Protection	5s@≥150% load; 10s@110%~150% load		
Surge Capacity	2* rated power for 5 seconds		
Nominal DC Input Voltage	12Vdc	24Vdc	
Cold Start Voltage	11.5Vdc	23.0Vdc	
Low DC Warning Voltage			
@ load < 20%			
	11.0Vdc	22.0Vdc	
@ 20% ≤ load < 50%			
	10.7Vdc	21.4Vdc	
@ load ≥ 50%			
	10.1Vdc	20.2Vdc	
Low DC Warning Return Voltage			
@ load < 20%			
	12.5Vdc	23.0Vdc	
@ 20% ≤ load < 50%			
	11.2Vdc	22.4Vdc	
@ load ≥ 50%			
	10.6Vdc	21.2Vdc	

Low DC Cut-off Voltage		
@ load < 20%	10.5Vdc	21.0Vdc
@ 20% ≤ load < 50%	10.2Vdc	20.4Vdc
@ load ≥ 50%	9.6Vdc	19.2Vdc
High DC Recovery Voltage	14Vdc	29Vdc
High DC Cut-off Voltage	15Vdc	30Vdc
No Load Power Consumption	<15W	<20W
Saving Mode Power Consumption	<5W	<10W

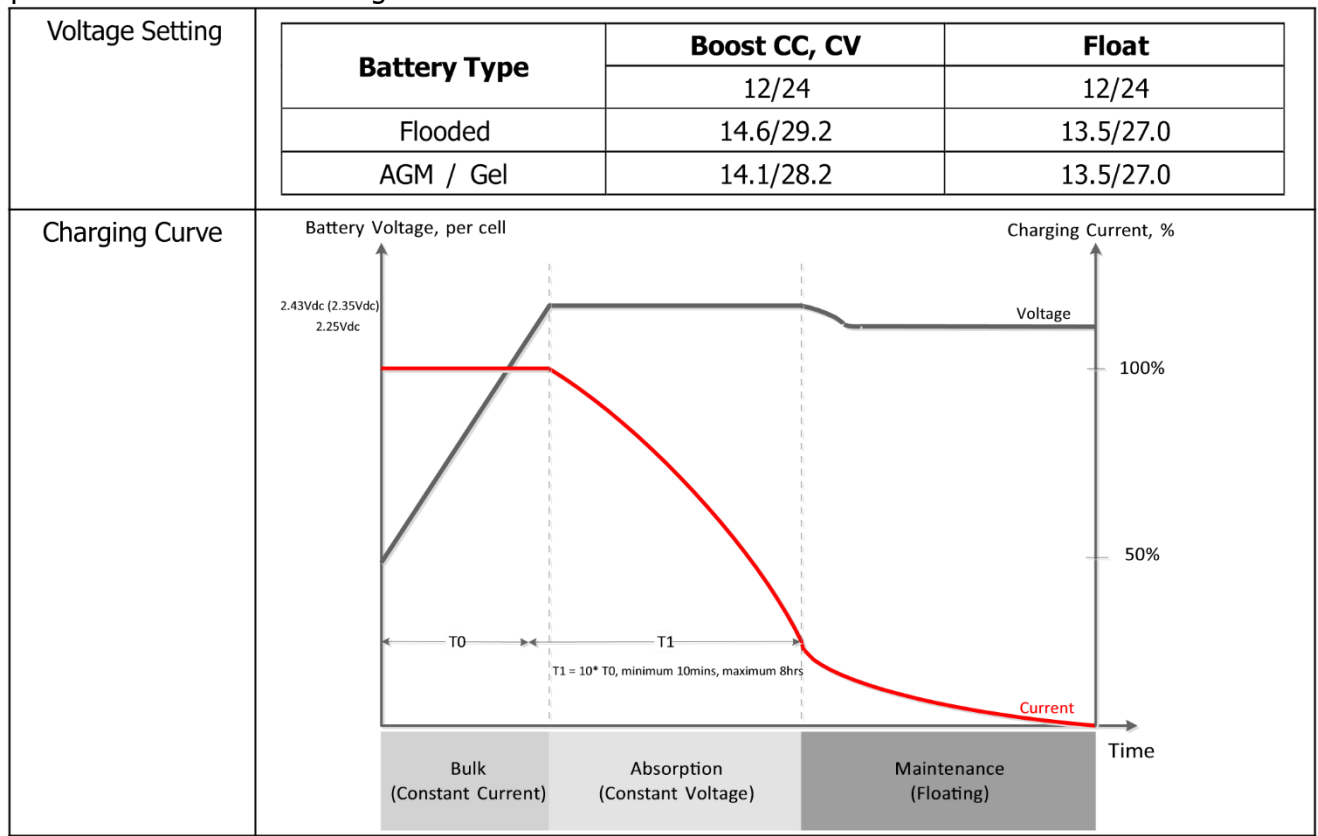
Tabla 3 Especificaciones cargador

INVERTER MODEL	1KVA	2KVA	3KVA
Charging Algorithm		3-Step	
Utility Charging Mode			
Charging Current (UPS)	10/20Amp	20/30Amp (@V _{I/P} =230Vac)	
Charging Floating Voltage	13.5Vdc	27Vdc	
Solar Charging Mode			
Charging Current (PWM)		50Amp	
System DC Voltage	12Vdc	24Vdc	
Max. PV Array Open Circuit Voltage		125Vdc	
Standby Power Consumption	1W	2W	
DC Voltage Accuracy		+/-0.3%	

Tabla 4 Especifications general

INVERTER MODEL	1KVA	2KVA	3KVA
Safety Certification	CE		
Operating Temperature Range	0°C to 55°C		
Storage temperature	-15°C~ 60°C		
Dimension (D*W*H), mm	95 x 240 x 330	100 x 272 x 367	
Net Weight, kg	5.0	6.35	6.85

Especificaciones curvas de carga



Solución de problemas

Problema	LCD/LED/Alarma	Explicación / causa	Solución
Unidad se apaga automáticamente durante el inicio.	LCD / LED alarma estan activos durante 3 segundos y después Se apaga completamente.	El voltaje de la batería es demasiado bajo (<1.91V/Cell)	1. Carga las baterías. 2. Reemplaza las baterías.
No responde después del encendido.	Sin indicación.	El voltaje de la batería es demasiado bajo. (<1.4V/Cell) Polaridad de la batería está conectado inverso.	Compruebe si las baterías y el cableado estén bien conectados. Carga las baterías. Reemplaza las baterías.
Red es presente pero la Unidad funciona en Modo de Batería.	Voltaje de entrada se muestra como 0 en la pantalla LCD y el LED verde parpadea.	Protector de entrada desconectado	Compruebe si CA interruptor se ha disparado y el cableado de CA esté bien conectado.

Problema	LCD/LED/Alarma	Explicación / causa	Solución
	LED verde parpadea.	Insuficiente calidad de alimentación CA (RED o Generador)	Compruebe si los cables de CA son demasiado delgados y / o demasiado largos. Compruebe si el generador (si aplicado) está funcionando bien, o compruebe si el voltaje de entrada es correcto. (UPS Appliance)
	LED verde parpadea.	Configura la energía solar como prioridad de alimentar la salida CA	Change output source priority to Utility first.
La unidad este encendido, el relé interior conecta intermitiendo.	Pantalla LCD y los LED parpadean.	La batería esta desconectada.	Controla si la batería está conectada.
La alarma suene continuamente y el LED rojo está encendido.	Código fallo 07.	Error de sobrecarga. La carga CA sobrepasa 110% y el tiempo de protección se ha sobrepasado.	Reduce la carga en la salida CA.
	Código fallo 05.	Cortocircuito en la salida CA.	Compruebe si el cableado está conectado bien y quitar carga anormal.
		Temperatura del convertidor interno es más de 120°	Compruebe si el flujo de aire de la unidad está bloqueado o si la temperatura ambiente es demasiado alta.
	Código fallo 02.	Temperatura del convertidor interno es más de 100°	
	Código fallo 03.	Battery is over charged.	Return to repair center.
		El voltaje de la batería es demasiado alto.	Controla especificaciones de las baterías si son correctos.
	Código fallo 01.	Fallo en el ventilador	Cambia el ventilador.
	Código fallo 06.	Salida anormal (El voltaje del inversor es superior a 260 Vac o por debajo de 190Vac)	Reducir la carga conectada o enviar al distribuidor para revisión
	Código fallo 08.	Fallo Components inversor.	enviar al distribuidor para
	Código fallo 09.		

Aprendiz: Tabla de Horario aproximado reserva

Model	Load (VA)	Backup Time @ 12Vdc 100Ah (min)	Backup Time @ 12Vdc 200Ah (min)
3KVA	300	449	1100
	600	222	525
	900	124	303
	1200	95	227
	1500	68	164
	1800	56	126
	2100	48	108
	2400	35	94
	2700	31	74
	3000	28	67