

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

"Comparación técnico – económica entre sistemas fotovoltaicos autónomos y sistemas fotovoltaicos con cedencia de energía a la red en la empresa CRAME"

Trabajo de titulación modalidad proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Autor: Isaac Boroshilov Altamirano Rivera

Tutor: Ing. Alex Santiago Mayorga Pardo Mg.

Ambato – Ecuador

Junio – 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **"COMPARACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA ENTRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON CEDENCIA DE ENERGÍA A LA RED EN LA EMPRESA CRAME"**, elaborado por el estudiante **Isaac Boroshilov Altamirano Rivera** portador de la cédula de ciudadanía número 1804908893, estudiante de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo de titulación, bajo la modalidad presencial es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Junio 2025

.....

Ing. Alex Santiago Mayorga Pardo Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Isaac Boroshilov Altamirano Rivera**, con C.C. 1804908893, declaro que todas las contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Trabajo de Titulación, Modalidad Presencial con el tema: **"COMPARACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA ENTRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON CEDENCIA DE ENERGÍA A LA RED EN LA EMPRESA CRAME"**, así como también las ideas de diseño, parámetros, criterios, análisis, tablas, gráficas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo. En la virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Junio 2025



.....

Altamirano Rivera Isaac Boroshilov

C.C.: 1804908893

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta, y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Junio 2025

.....

Altamirano Rivera Isaac Boroshilov

C.C.: 1804908893

AUTOR

TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante **Isaac Boroshilov Altamirano Rivera** de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **"COMPARACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA ENTRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON CEDENCIA DE ENERGÍA A LA RED EN LA EMPRESA CRAME", modalidad proyecto técnico.**

Ambato, Junio 2025

Para constancia firman:

.....	.....
Ing. Mauricio Carrillo, Mg.	Ing. José Luis Yunapanta, Mg.
MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO	MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO
C.C.: 1802147890	**C.C.:1801868090**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas que han sido mi refugio, mi impulso y mi razón para seguir adelante cuando las fuerzas flaqueaban.

A mis padres, que con amor, sacrificio y esa fuerza silenciosa que solo ellos saben tener, me enseñaron que rendirse nunca es una opción. Gracias por impulsarme incluso cuando yo ya no podía más.

A mi abuelito, que no solo me abrió las puertas de su empresa, sino también las del aprendizaje real, ese que no se encuentra en los libros. Gracias por enseñarme a valorar el esfuerzo, a respetar el trabajo y a aprender con las manos y con el corazón.

A mis hermanas, por su amor sincero y constante, por sus palabras que llegaron siempre en el momento justo y por ser parte de cada paso.

A mi enamorada, por llegar en el momento justo, por traer calma, enfoque y motivación cuando más lo necesitaba.

A mi querido amigo Christian Cuesta, que aunque no está presente físicamente, vive en mi memoria y en mi corazón. Esta meta también es tuya. Gracias por haber sido un guía, un consejero, una fuente de amor y de humor. Te siento presente en cada paso, con tus bromas pesadas, tu carisma único y esa manera tan tuya de hacer sentir bien a los demás.

Y a Dios, porque cuando el camino se volvió cuesta arriba, Él me dio la fuerza para seguir. Porque no siempre entendí el porqué de los obstáculos, pero aprendí que todo tiene su momento, y que con fe, constancia y corazón, se llega lejos.

Esta tesis no es el final, es apenas el comienzo de todo lo que quiero construir.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mis padres, quienes han sido mi mayor soporte durante este largo camino académico. No fue un proceso fácil, hubo momentos muy difíciles en los que pensé en rendirme, pero ellos, con su amor incondicional, siempre estuvieron ahí para sostenerme, motivarme y recordarme que no estaba solo.

A mi querido abuelito, quien ha sido parte fundamental en mi formación. Gracias a su empresa, CRAME, he podido conocer más de cerca el entorno industrial, valorar el esfuerzo que implica cada proceso y entender la importancia de combinar la teoría con la práctica. Su ejemplo y sus enseñanzas han sido esenciales para mi desarrollo, tanto académico como personal. Esta tesis es también un pequeño aporte de mi parte para apoyar el crecimiento de su empresa y buscar alternativas que optimicen los costos energéticos.

A mis hermanas, por estar siempre presentes con su cariño, compañía y amor incondicional. A mi enamorada, por darme paz, estabilidad y ayudarme a enfocarme tanto en mis estudios como en el trabajo.

A mi madre, por ser siempre mi refugio y mi impulso. Gracias por tus palabras sabias que han sabido calmar mis momentos de angustia y por enseñarme que cada esfuerzo tiene su recompensa, que no importa cuánto tiempo tome alcanzar una meta, porque lo importante no es correr, sino avanzar con dignidad y aprender en el camino. Gracias por tu amor incondicional, tu fortaleza silenciosa y por enseñarme, día a día, a nunca rendirme.

A mi padre, a quien admiro profundamente, porque sin él nada de esto hubiera sido posible. Su inteligencia, su perseverancia, su fuerza, su amor por la vida y por su familia me inspiran cada día. Gracias por caminar a mi lado, por creer en mí y por darme la oportunidad de construir una empresa juntos. No existen palabras suficientes para agradecerte por todo lo que me has dado.

A mi amigo Christian Cuesta, quien partió de este mundo pero dejó una huella imborrable en mi vida. Fuiste guía, consejero, amigo, hermano. Me ayudaste a levantarme cuando no podía, me aconsejaste siempre con amor, y sé que hoy estás orgulloso de verme lograrlo. Te siento cerca, con tus bromas pesadas y tu carisma inconfundible, y aunque ya no estés aquí, siempre estarás en mi corazón.

Y, por encima de todo, doy gracias a Dios. Porque en cada obstáculo que apareció en el camino, Él me dio la fuerza y la guía para superarlo. Gracias por regalarme una familia tan maravillosa, por acompañarme y por enseñarme a caminar siempre por el sendero del bien.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA……i
APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS ix
ÍNDICE DE TABLAS xiii
ÍNDICE DE FIGURAS xv
ÍNDICE DE ANEXOS xvi
RESUMEN EJECUTIVO xvii
ABSTRACT xviii
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO 1
I. JUSTIFICACIÓN 1
A. MARCO TEÓRICO 3
1. Antecedentes investigativos 3
2. Energías renovables 3
3. Energía solar 5
1) Energía solar térmica 5
2) Energía solar fotovoltaica 6
4. Tipos de energía solar fotovoltaica 8
1) Sistema On – Grid, sistema conectado a la red o sistema interconectado 8
2) Sistema Off – Grid, sistema aislado a la red o sistema autónomo 10
3) Sistema On/Off – Grid o sistema hibrido 12
5. Banco de condensadores 13
6. Accesorios y equipos 15
7. Dimensionamiento 32

1) Ecuaciones 32
II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS 39
A. Estudio internacionales 39
B. Estudios realizados en Ecuador 39
3. Estudios realizados en Tungurahua 40
III. OBJETIVOS 41
A. OBJETIVO GENERAL 41
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 41
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA 42
I. EQUIPOS Y MATERIALES 42
II. MÉTODOS 43
1. Descripción de la metodología 43
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 45
I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 45
A. DIMENSIONAMIENTO 45
1. Consumo de CRAME 45
1) Calculo de demanda energética en base a datos calculados para el área comercial y residencial 50
2) Cálculo de demanda energética en base a datos calculados para el área del taller 58
1) Paneles solares 66
2) Inversor de red 67
3) Baterías 73
4) Protecciones 74
5) Cable solar 75
6) Conectores 75
7) Resultados 76

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 84
I. CONCLUSIONES 84
II. RECOMENDACIONES 85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87
ANEXOS 91
Anexo 1 92
Anexo 2 94
Anexo 3 96
Anexo 4 98
Anexo 5 100
Anexo 6 102
Anexo 7 104
Anexo 8 106
Anexo 9 108
Anexo 10 110
Anexo 11 112
Anexo 12 114
Anexo 13 116
Anexo 14 118
Anexo 15 121
Anexo 16 123
Anexo 17 126
Anexo 18 128
Anexo 19 129
Anexo 20 131
Anexo 21 133
Anexo 22 135

Anexo 23 137
Anexo 24 139
Anexo 25 142

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I 42
TABLA II 45
TABLA III 46
TABLA IV 46
TABLA V 47
TABLA VI 47
TABLA VII 48
TABLA VIII 49
TABLA IX 50
TABLA X 51
TABLA XI 58
TABLA XII 65
TABLA XIII 65
TABLA XIV 66
TABLA XV 67
TABLA XVI 67
TABLA XVII 68
TABLA XVIII 68
TABLA XIX 69
TABLA XX 70
TABLA XXI 70
TABLA XXII 71
TABLA XXIII 72
TABLA XXIV 72
TABLA XXV 73
TABLA XXVI 73
TABLA XXVII 74
TABLA XXVIII 74
TABLA XXIX 74
TABLA XXX 75
TABLA XXXI 75

TABLA XXXII 75
TABLA XXXIII 76
TABLA XXXIV 76
TABLA XXXV 77
TABLA XXXVI 77
TABLA XXXVII 77
TABLA XXXVIII 78
TABLA XXXIX 78
TABLA XL 78
TABLA XLI 79
TABLA XLII 79
TABLA XLIII 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Energías renovables [6]. 3
Fig. 2. Energía solar térmica. [8] 5
Fig. 3. Energía solar fotovoltaica. [9] 6
Fig. 4. Sistema On – Grid, sistema conectado a la red o sistema interconectado [11]. 9
Fig. 5. Sistema Off – Grid, sistema aislado a la red o sistema autónomo [12]. 12
Fig. 6. Sistema On/Off – Grid o sistema hibrido [13]. 13
Fig. 7. Banco de condensadores [14]. 13
Fig. 8. Panel FV Trina Solar Vertex N 610 Wp [18]. 16
Fig. 9. Panel solar policristalino [20]. 18
Fig. 10. Inversor de red Growatt [22]. 19
Fig. 11. Inversor de red On – Grid [24]. 21
Fig. 12. Inversor de red híbrido [26]. 22
Fig. 13. Inversor de red Off – Grid [28]. 22
Fig. 14. Batería de litio Growatt [29]. 23
Fig. 15. Tipos de baterías [32]. 25
Fig. 16. Conectores MC4 [33]. 26
Fig. 17. Protecciones eléctricas [36]. 28
Fig. 18. Cable fotovoltaico [38]. 29
Fig. 19. Anclajes para techo de tejas [40]. 30
Fig. 20. Anclajes para techo de metal trapezoidal [41]. 30
Fig. 21. Anclajes para techo de Eternit [42]. 31
Fig. 22. Anclajes para techo plano [43]. 31
Fig. 23. Anclajes para suelo [44]. 32
Fig. 24. Fases de la metodología del proyecto técnico. 43
Fig. 25. Instalaciones del taller CRAME. 48
Fig. 26. Ubicación geográfica de CRAME. 51
Fig. 27. Pliego tarifario del servicio público de Empresa Eléctrica año 2025 [48]. .. 80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 92
Anexo 2 94
Anexo 3 96
Anexo 4 98
Anexo 5 100
Anexo 6 102
Anexo 7 104
Anexo 8 106
Anexo 9 108
Anexo 10 110
Anexo 11 112
Anexo 12 114
Anexo 13 116
Anexo 14 118
Anexo 15 121
Anexo 16 123
Anexo 17 126
Anexo 18 128
Anexo 19 129
Anexo 20 131
Anexo 21 133
Anexo 22 135
Anexo 23 137
Anexo 24 139
Anexo 25 142

RESUMEN EJECUTIVO

La proyección de realizar el dimensionamiento de un tipo de sistema fotovoltaico nace con la necesidad de en un futuro reducir los costos en planillas de luz que se paga mes a mes a la empresa eléctrica, además de buscar incentivos gubernamentales, beneficios fiscales, convenios con instituciones financieras, así como de empresas públicas o privadas con el sello verde que provee el generar este tipo de energías,

Por lo que dentro de la empresa CRAME el desarrollo del proyecto técnico parte con la finalidad de buscar la mejor alternativa de sistema fotovoltaico, tanto en eficiencia de su funcionamiento dentro del área residencial y comercial, como del área del taller, pero considerando un análisis económico para obtener un buen retorno a la inversión y en el tiempo más corto acorde al tipo de sistema fotovoltaico que se instale; todo el estudio realizado se enfoca desde determinar el consumo mensual de las dos áreas que conforman CRAME, tabuladas mes a mes y proyectado su consumo mensual para realizar el dimensionamiento de cada uno de los equipos que se debería utilizar en la instalación de cada uno de ellos, es decir el número y tipo de paneles, los inversores de red, el numero y tipo de baterías, el cable solar, las protecciones y seguridades en toda la instalación, los anclajes para la instalación de los paneles solares, y demás inversión como transporte, tramites, instalaciones estructurales, gastos extras y demás variables; para con eso realizar los cálculos de retorno a la inversión de cada uno de los sistemas instalados comparados con el pliego tarifario del servicio público de la Empresa Eléctrica del 2025 y determinar cuál de los tres es más beneficioso para CRAME.

Como resultado se obtiene un análisis técnico profundo desde la interpretación de los datos de la planilla de luz que mensualmente se paga en CRAME en base a los equipos y maquinarias que se utiliza; además se obtiene el dimensionamiento de los tres tipos de sistemas fotovoltaicos que se pueden instalar considerando diferentes marcas y modelos para ponderar el que mayor beneficio genere, y un retorno a la inversión en el caso de querer realizar la instalación en CRAME

PALABRAS CLAVE: ENERGÍAS RENOVABLES, ENERGÍA SOLAR, ENERGÍA FOTOVOLTAICA, PANELES SOLARES, INVERSORES DE RED, ENERGÍA LIMPIA, SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.

ABSTRACT

The projection of sizing a photovoltaic system was born with the need to reduce the costs of electricity bills that are paid month to month to the electric company, in addition to seeking government incentives, tax benefits, agreements with financial institutions as well as public or private companies with the green seal that provides the generation of this type of energy.

So that within the company CRAME the development of the technical project starts with the purpose of looking for the best alternative photovoltaic system, both in efficiency of its operation within the residential and commercial area, as well as the workshop area, but considering an economic analysis to obtain a good return on investment and in the shortest time according to the type of photovoltaic system to be installed; The whole study focuses from determining the monthly consumption of the two areas that make up CRAME, tabulated month by month and projected monthly consumption to perform the sizing of each of the equipment that should be used in the installation of each of them, that is the number and type of panels, network inverters, the number and type of batteries, solar cable, protections and securities throughout the installation, the anchors for the installation of solar panels, and other investment such as transportation, paperwork, structural installations, extra expenses and other variables; to calculate the return on investment of each of the installed systems compared with the tariff schedule of the public service of the Electric Company of 2025 and determine which of the three most beneficial for CRAME.

As a result, a deep technical analysis is obtained from the interpretation of the data of the electricity bill that is paid monthly in CRAME based on the equipment and machinery used; in addition, the sizing of the three types of photovoltaic systems that can be installed considering different brands and models is obtained to weigh the one that generates the greatest benefits, and a return on investment in the case of wanting to perform the installation in CRAME.

KEYWORDS: RENEWABLE ENERGY, SOLAR ENERGY, PHOTOVOLTAIC ENERGY, SOLAR PANELS, GRID INVERTERS, CLEAN ENERGY, PHOTOVOLTAIC SYSTEMS, PHOTOVOLTAIC INSTALLATIONS.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

I. JUSTIFICACIÓN

Al realizar estudio e investigaciones acerca de energías renovables es de suma importancia en un mundo donde el cambio climático se ha vuelto crucial para analizar alternativas de obtención de energía debido a los mismos cambios climáticos que se nos muestra, logrando así la búsqueda de alternativas y reducción del consumo de recursos fósiles y la explotación de ríos para las hidroeléctricas, por lo mismo, se buscan analizar el uso, la aplicación y extensión de energías renovables, esto según [1]. En Ecuador, al analizar la situación energética que atraviesa debido a sequias prolongadas en diferentes periodos del año y a la falta de una alternativa de obtención de energía que pueda cubrir durante los tiempos de sequía, ya que las hidroeléctricas no logran cubrir las grandes demandas para el país, es que se busca analizar el uso, realizar estudios y verificar si es adecuada para poder suplir de manera temporal a la energía obtenida por medio de las hidroeléctricas que son la principal fuente de energía para el Ecuador; lo que lleva al análisis de energías renovables, como por ejemplo, la obtenida por el sol, energía solar, y del viento, energía eólica, las dos se pueden obtener de manera natural ya que no se explota fuentes que en un futuro sean imposibles de recuperar. La falta de análisis para obtener energía de otras fuentes diferentes a las hidroeléctricas ha generado largos cortes de energía, algunos programados y otros de improvisto, afectando a empresas como CRAME, donde lidia con incertidumbre dentro de la operación de las maquinarias llegando así a tener un aumento en los costos operativos y de producción, desembocando así en una interrupción constante de entregas de productos a los clientes debido a que los cortes se programan dentro de las horas laborales, lo que genera un impacto negativo en la productividad y desarrollo de la empresa como del sector productivo, generando también, inseguridad comercial [2].

Además, el problema llega a ser más enfático debido a que la empresa está ubicada en una zona estratégica del Ecuador, en Tungurahua, zona central donde se dinamiza la economía y teniendo una gran demanda y acceso a la energía eléctrica lo hace más importante, y al hacer un análisis profundo para saber de dónde se obtiene las principales fuentes de energía, según [3, p. 19] de los 8899,59 MW de potencia

nominal a nivel nacional obtenidos en el 2023, los 5445,10 MW que representan el 61,18% fueron obtenidos de fuentes de energías renovables, es decir de fuentes hidráulicas, biomasa, fotovoltaica, eólica y biogás, mientras que los 3454,47 MW que representa el 38,82% fueron obtenidas de centrales que poseen energía no renovable, lo que genera grandes limitaciones tanto sociales como económicas por cortes de hasta 6 horas diarias; todo esto da una gran evidencia de que buscar fuentes de energía alternativas y sobre todo que sean sostenibles es primordial, no solo para que el suministro continuo sea seguro, sino también para dejar de lado la dependencia completamente de la Empresa Eléctrica y ayudar directamente al medio ambiente con hábitos de cambio que parten de una idea con gran futuro; agregando además de eso que, el análisis, la planificación e implementación de energías renovables, más directamente con sistemas fotovoltaicos como en el caso de este proyecto, llega a presentarse como una alternativa de solución completamente viable mejorando así la eficiencia energética del sector y llegando a tener una reducción en los costos de obtención de energía a largo plazo y establecer una ganancia económica como se menciona en [4, p. 79].

Basándonos en este contexto, realizar un previo estudio sobre los tipos de sistemas fotovoltaicos que se puedan implementar es esencial, por lo mismo se estudia y compara un sistema fotovoltaico autónomo versus un sistema fotovoltaico con cedencia de energía a la red que genere la mayor cantidad de beneficios para la empresa CRAME, beneficios técnicos dentro de la aplicación del sistema, como beneficios económicos debido a que se debe recuperar la inversión en corto plazo, por lo que es importante realizar un análisis del retorno a la inversión del sistema a utilizar, logrando así saber en cuanto tiempo se recupera el dinero invertido y el uso que se dé al sistema aplicado, teniendo en cuenta métricas de medición basadas en el rendimiento y evaluación dentro del análisis del negocio de CRAME [5].

El objetivo principal de esta investigación es realizar una comparación técnico-económica entre un sistema fotovoltaico autónomo y un sistema con cedencia de energía a la red en la empresa CRAME, con el fin de determinar cuál opción optimiza la eficiencia energética y reduce los costos operativos; razón por la cual en el presente trabajo de investigación técnico se va a analizar los 3 tipos de sistemas fotovoltaicos, el sistema On – Grid o sistema conectado a la red, sistema interconectado, Off – Grid,

sistema aislado a la red o sistema autónomo y el On/Off – Grid o sistema hibrido, por lo mismo, dentro de la investigación se va hablar sobre los componentes que tiene cada uno, los equipos, los sistemas de conexión, así como los beneficios y las desventajas al tratarse de conexiones domiciliarias, semi industriales e industriales, además de años de garantía y retorno a la inversión inicial que se hace, garantizando así un análisis profundo con la proyección de realizar aplicaciones dentro de la provincia a manera de solventar una necesidad que ha surgido en los últimos años, de tal manera que llegue a ser una investigación con finalidad directa de aplicación a los hogares y empresas ambateñas buscando establecerse como una empresa de servicio y llegar a extenderse a lo largo de más provincias cubriendo más demandas y más necesidades acorde al consumo que realice cada lugar.

A. MARCO TEÓRICO

1. Antecedentes investigativos

Para escoger el mejor tipo de sistema a aplicarse en la empresa CRAME, se va a realizar una profunda investigación sobre los tipos de sistemas, equipos, rentabilidad, recuperación de inversión y más aspectos importantes, por lo mismo se va a hablar de:

2. Energías renovables



Fig. 1. Energías renovables [6].

Las energías renovables están identificadas bajo el concepto de ser obtenidas a partir de fuentes naturales que se encuentran alrededor de la Tierra o llega directamente a la misma, como la energía solar, energía que llega a ser indefinida y sobre todo inagotable actualmente con el uso que se le da. Ampliando la información de más tipos de energía renovable, está la energía eólica o la energía mareomotriz que son consideradas fuentes renovables de energía, además otra de las consideraciones para que sea denominada como renovable es que se pueda regenerar o recuperar a lo largo del tiempo de manera natural, como por ejemplo la masa forestal, como detalla [7] en su investigación. Además, dentro de la principal ventaja de ser inagotable, llega a presentar un bajo o casi nulo impacto negativo directamente al medio ambiente, llegando a tener además la denominación de energías limpias; actualmente, la consideración de energías renovables tienen una gran realidad en nuestra sociedad y los beneficios que generan al ambiente y diferentes departamentos de los países son más evidentes, todo según mencionado por [7] que además agrega en su investigación que utilizar energía renovable es beneficiosa para todo el mundo debido a que se disminuye el uso de fuentes no renovables como los combustibles fósiles o energía nuclear que tienen un impacto negativo bastante alto sobre el medio ambiente, asimismo dentro de los aspectos positivos a destacar sobre la energía renovable son que hay la posibilidad de explotarlas y aplicarlas de manera local, disminuyendo así la dependencia de grandes empresas productoras de energía ya que el análisis se puede hacer internamente, favoreciendo de esta manera al desarrollo económico local y generando plazas de empleo que incentiven a generar más proyectos que desemboca en nuevos proyectos, emprendimientos o investigaciones en beneficio del lugar de aplicación o inclusive aplicar fuera del lugar en donde se inició el proyecto, como menciona [7].

Dentro de las principales ventajas de la energía renovable se puede destacar que ayuda a reducir la emisión de gases de efecto invernadero, acción que ayuda a frenar el efecto de calentamiento global, por lo mismo son consideradas energías convencionales; adicional, reduce los costes de producción energética llegando a obtener nuevos puestos de trabajo y casi anulando la dependencia de potencias energéticas grandes de combustibles fósiles como el petróleo, gas natural y carbón, además de eliminar la dependencia de obtener energía de otros países, generando así que la ganancia que generan los proyectos quede en el país, según [7].

Para numerar algunas de las energías renovables que se pueden obtener de manera natural se tiene la más conocida que es la energía solar, energía eólica, energía hidráulica, energía mareomotriz, energía undimotriz, energía geotérmica, energía azul o potencia osmótica, biomasa y entre otras que se obtienen de manera natural. Para este trabajo técnico la investigación va a estar enfocada en la energía solar, por lo mismo:

3. Energía solar

A modo de concepto, se tiene que la energía solar es un tipo de energía renovable que es obtenida a partir de la generación de radiación electromagnética por medio del Sol, principal y básicamente en forma de calor y luz, donde visto desde cualquier perspectiva la energía solar llega a ser considerada como inagotable e ilimitada, como menciona [7]. Donde se llegan a distinguir dos, la energía solar térmica que se encarga principalmente de calentar agua hasta una cierta temperatura o solamente genera electricidad de manera indirecta, y la segunda es la energía solar fotovoltaica, que es un tratamiento más minucioso y técnico debido a que se utiliza para producir energía mediante la utilización de placas semiconductoras que están encargadas de recibir la radiación solar para transformarlas en energía [7].

1) Energía solar térmica



Fig. 2. Energía solar térmica. [8]

Energía solar térmica, también conocida bajo el nombre de energía termosolar, se trata de realizar el aprovechamiento máximo del poder calorífico que genera el sol a través de la radiación solar, donde el calor del Sol se absorbe de forma plana en unos implementos denominados colectores solares, que en el mercado comúnmente están bajo el nombre de placas solares, implementos que normalmente se ven instalados en azoteas, techos o terrazas que resistan el peso en el lugar y hogar que se vaya a instalar; la finalidad de este tipo de implementos tiene la utilidad de calentar el agua de manera directa, ya para después ser destinada en uso doméstico para uso personal, además de uso sanitario, semi industrial o industrial, es decir que principalmente se usa para tener calefacción, adicionalmente para buscar más beneficios que generan estos implementos para que su funcionamiento sea adecuado, se detalla que el vapor generado por el calentamiento del agua se puede aprovechar en la producción de electricidad pero de una manera un poco más indirecta, pero disminuyendo el factor económico que se debe pagar por el consumo de energía que se necesita diariamente dentro de los diferentes lugares de aplicación, domestico, semi industrial o industrial, con esto se detallan algunos beneficios como menciona [7] en su investigación.

Para finalizar, un rápido análisis de la aplicación de la energía solar térmica dentro del sector agrícola y ganadero es dentro de los invernaderos solares donde llegan a tener un elevado beneficio ya que favorecen a los cultivos y en el secado agrícola de semillas o productos secos para venta, cubriendo así más demandas energéticas.

2) Energía solar fotovoltaica



Fig. 3. Energía solar fotovoltaica. [9]

Este tipo de energía consiste en la captación o recepción de energía solar a través de placas o módulos fotovoltaicos que se encarga de transformar la radiación emitida por el Sol en electricidad por medio de una dispositivo semiconductor, dispositivos que tienen el nombre de células fotovoltaicas que la base de su fabricación está dada a partir del silicio, siendo este el más efectivo para una adecuada recepción de energía solar, aunque también puede tener una disposición de materiales muy diversos sobre un sustrato fino, como por ejemplo el Telurio de cadmio (CdTe), Seleniuro de cobre, indio y galio (CIGD o CIS), entre otros materiales compuestos poco conocidos pero que deben ser sensibles a la luz y que deben deprender electrones al momento de recibir la radiación solar, es decir que todo estos materiales deben estar encargados de convertir la energía lumínica emitida por el Sol en energía eléctrica [7].

Al momento de conocer y analizar la energía solar fotovoltaica se utilizaba únicamente para lograr llegar a lugares donde era imposible o casi imposible llegar con las redes eléctricas tradicionales o convencionales, es decir donde no había la posibilidad de construir torres eléctricas, colocar postes para transportar la energía ni colocar cables para llegar a casa sector, pueblo u hogar, sin embargo con las posteriores investigaciones y análisis de alternativas de uso que se le podía dar se llegó a la conclusión de que tiene una amplia utilidad como la propia energía eléctrica tradicional que siempre se ha utilizado, por lo que ahora se aplica ampliamente en sectores que no se los utilizaba como por ejemplo dentro de las telecomunicaciones, independientemente si el lugar donde se está trabajando puede tener o no acceso a la energía eléctrica tradicional, se aplica dentro de la automoción, es decir en los procesos de diseño, fabricación, mantenimiento y comercialización de vehículos pero completamente direccionado a vehículos terrestres, adicionalmente se está aplicando dentro de las plataformas petrolíferas donde se tiene un mayor avance de las investigaciones y aplicaciones de sistemas fotovoltaicos donde analizan incluso sus limitaciones, donde la más importante a considerar son los elevados costes de los equipos que se deben utilizar para tener el adecuado funcionamiento para su finalidad de uso, además del análisis de la disponibilidad de terreno que se tiene a ver si es el necesario para colocar los paneles fotovoltaicos que se deben utilizar, como menciona [7] en su trabajo de investigación.

Recalcando, dentro de los diferentes usos que se le pude dar se tiene la principal que es el suministro de energía eléctrica en zonas rurales o de muy difícil acceso, en telecomunicaciones como repetidores de señal y telefonía móvil, dentro del tratamiento de aguas como cloración y potabilización hasta su suministro con sistema de bombeo y riego, señalización marítima, terrestre o aérea y como una alternativa de usos para alumbrado público, según [7].

4. Tipos de energía solar fotovoltaica

Para poder tener un gran criterio de selección de cuales de los tipos de energía fotovoltaica aplicar se hablará de todos los tipos ya que se conocen tres, posterior a un análisis de cada uno identificando sus ventajas y desventajas, proyectando el uso que se le va a dar, la utilidad que van a tener y todos los aspectos considerables es que se analizara los tres tipos, los mismo que son el sistema On – Grid o sistema conectado a la red o autónomo, Off – Grid o sistema aislado a la red o sistema interconectado y el On/Off – Grid o sistema hibrido, entonces se tiene:

1) Sistema On – Grid, sistema conectado a la red o sistema interconectado

Conceptualizando este tipo de sistema fotovoltaico, se tiene que está compuesto de un generador fotovoltaico que debe estar conectado a la red eléctrica tradicional pero que está conectado a través de un inversor de energía, permitiendo así que pueda producirse un intercambio de energía entre la red y el inversor con ayuda del sistema fotovoltaico que llega a ser la principal característica de este tipo de instalaciones, de la misma manera este sistema cede energía a la red cuando la demanda de producción llega a ser superior a la del consumo local esperado, asimismo cuando es necesario extrae la energía que necesita para que funcione, como menciona [10, p. 8], adicionalmente estos tipos de sistemas fotovoltaicos que se encuentran conectados a la red eléctrica han recibido una de las mayores atenciones en los últimos años debido a que se ha elevado su uso, aplicación y consumo en zonas urbanas donde hay mayor facilidad de conectarse a la red eléctrica, como detalla [10] en su investigación.

Los equipos que se necesita aplicar en este tipo de sistemas fotovoltaicos se detallan sus componentes principales, componentes que se pueden observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de este documento.

Módulos solares: Denominados también paneles solares o modulo solar, realizan la conversión de la radiación solar en electricidad gracias a los componentes que cada uno de los paneles tiene, proceso denominado efecto fotovoltaico; para para tener mayor eficiencia de los paneles se considera la ubicación geográfica de la aplicación de sistema, la hora del día por las horas pico que tiene cada lugar y la inclinación a la que se encuentre el panel solar [10].

Inversor de energía: Componente importante debido a que la energía que sale de los paneles solares es energía DC, es decir Corriente Directa, y se necesita transformar a AC, es decir Corriente Alterna, por lo que se requiere un inversor que se encarga de sincronizar e interconectar para que su uso pueda ser adecuada, ya sea domestica o industrial [10].

Consumo de energía: Este más que un componente llega a ser una parte de la conexión importante ya que hay que tener en cuenta que su funcionamiento va enfocado en que durante el día se enviará la energía al destino para el cual se quiera aplicar, ya sea uso doméstico, semi industrial o industrial, y el exceso de energía que se llegue a generar va a ir directamente a la red eléctrica, es decir que, un porcentaje del consumo mensual que se tiene será aportado por la energía solar y el otro porcentaje por la red local de energía [10].

Medidor de energía bidireccional: Es un dispositivo encargado de realizar la medición de energía, tanto de la generada por la energía solar de los paneles solares como de la energía que llega a ser consumida por la red local de energía, llevando un historial adecuado para ver si la energía que está produciendo el sistema fotovoltaico es el adecuado que se instaló.

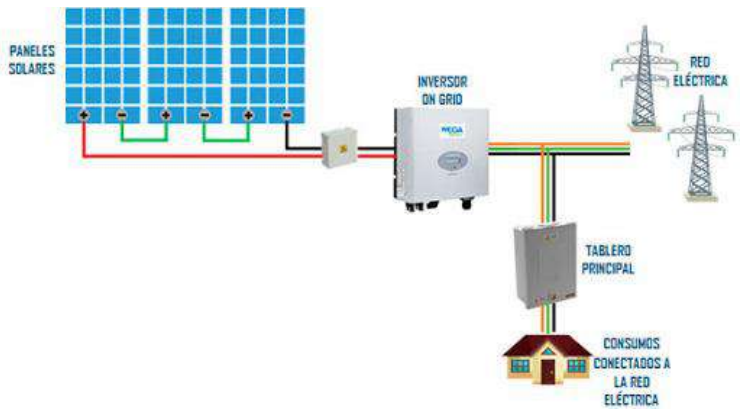


Fig. 4. Sistema On – Grid, sistema conectado a la red o sistema interconectado [11].

2) Sistema Off – Grid, sistema aislado a la red o sistema autónomo

La definición para un sistema solar fotovoltaico aislado se basa en la instalación en cómo está realizado debido a que no está conectado a la red por lo que el suministro de energía es completamente generado por la luz solar, generalmente en este tipo de sistemas la energía fotovoltaica generada debe ser almacenada en un banco de baterías o celdas solares que deben estar disponibles para funcionar las 24 horas del día debido a que solamente dependen del banco de baterías, volviendo así a esta parte del sistema una de las más críticas e importantes para el adecuado funcionamiento del sistema [10, p. 7].

Este modelos de instalaciones fotovoltaicas que están conectadas por fuera de la red son consideradas ideales cuando no se puede realizar una conexión a la red eléctrica o no están ni planificadas conectarse debido a los altos costos de construcción para poder llegar a dicho punto que puede llegar a ser en una área rural o demasiado remoto, volviéndolas así la opción ideal porque además genera dependencia nada más del sistema fotovoltaico y no se vería afectado en un fututo por cortes de energía, mantenimiento o interferencias en la línea de la red eléctrica hasta llegar al lugar donde se está necesitando energía eléctrica, convirtiéndolo en un beneficio total si se aplica dentro de la zona semi industrial o industrial [10].

Este modelos de instalaciones fotovoltaicas que están aisladas tienen una gran diferenciación en su funcionamiento debido al voltaje de estos sistemas ya que pueden ser CC o CA, por lo que se tiene que, en un sistema aislado que esta acoplado a un modelo CC, los paneles obligatoriamente deben estar conectados a través de controlador o controladores de cargas del sistema en CC/CC; por otro lado, los sistemas fotovoltaicos aislados conectados en CA deben considerarse el usar 1 inversor o inversores fotovoltaicos convencionales acorde a la necesidad que se tenga, todo esto para poder eyectar o enviar este tipo de corriente a la red; generalmente y casi como en el sistema fotovoltaico anterior están constituidos por paneles solares, acondicionadores de carga, celdas solares, inversores fotovoltaicos, en este caso el banco de baterías y material adicionales de conexión, por lo que llega a ser recomendable utilizar un monitor de batería en donde se supervise el estado de las baterías, la carga que tiene, las horas de funcionamiento que le queda y demás

consideraciones a tener en cuenta acorde al inversor que se desee adquirir para utilizar en el sistema, como menciona [10] en su investigación.

Para ampliar un poco más la información de los equipos que se necesita aplicar en este tipo de sistemas fotovoltaicos que detallan sus componentes principales, componentes que se pueden observar en la **Fig. 2** de este documento.

Paneles solares: Denominados también paneles solares o modulo solar, están encargados de realizar la conversión de la radiación solar en electricidad gracias a los componentes que conforman cada uno de los paneles, proceso que se denomina efecto fotovoltaico; para poder identificar cuanta intensidad puede recibir cada módulo solar va a estar en función de la ubicación geográfica de la aplicación de sistema, la hora del día por las horas pico que tiene cada lugar y la inclinación a la que se encuentre el panel solar [10].

Reguladores: Dispositivo que se encarga de la protección de las baterías, ya sea de sobrecargas o descargas profundas de energía en las baterías; además tiene la función de monitorear constantemente el estado en el que se encuentran las baterías y ajusta sus necedades de uso [10].

Inversor de energía: Componente importante debido a que la energía que sale de los paneles solares es energía DC, es decir Corriente Directa, y se necesita transformar a AC, es decir Corriente Alterna, por lo que se requiere un inversor que se encarga de sincronizar e interconectar los componentes para que su uso pueda ser adecuado, ya sea doméstica, semi industrial o industrial [10].

Baterías: Dentro de este sistema, la parte esencial e importante debido a que estos dispositivos van a ser los que almacenen toda la energía generada por los paneles solares, además de que permiten que el uso de la energía se de en cualquier hora del día y para cualquier uso debido a que el nivel de voltaje siempre va a permanecer estable para no generar ningún inconveniente en su aplicación, brindando así una mayor seguridad y garantía cuando se usa [10].

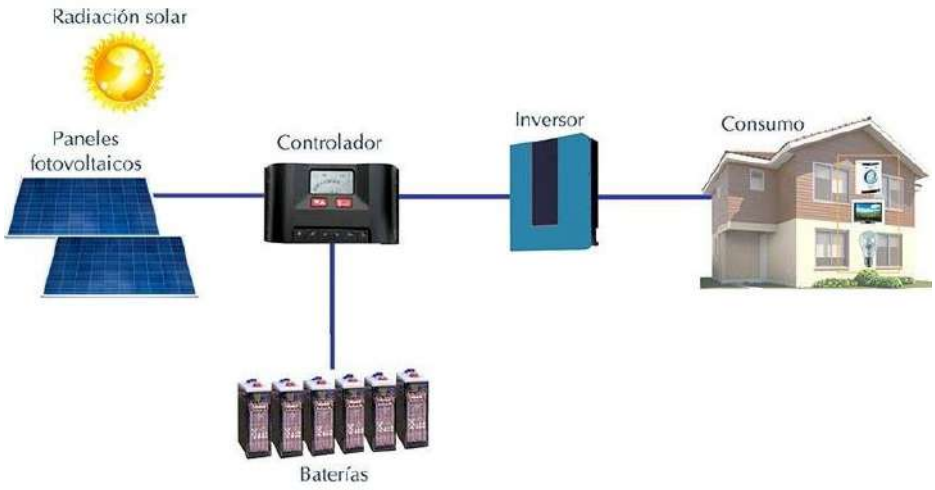


Fig. 5. Sistema Off – Grid, sistema aislado a la red o sistema autónomo [12].

3) Sistema On/Off – Grid o sistema hibrido

Como se muestra en la **Fig. 3** los sistemas fotovoltaicos conectados a la red pero de manera hibrida contribuyen actualmente una de las más grandes y mayores aplicaciones que han tomado gran atención en los últimos años debido a una gran potenciación por su facilidad de aplicación en zonas urbanas debido a que están próximas a la red eléctrica porque se debe realizar conexiones del sistema de baterías y la red eléctrica, generando así un retorno a la inversión, es decir, beneficios económicos al propietario del sistema, además de beneficios personales que pueden ser aplicados dentro del área de mercado, donde se puede realizar compras, ventas o intermediarios de productos, como menciona [10, p. 9].

Puntualizando el funcionamiento de este sistema se tiene que la energía obtenida por medio de los sistemas fotovoltaicos se puede inyectar directamente a la red cuando la producción de energía generada por los paneles solares supera al consumo local y puede ser extraído en caso de no ser suficiente para el consumo que se le está dando. Por lo tanto, la diferencia que más se puede remarcar en este tipo de sistemas, entre el sistema fotovoltaico autónomo y los conectados a red, consiste en que el autónomo solamente se suministra a si mismo sin inyectar energía a la red, por consiguiente, el conectado a la red funciona directamente con la red eléctrica, pero el hibrido puede inyectar energía a la red y obtener una serie de beneficios que se detallaran más adelante [10, p. 10], a continuación se detalla un esquema del sistema observando de manera general las partes de los componentes que los conforman, donde se pude especificar y detallar las líneas de conexión, como se especifica a continuación:

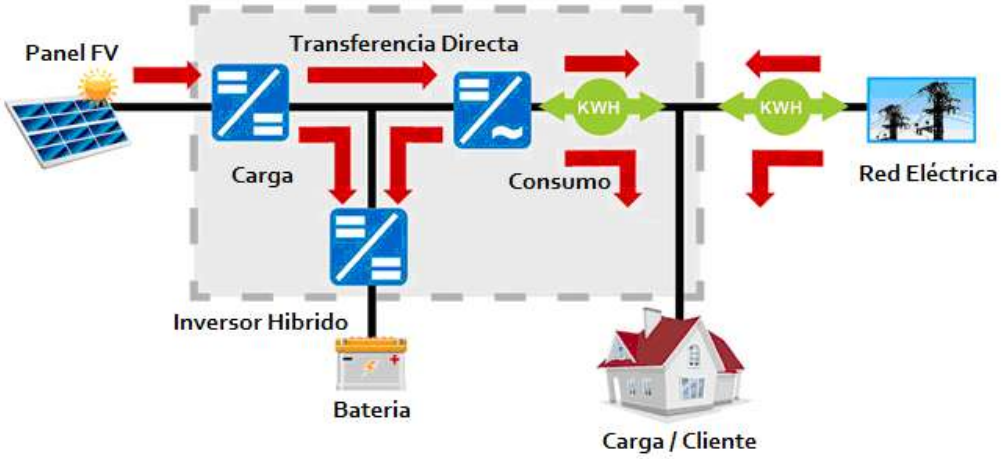


Fig. 6. Sistema On/Off – Grid o sistema hibrido [13].

5. Banco de condensadores



Fig. 7. Banco de condensadores [14].

Al realizar un análisis previo acerca de las maquinas que posee el taller CRAME se identificó que al iniciar el funcionamiento de las maquinas o cuando se utiliza varias máquinas a la vez, existe variación de consumo de energía, algunas bajas y otras que suben, es decir que existen picos de energía, por lo mismo es que se ve en la necesidad de colocar un banco de condensador que regulen los picos de energía para que no exista fallas en el funcionamiento ni una avería en todo el sistema instalado, a manera de conceptualización a continuación se define que es un banco de condensadores.

Se tiene que el banco de condensadores es un equipo constituido y tiene la conformación de condensadores que tienen en la funcionalidad de ayudar a corregir los factores de potencia provocado por los picos de energía generado por maquinas dentro de un taller, ya sea este semi industrial o industrial, es por lo mismo que el factor de potencia tiene una influencia directa en la variable dependiente dentro de todo el sistema, hay que tener en cuenta todas estas consideraciones para que nos ayude a disminuir la energía necesaria de la potencia reactiva que genera el sistema de máquinas en el cual está instalado, como menciona [15].

Adicionalmente, para identificar y enumerar alguno de los beneficios que se pueden obtener con el banco de condensadores en las instalaciones semi industriales o industriales, se detalla que dentro de las más importantes es la disminución de las perdidas en los conductores, es decir que genera beneficios de rendimiento, otro de los beneficios es la reducción de las caídas de tensión que ayuda a que mantener un solo nivel de potencia para el funcionamiento de las máquinas y evitar haya caída de tensión, potencia o energía, las maquinas no se apaguen por falta de energía; otro beneficio y de los más importantes es el aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores y líneas de distribución, es decir que tenemos completamente señalado e identificado cuanto de potencia se tiene y siempre va a permanecer constante para proyectar y programar según las líneas de distribución cuantas maquinas o cuantas áreas de trabajo se puede aplicar, para no tener apagones, perdida de potencia deficiencia al momento de realizar cualquier tipo de trabajo en las diferentes áreas de trabajo, y finalmente el mejor y mayor beneficio por el cual se coloca un banco de condensadores es el incremento de la vida útil de las instalaciones, es decir, maquinas del taller, equipos de oficina y demás inmuebles a los cuales está conectado la red, además con esto se obtiene beneficios económicos, debido a que tiene una baja probabilidad de que en los equipos ocurra un cortocircuito o apagones, ya sea por elevación o reducción de energía, como menciona [16] en su investigación.

Para poder realizar la instalación de tipos de bancos de condensadores se debe tener en cuenta los diagnósticos del sistema eléctrico como medir el factor de potencia que tiene el lugar de la instalación, los tipos de cargas presentes en el taller como los motores grandes, soldadoras y compresores que en este caso existen y son los de mayor consumo, además se debe de analizar y revisar el perfil de consumo diario, es decir

que si el consumo llega a tener una gran variación de la mañana, al medio día y la tarde, se puede llegar a necesitar un banco automáticos que detecte la variación de consumo y adaptarse a los requerimientos del taller, y con estos datos es que se puede llegar a saber la potencia reactiva requerida para la instalación del banco de condensadores; como se mencionó, existen tres tipos de bancos de condensadores, el fijo que es para cargas constantes como los motores grandes que permanecen encendidos la mayoría del tiempo, los automáticos que poseen sistemas eléctricos más complejos y diseñados minuciosamente con contactores o relés térmicos que son adecuados cuando las cargas del taller tienden a cambiar con frecuencia, y finalmente los híbridos que combinan los dos tipos anteriores, capacitores fijos y automáticos [17].

Además se debe considerar donde se va a ubicar el banco debido a que debe estar centralizado para realizar una buena distribución para trabajar directamente con las máquinas; y dentro de las instalaciones se debe considerar las suficientes protecciones para proteger todo el sistema y evitar fallas en el funcionamiento como desconexiones o cortocircuitos por una mala instalación, es por lo mismo que se debe revisar las normativas y recomendaciones que rigen las instalaciones por parte de la empresa eléctrica [14].

6. Accesorios y equipos

Para entrar más en desarrollo del presente proyecto técnico se habla acerca de los modelos, tipos, beneficios y especificaciones sobre los mejores modelos y más utilizados dentro del área de construcción en Ecuador, ya que es donde se realizará la instalación, por lo que se tiene:

Paneles solares monocristalinos

La aplicación de paneles fotovoltaicos en la parte inicial y la más importante del sistema fotovoltaico, por lo mismo, se utiliza el modelo Panel FV Trina Solar Vertex N 610 Wp, como se ve en la **Fig. 8**, debido a que es el más comercial, fácil de adquirir, uno de los más utilizados dentro de las instalaciones fotovoltaicos, características que se especifican a continuación:

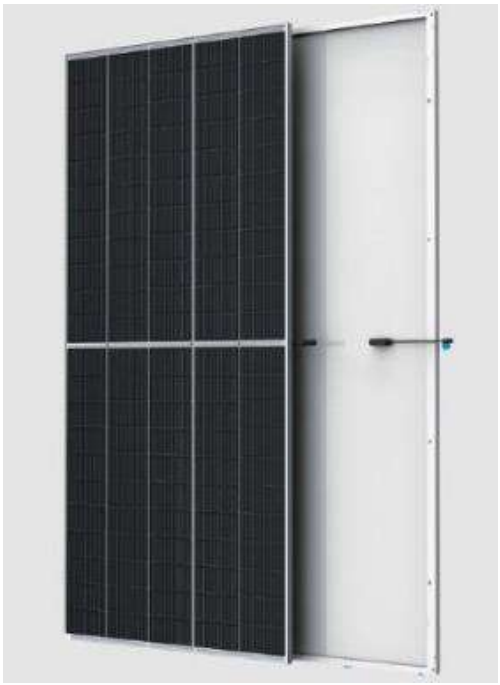


Fig. 8. Panel FV Trina Solar Vertex N 610 Wp [18].

Alto valor para el cliente

- Tamaños de modulo estandarizado con potencia de modulo insignia, 30 W más en comparaciones de la tecnología convencional.
- Diseño de bajo voltaje con mayor potencia de cadena, lo que reduce eficazmente de BOS (Balance del Sistema o Balance of System, por sus siglas en ingles) y el LCOE (Costo nivel de energía o Levelized Costo f Energy, por sus siglas en inglés) entre 1% y 5%.
- Adecuado para todos los escenarios, especialmente aplicaciones comerciales e industriales, residenciales y de instalaciones en el suelo.
- Mayor utilización del espacio en contenedores reduciendo efectivamente los costos de transporte.
- Excelente compatibilidad con componentes del sistema principales existentes [19].

Alta potencia hasta 625 W

- Hasta 23.1% de eficiencia del módulo, basado en plataforma innovadora de 210.
- Tecnología patentada i – TOPCon con una mejora continua de la eficiencia, incluyendo reducción de la resistencia de contacto, mejora de la reflexión trasera y reparación de calidad en los bordes [19].

Alta confiabilidad

- Microgrietas minimizadas con tecnología innovadora de corte no destructivo y empaquetado de alta densidad.
- Reducción de riesgos de puntos calientes con tecnología de célula de medio corte.
- Alta resistencia certificada conta sal, amoniaco, arena, PID (Degradación inducida por potencial o Potential Induced Degradation, por sus siglas en ingles), LID (Degradación inducida por la luz o Light Induced Degradation, por sus siglas en ingles) y LeTID (Degradación inducida por luz y temperatura elevada o Light and elevated Temperature Induced Degradation, por sus siglas en ingles).
- Sostenible en ambientes hostiles y condiciones climáticas extremas [19].

Alto rendimiento energético

- Excelente desempeño bajo irradiación, valido por terceros.
- Coeficiente de temperatura más bajo (-0.29%/°C) [19].

Paneles solares policristalinos

Los paneles solares policristalinos son paneles que están hechos de una serie de bloques de silicio que contienen múltiples cristales. Este tipo de paneles tienen una forma cuadrada y la gran mayoría de este tipo de paneles tienden a tener una apariencia de mosaico, este tipo de acabado en la superficie se da por todo los módulos por los que están compuestos; además de que se caracteriza por su distintivo color azul [20]. A continuación en la figura se muestra un panel solar policristalino SBSPV265P – 60 que tiene una potencia máxima de 265 W, donde hay que considerar una tolerancia de potencia de 5 W, y dentro de sus especificaciones eléctricas se tiene que su máximo poder en la noche es de 197 W, sus tipos de células es policristalino con medidas de 156.75x156.75 mm que llega a tener un peso de 18.8 kg, y su marco es de aluminio anodizado y a continuación se habla de algunas de sus ventajas para poder realizar la aplicación de este modelo de paneles solares:



Fig. 9. Panel solar policristalino [20].

Ventajas de los paneles solares policristalinos:

Se tiene que este modelo de paneles fotovoltaicos posee una alta eficiencia cristalina con gran aplicabilidad a zonas residenciales y público en las azoteas de diferentes edificaciones, además de que la barra principal de las barras de las celular fotovoltaicas de los paneles solares son más uniformes, lo que genera una mayor capacidad de recolección, lo que brinda mayores beneficios para el autoconsumo, además de verse estéticamente más llamativos cuando la instalación de los sistemas fotovoltaicos se realizan en techos [21].

Además, el vidrio autor reflectante tiene el beneficio de reducir las pérdidas de potencia gracias a su función de autolimpieza cuando está bajo las condiciones de lluvia, ya que con el vidrio que posee aumenta en gran medida la absorción de la luz, siendo así un excelente panel en cuanto al rendimiento al realizar la generación de luz (esto en la mañana, al anochecer, días nublados, lluviosos y en otras condiciones), teniendo varios beneficios [21].

Dentro de sus beneficios mecánicos en cuanto a su rendimiento se tiene que resiste cargas de viento de hasta 2400 Pa y más del doble para carga de nieve con 2400 Pa; además de poseer un certificado anti – sal – niebla y alta resistencia a la corrosión acorde al lugar de la instalación donde se realice; asimismo este tipo de paneles están diseñados para mejorar la potencia al momento de la salida del sistema, siendo así paneles bastante eficientes.

Inversores de red

La aplicación de inversores de red es la siguiente parte complementaria e importante del sistema fotovoltaico debido a que recibe la energía en CC y la transforma en CA para el uso dentro de los equipos dentro del lugar de la instalación, por lo mismo, se utiliza inversores de red de la marca Growatt, debido a que están establecidos más de 10 años en el mercado no solo en Latinoamérica sino también en Europa y Asia por lo que su accesibilidad es alta, la información a la que se puede acceder es amplia, la garantía que brinda es igual de convincente debido a que muestra como mínimo una garantía de 10 años hasta garantía de 25 años, lo que la hace una opción bastante fiable dentro de las instalaciones fotovoltaicas, incluso por sus dimensiones es manejable, considerando mantenimiento y cambio de inversor de red después de sus años de funcionamiento o trabajos adicionales como se puede ver en la **Fig. 10**, además acompañados del detalle de las siguientes características:



Fig. 10. Inversor de red Growatt [22].

Alta eficiencia energética: Tiene una eficiencia máxima del 98.1% cualidad por lo cual garantiza una conversión muy eficiente y bastante optima de la energía solar en electricidad que se puede utilizar en equipos y máquinas del lugar de la instalación [23].

Flexibilidad en el diseño del sistema: Posee variedad de MPPTs (Maximum Power Point Tracker por sus siglas en inglés o Seguidores del Punto Máximo de Potencia) independientes que permiten y ayudan en una mayor y mejor adaptabilidad en la

configuración de la agrupación e instalación de los paneles solares, generando así una gran facilidad de colocación en techos que tengan variedad de orientaciones o buscar evitar la sombra que llegue a generarse; entonces los MPPTs se encargan de entregar la mayor potencia de energía generada por los paneles, ya que son MPPTs se podría perder alrededor del 10% al 30% de la eficiencia energética del sistema fotovoltaico instalado [23].

Monitoreo inteligente: Tiene incluido un módulo Wi – Fi que permite el monitoreo en tiempo real mediante plataformas digitales de Growatt, lo que ayuda a la supervisión continua e ininterrumpida del rendimiento del sistema y de los equipos a cualquier hora y en cualquier lugar, generando así una facilidad al querer saber el estado del sistema [23].

Resistencia a condiciones adversas: Este modelo de inversores posee una certificación IP66 que la hace resistente al polvo y agua, permitiendo de la misma manera que las instalaciones sean en exteriores ya que no habría ninguna preocupación o inconveniente [23].

Para realizar una ampliación de información se detalla los tipos de inversores de red que existen basándose las especificaciones anteriores que es la mayoría de los inversores los que los poseen.

Inversores de red On – Grid

Este modelo de inversores fotovoltaicos conceptualmente se encargan de convertir la energía que sale de corriente continua que proviene de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna para que sea útil dentro del lugar en donde se realizará la instalación fotovoltaica; además de que permite inyectar la energía que está en exceso hacia la red pública para que pueda ser aprovechada por otros usuarios y generarle beneficios económicos al dueño de la instalación fotovoltaica; además, una de las características principales de este tipo de inversores es que no funciona si no está conectado a la red eléctrica, por lo que se debe conectar para su adecuado funcionamiento y tener los beneficios que se mencionó; remarcando, como característica adicional, que este tipo de inversores se desconectan automáticamente si hay un corte de electricidad, todo esto para proteger los equipos y a los que esté conectado el inversor [24].



Fig. 11. Inversor de red On – Grid [24].

Inversores de red híbridos

Este tipo de inversores de red tiene la característica de poder proporcionar energía a las cargas o equipos que estén conectados mediante la utilización de energía obtenida por medio del suministro eléctrico, baterías o paneles solares como en el caso de este proyecto; tomando en cuenta que si la energía solar fotovoltaica obtenida es buena, puede llegar a realizar alimentación o inyección a la red y cargar las baterías que también deben estar conectadas, caso contrario, si la energía proporcionada por los paneles fotovoltaicos es insuficiente, el inversor puede obtener energía de la red e inyectar a los equipos y sistemas que está en funcionamiento, por lo que, dependiendo de las diferentes situaciones que se tenga cuando está en funcionamiento este inversor funcionará de un lado o de otro [25]; asimismo como los otros modelos de inversores, se encarga de convertir la corriente continua en corriente continua, además de poder cargar y descargar las baterías que se encuentran en almacenamiento, entonces tienen la ventaja de gestionar de una forma inteligente la energía que está ingresando, que como se mencionó, puede ser obtenida por medio de energía solar, baterías o de la red.



Fig. 12. Inversor de red híbrido [26].

Inversores de red Off – Grid

Este tipo de inversores de red Off – Grid funciona de forma independiente de la red pública, es decir que no tienen ningún contacto, así como los anteriores modelos de inversores de red se encarga de convertir la corriente continua en corriente alterna para el adecuado y correcto funcionamiento de los equipos a los cuales está conectado, este modelo trabaja directamente con baterías que se encargan de almacenar la energía para después ser utilizada en máquinas, equipos y sistemas a los cuales estén conectados en la instalación fotovoltaica, este tipo de inversores a menudo tienen incluido en su sistema controladores de carga [27].



Fig. 13. Inversor de red Off – Grid [28].

Baterías

La aplicación de un banco de baterías o un respaldo de baterías es de los más importantes cuando se planea hacer un sistema completamente aislado o independiente, es este trabajo técnico como se va a considerar todos los tipos, se agrega las propiedades de las baterías que se podrían utilizar ya que llega a ser importante del sistema fotovoltaico, por lo mismo, se utiliza como referencia baterías de la marca Growatt como se ve en la **Fig. 14**, debido a que es el más comercial, fácil de adquirir, uno de los más utilizados dentro de las instalaciones fotovoltaicos, características que se especifican a continuación:



Fig. 14. Batería de litio Growatt [29].

Seguridad avanzada: Por sus propiedades químicas de cómo está constituido, además de poseer la propiedad de que no tiene cobalto, llega a ofrecer una gran resistencia térmica y una muy buena estabilidad, lo que ayuda a reducir riesgos por sobrecalentamiento o incendios [30].

Instalación sencilla: Por la forma en como está diseñado ya que se puede apilar sin la necesidad de necesitar cables entre cada uno de los módulos lo hace eficiente al momento de necesitar aplicar barias baterías, teniendo así una instalación rápida, reduciendo tiempos de trabajo [30].

Escalabilidad: Característica y beneficio potencial ya que puede empezar desde 5 kWh hasta llegar a expandirse a 400 kWh mediante la característica de poder realizar conexiones en paralelo de múltiples números de módulos de baterías.

Compatibilidad: Como forman parte de la misma familia de los inversores de red, se puede aplicar directamente inversores de la marca Growatt de las series SPF (Off – Grid), SHP (Híbridos con conexión a red) y SPA (Híbridos para acoplamientos en AC) [31].

Mantenimiento inteligente: Este tipo de propiedades genera beneficios al dueño del sistema gracias a que incluye funciones de activación automática tras llegar a tener una descarga total de las baterías, tiene también diagnóstico remoto del sistema y actualización en su sistema operativo cada que el dispositivo lo detecte [30].

Eficiencia energética: Característica de optimizar los niveles de los módulos, permitiendo así llegar a mezclar o intercalar baterías nuevas con baterías usadas, todo esto sin llegar a afectar o generar inconvenientes en el rendimiento del sistema, de los equipos o general [30].

Aplicaciones residenciales: Ideal para que se pueda realizar aplicación en hogares que están buscando realizar una independencia energética, y tener un respaldo de baterías es esencial durante los cortes de energía eléctrica.

Aplicaciones comerciales: Ideales para pequeñas y medianas empresas que están buscando reducir costos energéticos en sus planillas de luz y mejorar la sostenibilidad con una energía limpia, ideal donde se tiene máquinas o equipos de media potencia.

Aplicaciones Off – Grid: Esta aplicación es perfecta donde se desee hacer instalaciones en áreas geográficas donde no hay acceso a la red eléctrica debido a la ubicación a donde se desea llegar, como por ejemplo fincas o comunidades rurales.

Con las especificaciones generales anteriores, a continuación se habla de los tipos de baterías y sus principales características:

Baterías de plomo – acido

Este tipo de baterías son acumuladores eléctricos recargables bajo una reacción química entre plomo y ácido sulfúrico, esta aleación fue inventada y puesta en prueba en el siglo XIX y hasta hoy en día se sigue aplicando en instalaciones fotovoltaicas,

especialmente en instalaciones donde el factor económico es crítico; la conformación de las baterías está constituida por ánodos, cátodos y electrolitos. Los tipos de baterías que se tiene dentro de este modelo son los abiertos que tienen electrolitos líquidos visibles y son más económicos, y los sellados que tienen electrolitos absorbidos en mallas de fibra de vidrio y son más seguros y limpios.

Baterías de GEL

Este tipo de baterías utilizan el mismo principio químico de las baterías de plomo – acido pero con una considerable modificación en los electrolitos debido a que el ácido sulfúrico se mezcla con sílice, lo que le genera que se convierta en un gel espeso en lugar de tener una batería liquida, lo que da varias ventajas sobre las baterías abiertas o AGM, como una mayor y mejor resistencia a vibraciones, también una mayor seguridad y tolerancia a temperaturas extremas; donde las grandes ventajas es que no requiere mantenimiento por cómo está conformado, son más segura porque no emiten gases tóxicos cuando se hace un uso adecuado de las baterías, además de que tienen una mayor duración que otro modelos de baterías, resiste una mayor cantidad de descargas profundas, asimismo funciona bien a temperaturas extremas.

Baterías de litio

El principal compuesto con el que están fabricados es el litio, que es el material activo de los electrodos, dentro de las instalaciones fotovoltaicas es el tipo más común de baterías por su seguridad, estabilidad térmica y sobre todo la durabilidad porque tiene una alta eficiencia, una larga vida útil y tiene un mantenimiento nulo. Su funcionamiento esta dado mediante el movimiento de iones de litio entre ánodos y cátodos que circulan a través de un electrolito; además, tiene una muy larga vida útil, su carga y descarga es rápida, tiene una alta eficiencia energética, tiene un menor peso y volumen y el litio es un material muy seguro.



Fig. 15. Tipos de baterías [32].

Conectores MC4

Los conectores MC4 son conectores diseñados específicamente para realizar instalaciones solares fotovoltaicas, la denominación de MC4 viene de la denominación Multi – Contacto que posee 4 mm de diámetro de contacto entre conexiones, todo esto permite conectar de manera mucho más rápida, muy segura y sobre todo resistente los cables interconectados entre los paneles solares y hacia otros componentes como los inversores y reguladores que se mencionó anteriormente en este trabajo técnico, un modelo de conectores MC4 se puede ver en la **Fig. 16**.



Fig. 16. Conectores MC4 [33].

Funciones principales: Dentro de las principales y para la cual es fabricada es unir los cales solares de una manera estable y segura en DC, además de facilitar la conexión y desconexión en caso de que llegue a haber mantenimiento, cambio de cables, cambio de equipos o inspección de instalaciones, asimismo evita errores de polaridad debió al diseño que tienen los conectores MC4 ya que tienen diseño macho/hembra, y finalmente asegurar la hermeticidad entre conexiones por las condiciones de diseño que evita entrada de agua, polvo o suciedad [34].

Beneficios: Poseen una alta resistencia a condiciones climáticas extremas como lluvia, polvo, sol intenso, nieve, viento y demás condiciones; posee certificaciones de fabricación alemana que garantiza estándares de calidad y una alta seguridad internacional, además de la manera en cómo están diseñados llegan a tener una compatibilidad universal con la mayoría de los paneles que se tiene de venta en el mercado; así mismo posee grados de protección IP65 e IP68, las seguridades IP65 tiene protección contra chorros de agua y las seguridades IP68 tiene protecciones contra inmersión temporal, 1 metro por 1 hora, es decir que puede estar sumergido por 1 hora dentro de 1 metro de agua y funcionará sin ningún problema; otro de los

beneficios es su alta capacidad de voltaje ya que puede resistir hasta 1500 VDC, lo que lo vuelve ideal para strings de paneles solares que están conectados en serie lo que genera alta potencia; finalmente dentro de los últimos y mejores beneficios se tiene que puede resistir a altas temperaturas de trabajo, hasta +105 °C, con lo que se puede trabajar en zonas cálidas [34].

Aplicaciones: Comparte aplicaciones con los anteriores equipos debido a que se puede aplicar dentro de sistemas solares residenciales ya que los conectores pueden quedar expuestos en techos de casas con los paneles, así mismo para sistemas solares comerciales, semi industriales o industriales como en grandes parques ecológicos solares o estructuras de naves industriales de las industrias; claramente la aplicación de los conectores dentro de los sistemas fuera de la red (Off - Grid) o sistemas conectados a la red pública (On – Grid) [35].

El tipo, marca y modelo que se tiene planeado usar dentro de este proyecto técnico es el mismo que nos ofrece de la marca Growatt, que como se mencionó anteriormente es una marca ya establecida en el mercado, es fácil de adquirir y la garantía que ofrece hace que desde el diseño sea seguro con ese tipo de conectores, pasando por la cotización, dimensionamiento y uso. Pero también se menciona algunas de las marcas que también fabrican y expenden estos tipos de conectores como por ejemplo la marca Schneider Electric, Eaton, Lovato Electric, Phoenix Contact, entre otras, que son marcas que también ofrecen módulos solares, inversores de red, baterías, protecciones, cables y demás elementos para instalaciones fotovoltaicas.

Protecciones eléctricas

Es importante realizar el análisis de los tipos, modelos y cuantas protecciones se van a colocar dentro de toda la instalación fotovoltaica, es decir las necesarias para que funcione bien el sistema y no llegue a existir falla de funcionamiento por una falta de protección en algún punto de la instalación del sistema, por eso de manera general se habla de las protecciones eléctricas donde se toma en cuenta disyuntores, termomagnéticos, interruptores, fisibles, puestas a tierra y demás como se puede ver en la **Fig. 17**, y se describe sus características.



Fig. 17. Protecciones eléctricas [36].

Los beneficios que genera este tipo de equipos dentro de los sistemas fotovoltaicos, dentro de los principales es la protección contra sobrecargas que ayudan a desconectar automáticamente el circuito si llega a pasar más corriente de las que el sistema instalado pueda llegar a utilizar, haciendo así que esto evite daños en los cables y en los equipos instalados como los inversores o baterías, que si llegan a quemarse, sería una gran pérdida; además brindan protección contra cortocircuitos ayudando así a detectar y realizar el corte de energía rápidamente si llega a ocurrir un cortocircuito protegiendo de igual manera los equipos del sistema; otros de los beneficios que tienen estos equipos es que son reutilizables, debido a que se puede desinstalar de un lugar y colocarlo en otro, además de todo aumenta en gran medida de seguridad siendo una barrera de primera protección estando en la primera línea de los paneles solares, esto para corriente continua (DC) y corriente alterna (AC), ya que si llega a haber elevaciones de energía o cortocircuito, sean esos elementos los que se dañen y mantengan seguros a los más importantes; finalmente la facilidad para el mantenimiento debido a que permite la fácil desconexión de los elementos para realizar limpieza, revisar el estado o si en algún momento se llega a quemar, se le puede reemplazar fácilmente, siendo así un gran beneficio [37].

Cable fotovoltaico

Con todos los equipos necesarios para realizar la instalación se debe utilizar un modelo, un tipo de cable con especificaciones adecuadas para realizar bien las conexiones del sistema fotovoltaico solar, es por eso por lo que se habla de los tipos, y sus especificaciones, así como la normativa que rige dentro de Ecuador, el cable

fotovoltaico se puede ver en la **Fig. 18** donde también se observa como esta con los conectores que se mencionó anteriormente sobre los conectores MC4, y a continuación se describe las características del cable que se analizará la aplicación con la marca Prysun Photovoltaico, que es una marca establecida, conocida y comercial para este tipo de instalaciones fotovoltaicas.



Fig. 18. Cable fotovoltaico [38].

Beneficios: Dentro de los principales beneficios y características que debe tener este tipo de cables para las instalaciones fotovoltaicas es que debe resistir a niveles extremos de temperatura ya que puede trabajar en bajas temperaturas como la lluvia y nieve, así como a altas temperaturas provocadas por la exposición directa al sol, se tiene datos que trabaja en temperaturas desde los -15°C hasta los 90°C, y este tipo de cables tienen estas características, además de que posee resistencia a rayos UV y resiste a la humedad y grandes cambios climáticos, ya que puede estar en operación de hasta 20 000 horas considerando que la temperatura del conductor este a 120°C [39].

Características: Las dimensiones que tienen este tipo de cables va en base a su diámetro, por lo que se tiene secciones desde 1.5 mm^2 hasta 400 mm^2 por lo que dependiendo del dimensionamiento del sistema y de los equipos que se van a utilizar; finalmente usualmente se utiliza el color rojo como cable positivo y el cable de color negro como cable negativo.

Anclajes

Los anclajes utilizados para los paneles solares dentro de las instalaciones fotovoltaicas son básicamente para asegurar y fijar los paneles solares a la estructura o superficie en donde vayan a quedar instalados, ya sea en techos, losas, paredes o

directamente en el suelo, es por lo mismo que a continuación se muestra algunos de los modelos de anclajes acorde al lugar en donde se vaya a colocar los paneles de las instalaciones fotovoltaicas.

Anclajes para techo de tejas

Diseñados para instalaciones que tengan techos de teja.

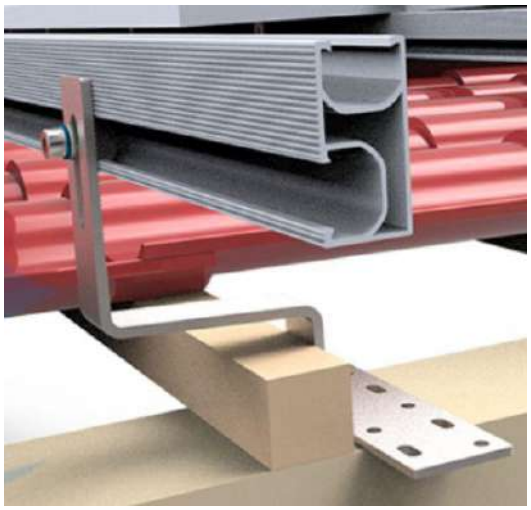


Fig. 19. Anclajes para techo de tejas [40].

Anclajes para techo de metal trapezoidal

Diseñados para instalaciones que tengan techos de metal trapezoidal.

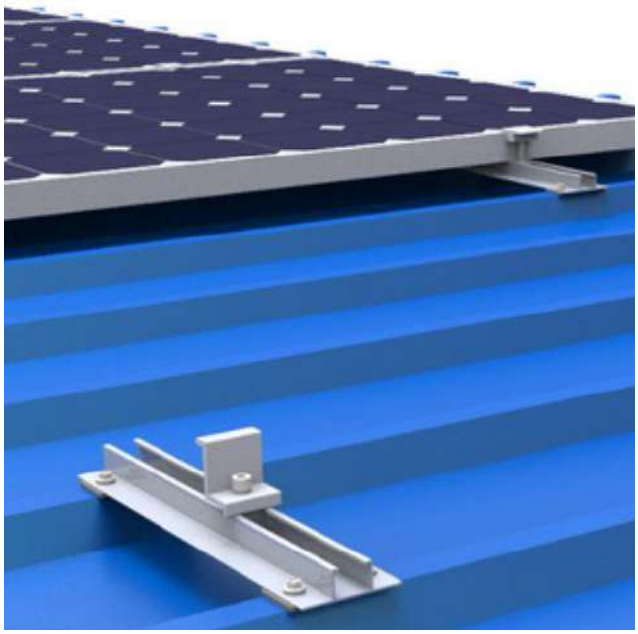


Fig. 20. Anclajes para techo de metal trapezoidal [41].

Anclajes para techo de Eternit

Diseñados para instalaciones que tengan techos de Eternit.



Fig. 21. Anclajes para techo de Eternit [42].

Anclajes para techo plano

Diseñados para instalaciones que tengan techos planos.



Fig. 22. Anclajes para techo plano [43].

Anclajes para suelo

Diseñados para instalaciones que se vayan a realizar en el suelo.

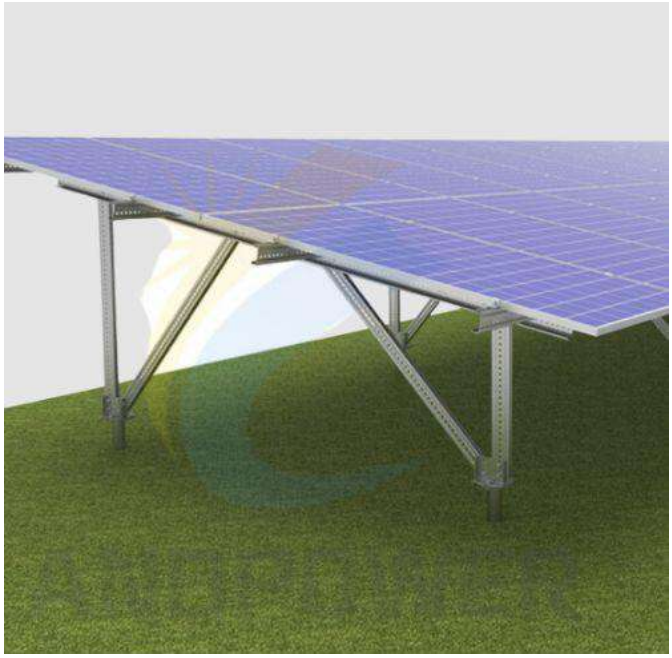


Fig. 23. Anclajes para suelo [44].

7. Dimensionamiento

Con la finalidad de realizar el dimensionamiento numérico en el siguiente capitulo, se hace una recapitulación de las fórmulas que se van a utilizar desde el consumo del sistema, siguiendo con la obtención de números de paneles, numero de inversores, selección de cable, protecciones y demás accesorios necesarios en el sistema; asimismo se especificará las propiedades de cada uno de los elementos a utilizarse basadas en fichas técnicas para que obtener resultados más acercados a la realidad para una buena aplicación y funcionamiento que permita pasar de un proyecto teórico a un proyecto práctico.

1) Ecuaciones

Partiendo del consumo del lugar de la instalación, expresada en la ecuación (1) a continuación:

$$CDE = \sum Potencia\ Consumida\ en\ un\ Tiempo \quad (1)$$

Donde:

CDE = Consumo de energía en W, kW, MW.

Continuando con la energía necesaria, expresada en la ecuación (2) a continuación:

$$TEN = \frac{CDE}{\eta} \tag{2}$$

Donde:

CDE = Consumo de energía en W, kW, MW.

η = Ajuste por eficiencia

Adicionalmente se necesita las horas solar pico, expresada en la ecuación (3) a continuación:

$$HSP\ mensual\ promedio = \frac{\sum HSP\ mensual}{12} \tag{3}$$

Donde:

$HSP\ mensual\ promedio$ = Hora Solar Pico promedio en un año (kWh/m^2).

$HSP\ mensual$ = Hora Solar Pico de cada mes (kWh/m^2).

Para el dimensionamiento de los diferentes sistemas se tiene:

On – Grid:

El número de paneles necesarios, con la ecuación (4) a continuación:

$$N°\ paneles = \frac{CDE}{HSP \cdot P_{Panel_{Max}}} \tag{4}$$

Donde:

$N°\ paneles$ = Número de paneles necesarios para el sistema

CDE = Consumo de energía en W, kW, MW.

$HSP\ anual$ = Hora Solar Pico en un año (kWh/m^2).

$P_{Panel_{Max}}$ = Potencia pico máximo del panel (kW).

Para el inversor de voltaje se tiene en le ecuación (5) a continuación:

$$P_{inversor} = N° \, paneles \cdot P_{Panel} \tag{5}$$

Donde:

$P_{inversor}$: La potencia necesaria del inversor de red en kW.

$N° \, paneles$: Número de panales necesarios en el sistema.

P_{panel}: Potencia de energía que genera el panel en W.

Híbrido:

Para el dimensionamiento de los equipos del sistema híbrido se utiliza la ecuación (4) para los paneles y la ecuación (5) para el cálculo de la potencia del inversor de red.

Para la determinación del número de baterías se inicia por la capacidad requerida del sistema expresada por la ecuación (6) que esta expresada por:

$$Capacidad \, requerida = \frac{CDE}{DoD} \tag{6}$$

Donde:

$Capacidad \, requerida$: Es la capacidad requerida a ser cubierta en kWh.

CDE: Es el consumo diario realizado por el sistema en $kWh/día$.

DoD: Profundidad de energía permitida (0.9 para baterías de litio)

Y se termina con el número de baterías necesarias expresada por la ecuación (7) a continuación:

$$N° \, baterías = \frac{Capacidad \, requerida}{P_{batería}} \tag{7}$$

Donde:

$Número \, de \, baterías$: Es el número de baterías necesarias para el sistema.

$Capacidad \, requerida$: Es la capacidad requerida a ser cubierta en W.

$Potencia \, de \, la \, batería$: Es la potencia de la batería en W.

Off – Grid:

Se inicia por el cálculo del número de paneles expresada por la ecuación (8) a continuación:

$$N° \, paneles = \frac{CDE}{HSP \cdot P_{Panel_{Max}} \cdot \eta} \tag{8}$$

Donde:

$N° \, paneles$ = Número de paneles necesarios para el sistema.

CDE = Consumo de energía en W, kW, MW.

$HSP \, anual$ = Hora Solar Pico en un año (kWh/m^2).

$P_{Panel_{Max}}$ = Potencia pico máximo del panel (kW).

η: Eficiencia del sistema (Se considera una eficiencia del 80% y pérdidas del 20%).

Para el dimensionamiento del inversor de voltaje se utiliza la misma ecuación (5).

Para el número de baterías se utiliza la misma ecuación (6) de la capacidad requerida, y se continua con la ecuación (7) para la determinación del número de baterías.

Para los equipos de protección se inicia por la ecuación (9) a continuación:

$$Corriente \, del \, regulador = Corriente \, de \, salida \, de \, paneles \cdot 1.25 \tag{9}$$

Donde:

La corriente de salida de los paneles depende de las especificaciones del panel a utilizarse, datos que se puede revisar en el Anexo 1 más detalladamente.

1.25 es un factor de seguridad para la elección del regulador

Continuando con el cálculo del número de reguladores de carga, que inicia con la ecuación (10):

$$P_{total} = N° \, paneles \cdot P_{panel} \tag{10}$$

Donde:

P_{total}: potencia generada por los paneles en W, kW, MW.

$N° \, paneles$: paneles calculados para la instalación.

P_{panel}: Potencia pico máximo del panel en Wp.

Continuando con el cálculo de la corriente total que deberían manejar los reguladores de carga se tiene la ecuación (11):

$$I_{total} = \frac{P_{total}}{V_{batería}} \tag{11}$$

Donde

I_{total}: Corriente total que debe manejar el regulador en A.

P_{total}: Potencia generada por los paneles en W, kW, MW.

$V_{batería}$: Voltaje de funcionamiento de la batería en V.

Finalmente se calcula con la ecuación (12) el número de reguladores necesarios para el sistema:

$$N° \, reguladores = \frac{I_{total}}{Corriente \, de \, carga} \tag{12}$$

Donde se tiene que:

$N° \, reguladores$: Número de reguladores necesarios para el sistema.

I_{total}: Corriente total que debe manejar el regulador en A.

$Corriente \, de \, carga$: Es la corriente con la que funcionan las baterías.

Adicionalmente, se calcula la energía generada, con la ecuación (13) a continuación:

$$Eg = P_{instalada} \cdot HSP \cdot \eta \quad (13)$$

Donde:

Eg = Energía generada en un periodo de tiempo horas, días, semanas, meses, años.

$P_{instalada}$ = La potencia instalada del sistema en kW, que se desglosa en la ecuación (14):

$$P_{instalada} = N° \, paneles \cdot P_{Panel_{Max}} \quad (14)$$

Donde se tiene que:

$N° \, paneles$ = Número de paneles necesarios para el sistema

$P_{Panel_{Max}}$ = Potencia pico máximo del panel (kW).

HSP = Tiempo en horas, días, semanas, meses, año expresado en la ecuación (15) a continuación:

$$HSP = N° \, HSP \cdot Período \, de \, tiempo \quad (15)$$

Donde:

$N° \, HSP$ = Número de horas solar pico de la ubicación de la instalación.

$Período \, de \, tiempo$ = Expresada en unidad de tiempo en horas, días, semanas, meses, años.

η = Ajuste por eficiencia

Adicionalmente se tiene la generación de energía mes a mes, expresada en la ecuación (16):

$$Eg_{mes} = \frac{Eg}{12} \quad (16)$$

Donde

Eg la energía generada en todo el año, que se divide para 12 por el número de meses del año.

Para saber la recuperación de la inversión de los 3 sistemas se realiza el cálculo del retorno a la inversión expresada por la ecuación (17) a continuación:

$$ROI\ (\%) = \left(\frac{BAN}{CTI}\right) \cdot 100 \tag{17}$$

Donde:

$ROI\ (\%)$: Es el retorno a la inversión en porcentaje.

BAN: Ahorro anual de energía.

CTI: Costo del sistema fotovoltaico (On – Grid, Off – Grid o Híbrido).

El periodo de retorno de la inversión esta expresada por la ecuación:

$$PR = \frac{CTI}{AAFE} \tag{18}$$

Donde:

PR: Es el período de retorno calculada en años.

CTI: Costo del sistema fotovoltaico (On – Grid, Off – Grid o Híbrido).

$AAFE$: Es el valor estimado o exacto que se ahora anualmente en la facturación eléctrica.

Finalmente, el BAN, se calcula con la ecuación

$$BAN = Eg \cdot PTSPEE \tag{19}$$

Donde:

BAN: Ahorro anual de energía.

$PTSPEE$: Pliego tarifario del servicio público de Empresa Eléctrica

II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

A. Estudio internacionales

En el trabajo realizado por [46] se realizó un profundo análisis técnico del sistema y económico acerca de la viabilidad y sostenibilidad acerca de la instalación de sistemas fotovoltaicos en viviendas Omán, donde se analizó sistemas autónomos y sistemas conectados a la red, donde dentro del estudio realizado se mostró que al realizar la instalación de los sistemas autónomos llegan a requerir una mayor inversión ya que se debe utilizar un banco de baterías con una gran capacidad de almacenamiento por la energía generada por el sistema fotovoltaico, baterías que dan como resultado un incremento económico no solo en las baterías sino en los costos de operación y mantenimiento posterior a la instalación; por lo contrario, los sistemas conectados a la red dieron como resultado ser más económicos debido a que se puede inyectar la energía restante directamente a la red pública, por lo que elimina el costo de las baterías y costos operativos y de mantenimiento [46].

Lo que nos da como conclusión que en esta investigación realizada en Omán – Medio Oriente los sistemas conectados a la red brindan un beneficio muy llamativo en costo – beneficio, pero en áreas urbanas dentro de la ciudad o semiurbanas cercanas a la ciudad.

B. Estudios realizados en Ecuador

Dentro de Ecuador la implementación de instalaciones fotovoltaicas tiene barreras que limitan las instalaciones debido a que los costos con que se proyectan llegan a ser elevados, además de una falta de incentivos o beneficios fiscales que puede darse cuando se realiza este tipo de instalaciones, pero en provincias como Pichincha se han hecho instalaciones de granjas fotovoltaicas como es el caso de SAVREH S.A. que posee instalaciones de granjas que generan hasta 1.45 MW y trabaja directamente con Nova Alimentos generando y compartiendo energía generando un autoconsumo para ciertas áreas de la empresa casi por completo, llegando así a tomar una gran iniciativa de aprovechar los recursos naturales y aplicarlos en empresas como es el caso de estas dos [47].

Lo que deja como conclusión que aunque haya barreras que retrasen un poco el proceso de instalaciones fotovoltaicas dentro de Ecuador, existen empresas que se asocian entre

sí para buscar beneficiarse económicamente dentro de cada una de las empresas ganando y ahorrando dinero, como llegando a tener beneficios fiscales debido a que generan un tipo de energía limpia, buscan dar ejemplo a otras empresa que se puede trabajar de una manera más enfocada en proteger el planeta y sobre todo, el desarrollo en tecnología.

3. Estudios realizados en Tungurahua

De manera local, en Tungurahua se desarrolló un proyecto con la finalidad de realizar el diseño y construcción de una estación de carga solar aislada como menciona [48] donde se abordó temas de estudio como el dimensionamiento optimo del número de paneles que iban a ser necesarios para el funcionamiento del sistema fotovoltaico así como del número de baterías necesarias para el almacenamiento de la energía generada, además del análisis técnico del rendimiento anual donde se determinó que con las condiciones de radiación que existen en Tungurahua, el sistema instalado, que en este caso es un sistema autónomo tiene una gran viabilidad pero para aplicaciones puntuales como por ejemplo la carga de vehículos eléctricos obviamente, o la alimentación a sistemas aislados, pero con la limitante de que el costo de las baterías que se debe instalar en el sistema llega a elevar el costo del proyecto en una escala muy alta, teniendo que optar en futuros proyectos o análisis teóricos por otros tipos de sistemas que generen beneficios más allá de los económicos.

Los que deja como conclusión que los sistemas fotovoltaicos autónomos analizados e instalados según este estudio realizado son adecuados para un tipo de instalaciones específicas y sobre todo especializadas como es el caso de generar autonomía para un hogar o instalaciones para carga de vehículos, pero para consumo industriales que son muy elevados es mucho más preferible un sistema conectado a la red.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Realizar una comparación técnico – económica entre un sistema fotovoltaico autónomo y un sistema con cedencia de energía a la red en la empresa CRAME, con el fin de determinar cuál opción optimiza la eficiencia energética y reduce los costos operativos.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Analizar el consumo energético actual de la empresa CRAME para establecer la capacidad necesaria de los sistemas fotovoltaicos.

2) Determinar los parámetros técnicos y seleccionar los dispositivos adecuados para el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo y un sistema con cedencia a la red, asegurando su eficiencia y adecuación a las condiciones específicas de la empresa.

3) Comparar los costos de inversión, operación y mantenimiento de ambos sistemas, evaluando su retorno de inversión y los beneficios económicos a largo plazo, con el fin de identificar la opción más rentable para la empresa CRAME.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

I. EQUIPOS Y MATERIALES

Dentro de los equipos y materiales que se van a utilizar para el desarrollo del presente proyecto técnico, se tiene a continuación:

TABLA I

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES

Equipos y materiales			
N°	**Equipos o material**	**Uso**	
1	Computadora portátil	Para realizar todo el desarrollo del proyecto técnico, simulaciones, cálculos y demás usos.	
2	Multímetro	Para realizar mediciones de potencia en las maquinas que no tiene otra alternativa de medirse como tener una placa o una ficha técnica con sus datos.	
3	Software	Programa especializado en la simulación y proyección de cuantos equipos como paneles solares, inversores y baterías se necesita.	PVSYST PHOTOVOLTAIC SOFTWARE
4	Base de datos climática	Necesario para poder adquirir datos geográficos del lugar de la instalación fotovoltaica	NASA National Aeronautics and Space Administration Goddard Space Flight Center
5	Catálogos o fichas técnicas de componentes fotovoltaicos	Necesarias para poder identificar las especificaciones de las cada uno de los componentes de los equipos para la instalación de los sistemas fotovoltaicos	

II. MÉTODOS

Para tener una cronología de lo que se va a realizar en el proyecto, se identifica el desarrollo del proyecto mediante fases, donde se describe la metodología a utilizarse:

1. Descripción de la metodología

En la **Fig. 24** se muestra las fases y que actividad se realizará en cada una de ellas, con la finalidad de tener un buen cronograma establecido:

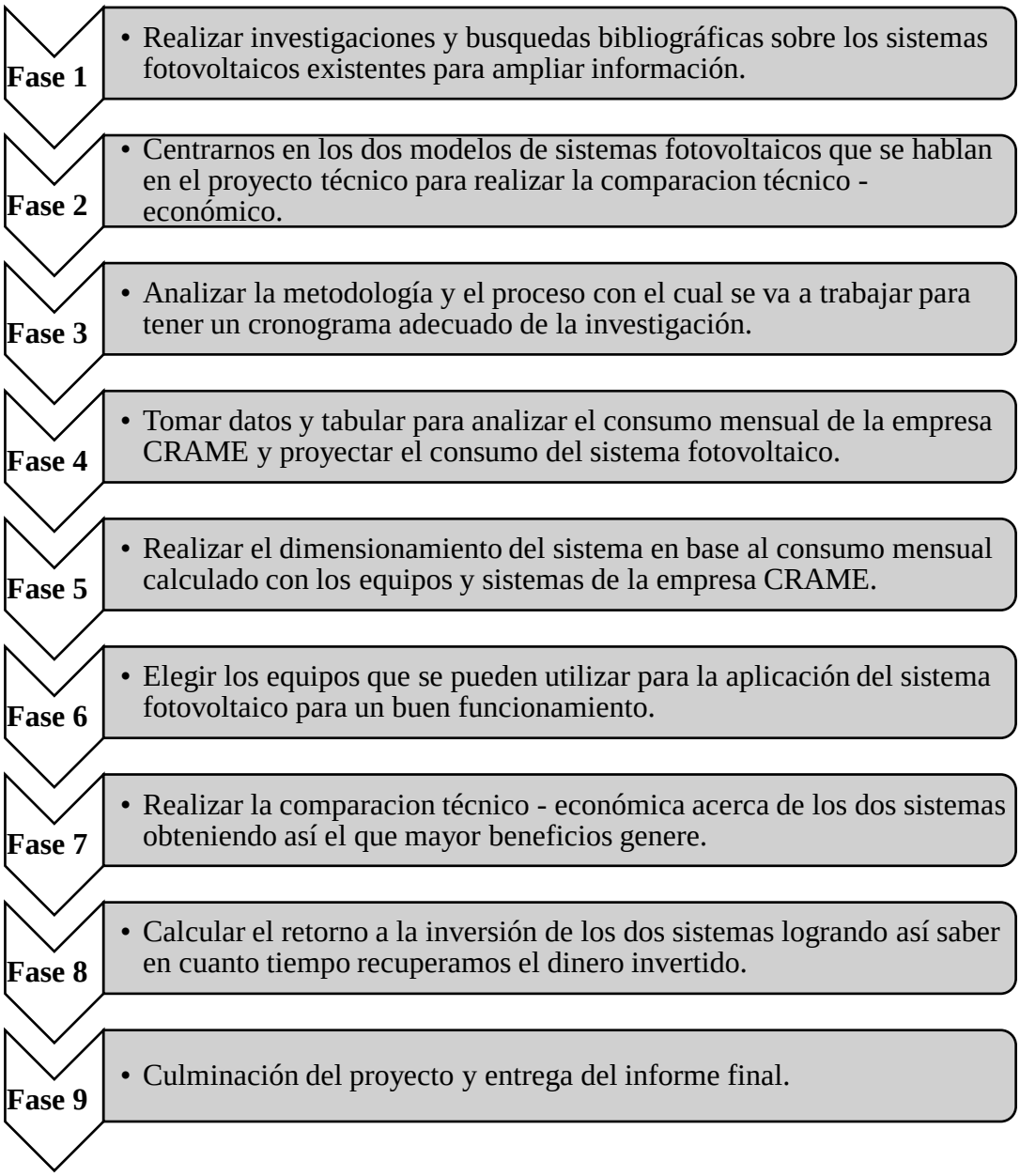


Fig. 24. Fases de la metodología del proyecto técnico.

Método analítico

Para aplicar el método analítico se necesita conceptualizar de que se trata este método, es decir, el método analítico se trata en descomponer un sistema complejo en partes de menos dificultad, ya sean individuales o analizarla con menos dificultad, lo que ayuda a entender mejor la estructura de cómo está conformado cada uno de sus estructuras, funciones, relaciones y secciones de cada una de las partes.

Método documental o bibliográfico

Para iniciar con todo el desarrollo del proyecto técnico se parte de la recolección de datos anteriormente existentes para tener un punto de partida como los tipos de sistemas, equipos y demás cosas para la instalación fotovoltaica; con la información previa se puede seleccionar el camino por dónde va la investigación para analizar la información existente e identificar que datos obtenidos nomas se puede aplicar en nuestra investigación y entrelazar con más información de otras fuentes verificados, todo esto obtenido de libros, artículos científicos, fichas técnicas y tesis.

Método de simulación

En este método es donde se va a aplicar datos obtenidos relacionado a donde se va a realizar la instalación fotovoltaica como el área en donde se va a colocar los paneles fotovoltaicos, la demanda instalada para su funcionamiento, el número de equipos, el consumo que va a tener con los equipos que van a estar en funcionamiento, es decir que todos los datos que se adquieren se ingresan digitalmente a un programa de un sistema real, con lo que se puede obtener una proyección de resultados dentro de 5 o 10 años estando en funcionamiento el sistema, con lo que se proyectaría mantenimiento, compra de más equipos o demás factores acorde a las condiciones de simulación que se le indique al programa de simulación.

Método comparativo

Para este tipo de investigación es necesario al final realizar una comparación debido a que se va a realizar una comparación de tres sistemas fotovoltaicos basándose en su factor económico, es por lo mismo que se debe aplicar un método comparativo de resultados para la interpretación de los resultados con los métodos analíticos, documental o bibliográfico, simulación y comparativo aplicados en este documento.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos calculados que se representan en la TABLA *VII* están hecho en base al consumo mensual de cada uno de los equipos de oficina, equipos y sistemas que conforman toda el área comercial, así como del área residencial del edificio; con los datos anteriores se puede iniciar con el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

A. DIMENSIONAMIENTO

1. Consumo de CRAME

Se enlista los equipos que existen en la empresa CRAME, es decir parte residencial y comercial, así como del taller para realizar los cálculos del sistema fotovoltaico en base a las horas de consumo mensual.

Tabulación de datos del área comercial y residencial

Para realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se recopilan por separado los datos de consumo del área comercial, que incluye dos locales comerciales, dos viviendas y un mini departamento y del área del taller.

Local comercial 1

Dentro del primer local comercial se tiene los siguientes datos de consumo que se muestra en la TABLA *II* para realizar los cálculos:

TABLA II

CONSUMO DEL LOCAL COMERCIAL 1

Dispositivo / Equipo	Potencia (kW)	Cantidad	Uso diario promedio (h)	Días de consumo	Consumo mensual (kWh)
Servidor	1,5	1	8	30	360
Computadora	0,2	5	8	20	160
Focos LED	0,015	12	6	30	32,4
Total					552,4

Demanda instalada	2,68 kW
Consumo mensual estimado	552,4 kWh

Local comercial 2

Dentro del segundo local comercial se tiene los siguientes datos de consumo que se muestra en la TABLA *III* para realizar los cálculos:

TABLA III

CONSUMO DEL LOCAL COMERCIAL 2

Dispositivo / Equipo	Potencia (kW)	Cantidad	Uso diario promedio (h)	Días de consumo	Consumo mensual (kWh)
Computadora	0,2	1	8	20	32
Focos LED	0,015	8	6	30	21,6
Total					53,6

Demanda instalada	0,32 kW
Consumo mensual estimado	53,6 kWh

Piso para vivienda 1

Dentro del piso para vivienda 1 se tiene los siguientes datos de consumo que se muestra en la para realizar los cálculos:

TABLA IV

CONSUMO DEL PISO PARA VIVIENDA 1

Electrodomésticos / Equipos	Potencia (kW)	Cantidad	Uso diario promedio (h)	Días de consumo	Consumo mensual (kWh)
Cocina de inducción	2	1	1,5	30	90
Refrigeradora	0,15	2	24	30	216
Lavadora	0,5	1	1	20	10
Secadora	1	1	1	15	15
Televisores	0,1	4	3	30	36
Focos LED	0,015	15	4	30	27
Total					394

Demanda instalada	2,88 kW
Consumo mensual estimado	394 kWh

Piso para vivienda 2

Dentro del piso para vivienda 2 se tiene los siguientes datos de consumo que se muestra en la para realizar los cálculos:

TABLA V

CONSUMO DEL PISO PARA VIVIENDA 2

Electrodomésticos / Equipos	Potencia (kW)	Cantidad	Uso diario promedio (h)	Días de consumo	Consumo mensual (kWh)
Cocina de inducción	2	1	1,5	30	90
Refrigeradora	0,15	2	24	30	216
Lavadora	0,5	1	1	20	10
Secadora	1	1	1	15	15
Televisores	0,1	4	3	30	36
Focos LED	0,015	15	4	30	27
Total					394

Demanda instalada	2,88 kW
Consumo mensual estimado	394 kWh

Mini departamento

Dentro del minidepartamento se tiene los siguientes datos de consumo que se muestra en la para realizar los cálculos:

TABLA VI

CONSUMO DEL MINIDEPARTAMENTO

Electrodomésticos / Equipos	Potencia (kW)	Cantidad	Uso diario promedio (h)	Días de consumo	Consumo mensual (kWh)
Cocina eléctrica pequeña	1,2	1	1,5	30	54
Refrigeradora pequeña	0,15	1	24	30	108
Focos LED	0,015	8	4	30	14,4
Televisor	0,1	3	3	10	9
Total					185,4

Demanda instalada	1,15 kW
Consumo mensual estimado	185,4 kWh

Consumo total

Finalmente tenemos los datos del consumo mensual del área comercial y residencial en la TABLA *VII*, por lo que podemos iniciar con los cálculos y estimación del dimensionamiento para el sistema fotovoltaico solar.

TABLA VII

CONSUMO TOTAL DEL ÁREA COMERCIAL Y RESIDENCIAL

Elemento	Potencia instalada (kW)	Consumo mensual estimado (kWh)
Local comercial 1	2,68	552,4
Local comercial 2	0,32	53,6
Piso vivienda 1	2,88	394
Piso vivienda 2	2,88	394
Minidepartamento	1,15	185,4

Total potencia instalada	9,90 kW
Total consumo mensual estimado	1579,4 kWh

Taller CRAME

En la **Fig. 25** se puede observar las instalaciones del taller CRAME, donde se puede apreciar las diferentes máquinas, equipos y distribución de las mismas.



Fig. 25. Instalaciones del taller CRAME.

Tabulación de datos del taller industrial

Iniciando con la tabulación de datos de máquinas, equipos y sistemas que se tiene en el taller se tiene expresado por la TABLA *VIII* donde se pueden observar cada uno de los datos para iniciar con el siguiente proceso del dimensionamiento, por lo que se tienen los siguientes datos:

TABLA VIII

CONSUMO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DEL TALLER

Equipo/Máquina	Pot. Nom. (kW)	Cantidad	Uso men. (h)	Con. men. (kWh)
Máquina de corte por plasma CNC	7	1	40	280
Máquina de corte por plasma manual	6	2	40	480
Dobladora hidráulica de tubos	2,5	1	40	100
Dobladora mecánica de lámina	1,5	1	30	45
Troqueladora excéntrica (grande)	3	1	30	90
Troqueladora excéntrica (pequeña)	1	2	30	60
Torno paralelo industrial (grande)	10	1	40	400
Torno paralelo compacto	3	1	40	120
Compresor de aire trifásico	7	1	40	280
Puente grúa monorraíl	5	1	20	100
Puente grúa tipo pluma	3	1	20	60
Montacargas eléctrico	4	1	10	40
Horno industrial tratamiento térmico	2	1	40	80
Horno de secado de pintura	2	1	40	80
Rectificadora de superficies	5	1	30	150
Rectificadora de cuchillas	2	1	25	50
Rectificadora plana de alta precisión	2,5	2	30	150
Rectificadora de brocas	2,5	1	25	62,5
Cepillo horizontal	3	1	30	90
Remachadora térmica manual	0,5	1	30	15
Fresadora universal convencional	3	1	35	105
Taladro de columna	2	2	25	100
Taladro de banco	1	3	25	75
Sierra de cinta horizontal hidráulica	2	1	20	40
Sierra circular manual	1	1	25	25
Sierra de disco trifásica	2,5	1	25	62,5
Sierra de cinta vertical	1	2	25	50
Soldadora TIG inverter	10	1	30	300
Soldadora TIG avanzada	9	1	30	270
Soldadora MMA (electrodo revestido)	9	1	30	270
Soldadora MIG/MAG	10	2	30	600
Esmeriladora de banco	1,5	4	25	150
Disco de corte abrasivo	3	2	25	150
Total				4930

TABLA IX

CONSUMO TOTAL DEL ÁREA DEL TALLER

Demanda instalada	159,5 kW
Consumo mensual estimado	4930 kWh

Demanda pico	177,22 kVA
Potencia solar requerida	32,87 kW

1) Calculo de demanda energética en base a datos calculados para el área comercial y residencial

Para iniciar con el cálculo diario estimado de energía en vatios – hora (Wh/día). Este valor se obtiene sumando el consumo de todos los dispositivos, equipos y maquinas que se utilizarán, analizando con un tiempo máximo de consumo para que el valor sea más estimado a utilizarlo cuando todos los equipos estén en funcionamiento obtenido con la ecuación (1) de este documento, por lo que se empieza por:

Consumo de energía mensual (CEM):

$$CEM = 1579.4\ \frac{kWh}{mes} \tag{1}$$

Consumo diario de energía (CDE):

$$CDE = 526.46 \frac{kWh}{día} = 52646.67\ \frac{Wh}{día}$$

Tras saber el consumo mensual y un consumo diario proyectado se analiza que los sistemas fotovoltaicos no son 100% eficientes, es recomendable aplicar un factor de rendimiento, donde generalmente se utiliza un rendimiento de entre el 75% - 80% para obtener la energía total necesaria que se calcula con la ecuación (2) del Total de Energía Necesaria (TEN), y se va utiliza una eficiencia del 75% para el cálculo:

$$TEN = \frac{CDE}{\eta} \tag{2}$$

$$TEN = \frac{52646.67\ \frac{Wh}{día}}{75\ \%}$$

$$TEN = 70195.56\ \frac{Wh}{día}$$

Para poder determinar cuánta energía puede generarse en el sistema, calculamos con la ecuación (3), por lo que es importante conocer la radiación solar disponible en la ubicación geográfica como se puede observar en la **Fig. 26** de donde se va a realizar la instalación del sistema fotovoltaico, por lo que tenemos los datos que se muestran en la TABLA *X* de la irradiación disponible en el lugar, además de las horas solar pico que existen en la ubicación geográfica donde se utiliza un valor de 5 horas, por lo mismo tenemos:

Ubicación geográfica de CRAME



Fig. 26. Ubicación geográfica de CRAME.

Datos mensuales de irradiación en el lugar geográfico:

TABLA X

DATOS METEOROLÓGICOS DE LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE CRAME

Datos metereológicos y energía incidente

	Radiación global horizontal kWh/m^2	Radiación difusa horizontal kWh/m^2	Temperatura ambiente °C	Velocidad del viento m/s	Radiación global incidente kWh/m^2	Radiación difusa kWh/m^2	Radiación reflejada por albedo kWh/m^2
Enero	191,2	73,67	14,2	3,8	168,3	45,65	0,651
Febrero	160,9	60,97	14,12	3,6	147,6	40,13	0,547
Marzo	181,3	78,99	14,03	3,3	177,0	49,34	0,617
Abril	173,9	68,31	13,74	3,1	178,3	45,41	0,592
Mayo	178,4	64,07	13,84	3,7	192,2	39,09	0,608
Junio	164,8	55,98	12,91	4,7	182,6	35,58	0,561
Julio	166,2	57,58	12,85	5,2	182,0	36,35	0,566
Agosto	160,3	60,03	12,87	5,1	168,4	39,76	0,546
Septiembre	156,5	69,09	13,02	4,5	156,3	45,65	0,533
Octubre	165,6	72,56	14,13	3,6	156,4	47,66	0,564
Noviembre	173,2	63,30	14,01	3,1	154,2	40,82	0,590
Diciembre	185,1	62,48	14,25	3,5	160,1	41,65	0,630
Año	2057,4	787,03	13,66	3,9	2023,4	507,09	7,005

De la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se extrae los datos del programa PV Syst para aplicarlos en la ecuación (3) a continuación:

$$HSP\ mensual\ promedio = \frac{\sum HSP\ mensual}{12} \tag{3}$$

$$HSP\ mensual\ promedio = \frac{2057.2\ kWh/mes^2}{12}$$

$$HSP\ mensual\ promedio = 171.45\ kWh/mes^2$$

Cálculos para el dimensionamiento del área residencial y comercial

Sistema On – Grid:

Con los datos obtenidos anteriormente realizamos el cálculo del número de paneles que se deberán ser necesarios para los sistemas, por lo que tenemos la ecuación (4), donde vamos a proyectar que se va a utilizar un panel de 610 Wp para la instalación:

$$N°\ paneles = \frac{CDE}{HSP \cdot P_{Panel_{Max}}} \tag{4}$$

$$N°\ paneles = \frac{1579.4\ kWh/mes}{(5\ horas * 30\ días)(0.61\ kW)}$$

$$N°\ paneles = 17.26\ paneles$$

Por lo que con el resultado de 17.26 paneles, lógicamente se considerará el uso de 18 paneles solares con una potencia de cada panel de 610 Wp, para los sistemas On – Grid.

Cálculo del inversor de voltaje

Para realizar el dimensionamiento del inversor de voltaje se utiliza la ecuación (5) y la potencia requerida para las dos áreas donde se realizará la instalación del sistema fotovoltaico, por lo que a continuación se tiene con la ecuación:

$$P_{inversor} = N°\ paneles \cdot P_{panel} \tag{5}$$

Potencia del inversor para el área residencial y comercial

Considerando la potencia del área residencial y comercial, se tiene el siguiente resultado:

$$Potencia\ del\ inversor = (18)(610\ W)$$

$$Potencia\ del\ inversor = 10980\ W$$

$$Potencia\ del\ inversor = 10.98\ kW$$

Por lo que para el área residencial se considera utilizar un inversor de 15 kWA.

Sistema híbrido:

Paneles solares: Para el sistema híbrido se considera los mismo 18 paneles solares.

Inversor de red: Para el sistema híbrido se considera un inversor híbrido de red de 15 kWA.

Número de baterías

Sabiendo que se tiene un consumo mensual de $1579.4\ kWh/mes$ y diario de $52.64\ kWh/día$, el ajuste por profundidad de descarga (DoD) es del 90% para baterías de litio, se calcula el número de baterías para un autoconsumo de 1 día con la ecuación (6) a continuación:

$$Capacidad\ requerida = \frac{CDE}{DoD} \tag{6}$$

$$Capacidad\ requerida = \frac{52.64\ kWh/día}{0.9}$$

$$Capacidad\ requerida = 58.48\ KWh$$

Y considerando una batería de 5 kWh, se calcula el número de baterías a continuación:

$$N°\ baterías = \frac{Capacidad\ requerida}{P_{batería}} \tag{7}$$

$$N°\ baterías = \frac{58.48\ kWh}{5\ kWh} = 11.69$$

Por lo que sería necesario utilizar 12 baterías.

Sistema Off – Grid:

Con los datos del CDE realizamos el cálculo del número de paneles que se deberán ser necesarios para el sistema, por lo que tenemos la ecuación (8), con panel de 610 Wp y una eficiencia del 80 % con 20% de perdidas, se tiene:

$$N° \, paneles = \frac{CDE}{HSP \cdot P_{Panel_{Max}} \cdot \eta} \tag{8}$$

$$N° \, paneles = \frac{1579.4 \, kWh/mes}{(5 \, horas * 30 \, días)(0.61 \, kW)(0.8)}$$

$$N° \, paneles = 21.57 \, paneles$$

Por lo que con el resultado de 21.57 paneles, lógicamente se considerará el uso de 22 paneles solares con una potencia de cada panel de 610 Wp, para el sistema Off – Grid.

Cálculo del inversor de voltaje

Para realizar el dimensionamiento del inversor de voltaje se utiliza la ecuación (5) y la potencia requerida para las dos áreas donde se realizará la instalación:

$$P_{inversor} = N° \, paneles \cdot P_{panel} \tag{5}$$

Potencia del inversor para el área residencial

Considerando la potencia del área residencial, se tiene el siguiente resultado:

$$P_{inversor} = (22)(610 \, W)$$

$$P_{inversor} = 13420 \, W$$

$$P_{inversor} = 13.42 \, kW$$

Por lo que para el área residencial se considera utilizar un inversor de 15 kWA.

Número de baterías

Sabiendo que se tiene un consumo mensual de $1579.4 \, kWh/mes$ y diario de $52.64 \, kWh/día$, por lo que de 3 días seria $157.92 \, kWh/día$, el ajuste por profundidad de descarga (DoD) es del 90% para baterías de litio, se calcula el número de baterías para un autoconsumo de 3 días:

$$Capacidad\ requerida = \frac{CDE}{DoD} \quad (6)$$

$$Capacidad\ requerida = \frac{157.92\ kWh/día}{0.9}$$

$$Capacidad\ requerida = 175.46\ KWh$$

Y considerando una batería de 5 kWh, se calcula el número de baterías a continuación:

$$N°\ baterías = \frac{Capacidad\ requerida}{P_{batería}} \quad (7)$$

$$N°\ baterías = \frac{175.46\ kWh}{5\ kWh}$$

$$N°\ baterías = 35.09$$

Por lo que sería necesario utilizar 36 baterías.

Cálculo de equipos de protección

Para realizar el dimensionamiento del regulador de cargas que se debe utilizar para el sistema fotovoltaico utilizamos la ecuación (9) y los datos del Anexo 1 del módulo solar por lo que a continuación se tiene el siguiente proceso:

$$Corriente\ del\ regulador = Corriente\ de\ salida\ de\ paneles \cdot 1.25 \quad (9)$$

Y con el dato de I_{SC} (Short Circuit Current o Corriente de Cortocircuito) del módulo solar que tiene un valor de 15.86 A, se tiene como resolución de la ecuación (9), lo siguiente:

$$Corriente\ del\ regulador = Corriente\ de\ salida\ de\ paneles \cdot 1.25 \quad (9)$$

$$Corriente\ del\ regulador = (15.86\ A)(1.25)$$

$$Corriente\ del\ regulador = 19.82\ A$$

Para este sistema se necesita como mínimo un regulador de cargas de 19.82 A, que en catálogos existe un regulador de cargas de 20 A, además se considera que en el área residencial y del taller van los mismos paneles, se necesita el mismo tipo de regulador de cargas que sus especificaciones se puede revisar en el Anexo 5.

Reguladores de carga para el área comercial y residencial:

On – Grid e híbrido:

Iniciamos el cálculo con la ecuación (10) para saber la potencia total, considerando el número de paneles en 18 y la potencia de cada uno de 610 Wp, entonces:

$$P_{total} = N° \, paneles \cdot P_{panel} \tag{10}$$

$$P_{total} = (18)(610\ W)$$

$$P_{total} = 10980\ W = 10.98\ kW$$

Continuando con la ecuación (11) para saber la corriente total, sabiendo que la P_{total} es de 10980 W y el voltaje del panel es de 51.2 V, entonces:

$$I_{total} = \frac{P_{total}}{V_{batería}} \tag{11}$$

$$I_{total} = \frac{10980\ W}{51.2\ A}$$

$$I_{total} = 214.45\ V$$

Finalmente, con la ecuación (12) calculamos el número de reguladores de carga para el sistema, considerando la corriente de carga de 120 V, se tiene:

$$N° \, reguladores = \frac{I_{total}}{Corriente\ de\ carga} \tag{12}$$

$$N° \, reguladores = \frac{214.45\ V}{120\ V}$$

$$N° \, reguladores = 1.78$$

Obteniendo un resultado de 1.78 por lo que se necesitan 2 reguladores.

Off – Grid:

Iniciamos el cálculo con la ecuación (10) para saber la potencia total, considerando el número de paneles en 22 y la potencia de cada uno de 610 Wp, entonces:

$$P_{total} = N° \, paneles \cdot P_{panel} \tag{10}$$

$$P_{total} = (22)(610\ W)$$

$$P_{total} = 13420\ W = 13.42\ kW$$

Continuando con la ecuación (11) para saber la corriente total, sabiendo que la P_{total} es de 13420 W y el voltaje del panel es de 51.2 V, entonces:

$$I_{total} = \frac{P_{total}}{V_{batería}} \tag{11}$$

$$I_{total} = \frac{13420\ W}{51.2\ A}$$

$$I_{total} = 262.1\ V$$

Finalmente, con la ecuación (12) calculamos el número de reguladores de carga para el sistema, considerando la corriente de carga de 120 V, se tiene:

$$N°\ reguladores = \frac{I_{total}}{Corriente\ de\ carga} \tag{12}$$

$$N°\ reguladores = \frac{262.1\ V}{120\ V}$$

$$N°\ reguladores = 2.18$$

Obteniendo un resultado de 2.18 por lo que se necesitan 3 reguladores para el sistema fotovoltaico que se tiene planeado instalar.

Cálculos adicionales:

Como calculo adicional, con la ecuación (13) se calcula la energía generada en un año por la instalación con los datos anteriormente proyectados:

$$Eg = P_{instalada} \cdot HSP \cdot \eta \tag{13}$$

$$Eg = (22\ paneles * 0.61\ kW)(5\ horas * 365\ días)(0.9)$$

$$Eg = 22042.35\ kWh/año$$

Se calcula también cuánta energía generada se va a distribuir mes a mes, por lo que se realiza con la ecuación (16):

$$Eg_{mes} = \frac{Eg}{12} \tag{16}$$

$$Eg_{mes} = \frac{22042.35\ kWh/año}{12}$$

$$Eg_{mes} = 1836.86\ kWh/mes$$

Resultados

A continuación, se muestran los equipos, números de equipos y especificaciones de los mismo, se pueden ver en la TABLA XI:

TABLA XI

EQUIPOS PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Sistema	On – Grid	Híbrido	Off – Grid
Paneles	18	18	22
Inversores	1 de 15 kWA	1 de 15 KWA híbrido	1 de 15 kWA
Baterías	-	12 de 5 kWh	36 de 5 kWh
Reguladores de carga	2	2	3

2) Cálculo de demanda energética en base a datos calculados para el área del taller

Como en el cálculo anterior, teniendo los datos completamente tabulados y conociendo el consumo total del área del taller con todas las máquinas y equipos que están en funcionamiento, iniciamos el dimensionamiento con la ecuación (1) de este documento, por lo que partiendo con el cálculo se tiene los siguientes resultados:

Consumo de energía mensual (CEM):

$$CEM = 4930\ \frac{kWh}{mes} \tag{1}$$

Consumo diario de energía (CDE):

$$CDE = 164.33\frac{kWh}{día} = 164333.33\ \frac{Wh}{día}$$

Con base en el cálculo del área comercial y residencial realizado anteriormente en este documento y así mismo sabiendo que los sistemas fotovoltaicos no son 100% eficientes por las pérdidas que puede llegar a haber se utiliza un rendimiento de entre el 75% - 80% para obtener la energía total necesaria que se calcula con la ecuación (2) del Total de Energía Necesaria (TEN), y se va utiliza una eficiencia del 75% para el cálculo:

$$TEN = \frac{CDE}{\eta} \tag{2}$$

$$TEN = \frac{164333.33\ \frac{Wh}{día}}{75\ \%}$$

$$TEN = 219111.11\ \frac{Wh}{día}$$

Tomando en cuenta la ubicación geográfica de CRAME como se muestra en la **Fig. 26** y los datos meteorológicos de la incidencia de energía de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se extrae los datos necesarios para aplicarlos en la ecuación (3) a continuación:

$$HSP\ mensual\ promedio = \frac{\sum HSP\ mensual}{12} \tag{3}$$

$$HSP\ mensual\ promedio = \frac{2057.2\ kWh/mes^2}{12}$$

$$HSP\ mensual\ promedio = 171.45\ kWh/mes^2$$

Cálculos para el dimensionamiento del área del taller

Sistema On – Grid:

Con los datos obtenidos anteriormente realizamos el cálculo del número de paneles necesarios para los sistemas, por lo que tenemos la ecuación (4), donde vamos a proyectar que se va a utilizar un panel de 610 Wp para la instalación:

$$N°\ paneles = \frac{CDE}{HSP \cdot P_{Panel_{Max}}} \tag{4}$$

$$N°\ paneles = \frac{4930\ kWh/mes}{(5\ horas * 30\ días)(0.61\ kW)}$$

$$N°\ paneles = 53.87\ paneles$$

Por lo que con el resultado de 53.87 paneles, lógicamente se considerará el uso de 54 paneles solares con una potencia de cada panel de 610 Wp, para los sistemas On – Grid.

Cálculo del inversor de voltaje

Para realizar el dimensionamiento del inversor de voltaje se utiliza la ecuación (5) y la potencia requerida para las dos áreas donde se realizará la instalación del sistema fotovoltaico, por lo que a continuación se tiene con la ecuación:

$$Potencia\ del\ inversor = Número\ de\ paneles \cdot Potencia\ del\ panel \quad (5)$$

Potencia del inversor para el área residencial

Considerando la potencia del área residencial, se tiene el siguiente resultado:

$$Potencia\ del\ inversor = (54)(610\ W)$$

$$Potencia\ del\ inversor = 32940\ W$$

$$Potencia\ del\ inversor = 32.94\ kW$$

Por lo que para el área residencial se considera utilizar un inversor de 36 kWA.

Sistema híbrido:

Paneles solares: Para el sistema híbrido se considera los mismo 54 paneles solares.

Inversor de red: Para el sistema híbrido se considera el mismo inversor de red de 36 kWA.

Número de baterías

Sabiendo que se tiene un consumo mensual de $4930\ kWh/mes$ y diario de $164.33\ kWh/día$, el ajuste por profundidad de descarga (DoD) es del 90% para baterías de litio, se calcula el número de baterías para un autoconsumo de 1 día:

$$Capacidad\ requerida = \frac{Consumo\ diario}{DoD} \quad (6)$$

$$Capacidad\ requerida = \frac{164.33\ kWh/día}{0.9}$$

$$Capacidad\ requerida = 182.58\ KWh$$

Y considerando una batería de 5 kWh, se calcula el número de baterías a continuación:

$$Número\ de\ baterías = \frac{Capacidad\ requerida}{Potencia\ de\ la\ batería} \tag{7}$$

$$Número\ de\ baterías = \frac{182.58\ kWh}{5\ kWh}$$

$$Número\ de\ baterías = 36.51$$

Por lo que sería necesario utilizar 37 baterías.

Sistema Off – Grid:

Con los datos del CDE realizamos el cálculo del número de paneles que se deberán ser necesarios para el sistema, por lo que tenemos la ecuación (8), con panel de 610 Wp:

$$N°\ paneles = \frac{CDE}{HSP \cdot P_{Panel_{Max}} \cdot \eta} \tag{8}$$

$$N°\ paneles = \frac{4930\ kWh/mes}{(5\ horas * 30\ días)(0.61\ kW)(0.8)}$$

$$N°\ paneles = 67.34\ paneles$$

Por lo que con el resultado de 67.34 paneles, lógicamente se considerará el uso de 68 paneles solares con una potencia de cada panel de 610 Wp, para el sistema Off – Grid.

Cálculo del inversor de voltaje

Para realizar el dimensionamiento del inversor de voltaje se utiliza la ecuación (5) y la potencia requerida para las dos áreas donde se realizará la instalación del sistema fotovoltaico, por lo que a continuación se tiene con la ecuación:

$$Potencia\ del\ inversor = Número\ de\ paneles \cdot Potencia\ del\ panel \tag{5}$$

Potencia del inversor para el área residencial

Considerando la potencia del área residencial, se tiene el siguiente resultado:

$$P_{inversor} = (68)(610\ W)$$

$$P_{inversor} = 41480\ W$$

$$P_{inversor} = 41.48\ kW$$

Por lo que para el arela residencial se considera utilizar un inversor de 50 kWA.

Número de baterías

Sabiendo que se tiene un consumo mensual de $4930\,kWh/mes$ y diario de $164.33\,kWh/día$, por lo que de 3 días seria $492.99\,kWh/día$, el ajuste por profundidad de descarga (DoD) es del 90% para baterías de litio, se calcula el número de baterías para un autoconsumo de 3 día:

$$Capacidad\ requerida = \frac{CDE}{DoD} \tag{6}$$

$$Capacidad\ requerida = \frac{492.99\ kWh/día}{0.9}$$

$$Capacidad\ requerida = 547.76\ KWh$$

Y considerando una batería de 5 kWh, se calcula el número de baterías a continuación:

$$N°\ baterías = \frac{Capacidad\ requerida}{P_{batería}} \tag{7}$$

$$N°\ baterías = \frac{547.76\ kWh}{5\ kWh}$$

$$N°\ baterías = 109.55$$

Por lo que sería necesario utilizar 110 baterías.

Cálculo de equipos de protección

Para realizar el dimensionamiento del regulador de cargas que se debe utilizar para el sistema fotovoltaico utilizamos la ecuación (9) y los datos del Anexo 1 del módulo solar por lo que a continuación se tiene el siguiente proceso:

$$Corriente\ del\ regulador = Corriente\ de\ salida\ de\ paneles \cdot 1.25 \tag{9}$$

Y con el dato de I_{SC} (Short Circuit Current o Corriente de Cortocircuito) del módulo solar que tiene un valor de 15.86 A, se tiene como resolución de la ecuación (9) lo siguiente:

$$Corriente\ del\ regulador = Corriente\ de\ salida\ de\ paneles \cdot 1.25 \quad (9)$$

$$Corriente\ del\ regulador = (15.86\ A)(1.25)$$

$$Corriente\ del\ regulador = 19.82\ A$$

Entonces se tiene que, para este sistema se necesita como mínimo un regulador de cargas de 19.82 A, que en catálogos existe un regulador de cargas de 20 A, además se considera que en el área residencial y del taller van los mismos paneles, se necesita el mismo tipo de regulador de cargas que sus especificaciones se ven en el Anexo 5.

Reguladores de carga para el área comercial y residencial:

On – Grid e híbrido:

Iniciamos el cálculo con la ecuación (10) para saber la potencia total, considerando el número de paneles en 54 y la potencia de cada uno de 610 Wp, entonces:

$$P_{total} = N°\ paneles \cdot P_{panel} \quad (10)$$

$$P_{total} = (54)(610\ W)$$

$$P_{total} = 32940\ W = 32.94\ kW$$

Continuando con la ecuación (11) para saber la corriente total, sabiendo que la P_{total} es de 10980 W y el voltaje del panel es de 51.2 V, entonces:

$$I_{total} = \frac{P_{total}}{V_{batería}} \quad (11)$$

$$I_{total} = \frac{32940\ W}{51.2\ A}$$

$$I_{total} = 643.35\ V$$

Finalmente, con la ecuación (12) calculamos el número de reguladores de carga para el sistema, considerando la corriente de carga de 120 V, se tiene:

$$N°\ reguladores = \frac{I_{total}}{Corriente\ de\ carga} \quad (12)$$

$$N°\ reguladores = \frac{643.35\ V}{120\ V}$$

$$N°\ reguladores = 5.36$$

Obteniendo un resultado de 5.36 por lo que se necesitan 6 reguladores.

Off – Grid:

Iniciamos el cálculo con la ecuación (10) para saber la potencia total, considerando el número de paneles en 68 y la potencia de cada uno de 610 Wp, entonces:

$$P_{total} = N° \, paneles \cdot P_{panel} \tag{10}$$

$$P_{total} = (68)(610 \, W)$$

$$P_{total} = 41480 \, W = 41.48 \, kW$$

Continuando con la ecuación (11) para saber la corriente total, sabiendo que la P_{total} es de 10980 W y el voltaje del panel es de 51.2 V, entonces:

$$I_{total} = \frac{P_{total}}{V_{batería}} \tag{11}$$

$$I_{total} = \frac{41480 \, W}{51.2 \, A}$$

$$I_{total} = 810.15 \, V$$

Finalmente, con la ecuación (12) calculamos el número de reguladores de carga para el sistema, considerando la corriente de carga de 120 V, se tiene:

$$N° \, reguladores = \frac{I_{total}}{Corriente \, de \, carga} \tag{12}$$

$$N° \, reguladores = \frac{810.15 \, V}{120 \, V}$$

$$N° \, reguladores = 6.75$$

Obteniendo un resultado de 6.75 por lo que se necesitan 7 reguladores para el sistema fotovoltaico que se tiene planeado instalar.

Cálculos adicionales:

Como calculo adicional, en la ecuación (13) se calcula la energía generada en un año por la instalación con los datos anteriormente proyectados:

$$Eg = P_{instalada} \cdot HSP \cdot \eta \tag{13}$$

$$Eg = (68 \, paneles * 0.61 \, kW)(5 \, horas * 365 \, días)(0.9)$$

$$Eg = 68130.9 \, kWh/año$$

Y como calculo adicional, calculamos cuanta energía generada se va a distribuir mes a mes, por lo que se realiza con la ecuación (16):

$$Eg_{mes} = \frac{Eg}{12} \tag{16}$$

$$Eg_{mes} = \frac{68130.9\ kWh/año}{12}$$

$$Eg_{mes} = 5677.57\ kWh/mes$$

Resultados

A continuación se muestran los equipos, números de equipos y especificaciones de los mismo, se pueden ver en la TABLA *XII*:

TABLA XII

EQUIPOS PARA EL ÁREA DEL TALLER

Sistema	**On – Grid**	**Híbrido**	**Off – Grid**
Paneles solares	54	54	68
Inversores	1 de 36 kWA	1 de 36 KWA híbrido	1 de 45 kWA
Baterías	-	37 de 5 kWh	110 de 5 kWh
Reguladores de carga	6	6	7

Método para selección de alternativas

Finalmente, como resultados de las dos áreas y de cada uno de los equipos se tiene que realizar una ponderación de alternativas para seleccionar un modelo adecuado de cada uno de los equipos, por lo que se tiene la selección de alternativas para este proyecto y en este caso el método de los criterios ponderados.

TABLA XIII

VALORES Y CONDICIONES DE PONDERACIÓN

Valor	**Descripciones**
1	Para criterios que son mejores en filas con respecto a las columnas.
0.5	Si los criterios de las filas y columnas son iguales.
0	Si los criterios de filas son inferiores respecto a los de las columnas.

Se procede a calificar cada uno de los criterios, después se realiza una suma de todas las calificaciones y para evitar resultados nulos de los criterios, se añade un valor de 1 para las alternativas, y se pondera cada uno de los resultados.

Planteamiento de criterios

A continuación, se establece el criterio de evaluación, considerando que para la empresa el costo representa un aspecto fundamental.

Costos: Se debe tener en cuenta para poder realizar una proyección de cuanto se va a invertir en la instalación de los sistemas fotovoltaicos y obtener el retorno a la inversión.

1) Paneles solares

Se considera como alternativas de modelos de paneles a utilizarse, los siguientes:

Opción 1: Panel FV Trina Solar Vertex N 610 Wp, según el Anexo 1.

Opción 2: Panel FV Yingli Solar YLM – J 3.0 Pro 580Wp, según el Anexo 6.

Opción 3: Panel FV Solar 110 W 12 V Flexible Monocristalino, según el Anexo 7.

Opción 4: Placa Solar Policristalina Victron 330 W – 24 V, según el Anexo 8.

Evaluación del costo para los paneles solares

TABLA XIV

PONDERACIÓN DEL CRITERIO DE COSTO

Costo	**Opción 1**	**Opción 2**	**Opción 3**	**Opción 4**	**∑+1**	**Ponderado**
Opción 1		1	1	1	4	0.3077
Opción 2	0.5		1	1	3.5	0.2692
Opción 3	0.5	0.5		1	3	0.2308
Opción 4	0.5	0.5	0.5		2.5	0.1923
				Suma	**13**	**1**

Por lo que se elige la Opción 1 es decir el Panel FV Trina Solar Vertex N 610 Wp.

Paneles solares para el área residencial y comercial

En la tabla se puede observar los valores del número de paneles y el precio:

TABLA XV

PANELES SOLARES PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Paneles solares				
Área residencial y comercial				
Sistema	**Tipo de panel**	**Número de paneles**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	Panel FV Trina Solar Vertex N 610 Wp	18	$ 143.75	$ 2587.50
Híbrido		18	$ 143.75	$ 2587.50
Off – Grid		22	$ 143.75	$ 3162.50

Para el área del taller

En la tabla se puede observar los valores del número de paneles y el precio:

TABLA XVI

PANELES SOLARES PARA EL ÁREA DEL TALLER

Paneles solares				
Área del taller				
Sistema	**Tipo de panel**	**Número de paneles**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	Panel FV Trina Solar Vertex N 610 Wp	54	$ 143.75	$ 7762.50
Híbrido		54	$ 143.75	$ 7762.50
Off – Grid		68	$ 143.75	$ 9775.00

2) Inversor de red

Para los inversores de red se debe hacer 3 evaluaciones debido a que existen 3 modelos de inversores de red, sistema On – Grid, Híbrido y sistema Off – Grid y para las dos áreas, pero con las mismas alternativas de ponderación, por lo que se tiene para los 3 sistemas:

Inversor de red para el sistema On – Grid para el área residencial y comercial

Opción 1: Inversor de red Growatt MAC 15KTL3 – XL, según el Anexo 2.

Opción 2: Inversor Grid Tie 10KW Monofásico SOLIS-S5-GR1P, según el Anexo 9.

Opción 3: Inversor Grid Tie 10KW Trifásico SOLIS-S5-GR3P, según el **Precio: $** 2995.45

Anexo 10.

Opción 4: Inversor Solar Trifásico On Grid PHI 10KW 3P DUAL MPPT, según el Anexo 11.

Evaluación del costo para los inversores de red del sistema On – Grid

TABLA XVII

PONDERACIÓN EL CRITERIO DE COSTO

Costo	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	∑+1	Ponderado
Opción 1		1	1	1	4	0.3077
Opción 2	0.5		1	1	3.5	0.2692
Opción 3	0.5	0.5		1	3	0.2308
Opción 4	0.5	0.5	0.5		2.5	0.1923
				Suma	**13**	**1**

Se elige la Opción 1 es decir el Inversor de red Growatt MAC 15KTL3 – XL.

Inversor de red para el sistema híbrido para el área residencial y comercial

Opción 1: Inversor híbrido Growatt SPF 12000 DVM MPV, según el Anexo 12.

Opción 2: Inversor HUAWEI SUN2000-10KTL-M1-HC, según el Anexo 13.

Opción 3: Inversor SUN-10K-SG04LP3-EU, según el Anexo 14.

Opción 4: Inversor solar híbrido PH5000T-10KW, según el Anexo 15.

Evaluación de costo para el inversor de red del sistema híbrido

TABLA XVIII

PONDERACIÓN DEL CRITERIO DE COSTO

Costo	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	∑+1	Ponderado
Opción 1		1	1	1	4	0.3077
Opción 2	0.5		1	1	3.5	0.2692
Opción 3	0.5	0.5		1	3	0.2308
Opción 4	0.5	0.5	0.5		2.5	0.1923

	Suma	**13**	**1**

Por lo que se elige la Opción 1 es decir el Inversor híbrido Growatt SPF 12000 DVM MPV.

Inversor de red para el sistema Off – Grid para el área residencial y comercial

Opción 1: Inversor Off – Grid Voltronic de 15 kW 48 V, según el Anexo 16.

Opción 2: Inversor SRNE 10kW ASF H3 Series Off – Grid, según el Anexo 17.

Opción 3: Inversor Voltronic Axpert MAX II 48V 10kW Off-Grid, según el Anexo 18.

Opción 4: Inversor Híbrido Trifásico de 10 kW Off Grid Solar Max IP65, según el Anexo 19.

Evaluación de costos del inversor de red para el sistema Off – Grid

TABLA XIX

PONDERACIÓN DEL CRITERIO DE COSTO

Costo	**Opción 1**	**Opción 2**	**Opción 3**	**Opción 4**	**∑+1**	**Ponderado**
Opción 1		1	1	1	4	0.3077
Opción 2	0.5		1	1	3.5	0.2692
Opción 3	0.5	0.5		1	3	0.2308
Opción 4	0.5	0.5	0.5		2.5	0.1923
				Suma	**13**	**1**

Se elige la Opción 1 es decir el Inversor Off – Grid Voltronic de 15 kW 48 V.

Se realiza una tabla de valorización de los tres tipos de sistemas a instalarse con el análisis de la ponderación de los modelos de inversores a instalarse, por lo que se tiene como resultado los siguientes datos:

Inversores de red para el área residencial y comercial

En la TABLA XX se puede observar los valores del número de los inversores de red y el precio:

TABLA XX

INVERSORES DE RED PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Inversor de red				
Área residencial y comercial				
Sistema	**Tipo de inversor**	**Número de inversor**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	Inversor de red Growatt MAC 15KTL3 – XL	1	$ 2663.40	$ 2663.40
Híbrido	Inversor híbrido Growatt SPF 12000 DVM MPV	1	$ 2528.85	$ 2528.85
Off – Grid	Inversor Off – Grid Voltronic de 15 kW 48 V	1	$ 1414.50	$ 1414.50

Inversor de red del sistema On – Grid para el área del taller

Opción 1: Inversor de red Growatt MAC 36KTL3 – XL, precio $ 3108.78, según el

Precio: $ 3108.78

Anexo 20.

Opción 2: Inversor Grid Tie 10KW Monofásico SOLIS-S5-GR1P, según el Anexo 9.

Opción 3: Inversor Grid Tie 10KW Trifásico SOLIS-S5-GR3P, precio $ 2995.45, según el **Precio: $** 2995.45

Anexo 10.

Opción 4: Inversor Solar Trifásico On Grid PHI 10KW 3P DUAL MPPT, según el Anexo 11.

Evaluación de costo para el inversor de red del sistema On – Grid

TABLA XXI

PONDERACIÓN DEL CRITERIO DE COSTO

Costo	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	∑+1	Ponderado
Opción 1		1	1	1	4	0.3077
Opción 2	0.5		1	1	3.5	0.2692
Opción 3	0.5	0.5		1	3	0.2308
Opción 4	0.5	0.5	0.5		2.5	0.1923
				Suma	**13**	**1**

Se elige la Opción 1 es decir el Inversor de red Growatt MAC 36KTL3 – XL.

Inversor de red del sistema híbrido para el área del taller

Opción 1: Inversor híbrido Growatt WIT 36K–HU–US, según el Anexo 21.

Opción 2: Inversor HUAWEI SUN2000-10KTL-M1-HC, según el Anexo 13.

Opción 3: Inversor SUN-10K-SG04LP3-EU, según el Anexo 14.

Opción 4: Inversor solar híbrido PH5000T-10KW, según el Anexo 15.

Evaluación de costo para el inversor de red del sistema híbrido

TABLA XXII

PONDERACIÓN DEL CRITERIO DE COSTO

Costo	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	∑+1	Ponderado
Opción 1		1	1	1	4	0.3077
Opción 2	0.5		1	1	3.5	0.2692
Opción 3	0.5	0.5		1	3	0.2308
Opción 4	0.5	0.5	0.5		2.5	0.1923
				Suma	**13**	**1**

Se elige la Opción 1 es decir el Inversor híbrido Growatt WIT 36K–HU–US.

Inversor de red del sistema Off – Grid para el área del taller

Opción 1: Inversor Grid Tie 50 kWA SOLIS – 50 k – HV, según el Anexo 22.

Opción 2: Inversor SRNE 10kW ASF H3 Series Off – Grid, según el Anexo 17.

Opción 3: Inversor Voltronic Axpert MAX II 48V 10kW Off-Grid, según el Anexo 18.

Opción 4: Inversor Híbrido Trifásico de 10 kW Off Grid Solar Max IP65, según el Anexo 19.

Evaluación de costo para el inversor de red del sistema Off – Grid

TABLA XXIII

PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CRITERIO DE COSTO

Costo	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	∑+1	Ponderado
Opción 1		1	1	1	4	0.3077
Opción 2	0.5		1	1	3.5	0.2692
Opción 3	0.5	0.5		1	3	0.2308
Opción 4	0.5	0.5	0.5		2.5	0.1923
				Suma	**13**	**1**

Se elige la Opción 1 es decir el Inversor Grid Tie 50 kWA SOLIS – 50 k – HV.

Se realiza una tabla de valorización de los tres tipos de sistemas a instalarse con el análisis de la ponderación de los modelos de inversores a instalarse, por lo que se tiene:

Inversores de red seleccionados para el área del taller

En la TABLA XXIV se puede observar los valores del número de inversores de red y el precio:

TABLA XXIV

INVERSORES DE RED PARA EL ÁREA DEL TALLER

Inversor de red
Área del taller

Sistema	Tipo de inversor	Número de inversor	Precio unitario	Precio total
On – Grid	Inversor de red Growatt MAC 36KTL3 – XL	1	$ 4598.85	$ 4598.85
Híbrido	Inversor híbrido Growatt WIT 36K–HU–US	1	$ 13972.50	$ 13972.50
Off – Grid	Inversor Grid Tie 50 kWA SOLIS – 50 k – HV	1	$ 4140.00	$ 4140.00

3) Baterías

Se considera como alternativas de modelos de baterías, las siguientes opciones:

Opción 1: Batería de litio Growatt AXE LV 5 kWh, según el Anexo 2.

Opción 2: Batería de litio Huawei LUNA2000-5-S0, según el Anexo 23.

Opción 3: Batería JM Batteries JM 51.2V 200Ah, según el Anexo 24.

Opción 4: Batería de litio Sunlight 5 OPzS 350, según el Anexo 25.

Evaluación de costo para las baterías

TABLA XXV

PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL CRITERIO DE COSTO

Costo	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	∑+1	Ponderado
Opción 1		1	1	1	4	0.3077
Opción 2	0.5		1	1	3.5	0.2692
Opción 3	0.5	0.5		1	3	0.2308
Opción 4	0.5	0.5	0.5		2.5	0.1923
				Suma	**13**	**1**

Por lo que se elige la Opción 1 la Batería de litio Growatt AXE LV 5 kWh.

Baterías seleccionadas para el área residencial y comercial

En la TABLA XXVI se puede observar los valores del número de baterías y el precio:

TABLA XXVI

TABLA DE VALORIZACIÓN DE BATERÍAS PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Baterías				
Área residencial y comercial				
Sistema	**Tipo de baterías**	**Número de baterías**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	Batería de litio Growatt AXE LV 5 kWh	0	$ 2183.85	$ 0.00
Híbrido		12	$ 2183.85	$ 26206.20
Off – Grid		36	$ 2183.85	$ 78618.60

Baterías seleccionadas para el área del taller

En la TABLA XXVII se puede observar los valores del número de baterías y el precio:

TABLA XXVII

TABLA DE VALORIZACIÓN DE BATERÍAS PARA EL ÁREA DEL TALLER

Baterías				
Área del taller				
Sistema	**Tipo de baterías**	**Número de baterías**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	Batería de litio Growatt AXE LV 5 kWh	0	$ 2183.85	$ 0.00
Híbrido		37	$ 2183.85	$ 80802.45
Off – Grid		110	$ 2183.85	$ 240223.50

4) Protecciones

Se realiza una tabla de valorización de los tres tipos de sistemas a instalarse:

Reguladores de carga para el área residencial y comercial

En la tabla se puede observar los valores del número de reguladores de carga:

TABLA XXVIII

NÚMERO DE REGULADORES DE CARGA PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Reguladores de carga				
Área residencial y comercial				
Sistema	**Tipo de baterías**	**Número de baterías**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	ViewStar VS2024AU PWM 20A 12/24V	2	$ 149.50	$ 299.00
Híbrido		2	$ 149.50	$ 299.00
Off – Grid		3	$ 149.50	$ 448.50

Reguladores de carga para el área del taller

En la tabla se puede observar los valores del número de reguladores de carga:

TABLA XXIX

NÚMERO DE REGULADORES DE CARGA PARA EL ÁREA DEL TALLER

Reguladores de carga				
Área del taller				
Sistema	**Tipo de baterías**	**Número de baterías**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	ViewStar VS2024AU PWM 20A 12/24V	6	$ 149.50	$ 897.00
Híbrido		6	$ 149.50	$ 897.00
Off – Grid		7	$ 149.50	$ 1046.50

5) Cable solar

Cable solar para el área residencial y comercial

En la tabla se puede observar los metros de cable solar a utilizarse y el precio:

TABLA XXX

METROS DE CABLE SOLAR PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Cable solar				
Área residencial y comercial				
Sistema	**Tipo de baterías**	**Metros de cable**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	Cable solar	100	$ 1.89	$ 189.00
Híbrido		150	$ 1.89	$ 283.50
Off – Grid		100	$ 1.89	$ 189.00

Cable solar para el área del taller

En la tabla se puede observar los metros de cable solar a utilizarse y el precio:

TABLA XXXI

METROS DE CABLE SOLAR PARA EL ÁREA DEL TALLER

Cable solar				
Área del taller				
Sistema	**Tipo de baterías**	**Metros de cable**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	Cable solar	200	$ 1.89	$ 378.00
Híbrido		250	$ 1.89	$ 472.50
Off – Grid		200	$ 1.89	$ 378.00

6) Conectores

Conectores MC4:

Para el área residencial y comercial

En la tabla se puede observar el número de conectores y el precio:

TABLA XXXII

NÚMERO DE CONECTORES MC4 PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Conectores MC4				
Área residencial y comercial				
Sistema	**Tipo de conectores**	**Número de conectores**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	Conectores MC4	10	$ 4.83	$ 48.30
Híbrido		15	$ 4.83	$ 72.45
Off – Grid		10	$ 4.83	$ 48.30

Para el área del taller

En la tabla se puede observar el número de conectores a utilizarse y el precio:

TABLA XXXIII

NÚMERO DE CONECTORES MC4 PARA EL ÁREA DEL TALLER

Conectores MC4				
Área del taller				
Sistema	**Tipo de conectores**	**Número de conectores**	**Precio unitario**	**Precio total**
On – Grid	Conectores MC4	10	$ 4.83	$ 48.30
Híbrido		15	$ 4.83	$ 72.45
Off – Grid		10	$ 4.83	$ 48.30

7) Resultados

Para poder ver los resultados de manera general, se va a dividir los 3 diferentes sistemas de las dos áreas del dimensionamiento e identificar que equipos y que precio van a tener cada uno:

Sistema On – Grid:

A continuación se detalla los valores de los equipos y los precios para las dos áreas donde se planea hacer la instalación del sistema fotovoltaico, donde se tiene los siguientes valores:

Para el área residencial y comercial:

TABLA XXXIV

INVERSIÓN PARA EL SISTEMA ON – GRID PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Área residencial y comercial		
Equipo	**Cantidad**	**Precio total**
Paneles solares	18	$ 2587.50
Inversor de red	1	$ 2663.40

Reguladores de carga	2	$ 299.00
Cable solar	100 m	$ 189.00
Conectores MC4	50	$ 48.30
Anclajes	18	$ 1116.00
Instalación de paneles	19	$ 285.00
Instalación eléctrica	1	$ 1000.00
Tramites	1	$ 500.00
Transporte	1	$ 600.00
Total		$ 9288.20

Para el área del taller:

TABLA XXXV

INVERSIÓN PARA EL SISTEMA ON – GRID PARA EL ÁREA DEL TALLER

Área residencial y comercial		
Equipo	**Cantidad**	**Precio total**
Paneles solares	54	$ 7762.50
Inversor de red	1	$ 4598.85
Reguladores de carga	6	$ 897.00
Cable solar	200 m	$ 378.00
Conectores MC4	50	$ 48.30
Anclajes	54	$ 3348.00
Instalación de paneles	55	$ 825.00
Instalación eléctrica	1	$ 1000.00
Tramites	1	$ 1500.00
Transporte	1	$ 600.00
Total		$ 20957.65

La inversión total para la instalación del sistema fotovoltaico:

TABLA XXXVI

INVERSIÓN TOTAL PARA EL SISTEMA ON – GRID

Sistema On – Grid	
Área	**Inversión**
Residencial y comercial	$ 9288.20
Taller	$ 20957.65
Total	$ 30245.85

Sistema híbrido:

Se detalla los valores de los equipos y los precios para el área residencial y comercial:

TABLA XXXVII

INVERSIÓN PARA EL SISTEMA HÍBRIDO PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Área residencial y comercial		
Equipo	**Cantidad**	**Precio total**
Paneles solares	18	$ 2587.50
Inversor de red	1	$ 2528.85
Baterías	12	$ 26206.20
Reguladores de carga	2	$ 299.00
Cable solar	150 m	$ 283.50
Conectores MC4	50	$ 72.45
Anclajes	18	$ 1116.00
Instalación de paneles	19	$ 285.00
Instalación eléctrica	1	$ 1000.00
Tramites	1	$ 500.00
Transporte	1	$ 600.00
Total		$ 35478.50

Se detalla los valores de los equipos y los precios para el área del taller:

TABLA XXXVIII

INVERSIÓN PARA EL SISTEMA HÍBRIDO PARA EL ÁREA DEL TALLER

Área residencial y comercial		
Equipo	**Cantidad**	**Precio total**
Paneles solares	54	$ 7762.50
Inversor de red	1	$ 13972.50
Baterías	37	$ 80802.45
Reguladores de carga	6	$ 897.00
Cable solar	250 m	$ 472.50
Conectores MC4	60	$ 72.45
Anclajes	54	$ 3348.00
Instalación de paneles	55	$ 825.00
Instalación eléctrica	1	$ 1000.00
Tramites	1	$ 1500.00
Transporte	1	$ 600.00
Total		$ 111252.40

La inversión total para la instalación del sistema fotovoltaico:

TABLA XXXIX

INVERSIÓN TOTAL PARA EL SISTEMA HÍBRIDO

Sistema Híbrido	
Área	**Inversión**
Residencial y comercial	$ 35478.50
Taller	$ 111252.40
Total	$ 146730.90

Sistema Off – Grid:

A continuación se detalla los valores de los equipos y los precios para las dos áreas:

Para el área residencial y comercial:

TABLA XL

INVERSIÓN PARA EL SISTEMA OFF – GRID PARA EL ÁREA RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Área residencial y comercial		
Equipo	**Cantidad**	**Precio total**
Paneles solares	22	$ 3162.50
Inversor de red	1	$ 1414.50
Baterías	36	$ 78618.60
Reguladores de carga	3	$ 448.50
Cable solar	100 m	$ 189.00
Conectores MC4	50	$ 48.30
Anclajes	22	$ 1364.00
Instalación de paneles	23	$ 345.00
Instalación eléctrica	1	$ 1000.00
Transporte	1	$ 600.00
Total		$ 87190.40

Para el área del taller:

TABLA XLI

INVERSIÓN PARA EL SISTEMA OFF – GRID PARA EL ÁREA DEL TALLER

Área residencial y comercial		
Equipo	**Cantidad**	**Precio total**
Paneles solares	68	$ 9775.00
Inversor de red	1	$ 4140.00
Baterías	110	$ 240223.50
Reguladores de carga	7	$ 1046.50
Cable solar	200 m	$ 378.00
Conectores MC4	50	$ 48.30
Anclajes	68	$ 4216.00
Instalación de paneles	69	$ 1035.00
Instalación eléctrica	1	$ 1000.00
Transporte	1	$ 600.00
Total		$ 262462.30

La inversión total para la instalación del sistema fotovoltaico:

TABLA XLII

INVERSIÓN TOTAL PARA EL SISTEMA OFF – GRID

Sistema Off – Grid	
Área	**Inversión**
Residencial y comercial	$ 87190.40
Taller	$ 262462.30
Total	$ 349652.70

Retorno a la inversión

Con los valores que se va a invertir en cada uno de los sistemas fotovoltaicos en cada uno de los sistemas, ahora se hace el retorno a la inversión asimismo de cada uno de los sistemas fotovoltaicos, por lo que se tiene a continuación:

On – Grid:

Para determinar el BAN (Beneficio anual neto), utilizamos la ecuación (13) para saber la energía anual generada por parte de la instalación:

$$Eg = P_{instalada} \cdot HSP \cdot \eta \tag{13}$$

$$Eg = (72 \cdot 0.61)(5 \cdot 365)(0.9)$$

$$Eg = 72138.6\ kWh/año$$

Por lo que, por parte de la Empresa Eléctrica se accede a los siguientes beneficios:

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
CATEGORÍA	RESIDENCIAL		
NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE		
1-50		0,091	
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,105	1,414
501-700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	
	RESIDENCIAL TEMPORAL		
		0,1285	

Fig. 27. Pliego tarifario del servicio público de Empresa Eléctrica año 2025 [48].

Por lo que se accede al beneficio superior del rango de consumo, es decir 0.6812, y con la ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** tenemos:

$$BAN = Eg \cdot PTSPEE \tag{19}$$

$$BAN = \left(72138.6 \frac{kW}{año}\right)(0.6812)$$

$$BAN = \$\ 49140.81$$

Utilizando la ecuación (17) donde el beneficio anual neto proyectado es de $ 49140.81 y la inversión del sistema fotovoltaico On – Grid es de $ 30245.85, se tiene a continuación:

$$ROI\ (\%) = \left(\frac{BAN}{CTI}\right) \cdot 100\% \tag{17}$$

$$ROI\ (\%) = \left(\frac{\$\ 49140.81}{\$\ 30245.85}\right) \cdot 100\%$$

$$ROI\ (\%) = 162.47\ \%$$

Con la ecuación (18) se calcula el periodo de retorno de la inversión con un costo total de la inversión es de $ 30245.85 y el ahorro anual en la factura eléctrica es de $ 49140.81, entonces:

$$PR = \frac{CTI}{AAFE} \tag{18}$$

$$PR = \frac{\$\ 30245.85}{\$\ 49140.81}$$

$$PR = 0.61\ años$$

Híbrido:

Para determinar el BAN (Beneficio anual neto), utilizamos la ecuación (13) para saber la energía anual generada por parte de la instalación:

$$Eg = P_{instalada} \cdot HSP \cdot \eta \tag{13}$$

$$Eg = (72 \cdot 0.61)(5 \cdot 365)(0.9)$$

$$Eg = 72138.6\ kWh/año$$

Por lo que se accede al beneficio superior del rango de consumo según la **Fig. 27**, es decir 0.6812, y con la ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** tenemos:

$$BAN = Eg \cdot PTSPEE \tag{19}$$

$$BAN = \left(72138.6\frac{kW}{año}\right)(0.6812)$$

$$BAN = \$\ 49140.81$$

Utilizando la ecuación (17) donde el beneficio anual neto proyectado es de $ 49140.81 y la inversión del sistema fotovoltaico On – Grid es de $ 146730.90, se tiene a continuación:

$$ROI\ (\%) = \left(\frac{BAN}{CTI}\right) \cdot 100 \tag{17}$$

$$ROI\ (\%) = \left(\frac{\$\ 49140.81}{\$\ 146730.9}\right) \cdot 100$$

$$ROI\ (\%) = 33.49\ \%$$

Con la ecuación (18) se calcula el periodo de retorno de la inversión con un costo total de la inversión es de $ 146730.90 y el ahorro anual en la factura eléctrica es de $ 49140.81, entonces:

$$PR = \frac{CTI}{AAFE} \tag{18}$$

$$PR = \frac{\$\ 146730.9}{\$\ 49140.81}$$

$$PR = 2.98\ años$$

Off – Grid:

Para determinar el BAN (Beneficio anual neto), utilizamos la ecuación (13) para saber la energía anual generada por parte de la instalación:

$$Eg = P_{instalada} \cdot HSP \cdot \eta \tag{13}$$

$$Eg = (90 \cdot 0.61)(5 \cdot 365)(0.9)$$

$$Eg = 90173.25\ kWh/año$$

Por lo que se accede al beneficio superior del rango de consumo según la **Fig. 27**, es decir 0.6812, y con la ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** tenemos:

$$BAN = Eg \cdot PTSPEE \tag{19}$$

$$BAN = \left(90173.25 \frac{kW}{año}\right)(0.6812)$$

$$BAN = \$\ 61426.01$$

Utilizando la ecuación (17) donde el beneficio anual neto proyectado es de $ 61426.01 y la inversión del sistema fotovoltaico On – Grid es de $ 349652.70, se tiene a continuación:

$$ROI\ (\%) = \left(\frac{BAN}{CTI}\right) \cdot 100 \tag{17}$$

$$ROI\ (\%) = \left(\frac{\$\ 61426.01}{\$\ 349652.70}\right) \cdot 100$$

$$ROI\ (\%) = 17.56\ \%$$

Con la ecuación (18) se calcula el periodo de retorno de la inversión con un costo total de la inversión es de $ 349652.70 y el ahorro anual en la factura eléctrica es de $ 61426.01, entonces:

$$PR = \frac{CTI}{AAFE} \tag{18}$$

$$PR = \frac{\$\ 349652.70}{\$\ 61426.01}$$

$$PR = 5.69\ años$$

Resultados generales del sistema

TABLA XLIII

RESULTADOS TOTALES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA CRAME

Resultados del sistema para CRAME		
Sistema	**Inversión**	**Retorno a la inversión**
On – Grid	$ 30245.85	0.61 años
Híbrido	$ 146730.90	2.98 años
Off – Grid	$ 349652.70	5.69 años

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis del consumo energético de CRAME en donde se obtuvo que mensualmente la empresa consume 6509.4 kWh con lo que se determinó los parámetros técnicos por medio de cálculos para la selección de equipos para los diferentes sistemas fotovoltaicos,
- Se obtuvo como resultados que el sistema fotovoltaico On – Grid llegó a representar la alternativa más rentable para la empresa CRAME debido a que se debería realizar una inversión aproximada de $ 30245.85 lo cual se aproxima un retorno de esa inversión en 0.61 años, lo que la convierte en una solución eficiente desde el punto de vista económico; aunque analizando el sistema híbrido nos brinda un equilibrio tanto en autonomía energética como en viabilidad económica bastante convincente debido a que se debería realizar una inversión de $ 146730.90 que tendría un retorno a la inversión de 2.98 años, resultando así una alternativa muy viable, debido a que con una inversión más grande, el retorno a la inversión no se extiende mucho, por lo que el sistema fotovoltaico híbrido lo hace más convincente y como alternativa para poder realizar una instalación en CRAME.
- Se concluye que el sistema Off – Grid es la opción menos viable para la instalación de un sistema fotovoltaico en CRAME debido a que se debe realizar una inversión de $349652.70 y un retorno a la inversión para el sistema de 5.69 años, por lo que

llega a ser la menos viable debido a la relación inversión – retorno a la inversión, aunque tener una autonomía total generaría beneficios de producción de la empresa, aunque existan cortes de energía, pero para este proyecto es menos viable.

- Finalmente se concluye que con la comparación técnico – económica deja en evidencia que con el diseño y dimensionamiento adecuado, considerando normas, catálogos y las diferentes tipos de sistemas con un criterio adecuado llegan a ser claves para maximizar la eficiencia y el rendimiento del sistema fotovoltaico, todo adaptándose en el consumo energético estimado con las máquinas; además de que la implementación de un sistema fotovoltaico en la empresa CRAME llegaría a contribuir significativamente de manera positiva dentro de sostenibilidad energética y la reducción de costos operativos teniendo así una alineación con los objetivos ambientales y empresariales a largo plazo.

II. RECOMENDACIONES

- Inicialmente se podría considerar realizar la instalación de un sistema On – Grid como una solución inicial debido a su gran viabilidad económica, además de su simplicidad operativa y gran compatibilidad con la infraestructura eléctrica que actualmente existe pero con la proyección de realizar una migración a futuro de un sistema híbrido en caso de que la empresa llegue a tener un incremento en la demanda de energía o necesitar una mayor seguridad energética por falta de estabilidad en la red o cortes sin de energía sin planificación.
- Se recomienda evitar casi por completo la implementación de un sistema Off – Grid debido al contexto actual por el costo de inversión en el mismo sistema y el tiempo en el retorno a la inversión que se va a realizar, se recomienda evitar este tipo de sistema fotovoltaico a menos que se llegue a demostrar una buena justificación por una necesidad crítica o extrema de la necesidad de independencia energética o por medio de subsidios externos se llegue a acceder a beneficios fiscales, ya que su elevada inversión o retorno demasiado prolongado lo hacen poco convincente en cuanto a inversión económica.
- Se sugiere establecer un sistema de monitoreo energético continuo después de realizar la instalación de cualquiera de los sistemas fotovoltaicos que se llegue a elegir, todo esto con la finalidad de realizar una evaluación progresiva del desempeño, rendimiento y eficiencia de los equipos instalados en la empresa con la finalidad de realizar un posible ajuste operativo para llegar a garantizar los

objetivos de rendimiento y cumplir con la demanda de energía que en un inicio se calculó, garantizando así una eficiencia desde que se instale hasta llegar a un determinado tiempo con la proyección del monitoreo energético.

- Finalmente se aconseja investigar incentivos gubernamentales, líneas de crédito verde, beneficios fiscales, convenios con instituciones financieras o empresas públicas o privadas que lleguen a promover la inversión en energías renovables, con lo que con la instalación del sistema fotovoltaico reduce las cargas económicas iniciales ayudando a fomentar una transición energética sostenible; además de llegar a ser una empresa reconocida por el establecimiento de una nueva fuente de obtención de energía, incentivando y sirviendo de ejemplo para más empresas que apliquen la aplicación de energías renovables, ya sean los mismo sistemas fotovoltaicos u otras alternativas como la bio masa o energía eólica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] «content.pdf». Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/05090508-b9ca-40a6-821b-c7665820f46b/content

[2] E. Heraldo, «Cortes de luz e inseguridad comercial», El Heraldo. Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.elheraldo.com.ec/cortes-de-luz-e-inseguridad-comercial/

[3] «Atlas-del-Sector-Electrico-Ecuatoriano-2023.pdf». Accedido: 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://controlelectrico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/07/Atlas-del-Sector-Electrico-Ecuatoriano-2023.pdf

[4] *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación, 2007.

[5] C. F. C. Villegas, «MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO: RETORNO SOBRE INVERSIÓN, ROI; INGRESO RESIDUAL, IR; VALOR ECONÓMICO AGREGADO, EVA;ANÁLISIS COMPARADO.».

[6] E. Estratégica, «En 2019 bajaron los precios de todas las energías renovables, muestra informe de IRENA con optimistas proyecciones para 2020», Energía Estratégica. Accedido: 14 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.energiaestrategica.com/en-2019-bajaron-los-precios-de-todas-las-energias-renovables-muestra-informe-de-irena-con-optimistas-proyecciones-para-2020/

[7] «energias-renovables.pdf». Accedido: 6 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.lineaverdecarreno.com/lv/consejos-ambientales/energias-renovables/energias-renovables.pdf

[8] ecofener, «¿Cómo se produce la energía solar térmica?», Blog Ecofener. Accedido: 14 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://ecofener.com/blog/se-produce-la-energia-solar-termica/
[9] «Energía solar térmica para tu aire acondicionado», Bropro. Accedido: 14 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://bropro.es/noticia/energia-solar-termica-para-tu-aire-acondicionado/
[10] L. Fernández y L. Daniel, «Diseño eléctrico de un sistema fotovoltaico On-Grid para el complejo de concientización y cuidado del mar, YUBARTA», 2022.
[11] «Sistema solar ON GRID (inyección a la red) – ENERGIA SOLAR SURYA». Accedido: 7 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.energiasolarsurya.com/sistemas-de-energia-solar/sistema-solar-on-grid-inyeccion-a-la-red/
[12] «Fig. 5 Sistema fotovoltaico aislado», ResearchGate. Accedido: 7 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Sistema-fotovoltaico-aislado_fig4_381577963
[13] «Sistemas Híbridos. Principio de funcionamiento y preguntas frecuentes :: Energías Inteligentes». Accedido: 7 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: http://www.energiasinteligentes.com/articulos
[14] «Bancos de condensadores», Ryctel. Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://ryctel.com/producto/bancos-de-condensacion
[15] «IV_FIN_109_TI_Guzman_Trillo_2019.pdf». Accedido: 16 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8673/4/IV_FIN_109_TI_Guzman_Trillo_2019.pdf
[16] F. S. L. Loya, «TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO ELÉCTRICO».
[17] «manual-tecnico-cisar.pdf». Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://cisar.es/wp-content/uploads/2015/07/manual-tecnico-cisar.pdf
[18] «PANEL FV TRINA SOLAR VERTEX N 610WP», Heliostrategia del Ecuador. Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/catalogo/panel-fv-trina-solar-vertex-n-610wp/
[19] «DT-M-0093-A-Datasheet_Vertex_NE19R_EN_2024_A_web_0-2.pdf». Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/wp-content/uploads/2025/02/DT-M-0093-A-Datasheet_Vertex_NE19R_EN_2024_A_web_0-2.pdf
[20] «panel_policristalino».
[21] «panel_policristalino».
[22] «INVERSOR DE RED GROWATT MAC 10KTL3-XL», Heliostrategia del Ecuador. Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/catalogo/inversor-de-red-growatt-mac-10ktl3-xl/
[23] «MIN 7000-10000TL-X2 | Inversor Fotovoltaico Residencial | Growatt». Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://latam.growatt.com/products/min-7000-10000tl-x2?utm_source=chatgpt.com
[24] «FT-CS-INV-S-1-6 KW-MONO.pdf». Accedido: 19 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.grupotemper.com/images/adjuntos2/FT-CS-INV-S-1-6%20KW-MONO.pdf?utm_source=chatgpt.com

[25] «infinisolar-manual-traslation-rev2.pdf». Accedido: 19 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.jheta-ups.com.mx/wp-content/uploads/2016/01/infinisolar-manual-traslation-rev2.pdf
[26] «NUEVO Inversor Huawei de 8kW Híbrido Monofásico - SUN2000-8K-LC0», EMAT Chile. Accedido: 19 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://ematchile.com/producto/inversor-huawei-de-8kw-hibrido-monofasico-sun2000-8k-lc0/
[27] «Módulo-4-Inversores-reguladores-baterías.pdf». Accedido: 19 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/12/M%C3%B3dulo-4-Inversores-reguladores-bater%C3%ADas.pdf
[28] «INVERSOR SOLAR OFF GRID | Sylvania Ecuador». Accedido: 19 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://sylvania.com.ec/product/inversor-solar-off-grid/
[29] «BATERIA DE LITIO GROWATT AXE LV 5KWH», Heliostrategia del Ecuador. Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/catalogo/bateria-de-litio-growatt-axe-lv-5kwh/
[30] «AXE LV Battery | Residential LV Battery | Growatt». Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://en.growatt.com/products/axe-lv-battery?utm_source=chatgpt.com
[31] C. Crowell, «Growatt goes off-grid with AXE LV battery», Solar Builder Magazine. Accedido: 25 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://solarbuildermag.com/batteries/growatt-goes-off-grid-with-axe-lv-battery/
[32] J. Reyes, «¿Qué son las baterías solares y para qué sirven?», VOLTAIKA PERÙ. Accedido: 19 de mayo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://voltaika.net/que-son-las-baterias-solares-y-para-que-sirven/
[33] «CONECTORES MC4», Heliostrategia del Ecuador. Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/catalogo/conectores-mc4/
[34] VTOMAN, «Maximización de la eficiencia solar: guía esencial para los conectores MC4», VTOMAN. Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://vtoman.com/es/blogs/news/mc4-connectors-guide
[35] «Conector mc4: ¿Qué es y por qué son esenciales en tus instalaciones?» Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://solarama.mx/blog/conector-mc4/
[36] T. Gv, «Tipo de producto Rango Páginas», vol. 500.
[37] «Catálogo-Interruptores-Termomagnéticos-y-Diferenciales-4.pdf». Accedido: 26 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.zoloda.com.ar/descargas/Cat%C3%A1logo-Interruptores-Termomagn%C3%A9ticos-y-Diferenciales-4.pdf
[38] «Cable Fotovoltaico,Calibre 6,con conexión MC4». Accedido: 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.waderain.com/cable-fotovoltaico-calibre-6-con-conexion-mc4.html
[39] «FICHA-TECNICA-CABLE-SOLAR-PRYSUN.pdf». Accedido: 27 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/wp-content/uploads/2025/04/FICHA-TECNICA-CABLE-SOLAR-PRYSUN.pdf
[40] «ANCLAJES PARA TECHO DE TEJAS», Heliostrategia del Ecuador. Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/catalogo/anclajes-para-techo-de-tejas/

[41] «ANCLAJES PARA TECHO DE METAL TRAPEZOIDAL», Heliostrategia del Ecuador. Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/catalogo/anclajes-para-techo-de-metal-trapezoidal/

[42] «ANCLAJES PARA TECHO DE ETERNIT», Heliostrategia del Ecuador. Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/catalogo/anclajes-para-techo-de-eternit/

[43] «ANCLAJES PARA TECHO PLANO», Heliostrategia del Ecuador. Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/catalogo/anclajes-para-techo-plano/

[44] «ANCLAJES PARA SUELO (A MEDIDAS)», Heliostrategia del Ecuador. Accedido: 29 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://heliostrategiaecuador.com/catalogo/anclajes-para-suelo-a-medidas/

[45] «(PDF) Economic Analysis and Comparison of Stand alone and Grid Connected Roof Top Photovoltaic Systems», en *ResearchGate*, Accedido: 28 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/350878251_Economic_Analysis_and_Comparison_of_Stand_alone_and_Grid_Connected_Roof_Top_Photovoltaic_Systems

[46] A. Barragán-Escandón, D. Jara-Nieves, I. Romero-Fajardo, E. F. Zalamea-Leon, y X. Serrano-Guerrero, «Barriers to renewable energy expansion: Ecuador as a case study», *Energy Strategy Rev.*, vol. 43, p. 100903, sep. 2022, doi: 10.1016/j.esr.2022.100903.

[47] «(PDF) Design, Dimensioning, and Installation of Isolated Photovoltaic Solar Charging Station in Tungurahua, Ecuador», *ResearchGate*, Accedido: 28 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315611313_Design_Dimensioning_and_Installation_of_Isolated_Photovoltaic_Solar_Charging_Station_in_Tungurahua_Ecuador

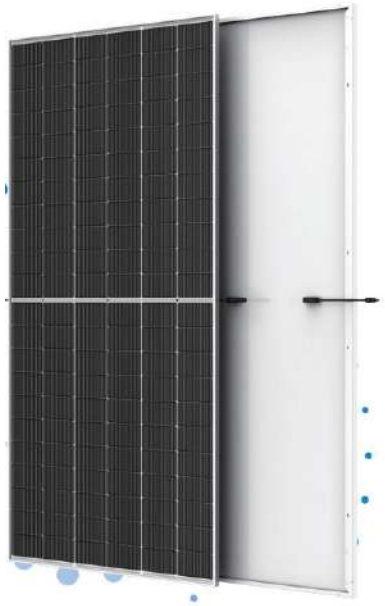
[48] «2.-Pliego-Tarifario-del-Servicio-Publico-de-Energia-Electrcia-ano-2025.pdf». Accedido: 2 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2025/01/2.-Pliego-Tarifario-del-Servicio-Publico-de-Energia-Electrcia-ano-2025.pdf

ANEXOS

Anexo 1

Ficha técnica del módulo solar a utilizarse:





High customer value

- Standardized module size with flagship module power, 30W higher compared with conventional technology
- Low Voltage design with higher string power, effectively reducing BOS (Balance of System) and LCOE (Levelized Cost of Energy) by 1%~5%
- Suitable for all scenario, especially C&I, residential, and ground applications
- Higher container space utilization effectively reduces the freight cost
- Excellent compatibility with existing mainstream system components

High power up to 625W

- Up to 23.1% module efficiency, on 210 innovative platform
- Patented i-TOPCon technology with continuous efficiency improvement, including contact resistance reduction, rear reflection enhancement and edge quality repairment

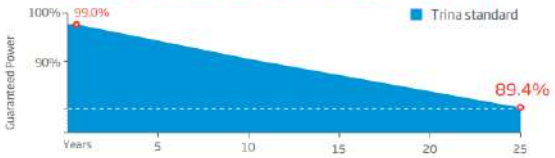
High reliability

- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology and high-density packaging
- Reduced risks of hot-spot with half-cut technology
- Certified high resistance against salt, ammonia, sand, PID, LID, LeTID
- Sustainable in harsh environments and extreme weather conditions

High energy yield

- Excellent low irradiation performance, validated by 3rd party
- Lower temperature coefficient (-0.29%/°C)

Trina Solar's Backsheet Performance Warranty



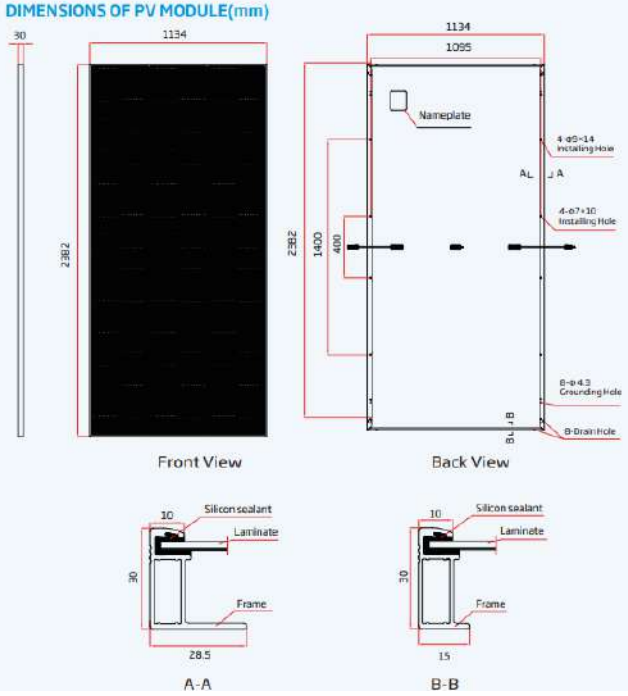
Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL61730
ISO 9001: Quality Management System
ISO 14001: Environmental Management System
ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
ISO45001: Occupational Health and Safety Management System

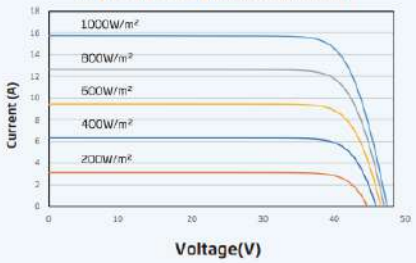
Trinasolar

Vertex N-type i-TOPCon backsheet MONOCRYSTALLINE MODULE

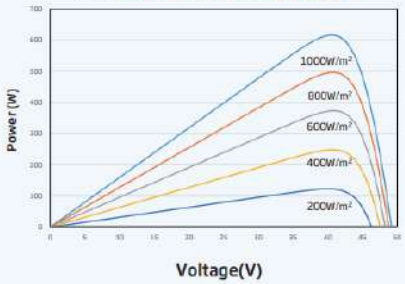
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(610W)



P-V CURVES OF PV MODULE(610 W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-PMAX (Wp)*	595	600	605	610	615	620	625
Power Tolerance-PMAX (W)	0 ~ +5						
Maximum Power Voltage-VMPP (V)	40.0	40.3	40.5	40.8	41.1	41.4	41.6
Maximum Power Current-IMPP (A)	14.89	14.91	14.94	14.96	14.98	14.99	15.00
Open Circuit Voltage-Voc (V)	48.1	48.4	48.7	49.0	49.3	49.6	49.8
Short Circuit Current-Isc (A)	15.76	15.80	15.83	15.86	15.89	15.91	15.93
Module Efficiency ηm (%)	22.0	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0	23.1

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power-PMAX (Wp)	454	459	462	466	470	474	477
Maximum Power Voltage-VMPP (V)	37.6	37.9	38.1	38.3	38.6	38.8	39.0
Maximum Power Current-IMPP (A)	12.07	12.11	12.13	12.16	12.19	12.20	12.21
Open Circuit Voltage-Voc (V)	45.7	46.0	46.2	46.5	46.8	47.1	47.3
Short Circuit Current-Isc (A)	12.69	12.73	12.75	12.78	12.80	12.82	12.84

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	N-type i-TOPCon Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2382×1134×30 mm (93.78×44.65×1.18 inches)
Weight	27.9kg (61.51 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Backsheet	White
Frame	30mm(1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm² (0.006 inches²) Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4 Plus / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of PMAX	-0.29%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	30A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
1% first year degradation
0.4% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 36 pieces
Modules per 40' container: 720 pieces

Trinasolar

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2024 Trina Solar Co.,Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM_EN_2024_A

www.trinasolar.com

Precio: $ 118.35

Anexo 2

Ficha técnica del inversor de red a utilizarse:



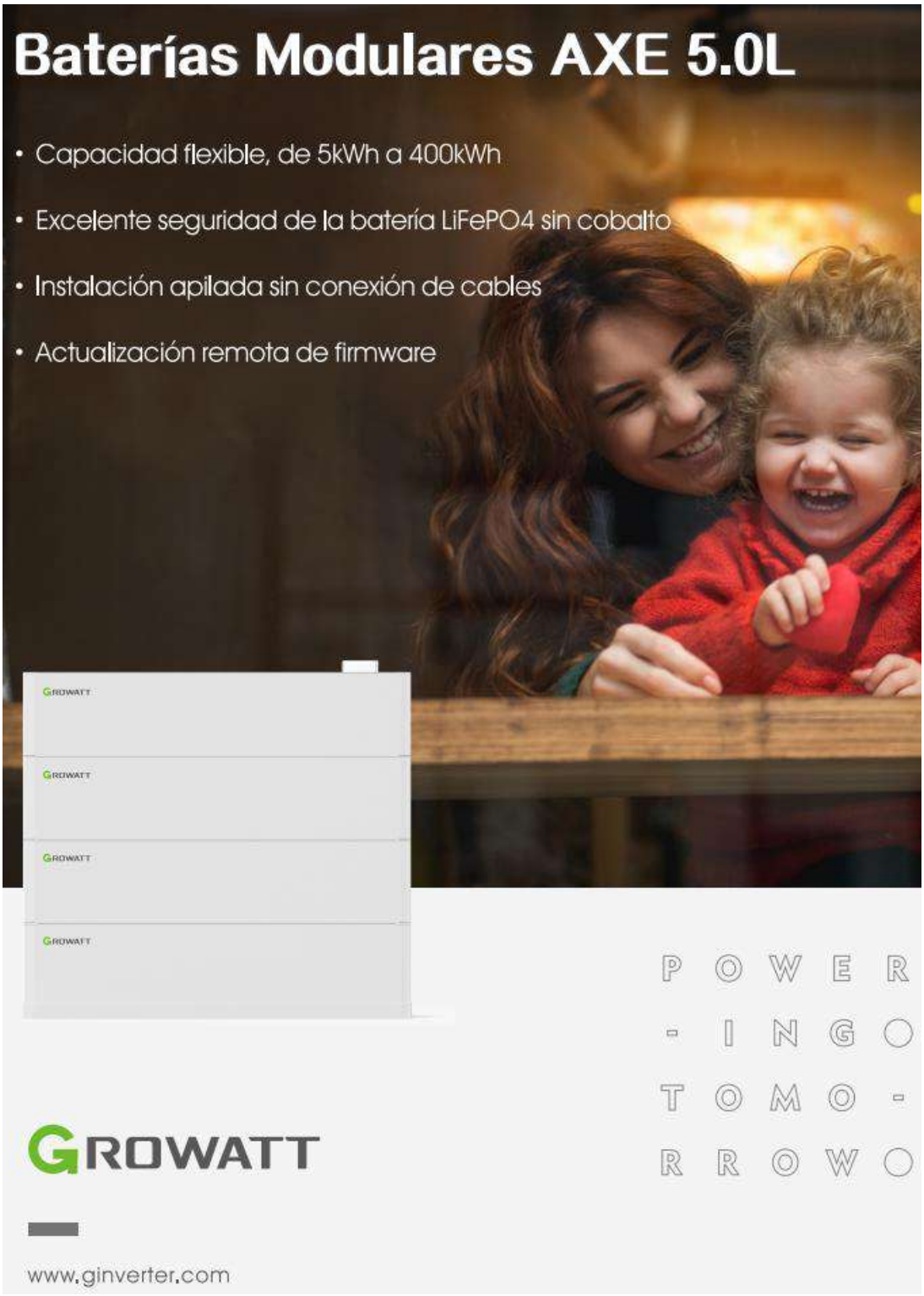
Hoja de datos	MAC 10KTL3-XL	MAC 12KTL3-XL	MAC 15KTL3-XL	MAC 20KTL3-XL
Datos de entrada (CD)				
Máxima potencia FV recomendada (STC)	15000W	18000W	22500W	30000W
Rango de potencia máxima	360-650V			
Voltaje de arranque	250V			
Voltaje nominal	550V			
Rango de voltaje de MPPT	200-850V			
Número de MPPTs	4			
Cadenas por MPPT	2/2/2/2			
Máxima corriente por MPPT	26A/26A/26A/26A			
Corriente de corto circuito por MPPT	32A/32A/32A/32A			
Salida (CA)				
Potencia nominal CA	10000W	12000W	15000W	20000W
Potencia aparente máxima	11100VA	13300VA	16600VA	22200VA
Voltaje nominal CA (Rango*)	127/220V (101.6-139.7V)			
Frecuencia de red CA (Rango*)	60Hz (55-65Hz)			
Corriente máxima de salida	29.2A	35A	43.7A	58.3A
Factor de potencia nominal/ajustable	>0.99 / +0.8 ... -0.8			
Distorsión armónica total	< 3%			
Tipo de conexión CA	3L+N+PE			
Eficiencia				
Máxima eficiencia	98.50%			
Eeficiencia europea	98.00%			
Eficiencia de MPPT	99.90%			
Dispositivos de protección				
Protección de polaridad inversa CD	Sí			
Interruptor CD	Sí			
Protección contra sobretensión CA/CD	Clase II / Clase II			
Monitoreo de resistencia de aislamiento	Sí			
Protección de corto circuito CA	Sí			
Monitoreo de red	Sí			
Monitreo de cadenas	Opcional			
Protección anti-isla	Sí			
Monitoreo de corriente residual	Sí			
AFCI	Sí			
Datos generales				
Dimensiones	580/435/230mm			
Peso	31kg			
Rango de temperatura de operación	- 25 °C ... +60 °C			
Autoconsumo (noche)	≤ 1W			
Topología	Sin transformador			
Enfriamiento	Enfriamiento inteligente (ventiladores de velocidad variable)			
Grado de protección	IP65			
Humedad relativa	0-100%			
Altitud	4000m			
Conexión CD	H4/MC4 (Opcional)			
Conexión CA	Conector Glándula / Terminal OT			
Pantalla	OLED+LED/WIFI+APP			
Comunicación: RS485 / USB / WIFI / GPRS / RF / LAN	Si/Si/Opcional/Opcional/Opcional/Opcional			
Garantía: 5 años / 10 años	Si/Opcional			
CE, IEC 62116, IEC 61727,IEC62109,INMETRO,AS4777, UL1741				

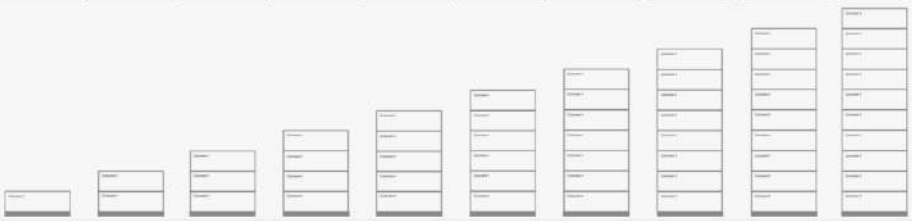
* El rango de voltaje y frecuencia de CA puede variar dependiendo del estándar de la red del país.Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

Precio: $ 2664.5

Anexo 3

Ficha técnica del primer modelo de batería de 5 kVh:



Hoja de datos	AXE 5.0L	AXE 10.0L	AXE 15.0L	AXE 20.0L	AXE 25.0L	AXE 30.0L	AXE 35.0L	AXE 40.0L	AXE 45.0L	AXE 50.0L
Demostración del sistema										
Módulo de batería	AXE 5.0L - C1 (5.0kWh, 51.2V, 40kg)									
Número de módulos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacidad de energía	5,0kWh	10,0kWh	15,0kWh	20,0kWh	25,0kWh	30,0kWh	35,0kWh	40,0kWh	45,0kWh	50,0kWh
Dimensiones	650/350/165mm	650/350/305mm	650/350/445mm	650/350/585mm	650/350/725mm	650/350/865mm	650/350/1005mm	650/350/1145mm	650/350/1285mm	650/350/1425mm
Peso	42kg	82kg	122kg	162kg	202kg	242kg	282kg	322kg	362kg	402kg
Corriente de carga/ descarga máx.	60A	120A	120A	120A	120A	120A	120A	120A	120A	120A

General	
Tipo de batería	Litio Ferrofosfato libre de cobalto
Voltaje nominal	51.2V
Voltaje de operación	48 - 57.6V
Protección ambiental	IP20
Instalación	Instalación sobre base
Temperatura de operación	0~50°C

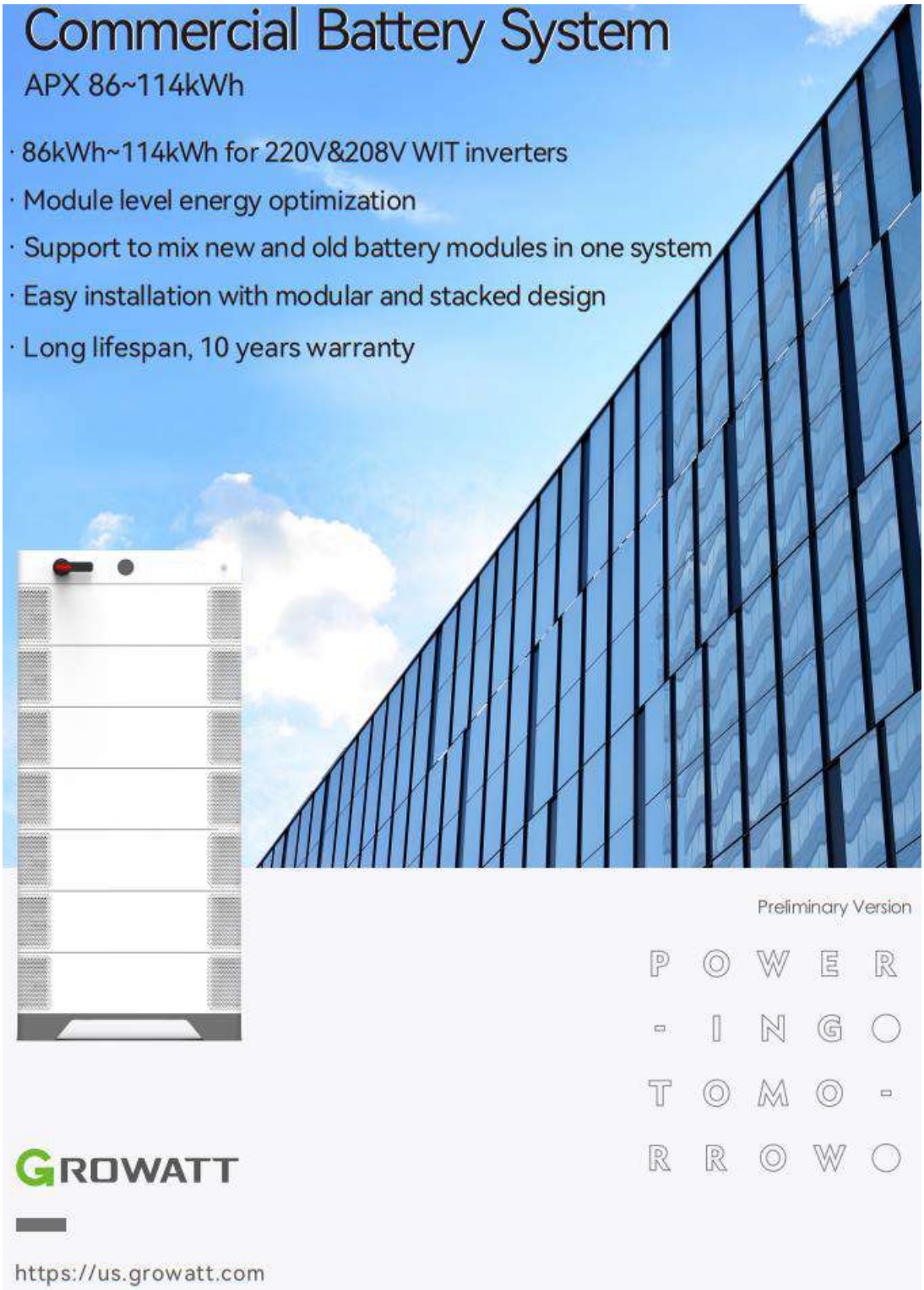
Características	
DoD	92%
Torres de baterías en paralelo	Máx. 8 torres de baterías en paralelo(Máx. 400kWh)
Parámetros de monitoreo BMS	SOC, voltaje del sistema, corriente, voltaje de celda, temperatura de la celda, medición de la temperatura del PCBA
Puerto de comunicación	CAN/RS485
Garantía: 10 años	Si
Certificaciónes	CE, ROHS, UL1973+FCC, UN38.3+PI965

*1 La dimensión del sistema se incluye con la base de la batería
*2 La instalación en el suelo requiere una base adicional (W/D/H=654/353/25mm)
*La batería de la serie AXE tiene un modelo UE y un modelo General, los inversores de almacenamiento vendidos en los países europeos sólo funcionan con la batería AXE modelo UE.

Precio: $ 2183.85

Anexo 4

Ficha técnica del segundo modelo de batería de 50 kVh:



Datasheet	APX 86.0H-S1-US	APX 100.3H-S1-US	APX 114.6H-S1-US
System demo			
Control module	APX 1000140-C1-US		
Number of power modules	1		
Battery module	APX 14.3P-B1-US		
Battery module energy	14.33kWh		
Number of battery modules	6	7	8
Nominal energy	86.01kWh	100.35kWh	114.68kWh
Rated energy	77.41kWh	90.31kWh	103.21kWh
Max output power*1	43kW	50kW	57kW
Peak output power	60kW,60s	70kW,60s	80kW,60s
Dimension (W/H/D) /column*2	920/1733/510mm /1 36.4/68.2/20.0inch /1	920/1981/510mm /1 36.2/78.0/20.0inch /1	920/1237/510mm /2 36.2/48.7/20.0inch /2
Compatible inverter	WIT 28-55kW/208V&220V series inverter		

Weight	853kg/1881lbs	988kg/2179lbs	1142kg/2517lbs
Nominal voltage	512V		
Operating voltage range	372V~630V		
Output full load voltage range	410V~585V		
Nominal capacity	280Ah(@25°C)		
Rated capacity	252Ah(@25°C)		
Battery type	Cobalt Free Lithium Iron Phosphate (LFP)		
DoD	90%		
Ingress protection	IP66/NEMA 4X		
Installation*3	Floor installation		
Operating ambient temperature	-10°C~50°C/14°F~122°F		
Relative humidity	5%~95%		
Cooling	Smart air cooling		
Altitude	≤4000m (13123ft)		
Warranty	10 years		

Control Module	APX 1000140-C1-US
Dimension(W/H/D)	920/135/510mm 36.2/5.3/20.0inch
Weight	25kg/55.1lbs
Communication port	CAN
Operating voltage range	250V~950V
Max.continuous current	140A
Peak current	196A,60s
Monitoring parameters	SOC, system voltage, current, cell voltage,cell temperature, PCBA temperature

Battery Module	APX 14.3P-B1-US
Nominal energy	14.33kWh
Expansion ability	Max. 14 units in series up to 200kWh
Nominal voltage	80V
Operating voltage range	0~105V
Rated power	7.16kW
Max. continuous current	140A
Peak current	196A,60s
Dimensions(W/H/D)	920/248/510mm 36.2/9.6/20.0inch
Weight	135kg/297.6lbs
UN38.3, UL1973, UL9540, UL9540A, FCC	

*1 Depending on the max. battery charge/discharge power of the inverter.
*2 Including control module (APX 1000140-C1-US).
*3 Floor installation requires extra base (W/H/D=920/110/510mm).
* Nominal charge/discharge current and power derating will occur related to temperature and SOC.

SHENZHEN GROWATT NEW ENERGY CO.,LTD All rights reserved. All specifications are subject to change without notice.

Precio: $ 37143.85

Anexo 5

Ficha técnica del regulador de carga de 20 A:

EPEVER

VS-AU Series

Solar charge controller

Overview

VS-AU series is a PWM charge controller with LCD display and two USB ports. When the gap between solar panel working voltage and battery voltage is not big, choosing this PWM series is an equally reliable but more cost-effective solution. It is widely applied to rural Electrification and home power systems etc.

Features

- Series PWM charging mode
- Full power working at a working temperature range
- Multiple load control modes
- Adopt high quality, high-reliability international brand components
- Double USB design
- Segment LCD display design
- Real-time energy statistics function
- Extensive electronic protection





Technical Specifications

Model	VS1024AU	VS2024AU	VS3024AU	VS3048AU	VS4524AU	VS4548AU	VS6024AU	VS6048AU
Nominal system voltage	12/24VDC Auto	12/24VDC Auto	12/24VDC Auto	12/24/36/ 48VDC Auto	12/24VDC Auto	12/24/36/ 48VDC Auto	12/24VDC Auto	12/24/36/ 48VDC Auto
Battery type	Sealed(Default)/Gel/Flooded							
Battery input voltage range	9V ~ 32V	9V ~ 32V	9V ~ 32V	9V ~ 64V	9V ~ 32V	9V ~ 64V	9V ~ 32V	9V ~ 64V
Rated charge current	10A	20A	30A	30A	45A	45A	60A	60A
Rated discharge current	10A	20A	30A	30A	45A	45A	60A	60A
Max. PV open circuit voltage	50V	50V	50V	96V	50V	96V	50V	96V
Equalization voltage	Sealed:14.6V,Flooded:14.8V							
Boost voltage	Gel:14.2V,Sealed:14.4V,Flooded:14.6V							
Float voltage	Gel/Sealed/Flooded:13.8V							
Low voltage reconnect voltage	Gel/Sealed/Flooded:12.6V							
Low voltage disconnect voltage	Gel/Sealed/Flooded:11.1V							
Self-consumption	≤9.2mA/12V;≤11.7mA/24V;≤14.5mA/36V;≤17mA/48V							
USB output	5VDC/2.4A(Total)							
Temperature compensation	-3mV/℃/2V (25℃)							
Relative humidity	≤95%, N.C.							
Enclosure	IP30							
Grounding	Common Positive							
Operating temperature range	-25℃ ~ +55℃							
Dimensions(LxWxH)(mm)	142×85×41.5	160×94.9×49.3	181×100.9×59.8	181×100.9×59.8	194×118.4×63.8	194×118.4×63.8	214×128.7×72.2	214×128.7×72.2
Net Weight	0.22kg	0.35kg	0.55kg	0.58kg	0.76kg	0.88kg	1.02kg	1.04kg

Precio: $ 101.80

Anexo 6

YINGLI SOLAR

panda 3.0 Pro 1

590W



MAXIMUM MODULE EFFICIENCY

22.8%

POSITIVE POWER TOLERANCE

0~+5W

N-type TOPCon Bifacial Module

IMPROVED POWER
NEVER SETTLE FOR LESS

- Backside Yield
- Wide Applications
- Superior Yield
- Outstanding Bifaciality
- Excellent Durability

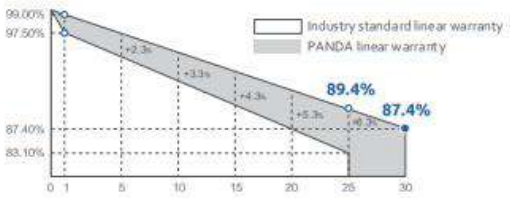
30 YEAR POWER WARRANTY

12 YEAR PRODUCT WARRANTY

Yingli Solar Website

QUALIFICATIONS & CERTIFICATES

IEC 61215, IEC 61730, CE
ISO 9001: Quality management systems
ISO 14001: Environmental management systems
IEC 62941: Quality system for PV module manufacturing
ISO 45001: Occupational health and safety management systems



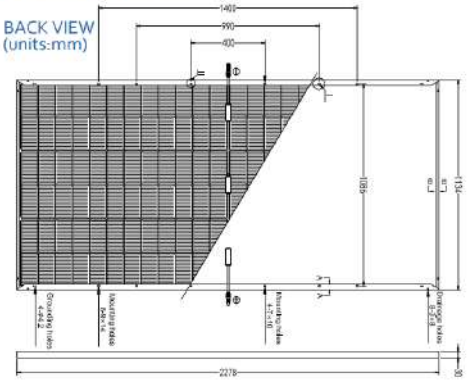
1.00% the 1st year power degradation
0.40% annual power degradation

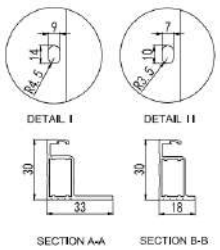
Munich RE

panda 3.0 Pro 1

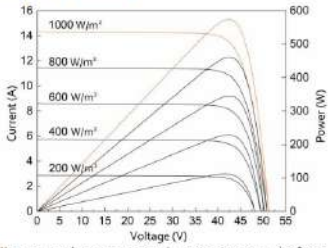
YINGLI SOLAR

BACK VIEW
(units:mm)





I-V / P-V CURVES



Warning: Read the Installation and User Manual in its entirety before handling, installing and operating Yingli Solar modules.

Electrical Parameters at Standard Test Conditions (STC*)

Module type	YLxxxCF72 e/2 (xxx=Pmax)					
Power output-Pmax (W)	565	570	575	580	585	590
Power output tolerances- ΔPmax (W)	0 / + 5					
Module efficiency-η_m (%)	21.9	22.1	22.3	22.5	22.6	22.8
Voltage at Pmax - Vmpp (V)	42.13	42.29	42.47	42.65	42.83	43.01
Current at Pmax-Impp (A)	13.42	13.48	13.54	13.60	13.66	13.72
Open-circuit voltage-Voc (V)	50.86	51.06	51.26	51.46	51.66	51.86
Short-circuit current-Isc (A)	14.20	14.26	14.32	14.38	14.44	14.50

*STC: 1000 W·m^{-2} irradiance, 25℃ cell temperature, AM 1.5.

Electrical Parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT*)

Power output-Pmax (W)	430	434	437	441	445	449
Voltage at Pmax - Vmpp (V)	40.19	40.34	40.51	40.69	40.86	41.03
Current at Pmax-Impp (A)	10.70	10.75	10.80	10.84	10.89	10.94
Open-circuit voltage-Voc (V)	48.30	48.49	48.68	48.87	49.06	49.25
Short-circuit current-Isc (A)	11.44	11.49	11.54	11.59	11.63	11.68

*NOCT: open-circuit module operation temperature at 800 W·m^{-2} irradiance, 20℃ ambient temperature, 1 m · s^{-1} wind speed.

Bifacial Electrical Parameters at Standard Test Conditions(BNPI*)

Power output-Pmax (W)	626	632	637	643	648	654
Voltage at Pmax - Vmpp (V)	42.13	42.29	42.47	42.65	42.83	43.01
Current at Pmax-Impp (A)	14.87	14.94	15.00	15.07	15.14	15.20
Open-circuit voltage-Voc (V)	50.86	51.06	51.26	51.46	51.66	51.86
Short-circuit current-Isc (A)	15.73	15.80	15.87	15.93	16.00	16.07

*1000W·m^{-2} on the front side and 135 W·m^{-2} on the back side , 25℃ cell temperature, AM 1.5.
Bifaciality coefficient is 80% ± 5%.

Thermal Characteristics

Nominal operating cell temperature-NOCT(℃)	42 ± 2
Temperature coefficient of Pmax- γ (% / ℃)	- 0.29
Temperature coefficient of Voc- β (% / ℃)	- 0.24
Temperature coefficient of Isc- α (% / ℃)	0.042

Packaging Specifications

Number of modules per pallet	36
Number of pallets per 40' container	20
Packaging box dimensions (L / W / H)	2300 mm / 1110 mm / 1245 mm
Box weight	1207 kg

Operating Conditions

Max. system voltage	1500 V_{DC}
Max. series fuse rating*	30 A
Operating temperature range	- 40℃- 85℃
Max. static load, front (e.g., snow)	5400 Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400 Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25 mm / 23 m·s^{-1}

*Do not connect fuse in combiner box with two or more strings in parallel connection.

General Characteristics

Dimensions (L / W / H)	2278 mm / 1134 mm / 30 mm
Weight	32.0 kg

Construction Materials

Cell (material / quantity)	n-type monocrystalline silicon / 6 x 24
Glass (thickness)	2.0 mm / 2.0 mm
Frame (material)	anodized aluminum alloy
Junction box (type / protection degree)	3 bypass diodes / ≥ IP68
Cable (length / cross-sectional area)	± 300 mm or customized length / 4 mm²

•Due to continuous innovation, research and product improvement, the specifications in this product information sheet are subject to change without prior notice. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed.
•The data do not refer to a single module and they are not part of the offer, they only serve for comparison to different module types.

Yingli Solar Website

Precio: $ 126.75

Anexo 7

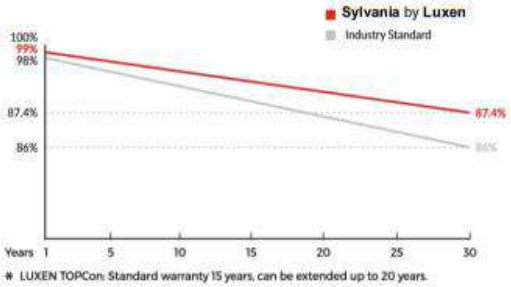
SYLVANIA | by LUXEN SOLAR

Quality Maker



- CELDA TIPO-N TECNOLOGÍA TOPCON
- Celda media cortada SMBB
- Tecnología del módulo de Celda BiFacial
- Excelente desempeño Anti-PID Bajo LID
- Menos puntos caliente y efectos de sombra.
- Alta potencia de salida. Bajo BOS&LCOE

Garantía por desempeño lineal



* LUXEN TOPCon Standard warranty 15 years, can be extended up to 20 years.

Asegurado por

China Continent Insurance · LLOYD'S · PICC

Certificados

ISO9001:2015 QMS
ISO14001:2015 EMS
ISO45001:2018 OHSMS
IEC61215/IEC61730 Standard Quality
• IEC61701/IEC62716 Salt/Mist/Ammonia Tests

PARAMETROS ELECTRICOS

CARACTERÍSTICAS	LNVU-580ND	
	STC	NMOT
Potencia máxima (Pmax)	580 W	437W
Tensión de circuito abierta STC (Voc)	51.68 V	48.96V
Corriente de corto circuito STC (Isc)	14.29 A	11.53A
Tensión en la potencia máxima STC (Vmpp)	42.71 V	39.66V
Corriente en la potencia máxima STC(Impp)	13.58 A	11.02A
MODULE EFFICIENCY (%)	22.45%	

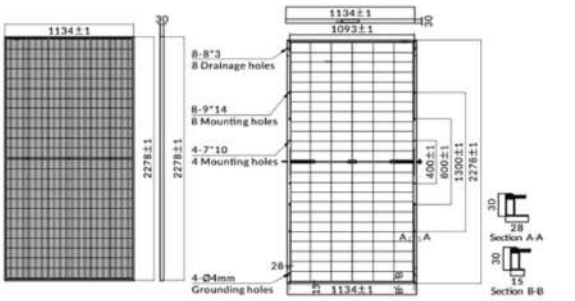
STC: Irradiance 1000W/m², cell temperature 25ºC, AM1.5G NMOT: Irradiancem², ambient temperature vind speed 1m/s, AM1.5G
800W/ 20ºC,

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS CON DIFERENTES GANANCIAS DE POTENCIA STC (580W EN LA CARA FRONTAL)	
Maximum power (Pmax)	609W
5% Module Efficiency STC (%)	23.57%
Maximum power (Pmax)	667W
15% Module Efficiency STC (%)	25.82%
Maximum Power (Pmax)	725W
25% Module Efficiency STC (%)	28.07%

Características Mecánicas

Quality Maker

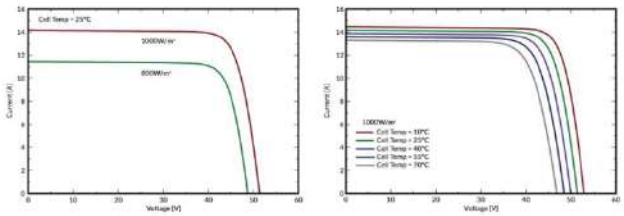
Tipo de celdas solares	N-type Mono
Número de celdas	144 (6x24)
Dimensiones	2278 x 1134 x 30mm
Peso(kg)	31.5kg
Vidrio frontal	2.0mm coated semi-tempered glass
Vidrio tresero	2.0mm semi-tempered glass
Caja de paso	Ip68 rated (3 by pass diodes)
	4.0mm²
CABLES DE SALIDA	300mm (+) / 300mm (-)
	Length can be customized
CONECTORES	Mc4 compatible
CARGA MECÁNICA SOPORTADA	5400Pa



CONFIGURACIÓN DE EMPAQUE

CONTENEDOR	20'GP	40'HQ
PIEZAS POR PALLET	36	36
PALLETS POR CONTAINER	5	20
PIEZAS POR CONTAINER	180	720

CURVA I-V



CARÁCTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Temperatura de operación del módulo	-40°C to +85°C
Tensión máxima del sistema	1500 DC (IEC)
Corriente máxima del fusible	30A
Tolerancia en potencia	0/+5W

CARÁCTERÍSTICAS DE TEMPERATURA

Tensión de operación nominal (NMOT)	45±2°C
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0.29%°C
Coeficiente de temperatura de Voc	-0.25%°C
Coeficiente de temperatura de Isc	+0.045%°C

Precio: $ 146.25

Anexo 8

MÓDULO POLICRISTALINO DE ALTO RENDIMIENTO

RSM72-6-320P-340P/4BB

72 UNIDAD DE CÉLULAS POLICRISTALINAS

320-340Wp GAMA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

17.5% RENDIMIENTO MÁXIMO

risen solar technology

Por lo que se refiere a Risen Energy

Risen Energy es una empresa fabricantes de módulos fotovoltaicos de alta calidad de primer nivel mundial. Es una gran productora enfocada en proyectos tanto comerciales como residenciales. La empresa fue fundada en 2002 y registrada públicamente cotizando en bolsa en 2010.Su producción está basada en el mejor servicio a sus clientes a nivel internacional. Su innovación técnica, comercial está apoyada por una calidad y gran soporte humano, ésta engloba en todas las soluciones necesarias para una satisfactoria producción de paneles fotovoltaicos. Risen Energy es una de las empresas más potentes y rentables en el sector solar fotovoltaico, tanto en la presencia del mercado local como una rentabilidad financiera muy bien consolidada. Está comprometida y capacitada para consolidar la colaboración con sus socios para estratégicamente aumentar la inversión del valor de las energías renovables.



ISO9001
ISO14001
OHSAS18001

RISEN ENERGY CO., LTD.
Tashan Industry Zone, Meilin,
Ninghai 315609,Ningbo | PRC
Tel: +86-574-59953239
Fax: +86-574-59953599
E-mail: marketing@risenenergy.com
Sitio web: www.risenenergy.com

CARACTERÍSTICAS SALIENTES

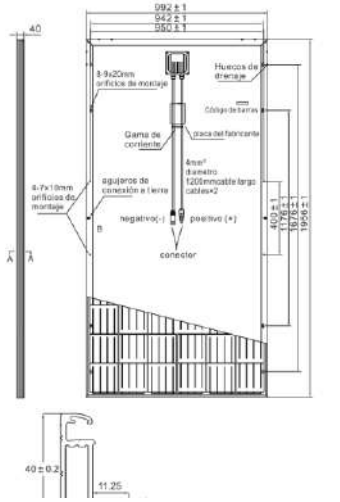
- Fabricación automatizada de 1º nivel certificado
- Photon. Es una prueba del sector independiente- catalogada en el 2 puesto entre los 176 fabricantes
- Coeficiente de la energía termal más bajo principal de la industria
- Garantía del producto de 12 años de la industria
- Excelente rendimiento de baja irradiación
- Excelente resistencia PID
- Tolerancia del 3% de energía positivo ajustada
- Doble etapa 100% La Inspección Garantía del producto sin defectos
- Módulo Imp reduce las pérdidas de desequilibrio
- Garantías de fiabilidad certificada y calidad estricta más allá de los requisitos certificados
- Certificado para resistir a las condiciones medioambientales
  - Superficie anti-reflectante y anti-suciedad para reducir la pérdida de energía contra la suciedad y el polvo
  - Resistencia contra la arena fundida y mezcla de amoniaco con sal para ambientes como la playa, granja y desiertos
  - Carga mecánica excelente 2400Pa y carga de nieve de resistencia 5400Pa

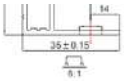
GARANTÍA DEL RENDIMIENTO LINEAR

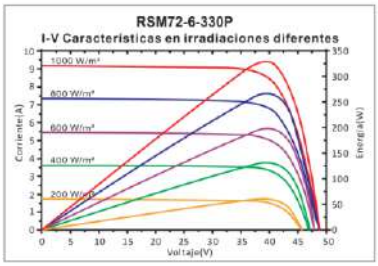
Garantía del producto de 12 años/garantía de la energía linear de 25

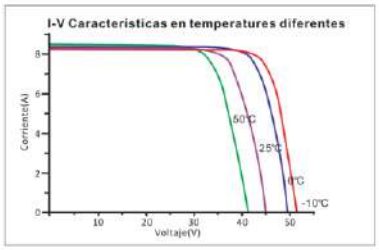


Dimensión de los Módules PV









Nuestros socios:

(STC)Datos eléctricos

Número del modulo	RSM72-6-320P	RSM72-6-325P	RSM72-6-330P	RSM72-6-335P	RSM72-6-340P
Energía nominal en Watts PmaxWatts-Pmax(Wp)	**320**	**325**	**330**	**335**	**340**
Voltaje-Voc del circuito abierto (V)	45.7	46.0	46.3	46.5	46.8
Corriente Isc(A) corto circuito	9.15	9.20	9.25	9.30	9.35
Voltaje Vmpp de energía máxima (V)	37.3	37.7	38.1	38.4	38.6
Corriente Imp de energía máxima (A)	8.60	8.65	8.70	8.75	8.80
Modulo de eficiencia (%)	16.5	16.8	17.1	17.3	17.5

STC: Irradiación 1000 W/m², temperatura de los elementos 25°C, Air Mass AM1.5 según el EN 60904-3.

DATOS ELÉCTRICOS (NOCT)

Número del modulo	RSM72-6-320P	RSM72-6-325P	RSM72-6-330P	RSM72-6-335P	RSM72-6-340P
Energía Pmax Máxima (Wp)	234.7	238.4	245.9	249.6	253.3
Voltaje Voc del circuito abierto (V)	42.2	42.5	43.0	43.3	43.6
Corriente Isc del corto circuito (A)	7.36	7.40	7.49	7.53	7.57
Voltaje Vmpp de energía máxima(V)	33.8	34.0	34.5	34.7	34.9
Corriente Impp de energía máxima (A)	6.95	7.01	7.13	7.19	7.26

NOCT: Irradiación a 800 W/m², temperatura ambiental 20°C, velocidad del viento 1 m/s.

DATOS MECÁNICOS

Células solares	Policristallinas 156 x 156 mm
Configuración de la célula	72 células (6x12)
Dimensiones del módulo	1956×992×40mm
Peso	24kg
Superstrato	4.0 mm, alta transmisión, hierro bajo, Vidrio ARC temperado
Substrato	Lámina posterior blanca
Marco	Mezcla de luminio anodizado de plata tipo 6063T5, Color plateadoor
Caja-conexion	De maceta , IP67,1000VDC, 3 Schottky Diodos bypass
Cables	4.0mm² (12AWG), longitud 1200mm
Conector	IP67 MC4 compatibles

TEMPERATURA Y CLASIFICACIÓN MÁXIMA

Temperatura de la célula operative nominal (NOCT)	45°C± 2°C
Coeficiente de temperatura de Voc	-0.32%/°C
Coeficiente de temperatura de Isc	0.05%/°C
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0.39%/°C
Temperatura operativa	-40~+85°C
Voltaje del Sistema Máximo	1000VDC
Clasificación del fusible de serie máxima	15A
Corriente inversa limitante	15A

CONFIGURACIÓN DEL EMBALAJE

	40ft	20ft
Número de módulos por contenedor	624	260
Número de módulos por plataforma	26	26
Número de plataformas por contenedor	24	10
Dimensiones de la caja de embalaje (LxWxH) en mm	1980×1100×1135	1980×1100×1135
Peso bruto de la caja [kg]	680	680

PRECAUCIÓN: LEER LAS INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD E INSTALACIÓN ANTES DE USAR EL PRODUCTO.
©2017 Risen Energy. Todos los derechos son reservados. Las especificaciones incluidas en esta ficha están sometidas a cambios sin notificación

Precio: $ 138.55

Anexo 9

S5-GR1P(7-10)K

Inversores monofásicos Solis conectados a red

Características:

- 98.0% de eficiencia máxima
- Rango de voltaje ultra amplio, voltaje de arranque ultra bajo
- Diseño de 3 MPPT, adecuado para techos con múltiples orientaciones
- Protección AFCI, reduce activamente el riesgo de incendio
- Monitoreo del consumo de carga las 24 horas
- Adaptación a redes débiles

Modelos:

S5-GR1P7K / S5-GR1P8K

S5-GR1P9K / S5-GR1P10K



solis

www.solisinverters.com

Tabla de datos

S5-GR1P(7-10)K

Modelo	7K	8K	9K	10K
Entrada (CC)				
Potencia de entrada máxima recomendada	8 kW	9.2 kW	10.8 kW	11.5 kW
Voltaje máxima de entrada	600 V			
Voltaje de nominal	330 V			
Voltaje de arranque	120 V			
Rango de voltaje MPPT	100-500 V			
Corriente máxima de entrada	14 A / 14 A / 14 A			
Corriente máxima de cortocircuito	22 A / 22 A / 22 A			
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada	3/3			
Salida (CA)				
Potencia nominal de salida	7 kW	8 kW	9 kW	10 kW
Potencia máxima de salida aparente	7 kVA	8 kVA	9 kVA	10 kVA
Potencia máxima de salida	7 kW	8 kW	9 kW	10 kW
Voltaje nominal de la red	1/N/PE, 220 V			
Frecuencia nominal de la red	60 Hz			
Corriente nominal de salida de red	31.8 A	36.4 A	40.9 A	45.5 A
Corriente máxima de salida	33.7 A	36.6 A	41.3 A	45.9 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)			
THDi	<3%			
Eficiencia				
Eficiencia máxima	98.0%			
Eficiencia EU	97.1%			
Protección				
Protección contra polaridad inversa DC	Si			
Protección contra cortocircuito	Si			
Protección de sobrecorriente de salida	Si			
Protección contra sobretensiones	Si			
Monitoreo de red	Si			
Detección Anti-isla	Si			
Protección de temperatura	Si			
AFCI integrado (Protección de circuito de falla de arco CC)	Si [1]			
Interruptor de CC integrado	Opcional			
Datos generales				
Dimensiones (longitud*altura*ancho)	333*579*253 mm			
Peso	18.5 kg			
Topología	Sin Transformador			
Consumo propio (noche)	<1 W			
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C			
Humedad relativa	0-100%			
Nivel de protección	TYPE 4X			
Enfriamiento	Convección natural			
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m			
Conformidad	UL 1741, IEEE 1547, UL 1699B, UL 1998, FCC, UL 1741SA			
Características				
Conexión de CC	Conector MC4			
Conexión de CA	Terminal OT			
Pantalla	LCD			
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS			

Precio: $ 2995.45

Anexo 10

S5-GR3P(3-20)K

Inversores trifásicos de conexión a red Solis

Eficiente

- 98.7% de eficiencia máxima
- Corriente de string hasta 16A
- Amplio rango de voltaje y bajo voltaje de arranque

Seguro

- IP66
- Protección AFCI, reduce activamente el riesgo de incendio
- Tecnología de estabilización automática de voltaje bajo condiciones de red débil

Inteligente

- Soporta el control de exportación de potencia
- Soporta RS485, WiFi, GPRS
- Escanea para registrar en SolisCloud, soporta la actualización y control remoto

Económico

- Diseño compacto, instalación y mantenimiento simple
- > Ratio DC/AC del 150%
- Soporta módulos de alta potencia para costos de instalación más bajos

Modelo:

S5-GR3P3K / S5-GR3P4K

S5-GR3P5K / S5-GR3P6K

S5-GR3P8K / S5-GR3P9K

S5-GR3P10K / S5-GR3P12K

S5-GR3P13K / S5-GR3P15K

S5-GR3P20K



Vista 360°

Hoja de datos

S5-GR3P(3-20)K

Modelo	3K	4K	5K	6K	8K	9K	10K	12K	13K	15K	20K
Entrada (DC)											
Potencia FV máxima de entrada recomendada	4.5 kW	6 kW	7.5 kW	9 kW	12 kW	13.5 kW	15 kW	18 kW	19.5 kW	22.5 kW	30 kW
Voltaje máximo de entrada	1100 V										
Voltaje nominal	600 V										
Voltaje de arranque	180 V										
Rango de voltaje MPPT	160 - 1000 V										
Corriente máxima de entrada	16 A / 16 A							32 A / 32 A			
Corriente máxima de cortocircuito	20 A / 20 A							40 A / 40 A			
Número de MPPT / Número máximo de cadenas de entrada	2 / 2							2 / 4			
Salida (AC)											
Potencia nominal de salida	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	8 kW	9 kW	10 kW	12 kW	13 kW	15 kW	20 kW
Potencia aparente máxima de salida	3.3 kVA	4.4 kVA	5.5 kVA	6.6 kVA	8.8 kVA	9.9 kVA	11 kVA	13.2 kVA	14.3 kVA	16.5 kVA	22 kVA
Potencia máxima de salida	3.3 kW	4.4 kW	5.5 kW	6.6 kW	8.8 kW	9.9 kW	11 kW	13.2 kW	14.3 kW	16.5 kW	22 kW
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V										
Frecuencia nominal de la red	50 Hz / 60 Hz										
Corriente nominal de salida de red	4.6 A / 4.3 A	6.1 A / 5.8 A	7.6 A / 7.2 A	9.1 A / 8.7 A	12.2 A / 11.5 A	13.7 A / 13.0 A	15.2 A / 14.4 A	18.2 A / 17.3 A	19.8 A / 18.8 A	22.8 A / 21.7 A	30.4 A / 28.9 A
Corriente máxima de salida	4.7 A	6.4 A	7.9 A	9.5 A	12.7 A	14.3 A	15.9 A	19.1 A	20.7 A	23.8 A	31.8 A
Factor de potencia	> 0.99 (0.8 capacitivo a 0.8 inductivo)										
THDi	< 2%										
Eficiencia											
Eficiencia máxima	98.3%				98.5%			98.6%			98.7%
Eficiencia EU	97.7%				97.9%			98.0%			98.1%

Protección	
Protección contra polaridad inversa DC	Sí
Protección contra cortocircuito	Sí
Protección de sobrecorriente de salida	Sí
Protección contra sobretensiones	Sí
Monitoreo de red	Sí
Protección Anti-isla	Sí
Protección de temperatura	Sí
Escaneo multipico	Sí
AFCI 2.0 integrado	Opcional
Interruptor de DC integrado	Sí

Datos generales					
Dimensiones (longitud × altura × ancho)	310 × 563 × 219 mm				
Peso	16.5 kg	16.9 kg	17.9 kg	19.6 kg	20.8 kg
Topología	Sin Transformador				
Consumo propio (noche)	< 1 W				
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C				
Humedad relativa	0 - 100%				
Nivel de protección	IP66				
Emisión de ruido (típica)	< 30 dB(A)			< 60 dB(A)	
Enfriamiento	Refrigeración natural			Refrigeración inteligente con ventilador	
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m				
Estándar de conexión de red	G99, VDE-AR-N 4105/VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126/UTE C 15/VFR:2019, RD 1699/RD 244/UNE 206006/ UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683, EN 50530				
Estándar de seguridad / EMC	IEC/EN 62109-1/-2, IEC/EN 61000-6-1/-2/-3/-4				

Características	
Conexión de DC	Conector MC4
Conexión de AC	Enchufe de conexión rápida
Pantalla	LCD
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS

Precio: $ 2987.02

Anexo 11


Solis-3P10K-4G-LV
Inversores Solis 4G trifásicos
360 grados
Características:
Más del 98% de eficiencia máxima
Cumplimiento con UL 1741, IEEE1547
Rango de voltaje ultra amplio, voltaje de arranque ultra bajo
Diseño de 2 MPPT con algoritmo preciso
Interrupción de circuito de falla de arco integrado (AFCI)
THDi <1.5% baja distorsión armónica
Múltiples niveles de protección
Administrador de energía de exportación integrado (EPM)
363mm
310mm
219mm
Modelo:
Solis-3P10K-4G-LV

Tabla de datos

Modelo	Solis-3P10K-4G-LV
Entrada (CC)	
Potencia de entrada máxima recomendada	12kW
Voltaje máxima de entrada	1000V
Voltaje de nominal	330V
Voltaje de arranque	180V
Rango de voltaje MPPT	160-500V
Corriente máxima de entrada	22A/22A
Corriente máxima de cortocircuito	34.3A/34.3A
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada	2/4
Salida (CA)	
Potencia nominal de salida	10kW
Potencia máxima de salida aparente	10kVA
Potencia máxima de salida	10kW
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220V
Frecuencia nominal de la red	60Hz
Corriente nominal de salida de red	26.2A
Corriente máxima de salida	28.8A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)
THDi	<1.5%
Eficiencia	
Eficiencia máxima	98.0%
Eficiencia EU	97.5%
Protección	
Protección contra polaridad inversa DC	Sí
Protección contra cortocircuito	Sí
Protección de sobrecorriente de salida	Sí
Protección contra sobretensiones	Sí
Monitoreo de red	Sí
Detección Anti-isla	Sí
Protección de temperatura	Sí
AFCI integrado (Protección de circuito de falla de arco CC)	Sí
Interruptor de CC integrado	Opcional
Datos generales	
Dimensiones (longitud*ancho*altura)	310*563*219 mm
Peso	19.8kg
Topología	Sin Transformador
Consumo propio	<1W (noche)
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C
Humedad relativa	0-100%
Nivel de protección	IP65
Enfriamiento	Ventilador redundante inteligente
Altitud máxima de funcionamiento	4000m
Conformidad	UL 1741, IEEE1547, EN50549, AS4777, VDE0126-1-1, IEC 61727, G98, G99, IEC62109-1/-2, AS3100, EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4
Características	
Conexión de CC	Conector MC4
Conexión de CA	Enchufe de conexión rápida
Pantalla	LCD, 2×20 Z
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS

Precio: $ 2845.95

Anexo 12


SPF 4000~12000T DVM-MPV
• Inversor de baja frecuencia de salida 120/240Vac Fase divida
• Controlador de carga MPPT integrado
• Monitoreo remoto WIFI/GPRS opcional
• Transformador de baja frecuencia de cobre puro integrado
• Prioridad de entrada solar o de red configurable
GROWATT
POWER-INGO TOMO-RROW
GROWATT
www.ginverter.com

Hoja de datos	SPF 4000T DVM-MPV	SPF 5000T DVM-MPV	SPF 6000T DVM-MPV	SPF 8000T DVM-MPV	SPF 10000T DVM-MPV	SPF 12000T DVM-MPV
Voltaje de Batería	48VDC					
Tipo de Batería	Litio/Plomo-ácido					
Salida de Inversor						
Potencia nominal	4KW	5KW	6KW	8KW	10KW	12KW
Sobretensión	12KW	15KW	18KW	24KW	30KW	36KW
Tipo de onda	Onda senosoidal pura(igual que la entrada (modo bypass)					
Voltaje nominal de salida RMS	104-110-115-120/208-220-230-240VAC(optional)					
Frecuencia de Salida CA	50Hz/60Hz +/-0.3 Hz					
Eficiencia max.	>85%					
Tiempo de transferencia	10ms(max)					

Cargador Solar						
Corriente máxima de carga FV	80A			120A		
Máxima potencia FV	5000W			7000W		
Número de MPPTs/cadenas por MPPT	1/1			2/1		
Rango MPPT @ Voltaje de operación (VDC)	60~245VDC			60~245VDC		
Max. Voltaje de circuito abierto FV	250VDC			250VDC		
Máxima Eficiencia	>97.5%			>97.5%		
Entrada de CA						
Voltaje	240VAC					
Rango de voltaje seleccionable	184~272VAC (Para computadoras); 54~272VAC (Para electrodomésticos)					
Rango de Frecuencia	50Hz/60Hz (detección automática)					
Máx. Corriente de carga	40A	50A	60A	70A	80A	100A
Datos Generales						
Grado de protección	IP20					
Dimensiones	360/540/218mm	360/540/218mm	360/540/218mm	380/650/225mm	380/650/225mm	380/650/225mm
Peso	42kg	47kg	52kg	64kg	66kg	75kg

Entorno Operativo	
Temperatura de Operación	0°C to 45°C

Precio: $ 3563.85

Anexo 13

Smart Energy Controller
SUN2000-3-10KTL-M1 (High Current Version)

HUAWEI

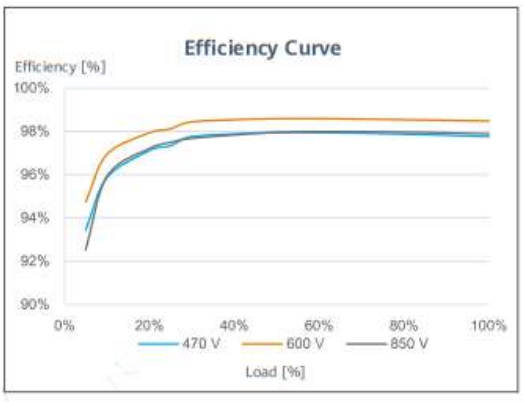


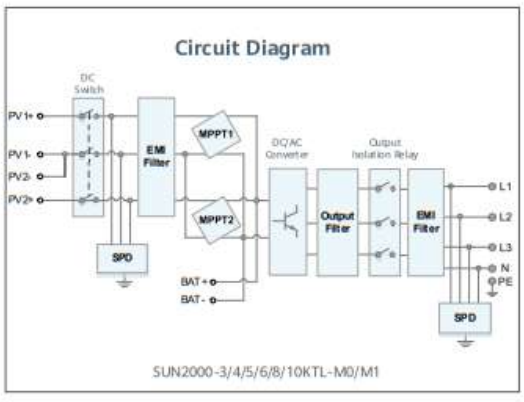
Active Safety
AI Powered
Active Arcing Protection

Higher Yields
Up to 30% More Energy with Optimizer [1]

Battery Ready
Plug & Play battery interface [2]

Flexible Communication
WLAN, Fast Ethernet, 4G Communication Supported





*1 Only applicable to SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1 smart energy center.
*2 SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0 will be compatible with HUAWEI smart string ESS in Q1, 2021

Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -3KTL-M1	SUN2000 -4KTL-M1	SUN2000 -5KTL-M1	SUN2000 -6KTL-M1	SUN2000 -8KTL-M1	SUN2000 -10KTL-M1
Efficiency						
Max. efficiency	98.2%	98.3%	98.4%	98.6%	98.6%	98.6%
European weighted efficiency	96.7%	97.1%	97.5%	97.7%	98.0%	98.1%
Input (PV)						
Recommended max. PV power [1]	4,500 Wp	6,000 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp	12,000 Wp	15,000 Wp
Max. input voltage [2]	1,100 V					
Operating voltage range [3]	140 V ~ 980 V					
Start-up voltage	200 V					
Rated input voltage	600 V					
Max. input current per MPPT	13.5 A					
Max. short-circuit current	19.5 A					
Number of MPP trackers	2					
Max. input number per MPP tracker	1					
Input (DC Battery)						
Compatible Battery	HUAWEI Smart String ESS 5kWh ~ 30kWh					
Operating voltage range	600 V ~ 980 V					
Max operating current	16.7 A					
Max charge Power	10,000 W					
Max discharge Power	3,300 W	4,400 W	5,500 W	6,600 W	8,800 W	10,000 W
Output (On Grid)						
Grid connection	Three-phase					
Rated output power	3,000 W	4,000 W	5,000 W	6,000 W	8,000 W	10,000 W
Max. apparent power	3,300 VA	4,400 VA	5,500 VA	6,600 VA	8,800 VA	11,000 VA [4]
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W / N+PE					
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz					
Max. output current	5.1 A	6.8 A	8.5 A	10.1 A	13.5 A	16.9 A
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging					
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %					
Output (Off Grid)						
Backup Box	Backup Box - B1					
Maximum apparent power	3,000 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA
Rated output voltage	220 V / 230 V					
Maximum output current	13.6 A	15 A	15 A	15 A	15 A	15 A
Power factor range	0.8 leading ... 0.8 lagging					
Features & Protections						
Input-side disconnection device	Yes					
Anti-Islanding protection	Yes					
DC reverse polarity protection	Yes					
Insulation monitoring	Yes					
DC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11					
AC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11					
Residual current monitoring	Yes					
AC overcurrent protection	Yes					
AC short-circuit protection	Yes					
AC overvoltage protection	Yes					
Arc fault protection	Yes					
Ripple receiver control	Yes					
Integrated PID recovery [5]	Yes					
Battery reverse charging from grid	Yes					
General Data						
Operating temperature range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)					
Relative operating humidity	0 %RH ~ 100 %RH					
Max. operating altitude	4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)					
Cooling	Natural convection					
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App					
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE; 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)					
Weight (incl. mounting bracket)	17 kg (37.5 lb)					
Dimension (incl. mounting bracket)	525 x 470 x 146.5 mm (20.7 x 18.5 x 5.8 inch)					
Degree of protection	IP65					
Nighttime Power Consumption	< 5.5 W [6]					
Optimizer Compatibility						
DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P					
Standard Compliance (more available upon request)						
Certificate	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116					
Grid connection standards	G98, G99, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, NRS 097-2-1, IEC61727, IEC62116, DEWA					

Precio: $ 9292.00

Anexo 14

Inversores híbridos trifásicos

SUN-5/6/8/10/12K-SG04LP3-EU



- 100 — Salida 100% trifásica desequilibrada, cada fase puede emitir hasta el 50% de la potencia nominal
- Acople de AC para reequipar la instalación solar existente
- 10 — Admite hasta 10 unidades en paralelo (y modo sin conexión a la red), admite varias baterías en paralelo
- 240 — Corriente máx. de carga/descarga de 240 A
- 48 — Batería de bajo voltaje de 48 V, transformador diseño de aislamiento
- 6 — 6 periodos de tiempo para la carga/descarga de la batería
- Admite la carga directa de baterías mediante generadores diésel

Deye

Stock Code: 605117SH

Modelo	SUN-5K-SG04LP3-EU	SUN-6K-SG04LP3-EU	SUN-8K-SG04LP3-EU	SUN-10K-SG04LP3-EU	SUN-12K-SG04LP3-EU
Datos de entrada de batería					
Tipo debatería	Plomo-ácido o ión-litio				
Rango de voltajedelabatería (V)	40-60				
Máx. Corrientede carga (A)	120	150	190	210	240
Máx. Corriente dedescarga (A)	120	150	190	210	240
Estrategia de cargaparabaterías deiones delitio	Autoadaptaciónal BMS				
Número de entrada debatería	1				

Datos de entrada de CC					
Potencia máxima de acceso fotovoltaico (w)	10000	12000	16000	20000	24000
Máx. Potencia de entradaCC (W)	7500	9000	12000	15000	18000
Voltaje nominal de entrada FV (V)	800				
Voltaje de arranque (V)	160				
Rango de voltajeMPPT (V)	200-650				
Voltaje nominal de entradade CC (V)	550				
Máx. Corrientede entrada FV operativa (A)	13+13			26+13	
Máx. Corriente decortocircuito de entrada (A)	17+17			34+17	
Nº de Seguidores MPP/ Nº de Stringspor SeguidorMPP	2/1+1			2/2+1	

Datos desalida deCA					
Potencia activa nominal desalida deCA (W)	5000	6000	8000	10000	12000
Máx. Potencia aparente de entrada/salida de CA (VA)	5500	6600	8800	11000	13200
Corriente nominal de entrada/salida de CA (A)	7.6/7.2	9.1/8.7	12.1/11.6	15.2/14.5	18.2/17.4
Máx. Corriente de entrada/salida CA (A)	8.4/8	10/9.6	13.4/12.8	16.7/15.9	20/19.1
Máximo paso continuo deCA (A)	45				
Potencia pico (sin red)	2 veces lapotencia nominal, 10 S				
Rango de ajustedel factor depotencia	0,8 de adelanto a 0,8 de retraso				
Voltaje nominal de entrada/salida/rango (V)	220/380V, 230/400V 0.85Un-1.1Un				
Frecuencia nominal de entrada/salidadela red/rango	50/45-55, 60/55-65				
Formulario deconexión a red	3L+N+PE				
Distorsión armónica total dela corriente (THDi)	<3% (de lapotencia nominal)				
Componente CC de red	<0.5% In				

Eficiencia	
Max.Eficiencia	97.60%
Euro.Eficiencia	97.00%
MPPT.eficiencia	99.00%
Protección de equipos	
Integrado	Protecciónde conexión inversa de polaridad deCC, protecciónde sobreintensidaddesalidade CA.Protección contra sobretensiòndesalidade CA, protección contra cortocircuito de salida deCA, protecciòntérmica.Supervisiòndela impedancia de aislamiento delos terminales deCC, Supervisión delos componentes deCC, Supervisiòndela corrientedefallo a tierra Supervisiòndelaredeléctrica, Supervisiòndela protecciónde isla. Detección defallo a tierra. Protecciòncontra caídade carga del interruptor de entradade CC. Detecciónde corriente residual (RCD), Nivel de protección contra sobretensiones
Nivel de protección contra sobretensiones	TYPE II(DC),TYPE II(AC)

Interface	
Interfaz de comunicación	RS485/RS232/CNA
Modo Monitor	GPR / WiFi / Bluetooth / 4G / LAN (opcional)

Datos generales	
Temperatura defuncionamiento (°C)	-40 a +60°C, >45 °C Reducciónde potencia
Humedad ambiente permitida	0-100%
Altitud permitida	2000m
Ruido	≤55 dB(A)
Nivel de protección (IP)	IP 65
Topologíadel inversor	Sin aislamiento
Categoría de sobretensión	OVC II(DC), OVC III(AC)
Dimensiones del gabinete (W*H*D) [mm]	422×658×254 (excluidosconectoresysoportes)
Peso (kg)	38
Garantía	Enfriamiento inteligente por aire
Warranty	5 años/10 añosEl periodode garantía dependedel lugar de instalación final del inversor. Para obtenermás información, consultela política degarantía.
regulaciónde red	IEC 61727, IEC 62116,CEI 0-21, EN 50549, NRS 097, RD 140, UNE 217002, OVE-Richtlinie R25, G98,G99,VDE-AR-N 4105
Normade seguridad / CEM	IEC/EN 61000-6-1/2/3/4, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2

Precio: $ 3802.50

Anexo 15


MIN 2500~6000 TL-X2
• Eficiencia máxima del 98,4
• MPPT duales
• SPD de tipo II en el lado de CD
• Tecla táctil y pantalla OLED
• Corriente de cadena de hasta 16 A
GROWATT
GROWATT
www.ginverter.com

Hoja de datos	MIN 2500TL-X2	MIN 3000TL-X2	MIN 3600TL-X2	MIN 4200TL-X2	MIN 4600TL-X2	MIN 5000TL-X2	MIN 6000TL-X2
Datos de entrada (CD)							
Máxima potencia FV recomendada	3750W	4500W	5250W	6300W	6900W	7500W	9000W
Máximo voltaje CD	500V	500V	550V	550V	550V	550V	550V
Voltaje de arranque	50V						
Voltaje nominal	360V						
Rango de voltaje de MPPT	40V-500V	40V-500V	40V-550V	40V-550V	40V-550V	40V-550V	40V-550V
Número de MPPTs	2						
Cadenas por MPPT	1						
Máxima corriente de entrada por MPPT	16A						
Corriente máx. de cortocircuito por MPPT	24A						
Datos de salida (CA)							
Potencia nominal de CA	2500W	3000W	3600W	4200W	4600W	5000W	6000W
Potencia aparente máxima	2500VA	3000VA	3600VA	4200VA	4600VA	5000VA	6000VA
Voltaje nominal CA (Rango*)	240V (211-264V)						
Frecuencia de red CA (Rango*)	50/60Hz (45-55Hz/54-65Hz)						
Corriente máxima de salida	11.3A	13.6A	16A	19A	20.9A	22.7A	27.2A
Factor de potencia ajustable	0.8 de adelanto...0.8 de atraso						
Distorsión armónica total	<3%						
Tipo de conexión CA	Monofásico						
Eficiencia							
Máxima eficiencia	98.2%	98.2%	98.2%	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%
Eficiencia europea	97.1%	97.1%	97.2%	97.5%	97.5%	97.5%	97.5%
Eficiencia de MPPT	99.9%						
Dispositivos de protección							
Protección de polaridad inversa CD	Sí						
Interruptor CD	Sí						
Protección contra sobretensión CD	Clase II						
Pro Monitoreo de resistencia de aislamiento	Sí						
Protección contra sobretensión CA	Clase III						
Protección contra cortocircuitos en CA	Sí						
Monitoreo de red	Sí						
Protección anti-isla	Sí						
Monitoreo de corriente residual	Sí						
AFCI	Sí						
Datos generales							
Dimensiones	375/350/158mm						
Peso	10.8kg						
Rango de temperatura de operación	-30°C ... +60°C						
Autoconsumo (noche)	<1W						
Topología	Sin transformador						
Enfriamiento	Convección natural						
Grado de protección	IP66						
Humedad relativa	0-100%						
Altitud	4000m						
Conexión CD	H4/MC4(opcional)						
Conexión CA	Connector						
Pantalla	OLED+LED						
Comunicación: RS485/USB/WIFI/ GPRS/RF/LAN	Si/Si/Opc/Opc/Opc/Opc						
Garantía: 10 años / 15 años	Si/Opcional						
CE, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105, VDE 0126-1-1, VFR 2019, EN 50549-1, IEC 62116, IEC 61727, G99, C10/C11, UNE217001, UNE206007, PO12.2,IEEE1547,UL1741							

Precio: $ 3802.50

Anexo 16

Manual de Usuario

12V / 24V / 48V

INVERSOR CARGADOR
VOLTRONIC AXPERT

(PWM – MPPT)



MODELO INVERSOR	1KW, 3KW, 5KW
Forma de onda entrada	Onda senoidal pura (red o generador)
Tensión de entrada	230 Vac
Tensión minima baja	170 Vac ± 7V (UPS) 90 Vac ± 7V (Appliances)
Retorno tensión minima baja	180 Vac ± 7 V (UPS) 100 Vac ± 7V (Appliances)

Tensión máxima alta	280 Vac ± 7 V
Retorno tensión maxima alta	270 Vac ± 7 V
Tensión de entrada AC máxima	300 Vac
Frecuencia nominal de entrada	50 Hz / 60 Hz (Auto detección)
Frecuencia minima baja	40 ± 1 Hz
Retorno frecuencia minima baja	42 ± 1 Hz
Frecuencia maxima alta	65 ± 1 Hz
Retorno frecuencia maxima alta	63 ± 1 Hz
Protección frente a cortocircuito	Interruptor automático de circuito
Eficiencia (modo red)	>95% (Rated R load, battery full charged)
Tiempo transferencia	10 ms tipico (UPS); 20 ms tipico (Appliances)

MODELO INVERSOR	1 KVA	3 KVA	5 KVA
Potencia	1KW	3KW	5KW
Forma de onda en salida	Onda senoidal pura		
Regulación tensión de salida	230 Vac ± 5 %		
Frecuencia de salida	50 Hz		
Protección sobrecarga	5 s ≥150 % carga; 10s 110%~150% carga		

Retorno de tensión baja DC			
@ carga < 20%	11.5 Vdc	23.0 Vdc	46.0 Vdc
@ 20% ≤ carga < 50%	11.2 Vdc	22.4 Vdc	44.8 Vdc
@ carga ≥ 50%	10.6 Vdc	21.2 Vdc	42.4 Vdc
Corte de tensión DC baja			
@ carga < 20%	10.5 Vdc	21.0 Vdc	42.0 Vdc
@ 20% ≤ carga < 50%	10.2 Vdc	20.4 Vdc	40.8 Vdc
@ carga ≥ 50%	9.6 Vdc	19.2 Vdc	38.4 Vdc

Aviso de tensión DC alta	14.5 Vdc	29 Vdc	58 Vdc
Corte tensión DC alta	15.5 Vdc	31 Vdc	60 Vdc
No reconoce consumo	< 15W	< 20W	< 50W
No reconoce consume en modo ECO	< 5W	< 10W	< 15W

Tolerancia picos	1,8 x potencia inversor durante 5 segundos		
Tensión DC	12 Vdc	24 Vdc	48 Vdc
Tensión arranque en frio	11.5 Vdc	23.0 Vdc	46.0 Vdc
Aviso tensión DC baja			
@ carga < 20%	11.0 Vdc	22.0 Vdc	44.0 Vdc
@ 20% ≤ carga < 50%	10.7 Vdc	21.4 Vdc	42.8 Vdc
@ carga ≥ 50%	10.1 Vdc	20.2 Vdc	40.4 Vdc

Precio: $ 2785.82

Anexo 17


SRNE
2 YEARS WARRANTY
SRNE
ASP
8-10kW
Split/Single-Phase Off-grid
Solar Storage Inverter
☐ Compatible with 48V storage batteries
☐ 2 efficient, independent MPPT ports
☐ Support self-use/without battery output mode
☐ The energy-saving mode reduces no-load energy loss
☐ Support time-slot function for peak-valley
☐ Up to 6 units in parallel for 60kW
ABOUT SRNE
☐ SRNE 15 years in PV industry, committed to independent R&D and production.
☐ Holds over 200 patents in energy storage, with unique industry-leading technologies.
☐ Chooses top-quality international components to deliver high-value products to customers.
☐ Upholds values of customer priority, proactivity, responsibility, and innovative breakthroughs.
SRNE Solar Co.,ltd.
www.srnesolar.com
Energy Changes the World
V1.0

SRNE

Model	ASP4880U180-H	ASP48100U200-H
Inverter output		
Rated Output Power	8,000W	10,000W
Max. Output Power	16,000VA	20,000VA
Rated Output Voltage	120Vac, single-phase/240Vac, split-phase	
Load capacity of Motors	5HP	6HP
Rated AC Frequency	50/60Hz	
Waveform	Pure sine wave	
Output Mode	Off-grid (default) / power the load without battery	
Switch Time	10ms (typical)	
BATTERY		
Battery Type	Li-ion / Lead-acid / User-defined	
Rated Battery Voltage	48V	
Battery Volatge Range	40~60Vdc	
Max. Solar Charging Current	180A	200A
Max. Grid/Generator Charging Current	100A	120A
Max. Hybrid Charging Current	180A	200A
SOLAR INPUT		
No. Of MPPT	2	
Max. PV Array Power	5,500W+5,500W	
Max. Input Current	22A+22A	
Max. Open Circuit Voltage	500Vdc+500Vdc	
MPPT Voltage Range	125~425Vdc	
GRID/GENERATOR INPUT		
Input Voltage Range	90~140Vdc	
Input Frequency Range	50/60Hz	
Bypass Overload Current	63A	
EFFICIENCY		
MPPT Tracking Efficiency	99.9%	
Max. Efficiency	92%	

GENERAL DATA			
Parallel Capacity	1~6 Units (More than 3 units in parallel can form a three-phase output)		
Dimension	620*445*130mm	Noise	<60dB
Weight	27kg	Cooling Method	Built-in fan
Protection Degree	IP20 Indoor Only	Warranty	2 years
Temperature	-10-55°C, >45°C Derate	Communication	RS485/CAN/USB/Dry Contact
External Module (Optional)	Wi-Fi/GPRS	Topology	Transformerless
Certificate	RoHs/EN61000-6-1/EC61000-6-3/FCC Part15 ClassB/IEC62109-1/IEC62109-2/UL1741		

PROTECTION

Has PV input current limiting protection、PV input over-voltage、PV night reverse current protection、AC input over-voltage protection、AC input under-voltage protection、Battery over-voltage protection、Battery under-voltage Protection、Battery over-current protection、AC output short-circuit protection、Heat sink over-temperature protection、Inverter over-load protection.

Precio: $ 2965.48

Anexo 18

Axpert MAX II Off-Grid Inverter



- Status indication with RGB lights
- Built-in Wi-Fi for mobile monitoring (Android/iOS App is available)
- Supports USB On-the-Go function
- Reserved communication port for BMS (RS485, CAN-BUS or RS232)
- Replaceable fan design for ease of maintenance
- Battery independent design
- Configurable AC/PV output usage timer and prioritization
- Selectable high power charging current
- Selectable input voltage range for home appliances and personal computers
- Compatible to Utility Mains or generator input
- Built-in anti-dust kit
- Built-in DC output for DC fan, LED bulb, router and so on
- Parallel operation with 6 units

OFF-GRID INVERTER

User-programmable RGB lighting for different operation mode



Three lighting effects

Cycling
Quickly scrolling with a color of your choice in a continuous circular motion

Wheel
Illuminates with twinkling lights in a color of your choice

Chasing
Radiates your selected color upward from the bottom of the ring

Axpert MAX II Off-Grid Inverter Specification

MODEL	Axpert MAX II 10000
Rated Power	10000VA/10000W
Parallel Capability	YES, 6 units
INPUT	
Voltage	230 VAC
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)
OUTPUT	
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC ± 5%
Surge Power	20000VA
Efficiency (Peak)	93%
Transfer Time	15 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)
Waveform	Pure sine wave
No Load Power Consumption	< 75W
DC Voltage	12 VDC ± 5%, 100W

BATTERY	
Battery Voltage	48 VDC
Floating Charge Voltage	54 VDC
Overcharge Protection	66 VDC
SOLAR CHARGER & AC CHARGER	
Solar Charger Type	MPPT
Maximum PV Array Power	10000W (5000W x 2)
MPPT Range @ Operating Voltage	90 ~ 450 VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	500 VDC
Maxmum Solar Charge Current	150A
Maximum AC Charge Current	150A
Maximum Charge Current	150A
PHYSICAL	
Dimension, D x W x H (mm)	158.4 x 503.6 x 530.8
Net Weight (kgs)	20
Communication Interface	USB/RS232/RS485/WiFi/Dry-contact

OPERATING ENVIRONMENT	
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)
Operating Temperature	-10°C to 50°C
Storage Temperature	-15°C to 60°C
STANDARD	
Compliance Safety	CE

Product specifications are subject to change without further notice.

Precio: $ 2695.45

Anexo 19

Hybrid Inverter

SUN- 5 / 6 / 8 / 10 / 12 K-SG04LP3-EU





- 100 — 100% unbalanced output, each phase; Max. output up to **50%** rated power
- DC couple and AC couple to retrofit existing solar system
- 16 — Max. 16pcs parallel for on-grid and off-grid operation; Support multiple batteries parallel
- 240 — Max. charging/discharging current of 240A
- 48 — 48V low voltage battery, transformer isolation design
- 6 — 6 time periods for battery charging/discharging
- Support storing energy from diesel generator

Deye

Stock Code: 605117.SH

Technical Data

Model	SUN-5K -SG04LP3-EU	SUN-6K -SG04LP3-EU	SUN-8K -SG04LP3-EU	SUN-10K -SG04LP3-EU	SUN-12K -SG04LP3-EU
Battery Input Data					
Battery Type	Lead-acid or Li-Ion				
Battery Voltage Range (V)			40~60		
Max. Charging Current (A)	120	150	190	210	240
Max. Discharging Current (A)	120	150	190	210	240
External Temperature Sensor	Yes				
Charging Curve	3 Stages / Equalization				
Charging Strategy for Li-Ion Battery	Self-adaption to BMS				
PV String Input Data					
Max. DC Input Power (W)	6500	7800	10400	13000	15600
Rated PV Input Voltage (V)	550 (160~800)				
Start-up Voltage (V)	160				
MPPT Voltage Range (V)	200-650				
Full Load DC Voltage Range (V)	350-650				
PV Input Current (A)	13+13			26+13	
Max. PV ISC (A)	17+17			34+17	
Number of MPPT / Strings per MPPT	2/1+1			2/2+1	
AC Output Data					
Rated AC Output and UPS Power (W)	5000	6000	8000	10000	12000
Max. AC Output Power (W)	5500	6600	8800	11000	13200
AC Output Rated Current (A)	7.6	9.1	12.1	15.2	18.2
Max. AC Current (A)	11.4	13.6	18.2	22.7	27.3
Max. Continuous AC Passthrough (A)	45				
Peak Power (off grid)	2 time of rated power, 10 S				
Power Factor	0.8 leading to 0.8 lagging				
Output Frequency and Voltage	50/60Hz; 3L/N/PE 220/380, 230/400Vac				
Grid Type	Three Phase				
DC injection current (mA)	THD<3% (Linear load<1.5%)				
Efficiency					
Max. Efficiency	97.60%				
Euro Efficiency	97.00%				
MPPT Efficiency	99.90%				
Protection					
Integrated	PV Input Lightning Protection, Anti-islanding Protection, PV String Input Reverse Polarity Protection, Insulation Resistor Detection, Residual Current Monitoring Unit, Output Over Current Protection, Output Shorted Protection, Surge protection				
Output Over Voltage Protection	DC Type II/AC Type III				
Certifications and Standards					
Grid Regulation	CEI 0-21, VDE-AR-N 4105, NRS 097, IEC 62116, IEC 61727, G99, G98, VDE 0126-1-1, RD 1699, C10-11				
Safety EMC / Standard	IEC/EN 61000-6-1/2/3/4, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2				
General Data					
Operating Temperature Range (°C)	-45~60°C, >45°C derating				
Cooling	Smart cooling				
Noise (dB)	<45 dB				
Communication with BMS	RS485; CAN				
Weight (kg)	33.6				
Size (mm)	422W x 699.3H x279D				
Protection Degree	IP65				
Installation Style	Wall-mounted				
Warranty	5 years				

Precio: $ 3108.78

Anexo 20


MAC 22~36KTL3-XL
• 3 MPPTs
• Diagnóstico inteligente
• Alta eficiencia hasta el 98,8%
• Configuración WIFI local
• Pantalla OLED y botón táctil
• SPD tipo II en DC y AC
• Almacenamiento de datos hasta 25 años
GROWATT
POWER-ING TOMORROW
GROWATT
www.ginverter.com

Hoja de datos	MAC 22KTL3-XL	MAC 25KTL3-XL	MAC 30KTL3-XL	MAC 36KTL3-XL
Datos de entrada (CD)				
Máxima potencia FV recomendada (STC)	33000W	37500W	45000W	54000W
Rango de voltaje a plena carga	360-650V			
Voltaje de arranque	250V			
Voltaje nominal	550V			
Rango de voltaje de MPPT	200V-1000V			
Número de MPPTs	3			
Cadenas por MPPT	4/4/4			
Máxima corriente por MPPT	54A/54A/54A			
Corriente de corto circuito por MPPT	67.5A/67.5A/67.5A			
Datos de salida (CA)				
Potencia nominal de CA	22000W	25000W	30000W	36000W
Potencia aparente máxima	24400VA@220VAC	27800VA@220VAC	33300VA@220VAC	36000VA@220VAC 39200VA@240VAC
Voltaje nominal CA (Rango*)	127V/220V (193.6-242.0V)			
Frecuencia de red CA (Rango*)	60Hz (58.5~61.2Hz)			
Corriente nominal de salida de CA	57.7A	65.6A	78.8A	94.5A
Max. corriente de salida	64.0A	73.0A	87.4A	94.5A
Factor de potencia nominal/ ajustable	>.99 / +0.8 ... -0.8			
Distorsión armónica total	<3%			
Tipo de conexión CA	3L+N+PE			
Eficiencia				
Máxima eficiencia	98.8%			
Eficiencia europea	98.2%			
Eficiencia de MPPT	99.9%			
Dispositivos de protección				
Protección contra polaridad inversa de CD	Sí			
Interruptor CD	Sí			
Protección contra sobretensión CA/CD	Clase II / Clase II			
Monitoreo de falla a tierra	Sí			
Protección de corto circuito CA	Sí			
Monitoreo de red	Sí			
Protección anti-isla	Sí			
Monitoreo de corriente residual	Sí			
AFCI	Sí			
Información General				
Dimensiones	680/508/281mm			
Peso	≤52kg			
Rango de temperatura de operación	-25°C ... +60°C (>45°C Derating)			
Autoconsumo (noche)	<1W			
Topología	Sin transformador			
Enfriamiento	Convección natural			
Grado de protección	IP65			
Humedad relativa	0~100%			
Altitud	4000m			
Conexión CD	H4/MC4 (Opcional)			
Conexión CA	Conector Glándula / Terminal OT			
Pantalla	OLED+LED/WIFI+APP			
Comunicación: RS485 / USB / WIFI / GPRS / RF / LAN	SI/SI/Opcional/Opcional/Opcional/Opcional			
Garantía: 5 años/10 años	SI/Opcional			
EN 61000-3/6, EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 60068, IEC61683, IEC62116, IEC 61727, UL1741				

Precio: $ 4598.85

Anexo 21


WIT 28-55K-H/HU-US
(WIT 28-55K-H-US L2, WIT 28-55K-HU-US L2)
· Configuración de sistema escalable, ampliable hasta165kW
· Soporta función UPS y arranque en bloque
· 100% de carga desbalanceada en respaldo
· 110% de capacidad de sobrecarga continua de CA
· Soporta control remoto de DG
· Entrada de múltiples MPPT
· Funciones de soporte de red
GROWATT
Preliminary Version
POWER-INGO TOMO-RROW
GROWATT
en.growatt.com

Datasheet	WIT 28K-H-US L2 WIT 28K-HU-US L2	WIT 35K-H-US L2 WIT 35K-HU-US L2	WIT 40K-H-US L2 WIT 40K-HU-US L2	WIT 55K-H-US L2 WIT 55K-HU-US L2
Input data (PV)				
Max. recommended PV power (for module STC)	54kW	75.6kW	86.4kW	108kW
Start voltage	195V			
Nominal voltage	360V			
Max. input voltage	800V			
MPPT voltage range	180V-600V			
Max. input current per MPP tracker	32A			
Max. short-circuit current per MPP tracker	40A			
No. of PV strings per MPP tracker	2			
No. of MPP trackers	5	7	8	10
Output data (AC)				
AC nominal power	28kW	35kW	40kW	55kW
Max. AC apparent power	30.8kVA	38.5kVA	44kVA	60.5kVA
Nominal AC voltage/range *	208/220V			
AC voltage range*	-15%~10%			
AC grid frequency/range	45-55Hz/55-65Hz			
Max. output current	85.6A@208V 80.8A@220V	106.9A@208V 101@220V	122.2A@208V 115.5A@220V	168.1A@208V 158.8A@220V
Adjustable power factor	-1...+1			
THDi	<3%			
AC grid connection type	3P3W+PE/3P4W+PE			
Stand alone (AC power)*				
AC nominal output power	28kW	35kW	40kW	55kW
Max. AC apparent power	33.6KVA	42KVA	48KVA	66KVA
Nominal AC voltage	208V/220V			
Nominal AC frequency	50/60HZ			
Max. output current	93.3A	116.7A	133.3A	183.3A
Overload Capability	≤110%: Continues; 110%~120%: 10min; >120%: 200ms			
Load unbalance	100%			
THDv	<3%			
On/off grid transfer time	20ms			
Battery data (DC)				
Battery voltage range	380V-650V			
Recommended battery voltage	512V			
Max. charging / discharging current	79A	99A	113A	156A
Continuous charging / discharging power	31.7kW	39.7kW	45.3kW	62.3kW
BMS communication	RS485/CAN			
Efficiency				
Max. efficiency	98.00%			
Protection devices				
DC reverse polarity protection	Yes			
Battery reverse protection	Yes			
AC/DC surge protection	Type II			
Insulation resistance monitoring	Yes			
Ground fault monitoring	Yes			
Grid monitoring	Yes			
Residual-current monitoring unit	Yes			
AC short-circuit protection	Yes			
String Monitoring	Yes			
Anti-islanding protection	Yes			
PID Protection	Yes			
AFCI Function	Opt			
General				
Dimensions (W / H / D)	820/1350/510mm			
Weight	133kg	133kg	140kg	140kg
Operating temperature range	-30°C~60°C (>50°C, derating)			
Altitude	4000m			
Topology	Transformerless			
Cooling	Smart air cooling			
IP degree	IP66			
Display	OLED+LED/WIFI+APP			
Interfaces:RS485/CAN/USB	Yes			
Interfaces:RS485/4G/LAN-X	Opt			
Warranty: 5 / 10 years	Yes/Opt			
UL1741:2021,UL 1741 SA/SB:2020,IEEE1547:2018,IEEE1547.1:2020,HECO Rule 14,E-5000,CSIPSA17-SA18,UL1998:2018,CEC,FCC Part 15				

Precio: $ 13167.50

Anexo 22

Solis-(50-60)K-HV

Inversores Solis trifásicos



360 grados

Características:

- 99% de eficiencia máxima
- Cumplimiento con UL 1741, IEEE1547
- Rango de voltaje ultra amplio, voltaje de arranque ultra bajo
- 4 entradas MPPT, cada corriente nominal de 22/28.5A, compatible con módulos de alta potencia
- Interrupción de circuito de falla de arco integrado (AFCI)
- THDi <3% baja distorsión armónica
- Antirresonancia, compatible con más de 6 MW en paralelo en un transformador
- Solución perfecta de monitoreo de sitios comerciales
- Ventilador redundante inteligente



Modelo:

Solis-50K-HV Solis-60K-HV

Datasheet

Model Name	Solis-50K	Solis-60K-4G
Input DC		
Max. input voltage	1100 V	
Rated voltage	600 V	
Start-up voltage	200 V	
MPPT voltage range	200-1000 V	
Max. input current	4*28.5 A	
Max. short circuit current	4*44.5 A	
MPPT number/Max. input strings number	4/12	
Output AC		
Rated output power	50 kW	60 kW
Max. apparent output power	55 kVA	66 kVA
Max. output power	55 kW	66 kW
Rated grid voltage	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V	
Rated grid frequency	50 Hz / 60 Hz	
Rated grid output current	72.2 A / 76 A	86.6 A / 91.2 A
Max. output current	83.3 A	100 A
Power Factor	>0.99 (0.8 leading - 0.8 lagging)	
THDi	<3%	
Efficiency		
Max. efficiency	98.8%	99.0%
EU efficiency	98.4%	98.5%
Protection		
DC reverse-polarity protection	Yes	
Short circuit protection	Yes	
Output over current protection	Yes	
Surge protection	Yes	
Grid monitoring	Yes	
Anti-islanding protection	Yes	
Temperature protection	Yes	
Integrated PID recovery	Optional	
Integrated AFCI (DC arc-fault circuit protection)	Optional	
Integrated DC switch	Optional	
General Data		
Dimensions (W*H*D)	630*700*357 mm	
Weight	63 kg	
Topology	Transformerless	
Self consumption (night)	<1 W	
Operating ambient temperature range	-25 ~ +60°C	
Relative humidity	0-100%	
Ingress protection	IP65	
Cooling concept	Intelligent redundant fan-cooling	
Max. operation altitude	4000 m	
Grid connection standard	G98 or G99, VDE-AR-N 4105 / VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126 / UTE C 15 / VFR:2019, RD 1699 / RD 244 / UNE 206006 / UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC60068, IEC 61683, EN 50530	
Safety/EMC standard	IEC/EN 62109-1/-2, IEC/EN 61000-6-2/-4	

Precio: $ 2682.40

Anexo 23

Sistema inteligente de almacenamiento de energía en string

HUAWEI



Optimización de la energía

100% de profundidad de descarga (DoD)
Optimización de energía a nivel de módulo

Inversión flexible

Diseño modular de 5kWh
Escalable de 5 a 30 kWh

Segura y confiable

Celda de litio-ferrofosfato (LFP)

Fácil instalación

Módulo de potencia de 12 kg
Módulo de batería de 50 kg

Puesta en marcha rápida

Detección automáticamente en la APP

Compatibilidad perfecta

Compatible con ambos
inversores monofásicos y trifásicos
residenciales

Technical Specification	LUNA2000-5-S0	LUNA2000-10-S0	LUNA2000-15-S0
			
Performance			
Power module	LUNA2000-5KW-C0		
Number of power modules	1		
Battery module	LUNA2000-5-E0		
Battery module energy	5 kWh		
Number of battery Modules	1	2	3
Battery usable energy [1]	5 kWh	10 kWh	15 kWh
Max. output power	2.5 kW	5 kW	5 kW
Peak output power	3.5 kW, 10 s	7 kW, 10 s	7 kW, 10 s
Nominal voltage (single phase system)	360 V		
Operating voltage range (single phase system)	350 – 560 V		
Nominal voltage (three phase system)	600 V		
Operating voltage range (three phase system)	600 – 980 V		
Communication			
Display	SOC status indicator, LED indicator		
Communication	RS485 / CAN (only for parallel operation)		
General Specification			
Dimension (W*D*H)	670 * 150 * 600 mm (26.4 * 5.9 * 23.6 inch)	670 * 150 * 960 mm (26.4 * 5.9 * 37.8 inch)	670 * 150 * 1320 mm (26.4 * 5.9 * 60.0 inch)
Weight (Floor stand toolkit included)	63.8 kg (140.7 lb)	113.8 kg (250.9 lb)	163.8 kg (361.1 lb)
Power module dimension (W*D*H)	670 * 150 * 240 mm (26.4 * 5.9 * 9.4 inch)		
Power module weight	12 kg (26.5 lb)		
Battery module dimension (W*D*H)	670 * 150 * 360 mm (26.4 * 5.9 * 14.0 inch)		
Battery module weight	50 kg (110.2 lb)		
Installation	Floor stand (standard), Wall mount (optional)		
Operating temperature	-10℃ ~ + 55℃ (14°F ~ 131°F) [2]		
Relative humidity	5% ~ 95%		
Cooling	Natural convection		
Protection rating	IP 65		
Noise emission	<29 dB		
Cell technology	Lithium-iron phosphate (LiFePO4)		
Warranty	10 years [3]		
Scalability	Max. 2 systems in parallel operation		
Compatible inverters	SUN2000L-2/3/3.68/4/4.6/5KTL [4], SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1, SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0 [4], SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1		
Standard Compliance (more available upon request)			
Certificates	CE, RCM, CEC, VDE2510-50, IEC62619, IEC 60730, UN38.3		

Precio: $ 2389.72

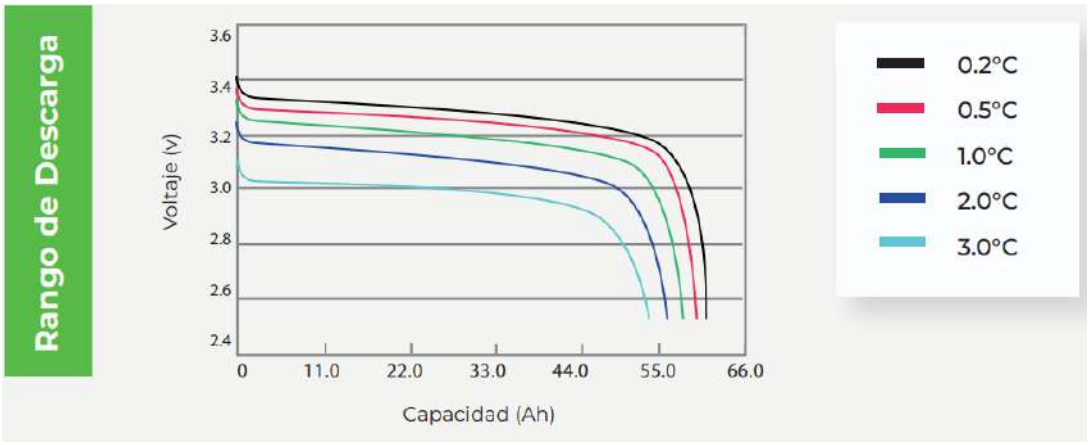
Anexo 24

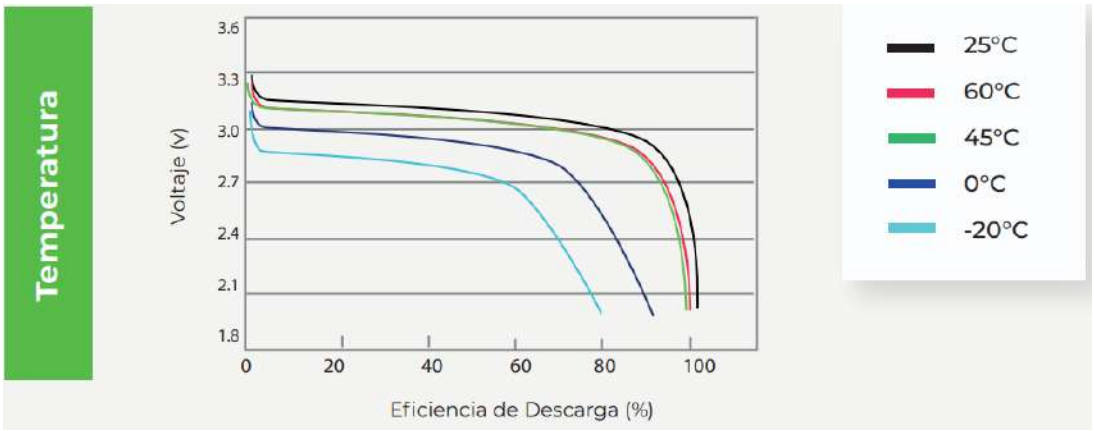


MODELO	48V 100AH
Voltaje nominal	48V
Capacidad nominal (WH)	4800WH
Capacidad de uso (WH)	3840WH/80%DOD
Vida	10+(25°C/77T)
Dimensiones	482*400*178mm
Peso	45Kg
Ciclo de Vida	>6000,25°C
Voltaje de descarga	37.5 ~ 54.7
Voltaje de carga	48 ~ 54.7
Corriente de carga y descarga (A)	50 A (Recomendado) 100 A (Máximo)
Resistencia interna	≤30Ω

BMS	
Capacidad	100A (Max)
Consumo de energía	<2W (Work) <100m W
Parámetros del monitoreo	Sistema de Voltaje, corriente, voltaje de celda, temperatura de celda, temperatura del modulo

OPERACIÓN	
Rango de temperatura de operación	-10°C ~ 50°C
Rango de temperatura de almacenamiento	(-20°C ~ 45°C)
Humedad	15%~85%
GARANTÍA	
3 años	





Precio: $ 2478.64

Anexo 25



PowerSafe® OPzS

Rail Signaling, Renewables and Utility

Battery Range Summary

Engineered with an optimized plate design, the Powersafe® OPzS batteries feature increased capacity exceeding the DIN standard. Additionally the die cast tubular plate with low antimony content offers excellent cycling capabilities and a proven long life under float conditions. The pasted negative flat plate design provides the perfect balance for maximum performance.

Combined with the features above, a molded transparent Styrene Acrylonitrile (SAN) jar which allows for easy visual check of the electrolyte level, color coded terminals for easy polarity recognition, a single cell per jar design for simple maintenance, and brass inserted posts enabling high rate capability make the PowerSafe OPzS batteries ideal for a wide range of applications.



Features and Benefits

- Capacity range 217 - 3543Ah
- Low antimony lead alloy
- Single cell design for easy maintenance
- 3 year watering interval
- Brass inserted posts for high rate performance
- Fully insulated, solid copper inter-cell connectors
- Transparent containers for electrolyte level verification
- Color coded terminals for easy polarity recognition
- Proven 20 plus year service life

Construction

- Die-cast tubular positive grids with low antimony lead for longer life
- Pasted negative flat plates for maximum performance
- Unique microporous material separators
- Molded durable transparent Styrene Acrylonitrile jar (SAN) and Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) cover
- Dilute sulfuric acid electrolyte with specific gravity of 1.240
- Lead alloy leak proof terminal and fully insulated solid copper inter-cell connectors
- Safety vent plugs equipped with flame arrestors, standard

Installation and Operation

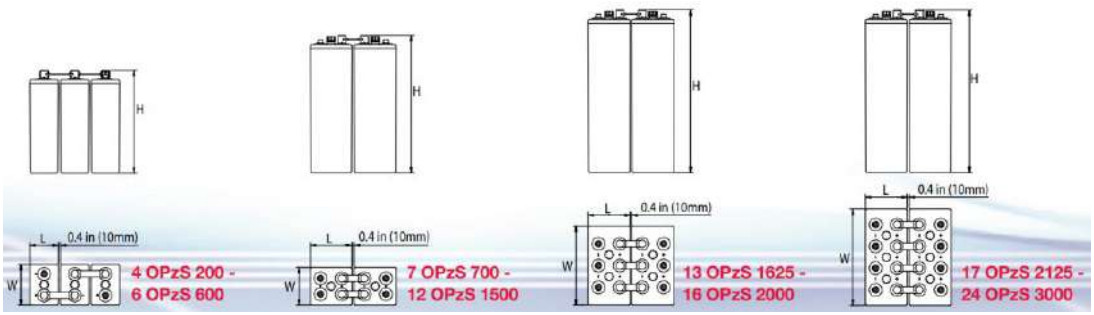
- Efficient footprint
- 3 year watering interval
- Solid copper inter-cell connectors allow for voltage measurements
- Designed to be rack mounted
- Transparent jar for electrolyte level verification and cell condition inspection
- Optional vent plugs available which allow for watering and specific gravity readings without removal
- Operating temperature: 32°F (0°C) to 104°F (40°C) Recommended temperature: 68°F (20°C) to 86°F (30°C)

Standards

- Compliant with DIN 40736-1
- Compliant with IEC 60896-11
- The management systems governing the manufacture of this product are ISO 9001:2008 and ISO 14001:2004 certified

		Nominal Dimensions						Weight - Volumes					
Cell Type	Nominal Ah Capacity*	Length in	Length mm	Width in	Width mm	Height in	Height mm	Unpacked lbs	Unpacked kg	Electrolyte only 1.240 S.G. lbs	Electrolyte only 1.240 S.G. kg	Electrolyte only 1.240 S.G. gal	Electrolyte only 1.240 S.G. liters
4 OPzS 200	217	4.1	103	8.1	206	15.9	403	37.8	17.2	10.6	4.8	1.0	3.9
5 OPzS 250	266	4.9	124	8.1	206	15.9	403	45.8	20.8	13.4	6.1	1.3	4.9
6 OPzS 300	319	5.7	145	8.1	206	15.9	403	53.5	24.3	15.8	7.2	1.5	5.8
5 OPzS 350	388	4.9	124	8.1	206	20.5	520	59.2	26.9	18.3	8.3	1.8	6.7
6 OPzS 420	466	5.7	145	8.1	206	20.5	520	69.3	31.5	21.8	9.9	2.1	8.0
7 OPzS 490	543	6.5	166	8.1	206	20.5	520	79.4	36.1	25.4	11.5	2.5	9.3
6 OPzS 600	648	5.7	145	8.1	206	27.4	695	98.6	44.8	30.3	13.7	2.9	11.1
7 OPzS 700	798	8.3	210	7.5	191	27.4	695	126.7	57.6	40.4	18.3	3.9	14.8
8 OPzS 800	856	8.3	210	7.5	191	27.4	695	134.9	61.3	39.6	18.0	3.8	14.5
9 OPzS 900	1013	8.3	210	9.2	233	27.4	695	156.0	70.9	50.2	22.8	4.9	18.4
10 OPzS 1000	1071	8.3	210	9.2	233	27.4	695	164.1	74.6	49.4	22.4	4.8	18.1
11 OPzS 1100	1227	8.3	210	10.8	275	27.4	695	185.7	84.4	56.8	25.8	5.5	20.8
12 OPzS 1200	1293	8.3	210	10.8	275	27.4	695	193.6	88.0	56.2	25.5	5.4	20.6
11 OPzS 1375	1631	8.3	210	10.8	275	33.3	845	239.8	109.0	75.4	34.2	7.3	27.6
12 OPzS 1500	1730	8.3	210	10.8	275	33.3	845	251.5	114.3	74.5	33.8	7.2	27.3
13 OPzS 1625	1969	8.4	214	15.7	399	32.3	820	308.0	140.0	108.1	49.0	10.5	39.6
14 OPzS 1750	2092	8.4	214	15.7	399	32.3	820	316.8	144.0	108.1	49.0	10.5	39.6
15 OPzS 1875	2208	8.4	214	15.7	399	32.3	820	327.8	149.0	106.2	48.2	10.3	38.9
16 OPzS 2000	2307	8.4	214	15.7	399	32.3	820	333.3	151.5	106.5	48.3	10.3	39.0
17 OPzS 2125	2548	8.3	212	19.2	487	32.3	820	396.0	180.0	132.4	60.1	12.8	48.5
18 OPzS 2250	2669	8.3	212	19.2	487	32.3	820	404.8	184.0	130.5	59.2	12.6	47.8
19 OPzS 2375	2785	8.3	212	19.2	487	32.3	820	415.8	189.0	129.7	58.8	12.5	47.5
20 OPzS 2500	2884	8.3	212	19.2	487	32.3	820	424.6	193.0	130.0	58.9	12.6	47.6
22 OPzS 2750	3238	8.3	212	22.7	576	32.3	820	495.0	225.0	157.8	71.6	15.3	57.8
24 OPzS 3000	3543	8.3	212	22.7	576	32.3	820	515.9	234.5	154.0	69.8	14.9	56.4

* Nominal Ah capacity is based on an 8 hour rate to 1.75 volts per cell @ 77°F (25°C)



Precio: $ 2589.47