

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

**Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para
consumo del sistema de climatización del área
administrativa de la Facultad de Educación Técnica
para el Desarrollo de la UCSG**

AUTOR:

Arrata Parrales David Armando

Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título

de:

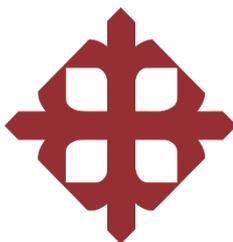
**INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL**

TUTOR:

Ing. Miguel Armando Heras Sánchez, M.Sc

Guayaquil, Ecuador

16 de septiembre del 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Arrata PARRALES David Armando** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánico**.

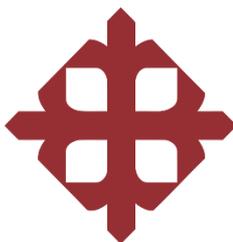
TUTOR

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Arrata PARRALES, David Armando**

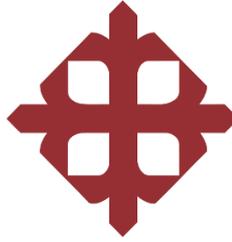
DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del sistema de climatización del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG**”, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2021

Arrata PARRALES, David Armando



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Arrata PARRALES, David Armando**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación **“Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del sistema de climatización del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 16 días del mes de septiembre del año 2021

EL AUTOR:

f. _____

Arrata PARRALES, David Armando

REPORTE DE URKUND

The screenshot shows the URKUND interface. On the left, document details are displayed: 'Documento: Tesis_David_Arrata.docx (D111393599)', 'Presentado: 2021-08-17 12:20 (-05:00)', 'Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com', 'Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje: tesis Arrata. 4% de estas 45 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.' On the right, a 'Lista de fuentes' (List of sources) table is visible with columns for 'Categoría' and 'Enlace/nombre de archivo'. The table lists several sources, including links to repository.ucsg.edu.ec and docplayer.es. At the bottom of the interface, there are navigation icons and buttons for '1 Advertencias', 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir'.

Determinar el Tamaño del Banco de Baterías Determinar el tamaño del conjunto Fotovoltaico El tamaño del conjunto se determina en función de las necesidades energéticas diarias divididas por las horas de sol al día. Determinar la luz solar Disponible Calcular la luz solar disponible para los paneles en un día medio durante el peor mes del año. Es el llamado valor de insolación. Determinar la Carga Se tendrá que estimar todas las diferentes cargas de la casa en un día típico y sumárlas.

Extracción y Tratamiento

Energía Primaria

Conversion de Tecnología

Distribucion de Tecnología

Conclusión: Reporte Urkund del trabajo de titulación en ingeniería Eléctrico Mecánica denominado: **“Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del sistema de climatización del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG”** perteneciente al estudiante **Arrata Parrales, David Armando**. Una vez efectuado el análisis antiplagio el resultado indica 4% de coincidencias.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas, para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida estudiantil. A mi mamá que cada día me escuchaba siempre atenta y desde pequeño siempre fue la inspiración para formarme profesionalmente.

Un agradecimiento especial a mi papá, que nunca dejo de ayudarme, hasta en la cosa más mínima estuvo preocupado por mi carrera y que la pudiera culminar con éxito.

Agradezco a mis hermanos Tomás, Gary y Aracely por ser mi compañía, mi apoyo, motivación y fuerza para seguir adelante en lo que me proponga ya que sin ellos no lo hubiera logrado.

Al Ing. Miguel Armando Heras, director de trabajo de titulación por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de este proyecto.

Gracias a mi carrera eh conocido a mis mejores amigos Ángeles Febres y Xavier Morocho, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre voy a contar con ellos.

David Armando Arrata Parrales

DEDICATORIA

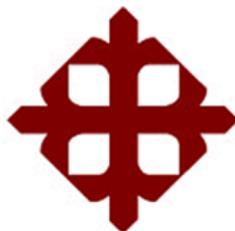
Este trabajo de titulación se la dedico principalmente a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fortaleza para seguir adelante en mis metas y permitir haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Dedico este trabajo con gran amor a toda mi familia por el apoyo incondicional, por siempre impulsarme a ser mejor y lograr terminar con éxito mi carrera profesional.

Para mis padres Tomás Arrata y Vilma Parrales mis pilares fundamentales en mi vida que, gracias a su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles, por ayudarme con los recursos necesarios para poder estudiar sin ellos no lo hubiera logrado. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia para conseguir mis objetivos.

A mis queridos hermanos Tomás, Gary y Aracely por estar siempre presentes incondicionalmente, acompañándome con su apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa para finalizarla.

David Armando Arrata Parrales



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS
DECANO

f. 

M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DEL ÁREA

f. 

M. Sc. BASTIDAS CABRERA, TOMÁS GASPAR
OPONENTE

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIX
RESUMEN.....	XXII
ABSTRACT	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I.....	3
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO.....	3
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4 JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE.....	5
1.5 TIPO DE INVESTIGACIÓN	7
1.6 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	7
PARTE I	9
MARCO TEÓRICO	9
CAPÍTULO II.....	9

2.1 ENERGÍA RENOVABLE.....	9
2.1.1 <i>Beneficios de la Energía Renovable</i>	11
<i>Beneficios Medioambientales</i>	11
<i>Sostenibilidad</i>	11
<i>Empleo y Economía</i>	11
2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LA ENERGÍAS RENOVABLES	12
<i>Energía Solar</i>	14
<i>Energía Eólica</i>	15
<i>Energía de Biomasa</i>	16
<i>Energía Mareomotriz</i>	17
<i>Energía Geotérmica</i>	18
2.2 ENERGÍA FOTOVOLTAICA	19
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN SOLAR	20
<i>Constante Solar</i>	20
<i>Variaciones Horarias y Estacionales de la Radiación Solar</i>	21
<i>Luz solar directa y difusa</i>	21
<i>Masa de aire</i>	22
<i>Horas Máximas de Sol</i>	23
2.2.2 DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA EN LA LUZ SOLAR.....	23
2.2.3 CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA.....	23
2.2.4 COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	24
.....	24
<i>Panel Solar</i>	24
<i>Atroz o Trasiago</i>	25
<i>Inversores</i>	25
<i>Medidor Eléctrico</i>	25
<i>Cableado</i>	25
<i>Seccionadores</i>	26

<i>Combinador Solar</i>	26
<i>Disyuntores</i>	26
2.2.5 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	26
<i>Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red</i>	27
<i>Sistema fotovoltaico Autónomo con una Carga de CC</i>	27
<i>Sistema FV Autónomo con Carga de CA</i>	27
2.3 PANELES SOLARES	28
2.3.1 BENEFICIOS DE LOS PANELES SOLARES	29
<i>Es Renovable y Abundante</i>	29
<i>Es limpia y Cuidadosa con el Medio Ambiente</i>	29
<i>Los Costos de Mantenimiento son Bajos</i>	29
<i>Reducción de Costos</i>	29
2.3.2 CONVERSIÓN DE CÉLULAS SOLARES	29
<i>Materiales de las Células</i>	30
<i>Limitaciones de la Eficiencia de una Célula Solar</i>	31
2.3.3 TIPOS DE PANELES SOLARES.....	31
PANELES SOLARES MONOCRISTALINOS.....	31
<i>Paneles Solares Policristalinos</i>	32
<i>Paneles Solares de Película Fina</i>	33
2.3.4 ESTRUCTURA DE LOS PANELES SOLARES	33
<i>Vidrio Templado</i>	34
<i>Película de EVA o el Encapsulado</i>	34
<i>Células Solares</i>	35
<i>Lámina Trasera</i>	35
<i>Marco de Aleación de Aluminio</i>	36
<i>Caja de Conexiones</i>	36
<i>Gel de Sílice</i>	36
<i>Diodos de Derivación</i>	36

2.4 SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN.....	37
<i>Principios Operativos del Sistema de Climatización.....</i>	38
<i>Calefacción.....</i>	38
<i>Ventilación.....</i>	38
<i>Aire Acondicionado.....</i>	38
2.4.1 <i>Funcionamiento del Aire Acondicionado</i>	39
2.4.1.1 COMPONENTES DEL AIRE ACONDICIONADO	40
<i>Refrigerante.....</i>	40
<i>Compresor.....</i>	41
BOBINA DEL CONDENSADOR.....	41
<i>Válvula de Expansión</i>	41
<i>Bobina de Evaporador</i>	42
<i>Ventiladores.....</i>	42
2.4.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS AIRES ACONDICIONADOS	42
<i>Aire Acondicionado de Ventana.....</i>	42
<i>Aire Acondicionado Portátil.....</i>	43
<i>Aire Acondicionado Split de Pared o Split de Cabezales Múltiples</i>	43
<i>Aire Acondicionado por Conductos.....</i>	43
2.4.2 SUBSISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN SOLAR.....	44
<i>Unidad de Enfriamiento</i>	44
<i>Circuito Hidráulico y Aire.....</i>	45
<i>Funcionamientos y Modos de Operación.....</i>	46
2.4.3 COMPONENTES DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	46
<i>Intercambiador de Calor Agua-Aire.....</i>	47
<i>Enfriador.....</i>	48
<i>Torre de Refrigeración.....</i>	48
<i>Conducto y Ventilador</i>	49
<i>Modelado de la Sala de Aire Acondicionado.....</i>	50

CAPÍTULO III.....	51
APORTACIONES Y RESULTADOS	51
3.1 DISEÑO Y CÁLCULOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	51
3.1.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO	51
<i>Ubicación</i>	52
<i>Dimensiones del Área del Proyecto</i>	54
3.1.2 RADIACIÓN SOLAR EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL	55
<i>Horas Sol Pico (HSP)</i>	56
3.1.3 PROCESO DE CONEXIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	58
<i>Cálculo de Consumo Estimado del Aire Acondicionado</i>	58
<i>Cálculo de Paneles Solares</i>	58
<i>Radiación Solar Disponible</i>	59
<i>Capacidad de los Acumuladores</i>	59
<i>Selección del Regulador y del Convertidor</i>	59
3.1.4 LEVANTAMIENTO DE CARGA	60
3.1.5 RENDIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	62
3.1.6 ENERGÍA EFECTIVA PRODUCIDA POR EL CAMPO FOTOVOLTAICO.....	64
3.1.7 POTENCIA REAL A GENERAR EL CAMPO FOTOVOLTAICO	65
3.1.8 CANTIDAD DE PANELES SOLARES.....	65
<i>Tipo de Panel Solar a Emplear</i>	65
<i>Cálculos de la Conexión de los Paneles Solares</i>	67
3.1.9 CUANTIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS ACUMULADORAS.....	69
<i>Tipo de Batería a Emplear</i>	70
3.1.10 INVERSOR.....	71
<i>Cantidad de inversores</i>	72
3.1.11 REGULADOR DE CARGA.....	73
3.1.12 CALCULO DE CORRIENTE DC	73

3.1.13 CALCULO DE CORRIENTE AC	75
3.1.14 CONDUCTORES POR UTILIZAR	75
3.1.15 CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN, ORIENTACIÓN, SEPARACIÓN, SOMBRAS EN LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS Y ESTRUCTURA DE SOPORTE EN EL SFVCR	76
<i>Inclinación y Orientación de los Paneles Solares</i>	76
<i>Separación y Sombras en los Paneles Fotovoltaicos</i>	79
<i>Estructura de Soporte de Células Solares</i>	81
3.2 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO.....	83
3.2.1 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	84
3.2.2 INVERSIÓN INICIAL	84
3.2.3 COSTOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	84
3.2.4 COSTOS DE EQUIPOS Y HERRAJES.....	85
3.2.5 COSTOS DE PERMISOS Y DIRECCIÓN TÉCNICA	86
3.2.6 COSTOS DE MANO DE OBRA EN LA INSTALACIÓN	86
3.2.7 COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN	87
3.2.8 CONSUMO ENERGÉTICO REAL	88
CAPÍTULO IV	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
4.1 CONCLUSIONES	93
4.2 RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS	96
GLOSARIO.....	98
ANEXOS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1	10
<i>ENERGÍAS RENOVABLES</i>	10
FIGURA 2. 2	12
<i>CADENA ENERGÉTICA DE LA EXTRACCIÓN A LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS</i>	12
FIGURA 2. 3	15
<i>ENERGÍA SOLAR</i>	15
FIGURA 2. 4	16
<i>ENERGÍA EÓLICA</i>	16
FIGURA 2. 5	17
<i>BIOMASA</i>	17
FIGURA 2. 6	17
<i>ENERGÍA MAREOMOTRIZ</i>	17
FIGURA 2. 7	18
<i>ENERGÍA GEOTÉRMICA</i>	18
FIGURA 2. 8	20
<i>EJEMPLO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA</i>	20
FIGURA 2. 9	21
<i>REFLEXIONES DE LA LUZ SOLAR</i>	21
FIGURA 2. 10	24
<i>COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</i>	24

FIGURA 2. 11	28
<i>PROCESO PARA EL TAMAÑO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS</i>	28
FIGURA 2. 12	30
<i>PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA</i>	30
FIGURA 2. 13	32
<i>MONOCRISTALINO</i>	32
FIGURA 2. 14	32
<i>POLICRISTALINO</i>	32
FIGURA 2. 15	33
<i>PANEL SOLAR DE PELÍCULA FINA</i>	33
.....	33
FIGURA 2. 16	33
<i>ESTRUCTURA DEL PANEL SOLAR</i>	33
FIGURA 2. 17	39
<i>PROCESO DEL FUNCIONAMIENTO DE UN AIRE ACONDICIONADO</i>	39
FIGURA 2. 18	40
<i>COMPONENTES DEL AIRE ACONDICIONADO</i>	40
FIGURA 2. 19	45
<i>CONFIGURACIÓN PROPUESTA PARA EL CIRCUITO HIDRÁULICO DE AGUA FRÍA</i>	45
FIGURA 2. 20	46
<i>COMPONENTES DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN</i>	46
FIGURA 3. 1	51

<i>ÁREA ADMINISTRATIVA DE LA FETD</i>	51
FIGURA 3. 2.....	53
<i>UBICACIÓN DEL ÁREA ADMINISTRATIVA EN LA FETD EN MAPA SATELITAL</i>	53
FIGURA 3. 3.....	54
<i>UBICACIÓN DEL ÁREA ADMINISTRATIVA EN LA FETD</i>	54
FIGURA 3. 4.....	54
<i>PLANO DEL ÁREA ADMINISTRATIVA Y SUS DIMENSIONES</i>	54
FIGURA 3. 5.....	56
<i>DIAGRAMA DE LA RADIACIÓN SOLAR EN ECUADOR</i>	56
FIGURA 3. 6.....	57
<i>IRRADIACIÓN EN HSP</i>	57
FIGURA 3. 7.....	58
<i>PROCESO DE CONEXIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</i>	58
FIGURA 3. 8.....	60
<i>DIAGRAMA DEL AIRE ACONDICIONADO</i>	60
FIGURA 3. 9.....	66
<i>ESTRUCTURA DEL PANEL SOLAR 400W PERC MONOCRISTALINO ERA</i>	66
FIGURA 3. 10.....	71
<i>BATERÍA ULTRACELL UC-45-12 AGM</i>	71
FIGURA 3. 11.....	79
<i>INCLINACIÓN DE LOS PANELES POR LA POSICIÓN DEL SOL</i>	79
FIGURA 3. 12.....	79

DISTANCIA ENTRE LOS PANELES SOLARES.....79

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1	14
<i>RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES EN EL MUNDO</i>	14
TABLA 2. 2	38
<i>RANGO DE CAPACIDAD DE LOS AIRES ACONDICIONADOS</i>	38
TABLA 2. 3	44
<i>OPERACIONES DE LA UNIDAD DE ENFRIAMIENTO</i>	44
TABLA 3. 1	52
<i>LOCALIZACIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS DEL ÁREA ADMINISTRATIVA</i> .	52
TABLA 3. 2	60
<i>CANTIDAD Y POTENCIA DE FUNCIONAMIENTO DEL AIRE ACONDICIONADO</i>	60
TABLA 3. 3	61
<i>CONSUMO DIARIO DE LOS AIRES ACONDICIONADOS</i>	61
TABLA 3. 4	63
<i>VALORES CONSTANTES DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO FOTOVOLTAICO</i>	63
TABLA 3. 5	77
<i>IRRADIACIÓN SOLAR CON UN ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE 100</i>	77
TABLA 3. 6	78
<i>IRRADIACIÓN SOLAR CON UN ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE 200</i>	78
TABLA 3. 7	81
<i>NIVELES DE CORROSIVIDAD ISO 9223</i>	81

TABLA 3. 8	82
<i>TIEMPO DE HUMECTACIÓN SEGÚN UBICACIÓN ISO 9223</i>	82
TABLA 3. 9	82
<i>NIVELES DE CORROSIÓN SEGÚN LA ISO 9223</i>	82
TABLA 3. 10	85
<i>COSTOS DE EQUIPOS</i>	85
<i>COSTOS DE PERMISOS</i>	86
TABLA 3. 12	86
<i>COSTOS DE MANO DE OBRA</i>	87
TABLA 3. 13	87
<i>COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN</i>	88
TABLA 3. 15	88
<i>TARIFAS DE ARCONEL</i>	89
TABLA 3. 14	89
<i>TARIFA PARA INSTALACIONES EN MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA</i>	89
<i>RUBRO POR VALOR DE COMERCIALIZACIÓN</i>	90
TABLA 3. 17	90
<i>RUBRO POR DEMANDA</i>	90
TABLA 3. 18	90
<i>RUBRO POR ENERGÍA</i>	90
TABLA 3. 19	91
<i>VALOR A PAGAR MENSUAL Y ANUAL</i>	91

TABLA 3. 20	92
<i>INVERSIÓN VS TIEMPO REMOTO</i>	92

RESUMEN

En este trabajo de titulación del tema “Diseño de Proyecto Eléctrico Fotovoltaico para Consumo del Sistema de Climatización del Área Administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG”, se investigará la información correspondiente del tema para su mejor comprensión. En el capítulo 1 se puntualizará la descripción general del trabajo, como los objetivos del proyecto, alcance y su metodología. En el capítulo 2 es el marco teórico basado en los conceptos más importantes del proyecto para entender su buen funcionamiento. En el capítulo 3 es la sección de aportaciones que abarcará el diseño y cálculos del Sistema Fotovoltaico, también su estudio técnico económico de la inversión inicial de este proyecto para una futura implementación en la universidad. Finalmente, el proyecto beneficiará al ahorro de consumo de energía eléctrica en la universidad, reduciendo los valores de planillas y contribuirá con el medio ambiente al utilizar los paneles solares.

Palabras Clave: Energía, Sistema Fotovoltaico, Paneles Solares, Estudio Económico, Sistema de Climatización, Consumo, Renovable.

ABSTRACT

In this degree work on the topic "Design of Photovoltaic Electrical Project for Consumption of the Air Conditioning System of the Administrative Area of the Faculty of Technical Education for the Development of the UCSG", the corresponding information of the topic will be investigated for better understanding. In chapter 1, the general description of the work will be pointed out, such as the objectives of the project, scope and methodology. Chapter 2 is the theoretical framework based on the most important concepts of the project to understand its proper functioning. In chapter 3 is the contributions section that will cover the design and calculations of the Photovoltaic System, also its technical economic study of the initial investment of this project for a future implementation in the university. Finally, the project will benefit the saving of electric energy consumption in the university, reducing the values of bills and will contribute to the environment by using solar panels.

Keywords: Energy, Photovoltaic System, Solar Panels, Economic Study, Air Conditioning System, Consumption, Renewable.

INTRODUCCIÓN

El uso de energía renovable en la actualidad es un gran beneficio para implementarla más seguido en el sector residencial, comercial e industrial, porque es una energía limpia que contribuye al ecosistema, por su capacidad de demanda de energía y su rendimiento en su utilización.

En este proyecto de titulación el principal objetivo es ahorrar el consumo de energía para la UCSG y evitar la contaminación al medioambiente, en este caso, el área administrativa de la FETD por su gran consumo de energía necesita de un sistema de paneles solares que cubra la demanda del sistema de climatización.

En la ciudad de Guayaquil es factible el uso de paneles solares porque, la radiación solar es alta en todo el año, esta energía fotovoltaica no contamina el ambiente, es renovable, ayuda a ahorrar costos y en los últimos años es una de las más utilizadas.

Finalmente, este proyecto contará con su respectivo diseño y cálculos de radiaciones solares con datos aproximados de la ciudad de Guayaquil, con las respectivas normas de aplicación para el sistema fotovoltaico, este trabajo únicamente está dimensionado en el área administrativa de la FETD de la UCSG.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO

1.1 Antecedentes del Problema

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de las energías a nivel mundial con el fin de implementarlas para el beneficio del consumidor. Las energías renovables ayudan al ecosistema por sus propiedades limpias, recursos inagotables, que se diferencia de otras fuentes de energía como el petróleo o el carbón.

El uso de energía fotovoltaica ayuda a reducir el consumo y la dependencia de los combustibles fósiles, reduciendo las emisiones de gases por combustión, lo que conduce al efecto invernadero. Los combustibles fósiles son un recurso agotable porque su tasa de consumo es mucho más alta que la tasa de producción natural.

El objetivo del sistema del suministro eléctrico es ofrecer a los consumidores los beneficios de consumir energía eléctrica, se utiliza en los hogares como en la iluminación, cocina eléctrica, sistemas de temperaturas, refrigeración y transporte, etc. Los sistemas del suministro eléctrico también son necesarios para todas las actividades comerciales e industriales.

El sistema de climatización por absorción solar desempeña un papel cada vez más importante en el diseño de edificios de energía renovable. La rentabilidad del sistema de climatización por energía fotovoltaica depende en gran medida de los equipos de climatización y de la eficiencia de los métodos de climatización eléctrico que sean eficientes. (Hisour, 2018)

El uso de las energías renovables es una combinación de varias tecnologías, infraestructuras (capital), mano de obra (conocimientos técnicos), materiales y energía. Cada uno de estos insumos tiene un precio y son parcialmente sustituibles entre sí con eficiencia y una reducción en la contaminación ambiental.

En el pasado, el suministro de electricidad, especialmente la electrificación de las zonas sin servicio era una cuestión de estrategia de desarrollo sociopolítico. Como cuestión de importancia estatal, el suministro de energía era dirigido por una empresa regional de servicios públicos con condiciones de monopolio. Más recientemente, la liberalización del sector energético ha convertido los bienes estratégicos en mercancías, haciendo que el sector pase de vender kilovatios-hora o litros de gasolina a vender energía. (Goldemberg et al., 2016)

En el país la implementación de un sistema fotovoltaico no tiene demanda porque su inversión inicial es costosa, más son utilizados en industrias que tienen un elevado consumo de energía eléctrica, por esto ayudan a reducir sus costos, creando su propia energía renovable. Al implementar un sistema de energía fotovoltaica para el sistema de climatización generará beneficios para la universidad por la radiación que hay en la ciudad de Guayaquil, los ahorros serán notables en el consumo de energía eléctrica y las reducciones de emisiones de CO₂, valores bajos en la planilla de luz siendo un gran aporte para la Universidad.

1.2 Planteamiento del Problema

Con el consumo vital de la energía eléctrica en el área industrial, comercial y residencial, las energías renovables son más factibles por su beneficio de la reducción de contaminantes, ahorro de energía, etc.

En Ecuador esta energía fotovoltaica no es aprovechada en su gran mayoría por su elevado costo de inversión inicial de implementación o porque muchas personas desconocen sus beneficios de ahorro de energía eléctrica, como estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrico Mecánica, se contribuirá con un proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del Sistema de Climatización en el Área Administrativa de la FETD que tiene un gran beneficio, reducir los elevados costos de la energía convencional, mejorando la Universidad con proyectos tecnológicos, y

contribuir con el medio ambiente, aprovechando la calidad del clima de la ciudad de Guayaquil.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Principal

Diseñar un proyecto eléctrico fotovoltaico para el consumo del Sistema de Climatización, analizando sus beneficios factibles, para una propuesta en el área administrativa de la FETD en la UCSG.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar y calcular la carga térmica del sistema de climatización en el área administrativa con su respectiva demanda.
- Diseñar el prototipo del Sistema Fotovoltaico que se va a implementar para el área administrativa de la FETD.
- Analizar la relación beneficio/costo para determinar las ventajas y desventajas del uso de este Sistema aprovechando la energía fotovoltaica.

1.4 Justificación y Alcance

La demanda universal de energía sigue aumentando, no solo en los sectores industrial y comercial, sino también en el sector residencial. Esto se debe al aumento de población y las personas necesitan utilizar equipos que consuman electricidad para funcionar, debido a la falta de energía limpia, la electricidad se genera a través de combustibles fósiles, lo que tiene un gran impacto negativo en el medio ambiente.

Con el paso del tiempo se ha agrandado la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que permiten obtener alternativas a la hora de generar electricidad. En este punto aparecen las energías renovables, que se están implantando cada vez más en todo el mundo, unas por su eficiencia y otras porque

su inversión les garantizará años de producción de energía, el mayor beneficio es reducir el impacto ambiental.

Debido a los cambios climáticos en el mundo que cada vez es más evidente en las últimas décadas, la variación del clima es gradual, más en la ciudad de Guayaquil ubicada en Ecuador con un clima cálido, en la mayoría de los meses del año son manifestados por lluvias características y tienen una corta estación que no tiene mucho impacto en la variación del clima. En promedio la temperatura anual de la ciudad es de 24.1 °C, donde, el mes más frío es noviembre y la alta precipitación ocurre en el mes de marzo, por esto un sistema de climatización es necesario en la actualidad, más aún en un área específica como en el área administrativa de la FETD de la UCSG, puesto que, se utilizan equipos electrónicos y eléctricos que necesitan una temperatura de confort al estar en funcionamiento para evitar sobrecalentamientos, cortocircuitos, daños en la vida útil de los equipos, etc. (Data, 2021)

Por la ubicación de la UCSG en el Noroeste de la ciudad, que es elevada recibe una gran cantidad de energía solar que puede ser utilizada para su beneficio, ayudando al ecosistema con el ahorro de energía. Con este diseño del sistema fotovoltaico para el sistema de climatización en el área administrativa de la FETD se analizará los requisitos previos que se necesiten en todo este sistema, con su respectiva estructura y los mejores dispositivos del mercado con los precios que sean accesibles a favor de la universidad.

Finalmente, este proyecto de titulación tiene beneficios, menores costos en energía para la universidad, mejorando el impacto visual de la infraestructura de la Facultad con proyectos tecnológicos y la principal; ser un buen ciudadano medioambiental utilizando las energías de forma más eficientes y respetuosas con la tierra para cuidarla para el futuro.

1.5 Tipo de Investigación

En este trabajo de titulación el tipo de investigación va a ser correlacional debido a la implementación de varias variables que se analizarán entre sí para cumplir el objetivo en este trabajo científico, donde se investigará los conceptos teóricos de los Sistemas de Climatización y Energía Fotovoltaica.

El enfoque investigativo es científico cuantitativo mediante la recopilación de los conceptos teóricos de los elementos que se implementarán en este proyecto, se adaptarán teorías ya propuestas en artículos científicos aportando características más específicas para tener un mejor resultado al momento de diseñar el sistema fotovoltaico con la investigación de campo, porque se realizará el estudio del área administrativa de la FETD para recopilar datos del consumo del sistema de climatización para que tenga eficacia y veracidad a la hora de implementarlo.

1.6 Metodología de Investigación

Los métodos de investigación de este proyecto serán experimentales y analíticos, ya que, se realizará una investigación científica para completar los conceptos teóricos en este proyecto de titulación. Es experimental debido al conjunto de complementos que tiene este propósito de diseñar el sistema fotovoltaico para consumo del sistema de climatización, el cual tendrá sus respectivos resultados veraces con precios reales del mercado y los equipos tecnológicos de última generación, evitando gastos innecesarios o falsos costos de implementación.

Tiene un enfoque cuantitativo porque maneja datos numéricos reales de los cálculos del número necesario de los paneles solares que necesita el Sistema de Climatización, mediante este método se busca dar una mejor solución tecnológica a la universidad para futuros proyectos.

También se considerará las respectivas normas de diseño reglamentarias que tiene el país con respecto a la energía renovable, para lo cual, además de conocer las características y funcionamiento de los equipos, es necesario la seguridad de los

mismos y de las personas que lo usarán, teniendo una correcta instalación y estructura eficiente.

Finalmente, el diseño de este sistema será beneficioso para los demás siendo amigable con el uso de energía renovable que será confiable y seguro para el consumidor.

PARTE I

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

2.1 Energía Renovable

El término "energía renovable" es la energía derivada de un amplio espectro de recursos, todos ellos basados en fuentes de energía auto renovables como la luz solar, el viento, el agua, el calor interno de la tierra y la biomasa, como los cultivos energéticos, los residuos agrícolas e industriales y los residuos municipales. Estos recursos pueden utilizarse para producir electricidad para todos los sectores económicos, combustibles para el transporte, calor para los edificios y los procesos industriales.

Es difícil calcular el suministro total de energía renovable, pero una estimación aproximada es que el 19% de la energía mundial procede de energías renovables, siendo la biomasa el principal contribuyente, como el uso de madera y carbón vegetal, los residuos de las cosechas e incluso el estiércol de los animales para cocinar y algunas calefacciones. La producción de etanol a partir de la biomasa es ahora un contribuyente a los combustibles líquidos para el transporte. Por el contrario, los combustibles fósiles son energía solar almacenada de épocas geológicas pasadas. (Nelson & Starcher, 2018)

Una de las características más notables de las energías renovables es la diversidad de tecnologías y recursos. No cabe duda del tamaño final de los recursos energéticos renovables es grande y podría contribuir de forma muy sustancial a la demanda mundial de energía, superando fácilmente el actual suministro mundial de electricidad. Otra ventaja de los recursos renovables es que se distribuyen en una amplia zona geográfica, lo que garantiza que las regiones en desarrollo tengan acceso a la generación de electricidad a un costo estable para el futuro a largo plazo.

Figura 2. 1

Energías Renovables



Nota. Las energías renovables en su ambiente. Adaptado de Inversiones en energía renovable. *Larepublica.net* (p. 1), por Garza, 2019.

Sus costos también están cayendo a un ritmo sostenible, mientras que la tendencia general en los costos de los combustibles fósiles es la opuesta, a pesar de sus fluctuaciones actuales. Como las estadísticas publicadas anualmente por la Agencia Internacional de Energía (AIE) reflejan el imparable crecimiento de las energías limpias: representan casi la mitad de la nueva generación de electricidad en 2017, cuando fueron la segunda fuente de electricidad más grande del mundo, detrás del carbón. La transición a un sistema energético basado en tecnologías renovables tendrá consecuencias económicas muy positivas en la economía mundial y en el desarrollo. (Acciona, 2017)

La naturaleza autóctona de las fuentes limpias da una ventaja a las economías locales y le da significado al término “independencia energética”. La dependencia de las importaciones de combustibles fósiles da como resultado la subordinación a los objetivos económicos y políticos a corto plazo del país proveedor, lo que puede comprometer la seguridad del suministro de energía.

Actualmente las energías renovables, particularmente la fotovoltaica y la eólica, son las de menor costo que las energías convencionales en la mayoría del mundo. Las principales tecnologías renovables, están reduciendo drásticamente sus

costos, de modo que son la forma más eficiente económicamente de generar electricidad en un número creciente de mercados.

En la *Figura 2.2* se explica el sistema energético y se muestra un ejemplo de la cadena energética que comienza con la extracción de carbón de una mina (energía primaria) y termina con el acero producido como servicio energético. Los servicios energéticos son el resultado de una combinación de diversas tecnologías, infraestructuras (capital), mano de obra (conocimientos técnicos), materiales y energía primaria. Cada uno de estos insumos tiene un precio y son parcialmente sustituibles entre sí, desde la perspectiva del consumidor, lo importante es el valor económico o la utilidad derivada de los servicios.

2.1.1 Beneficios de la Energía Renovable

Beneficios Medioambientales

Las tecnologías de energía renovable son fuentes limpias de energía que tienen un impacto medioambiental mucho menor que las tecnologías energéticas convencionales.

Sostenibilidad

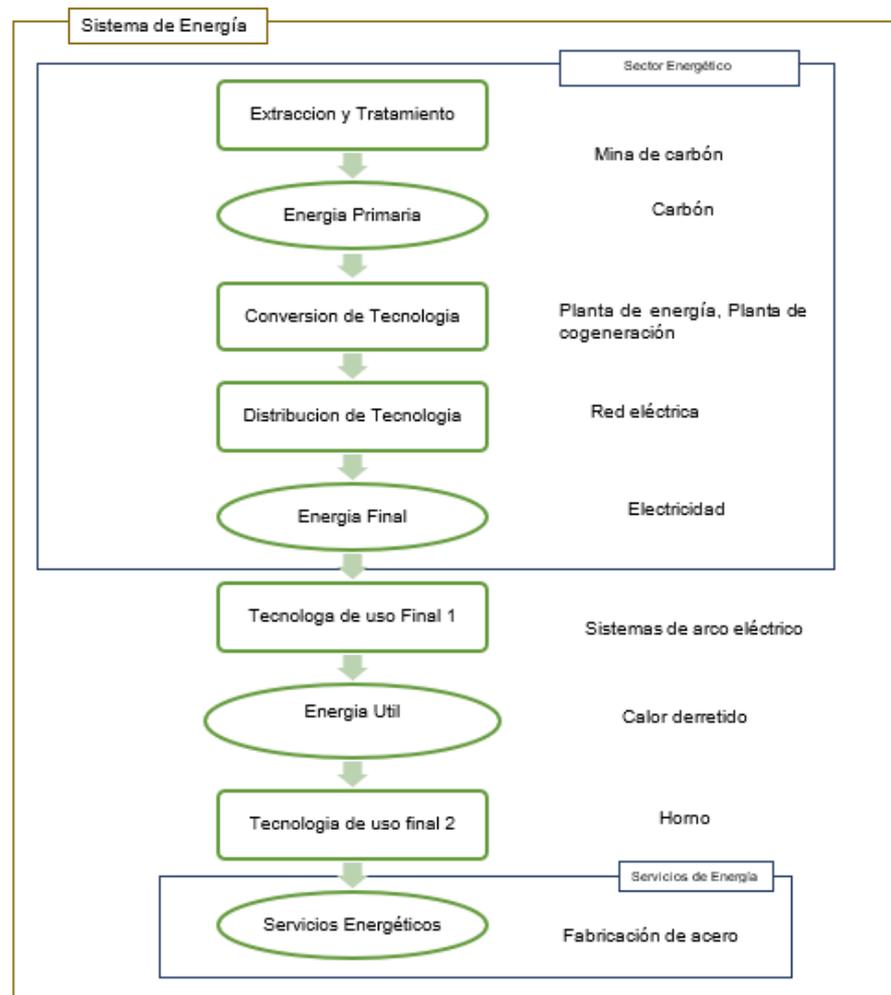
Las energías renovables no se agotarán nunca, otras fuentes de energía son finitas y algún día se agotarán.

Empleo y Economía

La mayoría de las inversiones en energías renovables se malgastan en materiales y mano de obra para edificar y mantener las instalaciones, en lugar de lujosas importaciones de energía. Las inversiones en energías renovables se suelen realizar más en países avanzados, poco en Ecuador.

Figura 2. 2

Cadena energética de la extracción a los servicios eléctricos



Nota. Ejemplo del proceso de la cadena energética de la extracción de cada servicio eléctrico en su respectiva categoría. Adaptado de Energy and the challenge of sustainability. *World energy assessment* (p. 4), por Goldemberg et al., 2016.

2.1.2 Clasificación de la Energías Renovables

Las fuentes de energía renovable no se agotan y están distribuidas en una amplia zona geográfica, estos recursos se renuevan rápidamente mediante un proceso natural. No crean ningún problema de contaminación ambiental. La principal ventaja de utilizar recursos renovables es que están disponibles durante todo el año. Con una sola inversión se puede obtener energía durante muchas décadas sin afectar al medio ambiente.

La energía renovable incluye las tecnologías que convierten los recursos naturales en servicios energéticos útiles:

- La energía eólica, la de las olas o mareas y la hidroeléctrica (incluyendo la micro y la de los ríos).
- Energía solar, solar térmica y geotérmica.
- Tecnologías de biomasa y biocombustibles (incluido el biogás).
- Parte renovable de los residuos (residuos domésticos e industriales).

Una de las características más notables de las formas de energía renovable es la diversidad de tecnologías y recursos. No cabe duda, de que el tamaño final de los recursos energéticos renovables es grande y podrá, contribuir de forma muy sustancial a la demanda mundial de energía. Una visión general de los principales recursos y las tecnologías para aprovecharlos se presenta en la *Tabla 2.1*.

Según las cifras de la *Tabla 2.1* son ilustrativas, de la energía que podrá extraerse útilmente utilizando tecnologías conocidas y teniendo en cuenta las limitaciones físicas. Estas cifras son aproximadas y dependen de la eficiencia de la conversión, el uso de la tierra en competencia, etc. Las cifras proceden de diversas fuentes primarias citadas en PNUD/CME (2018) y se basan en estimaciones conservadoras de la disponibilidad y/o accesibilidad de la tierra. (Gross et al., 2018)

Los datos son sobre los recursos en potencial técnico: las cifras de la energía solar se basan en una eficiencia de conversión del 10%, las de la energía geotérmica en una eficiencia del 20% y las de las olas y mareas en una eficiencia del 20%. La cifra de la energía eólica se refiere únicamente a las grandes máquinas conectadas a la red. También hay que tener en cuenta que los datos disponibles sobre los recursos mundiales de las olas y las mareas son limitados y que estas cifras podrían subestimarse considerablemente. Las cifras aumentarán a medida que mejore la tecnología. Sin embargo, los recursos que son económicamente viables son mucho menores, dadas las tecnologías actuales. (Gross et al., 2018)

Tabla 2. 1*Recursos energéticos renovables en el mundo*

Recursos	Escala de potencial técnico (producción de energía útil) (TW h / año)	Opciones de conversión de energía
Sol Directo	12000-40000	<ul style="list-style-type: none"> • Fotovoltaica • Generación de energía solar térmica • Calentadores de agua solares
Viento	20000-40000 (en tierra)	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de energía a gran escala • Generación de energía a pequeña escala <ul style="list-style-type: none"> • Bombas de agua
Onda-Marea	2000-4000 >3500	<ul style="list-style-type: none"> • Numerosos diseños <ul style="list-style-type: none"> • Bombardeo • Corriente de la marea
Geotermia	4000-40000	<ul style="list-style-type: none"> • Roca seca caliente, hidrotermal, geo presionada, magma (solo hidrotermal actualmente viable)
Biomasa	8000-25000	<ul style="list-style-type: none"> • Combustión, gasificación, pirólisis, digestión, para biocombustibles, calor y electricidad

Nota. Características de los recursos renovables a nivel mundial. Adaptado de Progress in renewable energy. *Environment International* (p. 106), por Gross et al., 2018.

Energía Solar

La energía solar tiene el mayor potencial para proporcionar energía limpia, segura y fiable. La energía solar que cae sobre los continentes de la Tierra es más de 200 veces el total de la energía comercial anual que utilizan actualmente los seres humanos. (Alrikabi, 2016)

El ser humano lleva miles de años aprovechando la energía solar para cultivar, calentarse y secar alimentos. Según el Laboratorio Nacional de Energías Renovables, en una hora cae sobre la Tierra más energía del sol que la que manipulan todas las personas del mundo en un año. Hoy en día, se utiliza los rayos del sol de muchas maneras: para calentar casas y negocios, para calentar agua o para alimentar aparatos. (Shinn, 2018)

Además de ser renovables, los sistemas de energía solar de, igual forma son fuentes de energía limpia, ya que no producen contaminantes del aire ni gases de efecto invernadero.

Figura 2. 3

Energía Solar



Nota. Ejemplo de la Energía Solar. Adaptado de Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies* (p. 62), por Alrikabi., 2016.

Energía Eólica

El viento, impulsado en última instancia por el aire atmosférico, no es más que otra forma de recoger energía, el sol también calienta la atmósfera, lo que produce el viento, funciona también en los días nublados y en la época de lluvias. La ubicación de los aerogeneradores es un factor muy importante, que influye en el rendimiento de la máquina.

El aire se utiliza para generar electricidad utilizando la energía cinética producida por el movimiento del aire. Esta energía se cambia a energía eléctrica por medio de una turbina eólica o un sistema de conversión de energía eólica. El viento primero sacude las palas de la turbina, las hace girar y hace girar las turbinas conectadas a ellas. Esto convierte la energía cinética en energía de rotación, mueve el eje conectado al generador y produce energía eléctrica electromagnéticamente.

La suma de energía que se puede conseguir del viento depende del tamaño de la turbina eólica y de la longitud de sus palas. La eficacia es proporcional al tamaño del rotor y al cubo de la velocidad del viento.

Cuando las turbinas eólicas se instalan en tierra, deben colocarse en áreas con fuertes vientos, como colinas o campos abiertos y llanuras como se muestra en la *Figura 2.4*. La energía eólica marina se ha estado desarrollando durante décadas con los parques eólicos que brindan una buena solución para la generación de energía, al tiempo que evitan que muchas de las quejas a su alrededor sean antiestéticas o ruidosas en tierra. El uso en el mar, por supuesto, tiene sus límites debido al duro entorno en el que tiene que funcionar la turbina.

Figura 2. 4

Energía Eólica



Nota. Ejemplo de la Energía Eólica en tierra y la energía eólica en mar. Adaptado de Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies* (p. 62), por Alrikabi., 2016.

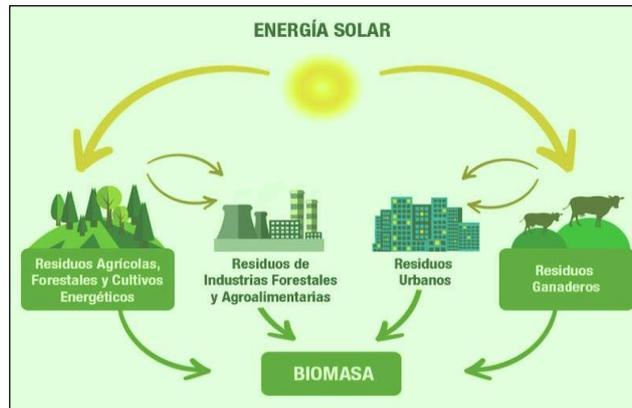
Energía de Biomasa

La biomasa es la fuente más importante para la producción de energía suministrada por la agricultura. El aprovechamiento eficaz de la bioenergía puede dar energía a todo el medio rural en países de bajos recursos, donde la naturaleza ofrece varios tipos de biomasa. Esta energía también se puede utilizar como residuo biodegradable, que es un componente residual de la biomasa disponible.

La energía de la biomasa se refiere a los combustibles fabricados a partir de plantas y desechos animales. El recurso biomasa es, materia orgánica en la que la energía de la luz solar se almacena en enlaces químicos. No cabe duda de que la energía de biomasa es la mejor opción para el beneficio de la energía, la industria, la agricultura, la silvicultura, el comercio, las ciudades, los restos o desechos animales y vegetales para generar calor.

Figura 2. 5

Biomasa



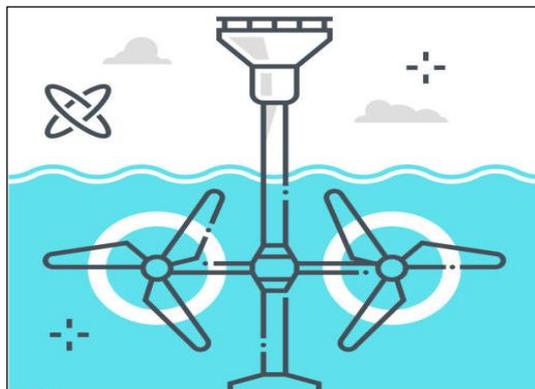
Nota. Explicación de la Biomasa. Adaptado de Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies* (p. 63), por Alrikabi., 2016.

Energía Mareomotriz

Los océanos resguardan dos tercios de la superficie de la tierra. Esta agua es una gran reserva de energía renovable. El movimiento del agua en el frente costero en energía cinética que puede convertirse en energía eléctrica. La energía se extiende a lo largo de los miles de kilómetros de costas, en una ubicación favorable, la densidad de energía puede tener un promedio de 65 MW/milla de costa una cantidad que puede conducir a la electricidad económica generada por las olas.

Figura 2. 6

Energía Mareomotriz



Nota. Ejemplo de la Energía Mareomotriz. Adaptado de Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies* (p. 63), por Alrikabi, 2016.

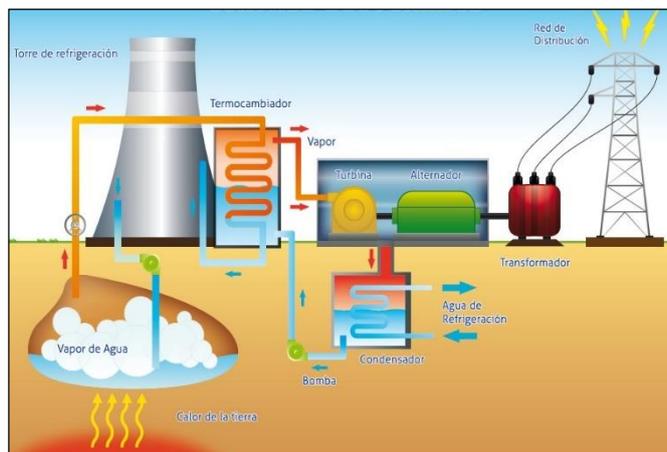
El método más económico para obtener energía de las mareas es que las columnas de agua oscilantes utilizan la fuerza de las olas que entran en un dispositivo fijo para generar electricidad. Las olas que entran en el anclaje comprimen aire en un tubo vertical. Este aire comprimido se puede utilizar para derivar simplemente un generador de turbina que produce electricidad. El principal problema de las plantas de energía mareomotriz son los ciclones y las tormentas severas, durante este periodo la planta no funciona. (Alrikabi, 2016)

Energía Geotérmica

La energía geotérmica es el calor de la tierra, es limpia y sostenible. Los recursos de energía geotérmica van desde el suelo poco profundo hasta el agua y la roca calientes que se encuentran a unos pocos kilómetros bajo la superficie de la tierra, hasta las temperaturas extremadamente altas de la roca fundida llamada magma.

Figura 2. 7

Energía Geotérmica



Nota. Explicación del proceso de la Energía Geotérmica. Adaptado de Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies* (p. 63), por Alrikabi, 2016.

En casi todas partes, el suelo poco profundo o los tres metros superiores de la superficie de la tierra mantienen una temperatura casi constante de entre 10 y 16

°C (50 y 60 °F). Las bombas de calor geotérmicas pueden aprovechar este recurso para calentar y enfriar los edificios. El sistema de bomba de calor de fuente terrestre consta de una bomba de calor, un sistema de suministro de aire (tubería), un intercambiador de calor y un sistema de tuberías enterrado en las aguas poco profundas juntas al edificio. (Alrikabi, 2016)

2.2 Energía Fotovoltaica

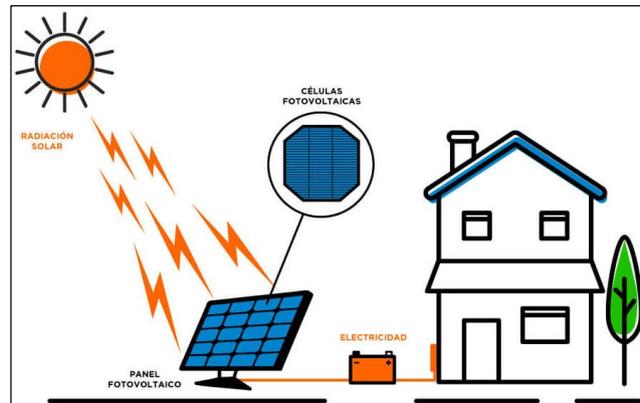
La conversión de energía solar fotovoltaica es la conversión directa de la luz solar en electricidad, puede realizarse mediante sistemas de placas planas y concentradores. Un componente esencial de estos sistemas es la célula solar, en la que se produce el efecto fotovoltaico, es decir, la generación de electrones libres a partir de la energía de las partículas de luz, estos electrones se utilizan para generar electricidad. Una de las fuentes más disponibles y limpias es la energía solar. La energía solar puede cosecharse con células fotovoltaicas (FV). Si se conecta una carga a la célula, esta tensión provoca un flujo de corriente a través de la carga. Para obtener valores más utilizables de tensión y corriente, las células solares se conectan en serie para aumentar la tensión, y las series de células se conectan en paralelo para aumentar la salida de corriente.

Normalmente, entre 20 y 60 células, o más, se empaquetan juntas con una cubierta transparente (normalmente de vidrio) y un sello hermético para formar un módulo. A su vez, estos módulos se conectan en una combinación serie o paralelo para formar un panel que satisfaga mejor las necesidades de la aplicación. (Salameh, 2017)

A medida que la fuente de energía convencional se agota rápidamente, la búsqueda de fuentes de energía alternativas se ha convertido en una cuestión integral de la sociedad industrializada moderna. Ineludiblemente, la demanda y los costos energéticos a nivel mundial aumentarán. Para satisfacer estas necesidades, es necesario estudiar y optimizar fuentes de energía ilimitadas.

Figura 2. 8

Ejemplo de Energía Fotovoltaica



Nota. Explicación del proceso de la energía fotovoltaica. Adaptado de Renewable Energy System Design. Elsevier (p. 33), por Salameh, 2017.

Los sistemas fotovoltaicos se utilizan hoy en día en muchas aplicaciones, como la carga de baterías, el bombeo de agua, el suministro de energía en el hogar, los sistemas de energía por satélite, etc.

2.2.1 Características de la Radiación Solar

Constante Solar

Aunque la luz artificial puede utilizarse para alimentar dispositivos fotovoltaicos, su valor radica en su capacidad para utilizar la luz solar gratuita y renovable. Un dispositivo fotovoltaico situado fuera de la atmósfera terrestre que mantiene una incidencia normal a los rayos del sol recibe una cantidad de energía aproximadamente constante. Esta cantidad, denominada constante solar, es de 1.353 kW/m² (428 Btu/hr*ft²). La constante solar y su espectro de radiación solar asociado inmediatamente fuera de la atmósfera están determinados únicamente por la naturaleza de la fuente radiante, es decir, el sol y el trayecto entre la tierra y el sol. (Salameh, 2017)

Variaciones Horarias y Estacionales de la Radiación Solar

Las aplicaciones terrestres de los dispositivos fotovoltaicos o de cualquier tipo de energía solar se complican por dos variables:

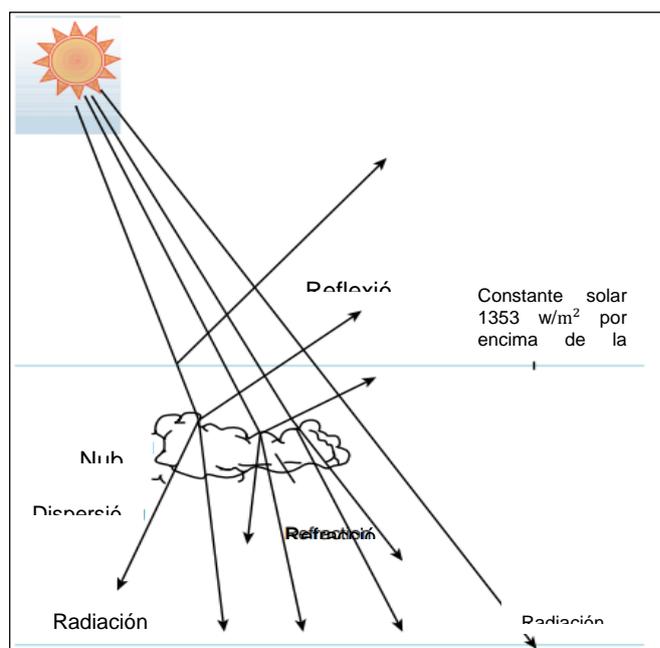
La rotación de la tierra sobre su eje y la revolución alrededor del sol y los efectos atmosféricos. La rotación produce variaciones horarias en las intensidades de la energía en un lugar determinado del suelo y sombrea completamente el dispositivo durante las horas nocturnas. Además, un dispositivo situado en el hemisferio norte recibe más energía durante el verano que en el invierno, lo que da lugar a variaciones estacionales en las intensidades de potencia.

Luz solar directa y difusa

La presencia de la atmósfera y los efectos climáticos asociados atenúan y modifican la naturaleza del recurso energético solar. La combinación de reflexión, absorción (filtrado), refracción y dispersión da lugar a niveles de radiación muy dinámicos en cualquier punto de la superficie terrestre.

Figura 2. 9

Reflexiones de la luz Solar



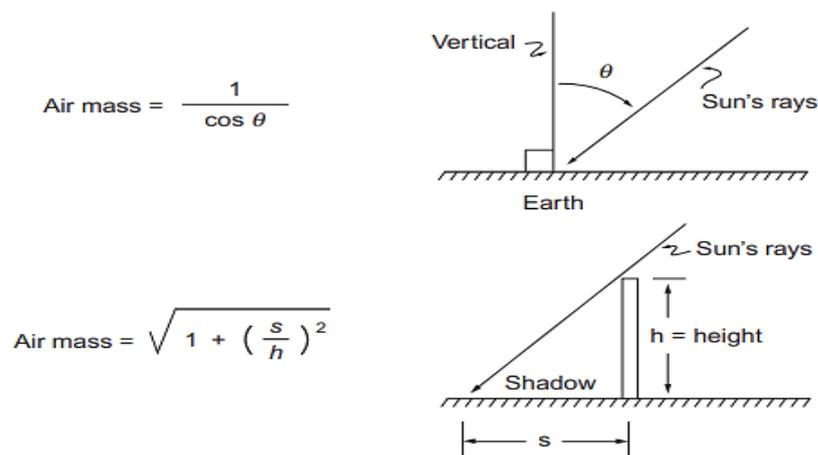
Nota. Explicación de radiación difusa y radiación directa de la luz solar. Adaptado de Renewable Energy System Design. Elsevier (p. 35), por Salameh, 2017.

La radiación directa es la radiación directamente del sol, mientras que la radiación difusa es el resultado que causa cuando la radiación solar llega a la superficie de la atmósfera terrestre y es dispersada desde su dirección original por las moléculas de la atmósfera. Debido a la nubosidad y a la dispersión de la luz solar, la radiación que se recibe en un punto concreto se compone tanto de luz solar directa o como de luz solar difusa o dispersa. Esta distinción es importante porque los dispositivos de concentración se basan en su capacidad para concentrar la luz solar directa como se muestra en la *Figura 2.9*.

Masa de aire

La masa de aire, definida como $1/\cos \theta$, donde θ es el ángulo entre el rayo solar y una línea normal a la superficie de la célula solar, es una cantidad útil para tratar los efectos atmosféricos. Indica la distancia relativa que la luz debe recorrer a través de la atmósfera para llegar a un lugar determinado.

Esta condición se conoce como masa de aire (AM0) porque no se ve afectada por la falta de aire en las afueras de la atmósfera terrestre. La masa de aire uno (AM1) corresponde a que el sol está directamente encima. La masa de aire 1,5 (AM1,5) se considera más representativa de las condiciones terrestres y se utiliza habitualmente como condición de referencia en la calificación de los módulos y conjuntos fotovoltaicos. La distribución espectral de la luz solar puede representarse para varios valores de masa de aire, lo que proporciona una indicación útil de los efectos de la atenuación atmosférica, como se observa a continuación:



Horas Máximas de Sol

La cantidad de energía terrestre que se recibe en una superficie correctamente inclinada en un día claro es de aproximadamente 1 kW/m², lo que se denomina condición de sol máximo o pleno. Es considerablemente inferior a la constante solar (1,353 kW/m²). Esto es indicativo de la naturaleza atenuante de la atmósfera. Si se tiene 1 kW/m² de luz solar durante una hora, se recibe 1 kWh/m² o una hora de sol pico de energía. El número máximo de horas de sol al día en un lugar determinado se define como el número de horas equivalente a las condiciones solares máximas o una hora, es decir, 1 kW/m² que produce el mismo aislamiento total.

2.2.2 Distribución de la Energía en la Luz Solar

La luz está compuesta por pequeños paquetes de energía, que actúan como balas individuales, que viajan a una velocidad extremadamente alta. Estas balas se llaman fotones. Un haz de luz solar es un flujo de fotones. Estos fotones viajan en ondas; cuanto más corta es la longitud de onda, mayor es la velocidad y más energía tiene.

2.2.3 Conversión Fotovoltaica

Según Salameh (2017) para entender cómo una célula solar convierte la luz solar en electricidad, hay que ver la construcción de la célula solar. No es más que un diodo de unión P-N que tiene disposiciones para la iluminación por el espectro solar y predice conexiones eléctricas a un circuito externo. Un átomo se compone de dos partes principales: en primer lugar, la esfera en el centro, y, en segundo lugar, la nube de electrones, que es el camino aleatorio que sigue el electrón alrededor del átomo. El núcleo está formado por protones, que tienen carga positiva, y neutrones, que no tienen carga y por lo tanto son neutros. Los electrones tienen carga negativa. La carga total de los electrones en los átomos regulares es igual a la carga total de los protones; por lo tanto, un átomo regular es neutral en carga con la fórmula $2 N_2$,

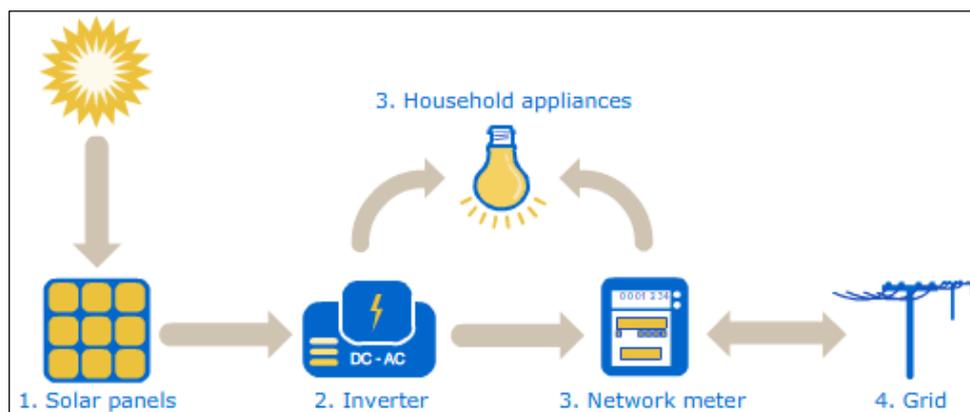
donde, $N\frac{1}{4}$ número de la envoltura (órbita). La segunda y la tercera envoltura sólo pueden tener 8 electrones.

2.2.4 Componentes del Sistema Fotovoltaico

Los sistemas solares fotovoltaicos pueden generar electricidad renovable a través de la radiación solar. Algunos módulos fotovoltaicos muy significativos participan en la instalación de su sistema operativo. Cada pieza es esencial para absorber la energía del sol y convertirla. Los componentes de un sistema fotovoltaico representan más de la mitad del coste total del sistema. El equipo que requiere mantenimiento son inversores, bastidores, mazos de cables, combinadores, seccionadores, interruptores y medidores.

Figura 2. 10

Componentes del Sistema Fotovoltaico



Nota. Explicación de radiación difusa y radiación directa de la luz solar. Adaptado de Renewable Energy System Design. Elsevier (p. 36), por Salameh, 2017.

Panel Solar

Los paneles solares están formados por muchas células solares que tienen propiedades semiconductoras y están encerradas en materiales para protegerlas del medio ambiente. Estas características permiten que la batería capture fotones de la luz, especialmente del sol y convierta estas energías en energía eléctrica útil a través de un proceso llamado efecto fotoeléctrico.

Atroz o Trasiago

Los estantes se refieren a dispositivos de instalación que fijan las células solares en el suelo o en el techo. Estos dispositivos suelen estar hechos de acero o aluminio y bloquean mecánicamente los paneles solares con alta precisión. El sistema de estanterías debe estar diseñado para resistir eventos climáticos extremos. Otra característica importante del sistema de estantes es la conexión eléctrica y la puesta a tierra de los paneles solares para evitar descargas eléctricas. Por lo general, existen dos variantes de sistemas de portaequipajes de techo, incluidos los sistemas de techo plano y los sistemas de techo inclinado.

Inversores

Un inversor es un dispositivo eléctrico que acepta corriente en forma de corriente continua (CC) y la convierte en corriente alterna (CA). Para los sistemas solares, esto representa que la corriente continua de la matriz solar se alimenta a través del inversor, que la convierte en corriente alterna. Esta conversión es necesaria para operar la mayoría de los equipos eléctricos o interactuar con la red. Los inversores son importantes para casi todos los sistemas solares y suelen ser el componente más caro después del propio panel solar.

Medidor Eléctrico

Los medidores de electricidad miden la energía que pasa a través de él y las compañías eléctricas habitualmente lo aprovechan para medir y cobrar a los clientes. Para los sistemas fotovoltaicos, se manipula un medidor bidireccional especial para medir la potencia de entrada de la empresa de servicios públicos y la potencia de salida del sistema fotovoltaico.

Cableado

El cable transmite energía entre cada componente y debe estar dimensionado para transportar la corriente. Los cables expuestos al sol deben protegerse de los rayos ultravioleta, mientras que los cables que transportan corriente continua a veces requieren una funda de metal para brindar protección adicional.

Seccionadores

Los seccionadores son puertas o interruptores eléctricos que permiten la desconexión manual de un cable eléctrico. Usados típicamente a ambos lados de un inversor, la "desconexión de CC" y la "desconexión de CA", estos dispositivos proporcionan aislamiento eléctrico cuando es necesario instalar o reemplazar un inversor.

Combinador Solar

El Combinador solar, combina dos o más cables en un cable más grande generalmente, incluyen fusibles para protección y se manejan para todos los paneles solares de gran y mediana escala.

Disyuntores

Los disyuntores protegen los sistemas eléctricos de sobre corrientes o sobretensiones. Diseñados para dispararse automáticamente cuando la corriente alcanza una cantidad predeterminada, los disyuntores también se pueden operar manualmente, actuando como una desconexión adicional.

2.2.5 Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos son diferentes de los sistemas energéticos convencionales que utilizan combustibles fósiles. Mientras que, la entrada requerida del sistema convencional combustible depende de la salida, la entrada en un sistema fotovoltaico depende de la insolación. La producción fotovoltaica puede variar como consecuencia de factores externos, como el movimiento de las nubes. Los sistemas fotovoltaicos pueden ser muy pequeños (menos de 5 W), pequeños (5 W-1 kW), de tamaño kilovatio (de 1 kW a unas decenas de kW) y de tamaño intermedio (de decenas de kW a 100 kW), o un sistema a gran escala (1 mW o más) que se conecta a una red de suministro para la generación de energía comercial o de servicios.

Hay dos tipos de sistemas fotovoltaicos: conectados a la red interactivos o autónomos. Hay dos versiones posibles de un sistema autónomo, en función de la

carga: necesidades de energía, principalmente iluminación, comunicación, entretenimiento y cargas resistivas.

- Sistema fotovoltaico autónomo con cargas de CC: Normalmente se requiere el almacenamiento en baterías.
- Sistema fotovoltaico autónomo con cargas de CA: Normalmente se requiere el almacenamiento en baterías. Todos tienen cargas típicas, incluidos los motores de inducción.

El almacenamiento en baterías es esencial para el éxito del diseño de los sistemas fotovoltaicos autónomos. Durante el día, las instalaciones fotovoltaicas cargan las baterías para que puedan suministrar energía por la noche y en días nublados.

Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red

El sistema fotovoltaico interactivo con la red se utiliza en sistemas residenciales, en sistemas industriales y en centrales eléctricas. Sin embargo, para conectar un sistema fotovoltaico a la red, el inversor tiene que cumplir ciertas normas.

Sistema fotovoltaico Autónomo con una Carga de CC

El regulador de tensión desconecta el sistema fotovoltaico cuando la tensión de la batería alcanza su valor máximo permitido. También desconecta la carga si la tensión de la batería alcanza su valor mínimo permitido para evitar la destrucción de la batería. Se utiliza un convertidor CC/CC para aumentar o reducir la tensión fotovoltaica hasta el nivel de la tensión de carga. Las baterías se utilizan para añadir fiabilidad al sistema, la carga puede ser alimentada incluso si la carga, aunque no haya energía fotovoltaica.

Sistema FV Autónomo con Carga de CA

Este sistema fotovoltaico se suministra con un inversor para convertir la salida de CC del sistema fotovoltaico en CA. Un ejemplo de ello es el suministro de electricidad a una casa en una zona remota donde no hay líneas eléctricas de CA,

este tipo de sistema requiere el almacenamiento en baterías. Por otro lado, alimentar una bomba de agua accionada por un motor de AC de más de 15 CV en una zona agrícola no requiere almacenamiento de baterías.

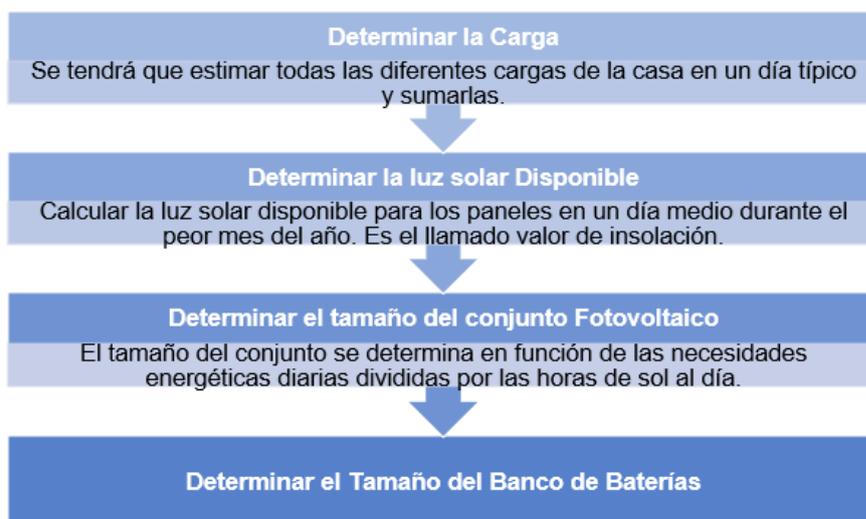
2.3 Paneles Solares

En los paneles solares para obtener una alta potencia, se conectan numerosas células en circuitos en serie y en paralelo. El módulo fotovoltaico se compone de varias células fotovoltaicas individuales conectadas y encapsuladas en fábrica, es la unidad comercial. Un panel está formado por uno o varios módulos agrupados en una estructura de soporte común.

La orientación, la inclinación y los parámetros de diseño son importantes, así como el sombreado de los obstáculos circundantes. Al añadir células o módulos idénticos en serie, la corriente es la misma pero la tensión aumenta proporcionalmente al número de células en serie. Añadiendo módulos idénticos en paralelo, la tensión es igual a la de cada módulo y a la intensidad aumenta con el número de módulos en paralelo. (Rekioua & Matagne, 2016)

Figura 2. 11

Proceso para el Tamaño de los Paneles Fotovoltaicos



Nota. Explicación del proceso para determinar el tamaño de los paneles fotovoltaicos. Adaptado de Optimization of Photovoltaic Power Systems. Springer (p. 28), por Rekioua & Matagne, 2016.

2.3.1 Beneficios de los Paneles Solares

Es Renovable y Abundante

El beneficio más importante de la energía solar es que está disponible todos los días y funcionará. Según los científicos, el sol brillará durante al menos 5 mil millones de años, proporcionándonos energía solar.

Es limpia y Cuidadosa con el Medio Ambiente

A diferencia de los combustibles fósiles, la energía solar no tiene un impacto dañino en el medio ambiente. Entonces, cuando usa energía solar, está contribuyendo a salvar el planeta tierra.

Los Costos de Mantenimiento son Bajos

Afortunadamente, no hay muchas partes móviles en los sistemas de energía solar, por lo tanto, no requieren mucho costo de mantenimiento. Casi todos los fabricantes confiables ofrecen una garantía de 20 a 25 años para sus paneles solares. Solo se necesita mantener la superficie de los paneles relativamente limpia.

Reducción de Costos

Cuanta más electricidad obtenga de los paneles solares, menos dependerá de la red y como resultado, más caerán sus facturas de energía. Por supuesto, si desea cubrir una gran parte de sus facturas de energía, debe utilizar grandes sistemas comerciales de paneles solares.(Karami, 2021)

2.3.2 Conversión de Células Solares

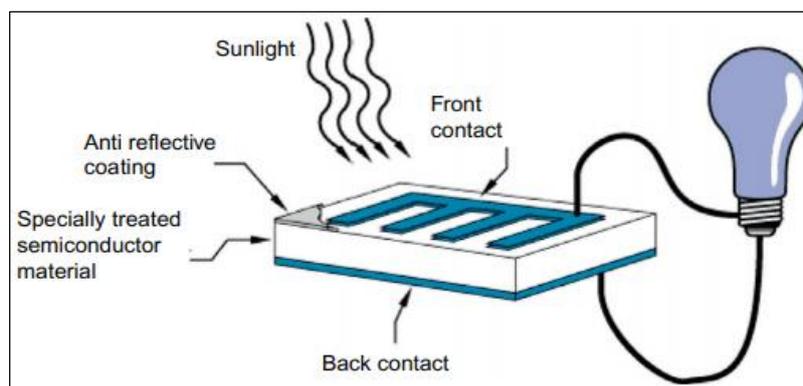
Una célula solar es una unión p-n formada en silicio (Si), arseniuro de galio (GaAs) u otro material. Cuando la radiación solar con energías de protones (E_p) superiores a la E_g incide en una célula solar, los electrones de la banda de valencia adquieren suficiente energía para saltar a la banda de conducción, produciendo así

pares de huecos de electrones. Los electrones viajan desde el lado n de la unión alrededor del circuito externo y vuelven al lado p de la unión, donde se recombinan con los huecos y cierran el paso de la corriente, la corriente es sólo un flujo de electrones.

Si no hubiera un circuito externo, el lado n se cargaría en relación con el lado p y se produciría un nuevo equilibrio, lado p y se alcanzará un nuevo equilibrio con una nueva diferencia de potencial llamada tensión de circuito abierto (V_{oc}). La *Figura 2.12* ilustra el principio de funcionamiento de una célula fotovoltaica.

Figura 2.12

Principio de Funcionamiento de una Célula Fotovoltaica



Nota. Estructura del funcionamiento de una Célula Fotovoltaica con sus respectivas características. Adaptado de Renewable Energy System Design. Elsevier (p. 44), por Salameh, 2017.

Materiales de las Células

En la fabricación de células y módulos fotovoltaicos se utilizan diversos materiales semiconductores. Entre ellos se encuentran el silicio monocristalino, el silicio policristalino, el silicio amorfo y un gran número de materiales de tecnología avanzada, sobre todo el sulfuro de cadmio y el arseniuro de galio. El polisilicio es la materia prima para la producción de una lámina de silicio monocristalino de alta calidad.

Limitaciones de la Eficiencia de una Célula Solar

La máxima eficiencia de conversión posible de las células solares normales está limitada al 20-30%. Esta limitación se debe principalmente a que la célula sólo responde a una parte de las longitudes de onda disponibles en el espectro solar.

Estos son algunos datos:

- Cada fotón libera sólo un electrón.
- Una parte de la luz se refleja en la superficie de la célula solar y se desperdicia.
- Los fotones con energías inferiores a la energía de banda pasan a través de la célula sin liberar ningún electrón y se pierden.
- Los fotones con energías superiores a la de la banda tienen un exceso de energía que también se pierde.
- La energía no utilizada se convertirá en calor, lo que hará que los electrones pasen por la unión de forma incorrecta, aumentando así la influencia perjudicial sobre la eficiencia de la conversión.

La eficiencia se ve afectada por el material de la célula, que afecta a la energía de la banda prohibida.

- Monocristalina: 25% de eficiencia
- Policristalina: 20% de eficiencia
- Película fina: 10% de eficiencia

Para mejorar la eficiencia, se utilizan células solares multipuntos en las que cada célula utiliza una parte diferente del espectro solar.

2.3.3 Tipos de Paneles Solares

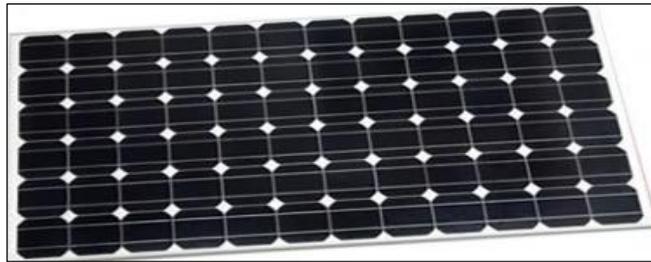
Paneles Solares Monocristalinos

Estas células fotovoltaicas están hechas de silicio monocristalino y son la forma más pura de las células fotovoltaicas. Suelen tener un aspecto oscuro uniforme

y sus bordes están redondeados en paneles solares. La alta pureza del silicio permite más espacio para que se muevan los electrones. Esto los convierte en el tipo de panel solar más eficiente, con tasas superiores al 25%.

Figura 2. 13

Monocristalino



Nota. Panel Solar Monocristalino. Adaptado de Renewable Energy System Design. *Elsevier* (p. 45), por Salameh, 2017.

Paneles Solares Policristalinos

Se puede distinguir fácilmente estas células porque sus ángulos no se cortan en los paneles fotovoltaicos. Por lo general, son azules y se fabrican fundiendo silicio en bruto, que es un proceso más rápido y económico que el que se usa para las células monocristalinas. Sin embargo, tienen una eficiencia menor de alrededor del 25%.

Figura 2. 14

Policristalino



Nota. Panel Solar Policristalino. Adaptado de Renewable Energy System Design. *Elsevier* (p. 46), por Salameh, 2017.

Paneles Solares de Película Fina

Las células solares de película delgada se fabrican colocando una o más películas de material fotovoltaico sobre un sustrato como vidrio, plástico o metal. El material fotovoltaico puede ser silicio, cadmio o cobre. Debido a que, se necesita menos material para la producción, las células solares de película delgada son los tipos de células solares más fáciles y menos costosas.

Figura 2. 15

Panel Solar de Película Fina

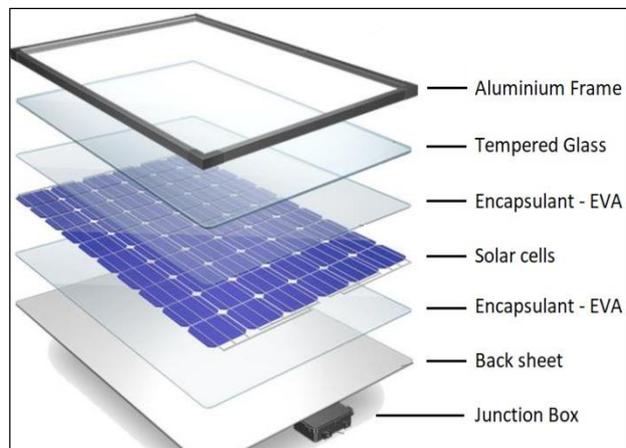


Nota. Panel Solar de Película Fina. Adaptado de Renewable Energy System Design. *Elsevier* (p. 47), por Salameh, 2017.

2.3.4 Estructura de los Paneles Solares

Figura 2. 16

Estructura del Panel Solar



Nota. Estructura de cada componente del Panel Solar. Adaptado de Energía Solar. *Solar Energy Tehnology*. (p. 2), por Oriol, 2016.

Vidrio Templado

Su función es proteger el cuerpo de la generación de energía, la transmitancia del vidrio templado es alta, generalmente debe alcanzar el 91% o más, y debe ser un vidrio templado súper blanco.

El panel de vidrio frontal resguarda las células fotovoltaicas de los elementos y el granizo o los escombros en el aire. El vidrio suele ser vidrio templado de alta resistencia de 3,0 a 4,0 mm de espesor diseñado para soportar cargas mecánicas y cambios extremos de temperatura. La prueba de impacto estándar mínima de IEC requiere que los paneles solares puedan soportar granizo de 1 pulgada (25 mm) de diámetro y viajar a una velocidad de 60 millas por hora (27 metros por segundo). En caso de accidente o impacto severo, el vidrio templado también es mucho más seguro que el vidrio estándar, se romperá en pedazos pequeños en lugar de partes afiladas. (Oriol, 2016)

Película de EVA o el Encapsulado

En la industria solar, el encapsulado más habitual es el de acetato de vinilo etileno (EVA). Usando un laminador, las células se presionan entre las películas de EVA bajo vacío comprimido.

El material del EVA transparente afecta directamente a la vida de los componentes. El EVA expuesto al aire es susceptible de envejecer y amarillear, lo que afecta a la transmitancia de la luz y a la calidad de generación de energía del módulo. Además de la calidad del propio EVA, el proceso de laminación de los fabricantes de componentes también es un factor importante.

El material EVA es extremadamente perdurable, tiene que soportar temperaturas y humedad extremas, y juega un papel vital en el rendimiento a largo plazo al evitar la entrada de humedad y suciedad.

La laminación a ambos lados de las celdas fotovoltaicas proporciona cierta absorción de impactos y ayuda a proteger las celdas y los cables de interconexión

de las vibraciones y el impacto repentino de granizo y otros objetos. Una película de EVA de alta calidad con un alto grado de lo que se conoce como 'reticulación' puede ser la diferencia entre una vida útil prolongada o un fallo del panel de control debido a la penetración de agua. Durante la fabricación, la celda se envuelve primero en EVA y luego se ensambla en vidrio y placa posterior.

Células Solares

Las células solares fotovoltaicas convierten la luz solar directamente en energía eléctrica de CC. La eficiencia del panel solar depende del tipo de celda y de las características del silicio utilizado.

Las principales células solares del mercado son las de silicio cristalino y las de capa fina, ambas tienen sus ventajas y desventajas. El coste de los equipos de producción de las células solares de silicio cristalino es relativamente bajo, el consumo de material es tan grande que el coste de la célula solar es alto, pero su eficiencia de conversión fotoeléctrica también es alta.

El coste de producción de las células solares de capa fina es bajo, pero su eficiencia de conversión fotoeléctrica no es alta. Su ventaja es que tiene un buen efecto de generación de energía con luz débil, y también puede generar electricidad con luz ordinaria, como las células solares de las calculadoras.

Lámina Trasera

La función principal de la lámina posterior es el sellado, el aislamiento y la impermeabilización. TPT, TPE y otros materiales de uso común deben ser antienviejamiento. La mayoría de los fabricantes de componentes tienen una garantía de 25 años, el vidrio templado y el marco de aleación de aluminio son generalmente normales, la clave es con la hoja posterior y la silicona que tiene cumplir con los requisitos.

Marco de Aleación de Aluminio

Su función es proteger el laminado y desempeñar un cierto papel de sellado y soporte. El marco de aluminio juega un papel vital en la protección del borde de la parte laminada donde está instalada la batería y proporciona una estructura fuerte para instalar el panel solar en su lugar. El diseño del perfil de aluminio extruido es muy ligero y resistente, capaz de soportar tensiones y cargas extremas de fuertes vientos y fuerzas externas. El marco de aluminio puede ser plateado o negro anodizado, según el fabricante del panel, las secciones de las esquinas se pueden atornillar, presionar o sujetar juntas proporcionando diferentes niveles de resistencia y rigidez.

Caja de Conexiones

Todo el sistema de generación de energía está protegido y funciona como una estación de transferencia de corriente. Si un componente se cortocircuita, la caja de conexiones desconecta automáticamente la cadena de células solares cortocircuitadas para evitar que todo el sistema se queme. La parte más importante de la caja de conexiones es la elección del diodo. Según el tipo de célula solar del módulo, el diodo correspondiente no es el mismo.

Gel de Sílice

Función de sellado, se utiliza para sellar los componentes y el marco de aleación de aluminio, la hoja posterior, la caja de conexiones en la unión, el proceso es simple, ventajoso, fácil de manejar, y el costo es muy bajo.

Diodos de Derivación

La caja de conexiones igualmente está equipada con el diodo de derivación necesario para evitar la corriente inversa si la batería está sucia u obstruida. Los diodos solo permiten que la corriente fluya en una dirección, un panel de batería típico de 60 celdas se divide en 3 grupos, cada uno con 20 celdas fotovoltaicas, y cada

grupo tiene un diodo de derivación para evitar la corriente inversa. Desafortunadamente, los diodos de derivación pueden fallar con el tiempo y es posible que sea necesario reemplazarlos, por lo que la cubierta de la caja de conexiones se puede quitar para realizar tareas de mantenimiento, aunque muchos paneles solares modernos tienen diodos de mayor duración.

2.4 Sistemas de Climatización

El uso tradicional del sistema de aire acondicionado se basa en fuentes de energía no renovables. En cambio, la aplicación de la energía limpia tiene muchas ventajas, el sistema de almacenamiento de energía solar está previsto, para resolver los graves problemas ambientales. Los sistemas de refrigeración utilizan medios de almacenamiento para almacenar energía fría y liberarla para evitar problemas de contaminación ambiental y el consumo de energía. Por ello, se ha optado por la aplicación del sistema de aire acondicionado alimentado por energía solar como sistema de climatización privilegiado. Dado que la energía solar es intermitente y tiene una baja densidad energética, es eficiente utilizar el exceso de energía solar del día y guardar la energía para la noche, o almacenar la energía solar.

La calidad y las características de cada tipo de aire acondicionado varían mucho dentro de su tipo. Una unidad dividida de múltiples cabezales moderna y energéticamente eficiente podría ser más eficiente que un sistema dividido de múltiples cabezales más antiguo, por lo que es importante observar detenidamente cada modelo individual.

A menudo se dice que los acondicionadores de aire son adecuados para una amplia gama de aplicaciones, como el hogar, el comercio, la oficina y la industria. Estos conjuntos muestran la dimensión, la capacidad y la vida útil del equipo. Como información general de estos sistemas, la siguiente *Tabla 2.2* muestra los niveles de capacidad característica de estos grupos generales.

Tabla 2. 2

Rango de Capacidad de los Aires Acondicionados

Aire Acondicionado- Tipo de Usuario	Capacidad de Enfriamiento en BTU	Capacidad de Enfriamiento en kw
Residencial- Doméstico	6000-20000	1,76 - 5,8
Oficina Comercial	12000-50000	3,5 - 14,65
Industrial	30000	8,9

Nota. Tipos de Aire Acondicionado: Rangos de Capacidad Típicos. Adaptado de Tipos de aires acondicionados. *Revista Guide to Finding the Right Aircon.* (p. 1) por s.f., 2021.

Principios Operativos del Sistema de Climatización

Calefacción

Los sistemas de calefacción son dispositivos que tienen como objetivo generar una mayor cantidad de calor que la temperatura ambiente cálida. La generación de calor se realiza mediante la calefacción central.

Los dispositivos que componen un sistema de calefacción completo incluyen el evaporador, bomba de calor; este dispositivo se utiliza para calentar agua, vapor, aire. El calor se transmite por convección, se transmite por radiación. (Greentec, 2020)

Ventilación

En el sistema de climatización siempre se quiere la mejor calidad de aire para garantizar la seguridad de la salud. El sistema de ventilación contribuirá al cambio de aire, controlando factores ambientales como temperatura, humedad o eliminando olores, humo, suciedad, bacterias, CO₂ para aumentar el contenido de oxígeno en el aire. Asimismo, la ventilación es la circulación de aire entre el exterior y el interior de un edificio.

Aire Acondicionado

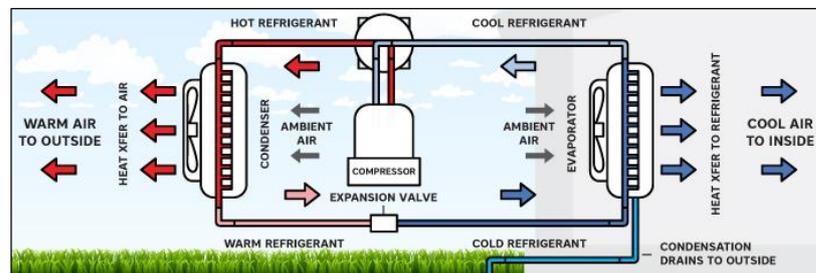
La temperatura del aire será eliminada por el sistema de aire acondicionado con refrigerantes como: agua, aire, hielo, productos químicos. La eliminación de calor

se realiza mediante radiación, convección o transmisión. Cuando se necesitan temperaturas cálidas: el sistema de enfriamiento utiliza válvulas de inversión y cambia de refrigeración a calefacción invirtiendo el flujo de refrigerante.

2.4.1 Funcionamiento del Aire Acondicionado

Figura 2. 17

Proceso del Funcionamiento de un Aire Acondicionado



Nota. Funcionamiento del Aire Acondicionado. Adaptado de los conceptos básicos de cómo un acondicionador de aire lo mantiene fresco. *Revista Askews Ltd.* (p. 1) por s.f., 2017.

Como se muestra en la *Figura 2.17* el proceso de funcionamiento del aire acondicionado es muy fácil de comprender a continuación se explicará su procedimiento:

1. El aire acondicionado aspira aire caliente de su oficina, generalmente a través de una rejilla.
2. Uno de los ventiladores internos sopla ese aire caliente sobre el serpentín del evaporador frío de baja presión que contiene el refrigerante. Un deshumidificador también elimina el exceso de humedad en esta etapa.
3. El refrigerante es más frío que el aire, por lo que el calor del aire se transfiere al refrigerante, dejando el aire fresco y seco.
4. Luego, el aire frío se envía de regreso a través de los conductos al resto del edificio.
5. Mientras tanto, el refrigerante, ahora caliente y gaseoso de la transferencia de calor, se procesa utilizando las bobinas del compresor y del condensador.

Durante este procedimiento, el calor no deseado se libera al exterior y el refrigerante recién enfriado se mueve a través de una válvula de expansión. Una vez que esto sucede, está listo para volver al evaporador y continuar enfriando más aire entrante. (Askews Ltd, 2017)

2.4.1.1 Componentes Del Aire Acondicionado

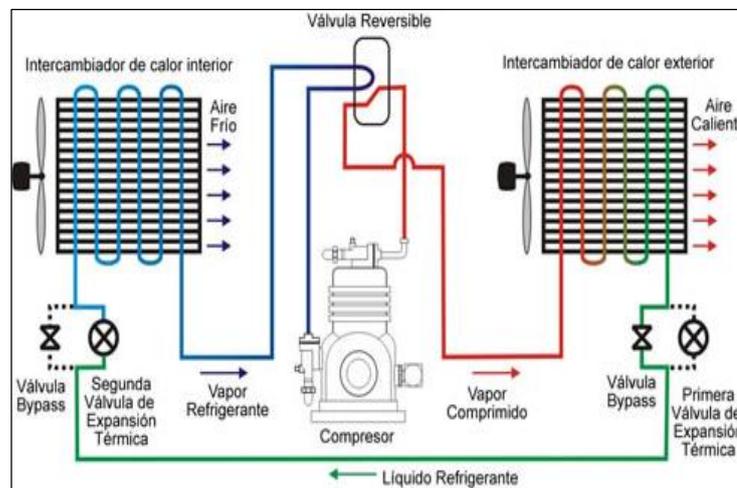
Refrigerante

El refrigerante es un fluido especial que es esencial para la tecnología de enfriamiento y congelación, opera en un circuito cerrado y transfiere calor desde el interior del edificio al exterior. El refrigerante actúa como mensajero, se utiliza el refrigerante porque cambia de líquido a gas a una temperatura adecuada para el ciclo de refrigeración que conecta la unidad interior a la unidad exterior a través de los tubos de refrigeración y las bobinas de cobre del aire acondicionado.

Absorbe el calor del aire interior y cambia de un estado gaseoso a un estado líquido, después de absorber el calor del aire interior, donde el calor se descarga al exterior. Una vez que el refrigerante irradia calor al exterior, vuelve al estado gaseoso y vuelve al interior.

Figura 2. 18

Componentes del Aire Acondicionado



Nota. Componentes internos del Aire Acondicionado. Adaptado de *Cómo funciona un aire acondicionado. Revista Askews Ltd. (p. 2) por s.f.,2017.*

Compresor

El trabajo del compresor es presurizar el refrigerante, aumentando así su temperatura. Debido, a la combinación de la ley de los gases (una combinación de la ley de Boyle, la ley de Charles y la ley de Gay-Lussac), la ley establece que, si la presión aumenta, su temperatura también aumenta y cuando comprime el refrigerante, se calienta.

Para hacer esto, se aprieta el gas con fuerza y calienta el refrigerante para que su temperatura sea superior a la temperatura exterior. Dado que, el calor fluye naturalmente de los objetos más calientes a los más fríos, para irradiar el calor al exterior, el refrigerante debe estar más caliente que el aire exterior. Por eso necesitamos compresores para aumentar la presión y la temperatura.

Bobina del Condensador

La bobina del condensador se encuentra en la unidad de aire acondicionado exterior que recibe al refrigerante a alta presión y temperatura del compresor, que es el reverso de la bobina del evaporador. El serpentín del evaporador contiene refrigerante frío, mientras que el serpentín del condensador contiene refrigerante caliente. El serpentín del condensador está diseñado para promover la transferencia de calor al aire exterior.

El refrigerante libera energía térmica con la ayuda del ventilador del condensador, que sopla aire a través del serpentín. Cuando el calor deja el refrigerante al ambiente externo, vuelve a convertirse en líquido, luego fluye hacia la válvula de expansión para despresurizar y enfriar el refrigerante.

Válvula de Expansión

Cuando el refrigerante sale del condensador en estado líquido, el calor se ha disipado, pero todavía está demasiado caliente para entrar en el serpentín del evaporador, antes de que el refrigerante ingrese al serpentín del evaporador y se enfría. Aquí, es donde entra la válvula de expansión también conocida como dispositivo de medición, generalmente una válvula de expansión termostática.

Usando nuevamente el principio detrás de la ley de los gases combinados, la ley establece que cuando la presión disminuye, su temperatura también disminuye y la válvula de expansión descomprime y enfría el refrigerante.

La válvula de expansión elimina la presión del refrigerante líquido, cambiando el refrigerante de líquido a vapor / gas en el evaporador. También controla el flujo de refrigerante / voltaje hacia el evaporador.

Bobina de Evaporador

La bobina del evaporador es muy importante para el aire acondicionado, aquí es donde el aire acondicionado captura el calor de su hogar. La tubería de cobre recibe el refrigerante líquido descomprimido de la válvula de expansión, cuando el aire interior sopla a través del serpentín de enfriamiento, el calor se absorbe desde el interior de la casa. Esto se debe a la segunda ley de la termodinámica, que el calor fluye naturalmente de caliente a frío.

Así como el serpentín del condensador requiere un ventilador del condensador para promover la transferencia de calor, el serpentín del evaporador se basa en un ventilador de tratamiento de aire interior también llamado soplador, para soplar aire a través del serpentín. A medida que el refrigerante absorbe calor del aire interior, comienza a evaporarse para formar vapor. (Ontime, 2017)

Ventiladores

Mantienen el aire en movimiento a través de todo el sistema.

2.4.1.2 Clasificación de los Aires Acondicionados

Aire Acondicionado de Ventana

Son una opción muy común para controlar la temperatura en una habitación pequeña. El compresor, el condensador, el serpentín y el evaporador están todos incluidos en una unidad. Los acondicionadores de aire de ventana están diseñados para encajar en la ventana de una habitación, por lo que generalmente no necesitan modificaciones significativas en el hogar para su instalación. Los gabinetes de pared

son muy similares, pero requieren orificios para montarlos en la pared de la habitación.

Aire Acondicionado Portátil

Los acondicionadores de aire portátiles son respectivamente cómodos de mover, pero no tan fáciles como sugiere su nombre. Este sistema funciona aspirando aire caliente, enfriándolo y luego devolviéndolo a la habitación. Dos tipos principales son el modelo de tubo único y el modelo de tubo doble. Aquellos con conductos simples extraen aire caliente del interior de la habitación, lo enfrían y lo devuelven a la habitación, mientras ventilan el aire caliente hacia el exterior.

Aire Acondicionado Split de Pared o Split de Cabezales Múltiples

Estos sistemas sin conductos son muy comunes en los hogares modernos. Se les conoce como sistemas divididos porque constan de dos unidades, una dentro de su hogar y otra afuera. Puede usarse para enfriar o calentar zonas individuales. Estos tienen un compresor en el exterior, con varias unidades interiores que acondicionan el aire en varias partes de su hogar.

Alternativamente, se puede instalar un sistema multizona. El sistema de mamparo y mamparo es más pequeño que un sistema de conductos y está equipado con tuberías en lugar de conductos grandes. A pesar de esto, las unidades interiores siguen siendo más visibles que las rejillas de ventilación de los sistemas sin conductos.

Aire Acondicionado por Conductos

Los acondicionadores de aire de conducto, también llamados acondicionadores de aire centrales son los más eficientes en muchas situaciones. Un sistema de conductos implica un gran compresor en el exterior del edificio, una unidad de evaporación interna y conductos que llevan aire acondicionado a varias habitaciones a través de conductos de ventilación. Los sistemas de transmisión requieren cambios importantes en su hogar y tienden a tener altos costos iniciales. Estos sistemas son excelentes para controlar la temperatura de toda una casa u

oficina, por lo general, son más económicos de instalar y usar que varios sistemas de ventanas. Requiere un compresor grande en el exterior, pero con la excepción de las rejillas de ventilación y los controles, es apenas visible en el interior.

2.4.2 Subsistemas de Climatización Solar

El sistema de aire acondicionado solar se compone de tres subsistemas principales: el primer subsistema genera energía térmica a través de energía auxiliar del campo solar o fuego directo. El segundo es para suministrar energía a la unidad de enfriamiento responsable del efecto de enfriamiento, y la tercera unidad elimina el calor en la casa o el espacio a calentar.

Tabla 2. 3

Operaciones de la Unidad de Enfriamiento

Clasificación de operación	Unidades	ACF-60-00 HT
Capacidad de Enfriamiento	kW	17.10
Entrada de Gas	kW	27.78
COP	-	0.64
Temperatura de Operación	C	0-50
Temperatura del Agua Refrigerada	C	5-45
Flujo de Agua	l/s	0.96-0.88
Refrigerante	-	R717

Nota. Clasificación de las Operaciones en la Unidad de Enfriamiento. Adaptado de Estrategia de control para un sistema por absorción. *Revista Iberoamericana de Ciencias.* (p. 131) por Ruelas et al.,2016.

Unidad de Enfriamiento

Hoy en día, muchas empresas que venden refrigeradores utilizan amoníaco como refrigerante basado en el ciclo de absorción de una mezcla de amoníaco y agua (NH₃H₂O). El equipo original funciona con una fuente de calor proporcionada por un

quemador de fuego directo, pero puede usar energía solar después de la modificación. (Ruelas et al., 2016). Como se muestra en la *Tabla 2.3*

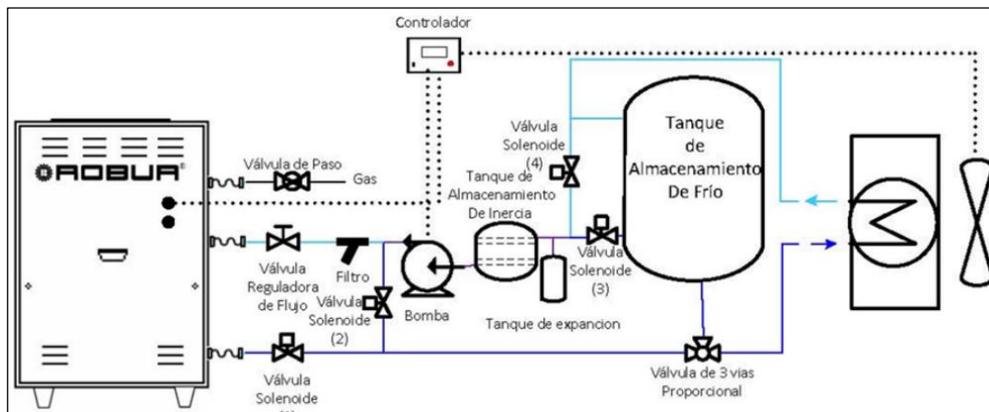
Circuito Hidráulico y Aire

La configuración propuesta por el fabricante del dispositivo de enfriamiento incluye: mangueras flexibles para reducir la vibración, dispositivos de protección, filtros de agua y tanques de expansión térmica, medidores para ajustar el equipo y tanques de almacenamiento que no excedan los 70 litros. Se recomienda absorber en el sistema de refrigeración, el calor del agua cambia reduciendo el tiempo de trabajo y el consumo de energía de la unidad. En la *Figura 2.19* se enseña el asentamiento que se ajusta a las representaciones del fabricante, igualmente se agrega un depósito de almacenaje de sosegado de 1000 litros, válvulas solenoides y proporcionales, colocadas estratégicamente con el ecuaníme de redireccionar la efusión entre las tuberías, para negociar el sistema en modos de acción.

El autódromo de conducta es la atmósfera de intercambio de flujo entre la ocasión a climatizar y el agua fría que procede del sistema de frio, este se construye de una unidad manejadora con una validez de 17 kW (5 ton) a 2000CFM. (Ruelas et al., 2016)

Figura 2. 19

Configuración propuesta para el circuito hidráulico de agua fría



Nota. Diagrama del circuito hidráulico de agua fría. Adaptado de Estrategia de control para un sistema por absorción. *Revista Iberoamericana de Ciencias.* (p. 132) por Ruelas et al.,2016

Funcionamientos y Modos de Operación

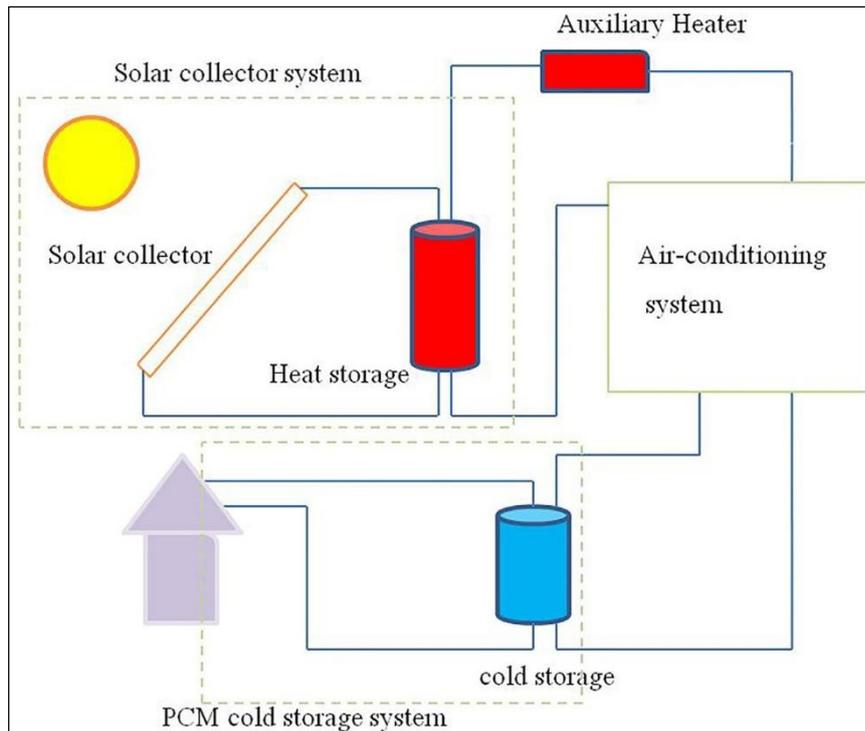
El propósito principal de un sistema de aire acondicionado es mantener una temperatura agradable en el hogar. Si la temperatura excede los estándares del sistema de control se enciende el absorbedor, la bomba, el enfriador y el manejador de aire. Una bomba de géiser hace circular agua entre la unidad de refrigeración y la unidad de tratamiento de aire, esto permite que el enfriador reciba agua a temperaturas entre 12,5 y 5 ° C. Si la unidad tiene capacidad suficiente, el agua se drenará a 5 ° C y se envía a la entrada del enfriador de gestión, donde intercambia calor con el aire. Obteniendo así el efecto de enfriamiento requerido después de absorber calor, el agua sale de la parte de trabajo a una temperatura de 12.5-5 ° C y regresa al sistema de enfriamiento.

En el circuito de aire, cuando se alcanza la temperatura establecida, el sistema de control envía una señal de parada al enfriador de lo contrario, el dispositivo permanece encendido. Sin embargo, las operaciones mencionadas perdieron vigor cuando se modificó el sistema de aire acondicionado para que funcionara con energía solar, por lo que la gestión entre fuentes de energía fue una prioridad importante. (Ruelas et al., 2016)

2.4.3 Componentes del Sistema de Climatización

Figura 2. 20

Componentes del Sistema de Climatización



Nota. Diagrama de los Componentes del Sistema de Climatización. Adaptado de A review about phase change material cold storage system. *Advances in Mechanical Engineering.* (p. 3) por Zheng et al., 2017.

Intercambiador de Calor Agua-Aire

El intercambiador de calor agua-aire se utiliza para la refrigeración del aire con o sin deshumidificación. Funcionan en condiciones secas cuando la temperatura de la superficie exterior es inferior a la temperatura del punto de rocío del aire o, en caso contrario, en condiciones húmedas. Para el acondicionamiento general del confort, la refrigeración y la deshumidificación, el diseño del intercambiador de calor de superficie extendida con aletas es el más popular.

En el intercambiador de calor con aletas, la superficie externa de los tubos es primaria y la superficie de las aletas es secundaria. La superficie primaria suele estar formada por filas de tubos redondos o tubos que pueden estar escalonados o colocados en línea con respecto al flujo de aire. La superficie interior de los tubos suele ser lisa y plana, pero algunos diseños de intercambiadores de calor tienen

diversas formas de aletas internas o promotores de turbulencia para mejorar el rendimiento.

Los pasos individuales de los tubos en un intercambiador de calor suelen estar interconectados mediante curvas de retorno para formar la disposición serpentina de los circuitos de tubos de varios pasos. Los intercambiadores de calor para agua, glicol acuoso agua o halo carbonos suelen tener aletas de aluminio en tubos de cobre, o aletas de cobre sobre tubos de cobre, o aletas de aluminio sobre tubos de aluminio. El diámetro exterior del tubo central es típicamente de 8, 10, 12,5, 16, 20, 25 mm y el espaciado de las aletas es de 1, a 6. La distancia entre los tubos oscila entre 15 y 75 mm, dependiendo de las aletas individuales y demás consideraciones de rendimiento. (Yao & Yu, 2017)

Enfriador

Los enfriadores de líquido por compresión de vapor se emplean a menudo para proporcionar medios refrigerados con fines de control del entorno térmico del espacio en aplicaciones comerciales e industriales.

La carga de refrigeración del espacio cambia a menudo y el sistema de refrigeración debe funcionar de forma inestable y ajustar su capacidad para garantizar las condiciones térmicas previstas del espacio. Normalmente, un sistema de refrigeración ajusta su capacidad principalmente a través de la modulación de la velocidad del compresor con el control de la frecuencia de entrada. Para obtener un mejor efecto de control de las condiciones térmicas del espacio, se necesita conocer el rendimiento dinámico del sistema de refrigeración bajo diferentes condiciones.

Torre de Refrigeración

Una torre de refrigeración de HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) se utiliza para eliminar el calor no deseado de una enfriadora. Las enfriadoras refrigeradas por agua suelen ser más eficientes desde el punto de vista energético que las enfriadoras refrigeradas por aire, debido al rechazo de calor al

agua, alterne en o cerca de la temperatura de bulbo húmedo. Los principales tipos de mecanismos de intercambio de calor utilizados son:

- La columna del evaporador seco actúa como un intercambiador al transferir calor a través de una superficie que separa el fluido hidráulico del aire circundante de calor tubo-aire, utilizando la transferencia de calor por convección, no utilizan la evaporación.
- Los refrigeradores de fluidos (o torres de refrigeración de circuito cerrado) son híbridos que hacen pasar el fluido de trabajo a través de un haz de tubos, sobre el que se rocía agua limpia y se aplica una corriente de aire inducida por un ventilador.
- Las torres de enfriamiento húmedo (o torres de enfriamiento de circuito abierto) se desempeñan según el principio de enfriamiento por evaporación. Dado que las torres de refrigeración húmeda tienen el mayor rendimiento de transferencia de calor, y el agua caliente se puede enfriar a una temperatura inferior a la temperatura del bulbo seco del aire ambiente, las torres de refrigeración húmeda se utilizan con más frecuencia en un sistema de HVAC.

Conducto y Ventilador

Los sistemas de aire y agua transmiten y distribuyen la energía de refrigeración o calefacción a través de sistemas de conductos y tuberías. Son componentes importantes de un sistema de aire acondicionado, que suelen incluir conductos de aire, tuberías de agua, ventiladores y bombas.

En el caso de los sistemas de aire acondicionado central, las tuberías y los conductos son normalmente largos, la pérdida de calor debido a las tuberías y los conductos no pueden despreciarse durante las simulaciones térmicas de todo el sistema de aire acondicionado. Por otro lado, los componentes de transmisión y distribución conectan los equipos de aire acondicionado, por ejemplo, el

intercambiador de calor agua-aire, la enfriadora y el sistema de refrigeración, que se han modelado en forma de espacio de estados.

Modelado de la Sala de Aire Acondicionado

Aunque la sala climatizada en sí misma no forma parte de un sistema de climatización, su modelo es indispensable para la simulación o el análisis del sistema de climatización porque el objetivo final de un sistema de aire acondicionado es mantener el ambiente térmico proporcionado en el interior. En esta sección, se establece un modelo de espacio de estados para sala climatizada se establece que el modelo de sala puede utilizarse para analizar las características de la respuesta térmica del aire en una sala.

CAPÍTULO III

APORTACIONES Y RESULTADOS

En este capítulo se desarrolla el resultado de los objetivos específicos planteados en el Capítulo 1 para el “Diseño del Proyecto Eléctrico Fotovoltaico para Consumo del Sistema de Climatización del Área Administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG”, detallando sus datos generales, técnicos con sus respectivos cálculos para el sistema. También, su relación costo beneficio y su presupuesto para una futura implementación.

3.1 Diseño y Cálculos del Sistema Fotovoltaico

3.1.1 Información General del Edificio

En este proyecto de Titulación, la ubicación del área administrativa de la FETD en la UCSG está dividida en 8 secciones, que en total son 200 metros cuadrados aproximadamente de los cuales hay 13 aires acondicionados. La estructura es de hormigón armado, en cada sección se encuentran más de dos personas. A continuación, se muestra la *Tabla 3.1*, donde se detallará cada nombre de las secciones.

Figura 3. 1

Área Administrativa de la FETD



Nota. Área Administrativa de la FETD de la UCSG. Elaborado por el Autor, 2021.

Tabla 3. 1*Localización de Aires Acondicionados del Área Administrativa*

DEPARTAMENTO	CANTIDAD DE A/C
Secretaría	2
Coordinación académica 1	1
Coordinación académica 2	1
Centro de apoyo docente	1
Consejería estudiantil, asistente de decanato, director de carrera de agropecuaria, coordinador académico, pasillos del área administrativa de la facultad de educación técnica para el desarrollo.	2
Director de carrera de telecomunicaciones, maestría en telecomunicaciones, coordinación de ing. Agropecuaria	2
	1
Decanato	1
Sala de profesores, cafetería, baños	1
	1
TOTAL	13

Nota. Las localizaciones de los aires acondicionados del Área Administrativa de la FETD de la UCSG. Elaborado por el Autor, 2021

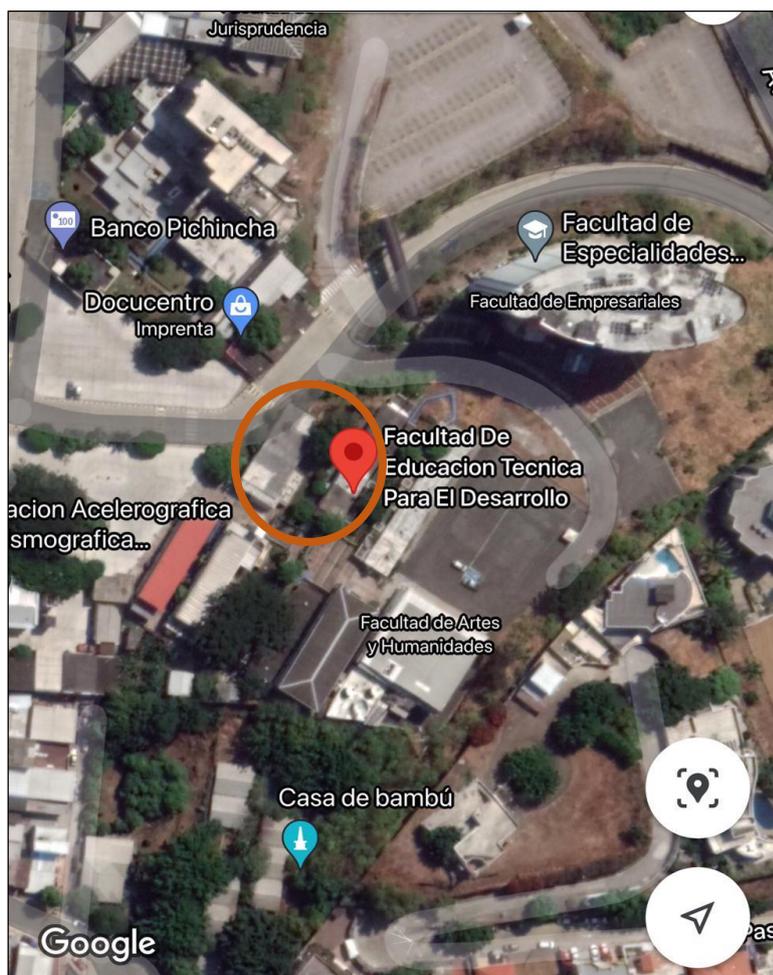
Ubicación

El diseño del sistema fotovoltaico está diseñado para abastecer de energía eléctrica a todo el Sistema de Climatización del área administrativa de la Facultad de

Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la cual tiene las coordenadas -2.182986028070741, -79.90306169755429.

Figura 3. 2

Ubicación del Área Administrativa en la FETD en mapa Satelital



Nota. Área Administrativa de la FETD en la UCSG. Elaborado por el Autor, 2021.

Figura 3. 3

Ubicación del Área Administrativa en la FETD

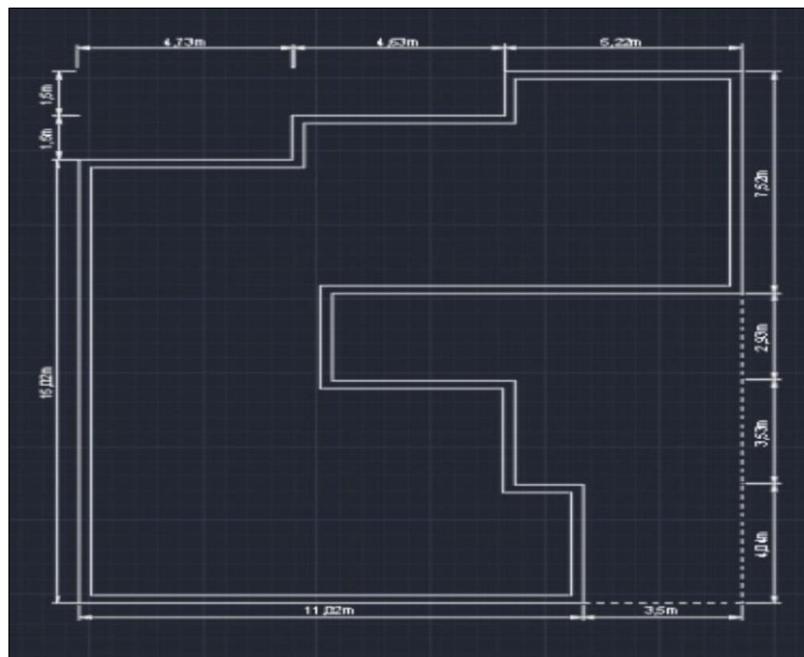


Nota. Área Administrativa de la FETD en la UCSG en el Mapa de Coordenadas. Elaborado por el Autor, 2021.

Dimensiones del Área del Proyecto

Figura 3. 4

Plano del Área Administrativa y sus dimensiones



Nota. Plano del área administrativa y sus respectivas dimensiones. Elaborado por el Autor, 2021.

Las dimensiones de este proyecto son esencial, más para tener en cuenta que, si el área de cubierta es adecuada para la instalación de los paneles fotovoltaicos se hará la comprobación entre las dimensiones del tejado y el área donde estarán situados los paneles fotovoltaicos. Pero en este caso, según los cálculos obtenidos del área de cubierta es menor que el área a cubrir de los paneles fotovoltaicos, el ingeniero del proyecto se encargará de las adecuaciones correspondientes para el buen funcionamiento del proyecto.

Área Cubierta del área administrativa de la FETD= $156m^2$

Área total de los módulos fotovoltaicos= $392.63m^2$

3.1.2 Radiación Solar en la Ciudad de Guayaquil

La radiación solar es energía formada por el sol, que aprovecha ondas electromagnéticas para propagarse en todas direcciones en el espacio. Esta energía es el motor que establece los procesos atmosféricos y la dinámica climática. La energía del sol es la radiación electromagnética suministrada por el hidrógeno al núcleo del sol a través de la fusión y la exposición a la superficie del sol.

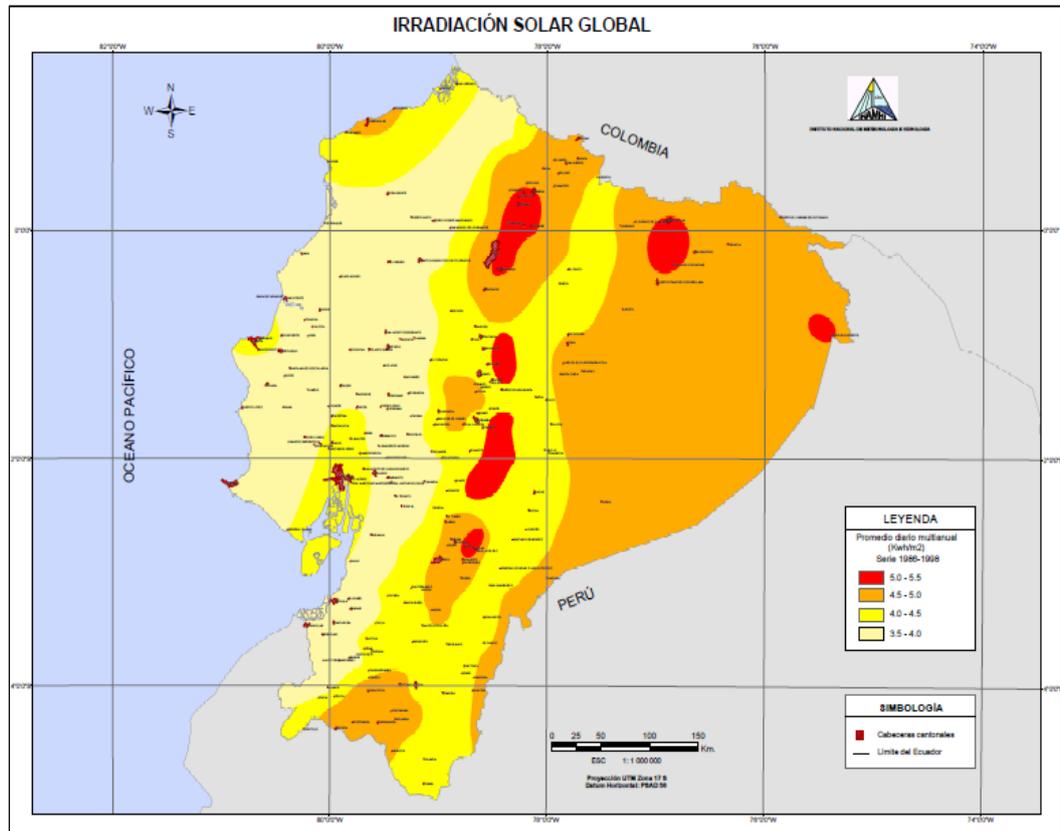
Ecuador es un país con terreno variado, climas variados y condiciones únicas y tiene potencial para energías renovables. La ciudad más grande del Ecuador es Guayaquil, con una superficie de aproximadamente $344.5 km^2$ y una población de más de 2,69 millones. Es distinguida por estar ubicada a nivel del mar y absorber grandes cantidades de radiación solar durante todo el año. La Universidad Católica Santiago de Guayaquil está situada en la Avenida Carlos Julio Arosemena km $1\frac{1}{2}$ Vía Daule, ubicada en un cerro característico de Guayaquil, donde puede captar mucha energía solar.

En cambio, Ecuador está ubicado en la línea ecuatorial, esto es una ventaja porque recibe altas radiaciones solares en todo el año. El estado de Guayas, en

particular la ciudad de Guayaquil recibe una gran cantidad de radiación solar, como se muestra en la *Figura 3.5* a continuación.

Figura 3. 5

Diagrama de la Radiación solar en Ecuador



Nota. Radiación solar en el Ecuador. Adaptado de Servicio Meteorológico Ecuador. (p. 1) por Maldonado, 2021.

Horas Sol Pico (HSP)

La energía solar fotovoltaica está directamente relacionada con la radiación solar y es el factor principal a la hora de calcular la potencia de los sistemas fotovoltaicos. Se piensa en un elemento básico en este estudio y se denominará "Horas pico de sol" (HSP), que se define como la irradiación emitida por el sol en unas pocas horas en un día, en W / m^2 . La generación de energía se obtiene multiplicando la potencia del panel por H.S.P y un factor de pérdida.

Si la irradiación se expresa en kWh / m², esta es una situación particularmente interesante, el número de horas del pico solar coincide con el número de irradiación, como se muestra en la *Figura 3.6*.

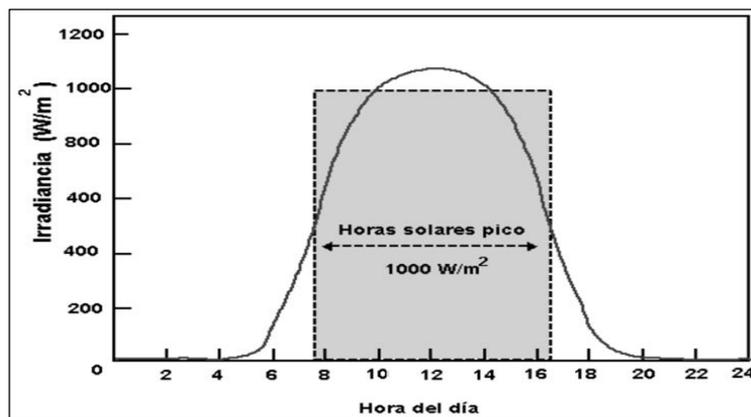
El sol no brilla en la intensidad máxima de la hora solar durante todo el día. En cambio, la intensidad de la luz solar que pega los paneles fluctúa constantemente según la hora del día y el clima. En las primeras horas de la mañana y al final de la tarde, es posible que la luz solar sea inferior a 500 W / m². Por el contrario, en condiciones ideales, al mediodía durante un día despejado y soleado, es posible que reciba más de 1000 W / m², se dice 1.100 W / m². Estas cantidades se pueden expresar en términos de horas picos del sol. Por ejemplo:

Una hora por la mañana que recibe una media de 500 W / m² de luz solar equivale a 0,5 horas pico de sol.

Una hora al mediodía que recibe una media de 1.100 W / m² de luz solar equivale a 1,1 horas pico de sol.

Figura 3. 6

Irradiación en HSP



Nota. Irradiación en las horas solar pico. Elaborado por el Autor, 2021

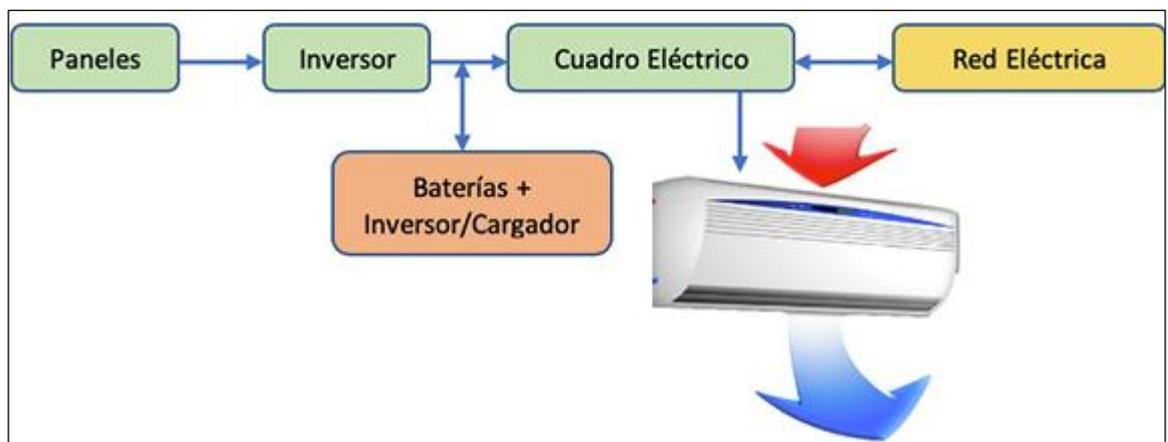
3.1.3 Proceso de Conexión del Sistema Fotovoltaico

En este proyecto se aplicará la conexión de frío solar, donde para la generación de frío se utilizará los paneles solares y obtener electricidad que se designará al sistema de climatización.

En el sistema fotovoltaico para determinar la cantidad de los paneles solares que se utilizarán para el sistema de climatización, se considerará la potencia eléctrica de cada unidad de climatización, para su funcionamiento y la dimensión de la instalación del sistema. A continuación, se detallará los pasos para este proceso.

Figura 3. 7

Proceso de Conexión del Sistema Fotovoltaico



Nota. Proceso de Conexión del Sistema Fotovoltaico al de Climatización. Adaptado de A review about phase change material cold storage system. *Advances in Mechanical Engineering.* (p. 4) por Zheng et al., 2017.

Cálculo de Consumo Estimado del Aire Acondicionado

Se utilizará varios aires acondicionados Split y aires de ventana, entre todos tienen una demanda aproximadamente 190176 WH, que están encendidos aproximadamente 12 horas diarias de lunes a viernes.

Cálculo de Paneles Solares

Se realizarán los cálculos para determinar el número de paneles solares en condición de la radiación solar de la ciudad de Guayaquil, para esto se define el tipo

de panel solar a utilizar en este proyecto con sus respectivas especificaciones. Lo más importante es la potencia que puede generar un solo panel para que el sistema sea eficaz.

Radiación Solar Disponible

La radiación solar es complementada con los datos reales de la ciudad de Guayaquil, ya que el proyecto es en la UCSG, para esto se basará en las aproximaciones anuales de las radiaciones en la ciudad.

Capacidad de los Acumuladores

Los acumuladores se utilizan para que el sistema de climatización pueda usarse en la noche, porque necesitan acumular la electricidad con baterías, este cálculo se realiza en función de las horas de uso del sistema de climatización sin sol, con su respectivo consumo y la capacidad de los paneles para generar electricidad extra para los acumuladores.

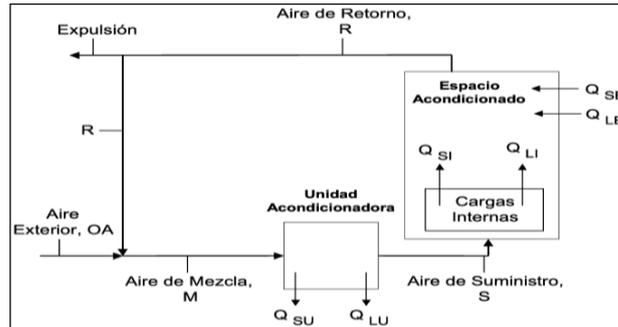
Selección del Regulador y del Convertidor

En este proyecto se elegirá el mejor regulador, inversor y convertidor para la instalación de este sistema.

3.1.4 Levantamiento de Carga

Figura 3. 8

Diagrama del Aire Acondicionado



Nota. Diagrama del Aire Acondicionado. Adaptado de a review about phase change material cold storage system. *Advances in Mechanical Engineering*. (p. 5) por Zheng et al., 2017.

El levantamiento de carga es un procedimiento para saber la carga total instalada en un área específica del sistema, por lo tanto, se debe enumerar todos los componentes eléctricos que consume el sistema de climatización. En este caso se tiene un diagrama de la instalación del aire acondicionado a utilizarse en este proyecto como se muestra en la *Figura 3.8*.

Tabla 3. 2

Cantidad y Potencia de Funcionamiento del Aire Acondicionado

AIRES ACONDICIONADOS				
Cantidad	Potencia De Funcionalidad Por Unidad (Kw)	Potencia Total (Kw)	Horas De Funcionamiento	Cantidad De Wh
3	1,92	5.76	12	69.12
7	1.15	8.05	12	96.6
3	2	6	12	72

Nota. Cantidad de Aire Acondicionados y su respectiva potencia en el área administrativa de la FETD. Elaborado por el Autor, 2021.

Tabla 3. 3

Consumo Diario de los Aires Acondicionados

Departamento	Equipo	Cantidad De A/C	Potencia Nominal(W)	Factor De Utilización	Potencia Total(W)	Horas De Uso	Consumo Diario (Wh)
SECRETARÍA	A/C	2	1920	0.8	3072	12	36864
COORDINACIÓN ACADÉMICA 1	A/C	1	1150	0.8	920	12	11040
COORDINACIÓN ACADÉMICA 2	A/C	1	1150	0.8	920	12	11040
CENTRO DE APOYO DOCENTE	A/C	1	1150	0.8	920	12	11040
CONSEJERÍA ESTUDIANTIL, ASISTENTE DE DECANATO, DIRECTOR DE CARRERA DE AGROPECUARIA, COORDINADOR ACADÉMICO, PASILLOS DEL ÁREA ADMINISTRATIVA DE LA FETD	A/C	2	1150	0.8	1840	12	22080
DIRECTOR DE CARRERA DE TELECOMUNICACIONES, MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES, COORDINACIÓN DE ING. AGROPECUARIA	A/C	2	2000	0.8	3200	12	38400
DECANATO	A/C	1	1150	0.8	920	12	11040
DECANATO	A/C	1	2000	0.8	1600	12	19200
SALA DE PROFESORES, CAFETERÍA, BAÑOS	A/C	1	1920	0.8	1536	12	18432
	A/C	1	1150	0.8	920	12	11040
TOTAL	A/C	13			15848		190176

Nota. Consumos de los Aires Acondicionados en el área administrativa de la FETD. Elaborado por el Autor, 2021.

3.1.5 Rendimiento del Sistema Fotovoltaico

El rendimiento del sistema fotovoltaico son las pérdidas energéticas que se producen en el camino debido a varios factores, ya sean por las baterías o por los diferentes componentes del sistema. Este rendimiento se calcula según los dispositivos de la instalación fotovoltaica, se necesita calcular cuánto dura la energía dentro de las baterías solares para abastecer el sistema de climatización. Estos dispositivos en la instalación siempre van a producir una pérdida de energía en el funcionamiento y se tiene que calcular la pérdida para elegir el número y la cantidad que se necesita en el sistema fotovoltaico.

La fórmula para encontrar el rendimiento del Sistema Fotovoltaico es la siguiente:

$$\text{Rendimiento} = (1 - K_b - K_c - K_r - K_v) \left(1 - \frac{ka(N)}{Pd} \right) * 100\%$$

Esta fórmula tiene algunas variables que pertenecen a las pérdidas que se suscitan en diferentes segmentos del sistema fotovoltaico. Donde:

Kb: Coeficiente de pérdidas por ganancia en el acumulador.

Ka: Porción de energía que se pierde por auto descarga.

Kc: Pérdidas por el rendimiento del inversor.

Kr: Pérdidas en el controlador de carga.

Kv: Otras pérdidas del sistema.

N: Días de autonomía para garantizar el servicio al vacío.

Pd: Profundidad máxima de descarga admisible.

Datos Reales del Rendimiento del Sistema Fotovoltaico

Kb: 0.050

Ka: 0.005

Kc: 0.050

Kr: 0.100

Kv: 0.150

N: 5

Pd: 0.800

$$\text{Rendimiento} = (1 - K_b - K_c - K_r - K_v) \left(1 - \frac{k_a(N)}{P_d} \right) * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = (1 - 0.050 - 0.050 - 0.100 - 0.150) \left(1 - \frac{0.005(5)}{0.800} \right) * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = (0.65)(1 - 0.03150) * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = (0.65)(1 - 0.03150) * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = (0.6295) * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 62.95\%$$

Tabla 3. 4

Valores Constantes de los Componentes del Rendimiento Fotovoltaico

Kb	Pérdidas en el proceso de acumulación
0.05	Acumulados nuevos, sin descargas intensas
0.1	Acumulados viejos, descargas intensas, temperaturas bajas
Ka	Auto descarga de la batería
0.002	Baterías de baja auto descarga, sin mantenimiento
0.005	Baterías estacionarias de energía solar
0.012	Baterías de alta auto descarga
Kc	Pérdidas por el rendimiento del inversor
0	No hay inversor en la instalación
0.05	Rendimiento inversor 95%
0.1	Rendimiento inversor 90%
0.15	Rendimiento inversor 85%
0.2	Rendimiento inversor < 85%
Kv	Otras pérdidas no consideradas
0.15	Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos
0.05	Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en equipos
Pd	Profundidad de descarga máxima admisible
0.9	Batería descargada hasta el 90%

0.8	Batería descargada hasta el 80%
0.7	Batería descargada hasta el 70%
0.6	Batería descargada hasta el 60%
0.5	Batería descargada hasta el 50%
0.4	Batería descargada hasta el 40%
0.3	Batería descargada hasta el 30%
N	Número de días de autonomía
3	Vivienda fines de semana
5	Vivienda habitual
15	Instalaciones especiales con servicio prioritario
20	Instalaciones especiales alta fiabilidad
Kr	Pérdidas en el controlador de carga
0.1	Controlador de carga eficiente
0.15	Controlador de carga antiguo, poco eficiente

Nota. Valores constantes de cada componente del rendimiento del Sistema Fotovoltaico.

Elaborado por el Autor, 2021

3.1.6 Energía Efectiva Producida por el Campo Fotovoltaico

Para encontrar la cantidad real de potencia del sistema fotovoltaico, no solo se busca analizar la carga, sino que calcular las pérdidas que produce el sistema.

$$Energia Real = \frac{Energia en Wh}{Rendimiento}$$

$$Energia Real = \frac{190176 Wh}{0.6295}$$

$$Energia Real = 302106.43 Wh$$

$$Energia Real = 302.11 kWh$$

3.1.7 Potencia Real a Generar el Campo Fotovoltaico

La cantidad de energía que tiene el sistema fotovoltaico es la que se debe generar con la potencia. No solo depende de los componentes sino de la radiación solar que reciba el sistema, por este motivo, se debe aplicar la variable de radiación en el cálculo de potencia.

$$Potencia Real = \frac{Energia Real}{HPS}$$

$$Potencia Real = \frac{302106.43 Wh}{4.5 h}$$

$$Potencia Real = 67134.76 W$$

$$Potencia Real = \mathbf{67.13 kW}$$

3.1.8 Cantidad de Paneles Solares

Para saber la cantidad específica de paneles solares que se debe utilizar en este sistema, se relacionará la energía que se generará con la tensión de operación que trabajarán los paneles y el número promedio de radiación solar que absorban los dispositivos.

$$Cantidad de Paneles = \frac{Energia Real}{Potencia de Paneles * HPS}$$

$$Cantidad de Paneles = \frac{302106.43 Wh}{400 W * 4.5 h}$$

$$Cantidad de Paneles = 167.84$$

$$Cantidad de Paneles = \mathbf{168 Paneles}$$

Tipo de Panel Solar a Emplear

Panel Solar 400W Perc Monocristalino ERA

Debido a sus células de silicio monocristalino tipo PERC, los paneles solares Monocristalinos ERA 400W Perc proporcionan el mejor rendimiento entre 72 paneles al mejor precio.

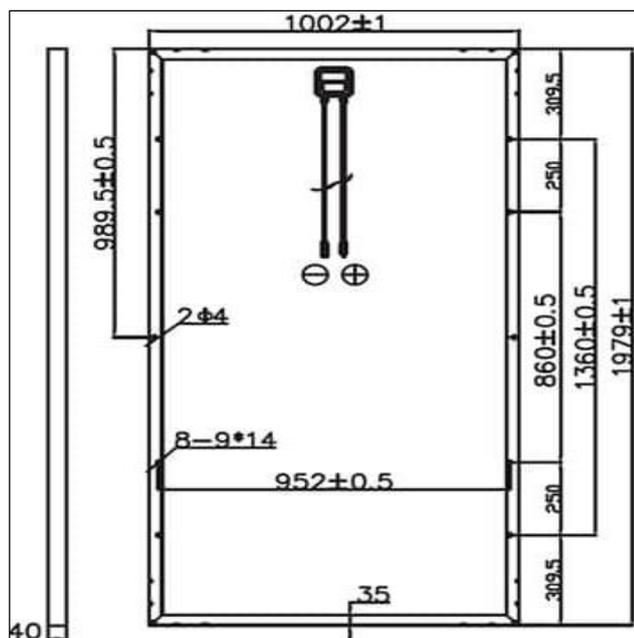
- Voltaje a máxima potencia (VMP): 41.7V
- Corriente a máxima potencia (IMP): 9.6A
- Voltaje en circuito abierto (VOC): 49.8V
- Corriente en cortocircuito (ISC): 10.36A
- Eficiencia del módulo: 20.17%

El panel solar monocristalino ERA 400W Perc mide de 1979 x 1002 x 40 mm y pesa aproximadamente 22,5Kg, lo que lo hace compatible con modelos de 72 celdas como paneles entre 300 y 330W.

El marco que rodea la tabla está fabricado en aluminio anodizado para favorecer un buen agarre en cualquier tipo de estructura y dotar a la tabla de la rigidez necesaria. En la parte trasera hay una caja de conexiones, nivel de protección IP68, a unos 90cm de la caja de conexiones con conectores tipo MC4 en ambos extremos, para facilitar al máximo la conexión del panel. (Auto Solar, 2021)

Figura 3. 9

Estructura del Panel Solar 400W Perc Monocristalino ERA



Nota. Estructura interna del panel Solar. Adaptado de Panel Solar 400W Perc Monocristalino ERA. *Auto Solar.* (p. 1) por Auto Solar., 2021.

Cálculos de la Conexión de los Paneles Solares

Según las capacidades de los dispositivos convertidores de energía de DC a AC, se determinará los números de paneles para este sistema. Con las fórmulas exactas se puede saber la cantidad de paneles que se deben conectar en serie o paralelo, considerando la temperatura a la que estarán los dispositivos.

Para determinar la cantidad máxima de paneles que estarán conectados en serie, será cuando esté una temperatura mínima, según el modelo de los dispositivos los valores son variables, para esto hay que revisar las fichas técnicas de los mismos.

Las variables son:

$V_{CA}(Temp. Min) =$ Voltaje de circuito abierto a una temperatura mínima

$V_{CA}(25^{\circ}C) =$ Voltaje de circuito abierto a $25^{\circ}C$

$CT V_{CA} =$ Coeficiente de temperatura de voltaje de circuito abierto

$V_{CA}(Temp. Min) = V_{CA}(25^{\circ}C) + V_{CA}(25^{\circ}C) CT V_{CA}(Temp. Min - 25^{\circ}C)$

$V_{CA}(21^{\circ}C) = 47.2 + 47.2 V (-0.304\% /^{\circ}C)(21^{\circ}C - 25^{\circ}C)$

$V_{CA}(Temp. Min) = 43.77V$

$$\text{Cantidad Maximo en Serie} = \frac{V_{MAX} \text{ Inversor}}{V_{CA}(\text{Temp. Min})}$$

$$\text{Cantidad Maximo en Serie} = \frac{600V}{43.77V}$$

$$\text{Cantidad Maximo en Serie} = 14$$

En cambio, para determinar la cantidad mínima de paneles solares que serán instalados en serie, se considera la temperatura máxima del sistema, a continuación, se detallarán las variables utilizadas en el sistema.

$$V_{MP}(\text{Temp Max}) = \text{Voltaje de potencia máxima a una temperatura máxima}$$

$$V_{MP}(25^{\circ}\text{C}) = \text{Voltaje de potencia máxima a } 25^{\circ}\text{C}$$

$$CT \text{ PMP} = \text{Coeficiente de temperatura de potencia máxima}$$

$$V_{MINMPP} \text{ Inversor} = \text{Voltaje mínimo MPP Inversor}$$

$$V_{MP}(\text{Temp Max}) = V_{MP}(25^{\circ}\text{C}) + V_{MP}(25^{\circ}\text{C}) CT \text{ PMP}(\text{Temp Max} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$V_{MP}(35^{\circ}\text{C}) = 37.5 \text{ V} + 37.5 \text{ V}(-0.43\%/^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$V_{MP}(35^{\circ}\text{C}) = 35.89 \text{ V}$$

$$\text{Cantidad Minima en Serie} = \frac{V_{MINMPP} \text{ Inversor}}{V_{MP}(\text{Temp Max})}$$

$$\text{Cantidad Minima en Serie} = \frac{100 \text{ V}}{35.89V}$$

$$\text{Cantidad Minima en Serie} = 3$$

La cantidad de paneles solares que estarán en paralelo, serán compuestos por la temperatura máxima del sector donde se los colocará, en este caso, en el área administrativa de la FETD de la UCSG.

$$I_{CC}(\text{Temp Max}) = \text{Corriente de cortocircuito a una temperatura máxima}$$

$$I_{CC}(25^{\circ}\text{C}) = \text{Corriente de cortocircuito a } 25^{\circ}\text{C}$$

$$CT \text{ } I_{CC} = \text{Coeficiente de temperatura de corriente de cortocircuito}$$

$$I_{CC}(\text{Temp Max}) = I_{CC}(25^{\circ}\text{C}) + I_{CC}(25^{\circ}\text{C}) CT \text{ } I_{CC}(\text{Temp Max})$$

$$I_{CC}(35^{\circ}\text{C}) = 9.55A + 9.55A(0.042\%/^{\circ}\text{C}(35^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}))$$

$$I_{CC}(35^{\circ}\text{C}) = 9.59A$$

$$\text{Cantidad Maxima en Paralelo} = \frac{\text{Corriente de entrada del Inversor}}{I_{CC}(\text{Temp Max})}$$

$$\text{Cantidad Maxima en Paralelo} = \frac{15.5A}{9.59A}$$

$$\text{Cantidad Maxima en Paralelo} = 2$$

$$\text{Cantidad Minimo en Paralelo} = \frac{12.5A}{9.59A}$$

$$\text{Cantidad Minimo en Paralelo} = 2$$

Según los datos obtenidos de los cálculos realizados, la cantidad máxima de paneles solares por cada inversor son 14, se puede agrupar 12 paneles en serie y 2 en paralelo por cada inversor. Para cumplir la demanda energética del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo se necesita 168 paneles, y serán asociados en 2 formas diferentes.

La primera agrupación está compuesta por 6 conjuntos de celdas solares e inversores, que están distribuidos por 2 paneles en paralelo y 12 paneles en serie.

La segunda agrupación está compuesta por 6 conjuntos, que están distribuidos en 2 paneles en paralelo y 12 paneles en serie con su respectivo inversor cada grupo.

3.1.9 Cuantificación de las Baterías Acumuladoras

Las baterías acumuladoras almacenan energía eléctrica en el sistema fotovoltaico, para calcular la capacidad del acumulador se considerará su auto descarga, después a esa cantidad se le suma los amperios por hora, y así recompensar el auto descarga para conseguir la capacidad del acumulador a usar en el sistema.

Para encontrar la capacidad del paquete de baterías, intervendrán variables como la energía real, el número de autonomía del sistema (N), el voltaje de la batería y la profundidad de descarga de la batería.

Dado que el sistema no requiere gran autonomía, porque la carga solo absorberá energía en horario de oficina, se usará la variable N como unidad.

$$\text{Capacidad del Banco de Baterías} = \frac{\text{Energía Real} * N}{V \text{ batería} * PD}$$

$$\text{Capacidad del Banco de Baterías} = \frac{302106.43 \text{ Wh} * 1}{360 * 0.8}$$

$$\text{Capacidad del Banco de Baterías} = 1049 \text{ Ah}$$

Para la capacidad del banco de baterías, se empleará el sistema de un acumulador con 50 baterías AGM de fibra de vidrio absorbente, con capacidad 45Ah y 12V de trabajo. Las baterías se conectarán de forma mixta, en la cual 25 serán conectadas en serie y 25 en paralelo, consiguiendo 1125Ah de capacidad y los 360V que se solicitan.

Tipo de Batería a Emplear

El tamaño compacto de la batería Ultracell UC-45-12 AGM 12V 45Ah y el tamaño estándar de 197x166x170 mm facilitan su manejo, transporte e instalación para reemplazar la batería agotada. El tipo sellado adopta una tecnología de sellado controlada por la válvula, que no salpica ácido durante el vaciado o el funcionamiento normal.

Se recomienda que la batería funcione en su posición natural con los terminales hacia arriba. Y que la profundidad de descarga de la batería AGM 12V 45Ah Ultracell UC-45-12 no exceda el 50% con frecuencia, para obtener el doble de ciclo de vida, y la descarga típica es del 30%. La batería AGM Ultracell UC-45-12 de 12V45Ah es, como la mayoría, una batería de ciclo profundo sellada de voltaje de 12V. Su 12V se obtiene mediante la combinación interna de 6 baterías de 2V en serie. Su estanqueidad no requiere ningún mantenimiento, por lo que no se puede entrar en su interior y permitir colocarlo en un espacio no ventilado porque no emite gas. (Auto Solar, 2021)

Entre las principales particularidades técnicas de la Batería AGM 12V 45Ah Ultracell UC-45-12 se puede nombrar las siguientes:

- Dimensiones de 197 x 166 x 170 (incluyendo el terminal de conexión) mm.
- Peso aproximado de 14 kg
- Capacidad en C20:45Ah.
- Terminal de tipo F6 para tornillo.
- Voltaje límite absoluto con batería descargada: 10,8V.
- Batería VRLA sin mantenimiento (Valve Regulated Lead Ácid).
- Tecnología AGM con separador de vidrio absorbente entre las placas de plomo (Pb).

Figura 3. 10

Batería Ultracell UC-45-12 AGM



Nota. Batería Ultracell UC-45-12 AGM. Adaptado Batería Ultracell. Auto Solar. (p. 2) por Auto Solar.,2021.

3.1.10 Inversor

Para la instalación del inversor se considerará la potencia que será conectada al sistema fotovoltaico, con la respectiva potencia nominal entre la potencia del generador fotovoltaico (Potencia SFV) = 67.2 KW, con todas las cargas que se

encuentren energizadas en el área administrativa de la FETD, se obtiene de Potencia total = 190.18 KW.

El inversor para la conexión de red tiene una potencia máxima de entrada de 6.05 KW, con tensión nominal de 220 V en corriente alterna, con una eficiencia del 97,6% de la marca SMA, y rendimiento del 99,9% tal como se muestra a continuación:

Datos técnicos del Inversor Red SAJ R5-5K-S2

- Potencia máxima recomendada a conectar: 6050W.
- Potencia máxima de salida: 5000W.
- Voltaje máximo en CC: 600V.
- Voltaje de arranque: 100V.
- Nivel de voltaje del MPPT: 90 – 550V.
- Voltaje nominal de funcionamiento: 360V.
- Corriente máxima de entrada: 12.5A en cada MPPT.
- Número de seguidores MPPT: 2.
- Entradas fotovoltaicas para cada MPPT: 1
- Eficiencia del inversor: 97,6%
- Rendimiento del MPPT: 99,9%
- Peso: 12,2Kg
- Longitudes: 389 x 367 x 143 mm

El inversor a utilizar en este proyecto es conectado a la red, y cumple con las normas IEC 617272 y EN 50438.

Cantidad de inversores

Después de tener la cantidad de paneles fotovoltaicos a utilizarse en el Sistema (168) unidades, se calculará la cantidad de inversores para el sistema.

$$\text{Numero de Inversores: } \frac{\text{Potencia Generada del Sistema Fotovoltaico}}{\text{Potencia del Inversor}}$$

$$\text{Numero de Inversores} := \frac{67.14 \text{ KW}}{6.05 \text{ KW}}$$

$$\text{Numero de Inversores} := \mathbf{12 \text{ Unidades}}$$

3.1.11 Regulador de Carga

Todos los paneles necesarios en el sistema están divididos en 12 grupos, entonces se multiplicará la máxima corriente que puede generar cada dispositivo fotovoltaico, es decir la corriente de cortocircuito por la cantidad de paneles solares en paralelo.

Según la cantidad de paneles en paralelo, se determina la cantidad de corriente que pasa por el regulador de carga, porque los que están conectados en serie solo determinarán el voltaje y la corriente continuará igual.

$$\text{Corriente Control de Carga} = I_{CC} * \text{Cantidad de Paneles Solares}$$

$$\text{Corriente Control de Carga} = 9.55A * 2$$

$$\text{Corriente Control de Carga} = \mathbf{19.1A}$$

Se utilizan reguladores de carga de 20 A, para cada uno de los 12 grupos, ya que, la máxima cantidad de paneles conectados en paralelo son 2.

3.1.12 Calculo de Corriente DC

Para el diseño del sistema fotovoltaico, se definió que se utilizarán los paneles fotovoltaicos en 12 conjuntos, los cuales tendrán 14 paneles cada conjunto. La corriente que recorrerá los conductores entre los paneles y los reguladores de carga se hallará mediante la ley de potencia.

$$P = V * I$$

$$\text{Intensidad de Corriente} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Voltaje}}$$

La potencia actual de cada conjunto de paneles fotovoltaicos es la potencia de cada grupo de paneles fotovoltaicos multiplicada por el número de paneles del conjunto.

$$\text{Potencia 1} = \text{Potencia Nominal} * \text{Cantidad de Paneles}$$

$$\text{Potencia 1} = 400W * 12$$

$$\text{Potencia 1} = \mathbf{4800W}$$

$$\text{Potencia 2} = \text{Potencia Nominal} * \text{Cantidad de Paneles}$$

$$\text{Potencia 2} = 400W * 12$$

$$\text{Potencia 2} = \mathbf{4800W}$$

Para hallar la corriente actual en los conjuntos de paneles, hay que multiplicar la potencia actual en el conjunto y dividirla para el voltaje del sistema.

$$\text{Intensidad 1} = \frac{4800W}{360V}$$

$$\text{Intensidad 1} = \mathbf{13.33A}$$

$$\text{Intensidad 2} = \frac{4800W}{360V}$$

$$\text{Intensidad 2} = \mathbf{13.33A}$$

La corriente de entrada y salida del paquete de baterías será equivalente a la suma de todas las corrientes presentes en cada conjunto de paneles fotovoltaicos.

$$\text{Corriente Banco de Baterias} = \text{Corriente de la Rama} * \text{Cantidad de Grupos}$$

$$\text{Corriente Grupo 1} = 13.33A * 12$$

$$\text{Corriente Grupo 1} = \mathbf{160A}$$

$$\text{Corriente Grupo 2} = 13.33A * 2$$

$$\text{Corriente Grupo 2} = \mathbf{26.66A}$$

La suma de todas las corrientes presentes en cada conjunto de paneles será la corriente total.

$$\text{Corriente Total} = \text{Corriente Grupo 1} + \text{Corriente Grupo 2}$$

$$\text{Corriente Total} = 160A + 26.66A$$

$$\text{Corriente Total} = \mathbf{186.66A}$$

3.1.13 Calculo de Corriente AC

El inversor es el que convierte la corriente directa del sistema en alterna, esto se realiza por la ley de potencia y se vincula con la carga instalada en el sistema. La carga instalada es de 15.85 kW, con los datos proporcionados mediante el levantamiento de carga dando un voltaje de operación de 240 V_{AC} , la fórmula para conseguir corriente es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Corriente de Carga} &= \frac{15848W * 0.9}{240V} \\ \text{Corriente de Carga} &= \mathbf{59.43A} \end{aligned}$$

La carga que será instalada es de 15.85 kW multiplicada por un factor de coincidencia, el cual es 0.9, porque trabaja según el horario de actividad de todo el sistema eléctrico.

En este sistema se utilizarán 12 inversores Red SAJ R5-5K-S2, la corriente estará dividida en 14 ramas distintas, y se establecerá la corriente que existirá desde la salida de cada uno de los inversores.

$$\begin{aligned} \text{Corriente de los Inversores} &= \frac{59.34A}{12} \\ \text{Corriente de los Inversores} &= \mathbf{4.95 A} \end{aligned}$$

3.1.14 Conductores por Utilizar

Los conductores necesitan un dimensionamiento eficaz y se puede valuar un 25% más de la corriente nominal que transitará por los mismo. Donde pasa la corriente directa los conductores tendrán que soportar las corrientes mencionadas a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Conductor 1} &= 13.33A * 1.25 = \mathbf{16.66A} \\ \text{Conductor 2} &= 13.33A * 1.25 = \mathbf{16.66A} \\ \text{Conductor 3} &= 186.66A * 1.25 = \mathbf{233.33A} \end{aligned}$$

Los conductores que usan el conductor 1 y el conductor 2 deben usar 2 conductores # 12 AWG-Cu / 600v. Para el conductor 3, se manipularán 2 conductores # 250 MCM-Cu / 600v.

Los conductores de corriente alternas utilizarán la misma base de evaluación para su calibre y deben de soportar las siguientes corrientes:

$$\text{Conductor 1} = 4.95A * 1.25 = \mathbf{6.19A}$$

$$\text{Conductor 1} = 59.34A * 1.25 = \mathbf{74.18A}$$

El conductor a utilizar en la corriente alterna para el conductor 1 serán, 2 conductores # 14 AWG – Cu / 600v + 1 conductor # 14 AWG – Cu / 600v. Para el conductor 2, se manipularán 2 conductores # 4 AWG – Cu / 600v + 1 conductor # 4 AWG – Cu / 600v.

3.1.15 Cálculo de la inclinación, orientación, separación, sombras en los módulos fotovoltaicos y estructura de soporte en el SFVCR

A la hora de analizar y calcular el número de paneles solares se debe tener en cuenta un factor muy importante, es decir, la energía se genera por la disposición de las células solares, y se estudian la inclinación, dirección y sombra, se puede generar en SFVCR. Por este motivo, se realiza el siguiente análisis.

Inclinación y Orientación de los Paneles Solares

Se analizará la inclinación máxima que se le puede dar al panel solar. La inclinación vendrá definida por un ángulo (β), que es importante para posicionarlo, es decir, se ubica en el lado derecho del panel fotovoltaico al inicio del día, y en el izquierdo al final del día.

Cuando este al mediodía, se ubica en el centro del panel fotovoltaico porque se considera el punto más alto de radiación solar. Por tanto, la altura (α) a la que

llega el sol sobre el horizonte debe calcularse, por lo que se utiliza la siguiente ecuación:

$$\beta = 90 - \alpha$$

$$\alpha = 90 - \text{Latitud} - \text{Declinacion Solar}$$

Como Ecuador está ubicado en el hemisferio sur, se proyecta la hipótesis de que para obtener la máxima eficiencia los paneles solares deben estar orientados hacia el norte, es decir, la orientación de los paneles hacia el norte, para maximizar la superficie de radiación solar.

En la ciudad de Guayaquil, donde estará ubicado este proyecto el solsticio de invierno, la altura del sol (α) al medio día es de 71.67° , para el solsticio de verano la elevación del sol (α) al mediodía es 64.38° , por consiguiente:

$$\beta = 90 - \alpha$$

$$\beta = 90 - 71.67^\circ = \mathbf{18.33^\circ}$$

$$\beta = 90 - \alpha$$

$$\beta = 90 - 64.38^\circ = \mathbf{25.62^\circ}$$

La inclinación solar se estima en la *Tabla 3.5* con el ángulo de 10° y la *Tabla 3.6* con el ángulo de 20° , con estas estimaciones se revisará el mejor grado de inclinación para la posición de los paneles solares.

Tabla 3. 5

Irradiación solar con un ángulo de inclinación de 10°

Meses	Días*Mes	Radiación Solar Kw.H/Mes (0°)	Factor K (10)	Radiación Solar Kw.H/Mes (25°)
ENERO	31	138.84	0.93	129.12

FEBRERO	28	173.83	0.96	166.88
MARZO	31	171.31	0.99	169.60
ABRIL	30	168.72	1.02	172.10
MAYO	31	149.95	1.04	155.95
JUNIO	30	145.18	1.05	152.44
JULIO	31	143.88	1.04	149.64
AGOSTO	31	155.42	1.02	158.53
SEPTIEMBRE	30	175.75	0.99	173.99
OCTUBRE	31	164.05	0.96	157.48
NOVIEMBRE	30	168.51	0.93	156.71
DICIEMBRE	31	151.18	0.92	139.08
TOTAL				1881.51

Nota. Irradiación solar con un ángulo de 10 grados de inclinación. Elaborado por el Autor, 2021.

Tabla 3. 6

Irradiación solar con un ángulo de inclinación de 20⁰

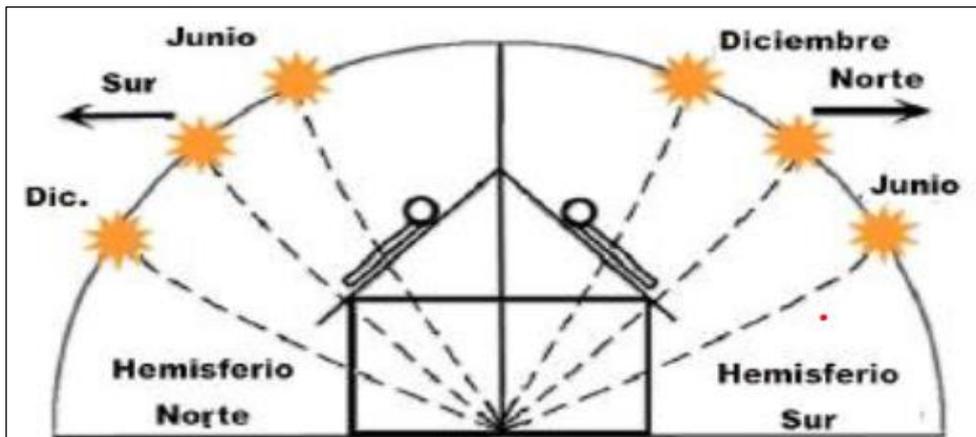
Meses	Días*Mes	Radiación Solar Kw.H/Mes (0⁰)	Factor K (20)	Radiación Solar Kw.H/Mes (25⁰)
ENERO	31	138.84	0.84	116.62
FEBRERO	28	173.83	0.89	154.71
MARZO	31	171.31	0.96	164.46
ABRIL	30	168.72	1.02	172.10
MAYO	31	149.95	1.06	158.95
JUNIO	30	145.18	1.07	155.35
JULIO	31	143.88	1.05	151.08
AGOSTO	31	155.42	1.01	156.97
SEPTIEMBRE	30	175.75	0.96	168.72
OCTUBRE	31	164.05	0.89	146.00
NOVIEMBRE	30	168.51	0.84	141.55
DICIEMBRE	31	151.18	0.82	123.97
TOTAL				1810.46

Nota. Irradiación solar con un ángulo de 20 grados de inclinación. Elaborado por el Autor, 2021.

La irradiación solar con ángulo de inclinación de 10° es la mejor para aplicar para este proyecto, porque se tiene la mayor cantidad de energía solar para que los paneles solares funcionen a la perfección. Serán inclinados a 10° hacia el Norte y facilitarán el mantenimiento de los mismos en ese ángulo.

Figura 3. 11

Inclinación de los Paneles por la Posición del Sol



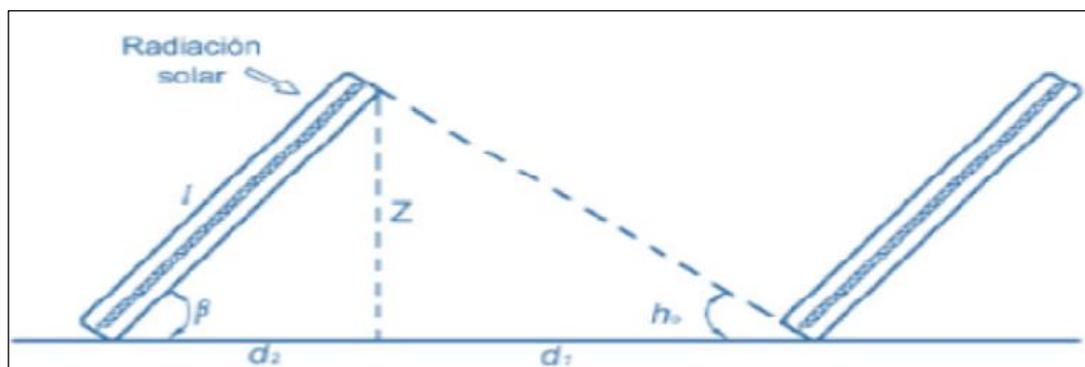
Nota. Ángulos de Inclinación de los paneles Solares. Adaptado *Inclinación y Orientación de Paneles Solares.* (p. 2) por Córdova 2020.

Separación y Sombras en los Paneles Fotovoltaicos

Según la *Figura 3.12*, su análisis construirá la mínima separación entre los paneles solares.

Figura 3. 12

Distancia entre los Paneles Solares



Nota. Distancia entre los Paneles Solares. Adaptado de *Dimensionamiento de una Instalación Fotovoltaica de Generación Distribuida Conectada a la Red, para Autoconsumo en un Taller Industrial en GUAYAQUIL.* (p. 51) por Rodas & Arévalo, 2016.

Donde:

$$d = d_1 + d_2$$

$$d = \frac{Z}{\tan(h_0)} + \frac{Z}{\tan(\beta)}$$

$$d = \frac{l \operatorname{Sen}(\beta)}{\tan(h_0)} + \frac{l \operatorname{Sen}(\beta)}{\tan(\beta)}$$

$$d = l \left(\frac{\operatorname{Sen}(\beta)}{\tan(h_0)} + \operatorname{Cos}(\beta) \right)$$

$$\text{Donde; } \alpha = h_0$$

$$\alpha = 90 - \text{Latitud} - \text{Declinacion Solar}$$

$$\alpha = 90 - 2.13 - 25.62$$

$$\alpha = 62.25$$

Por Consiguiente;

$$\beta = 10^\circ$$

$$l = 2 * 1.662$$

$$l = 3.24m$$

De Donde:

$$Z = l * \operatorname{Sen}(\beta)$$

$$Z = 3.24m * \operatorname{Sen}(10^\circ)$$

$$Z = 0.557m$$

$$d = l \left(\frac{\operatorname{Sen}(\beta)}{\tan(h_0)} + \operatorname{Cos}(\beta) \right)$$

$$d = 3.24m \left(\frac{\operatorname{Sen}(10^\circ)}{\tan(62.25)} + \operatorname{Cos}(10^\circ) \right)$$

$$d = 3.57m$$

Por lo tanto;

$$d_1 = d - d_2$$

$$d_1 = d - \frac{Z}{\tan(\beta)}$$

$$d_1 = 3.57m - \frac{0.557m}{\tan(10^\circ)}$$

$$d_1 = 0.30m$$

La	Categoría	Corrosividad	distancia
mínima de los	C1	MUY BAJA	paneles, con
medidas	C2	BAJA	desde la base,
es de 30cm	C3	MEDIA	para que no
tenga una	C4	ALTA	afectación del
efecto sombra.	C5	MUY ALTA	

Estructura de Soporte de Células Solares

La estructura de soporte de este proyecto que se colocará cumplirá con las normativas adecuadas para la instalación al aire libre para que, soporte los cambios climáticos, será la norma ISO 9223 con sus respectivos niveles de corrosión mostrados en la *Tabla 3.7*.

Debido a las diferentes atmósferas para analizar la norma ISO 9223, se tomará en cuenta el tiempo de humectación del material durante un año. En la *Tabla 3.8* se detallará los datos de Humectación.

Tabla 3. 7

Niveles de corrosividad ISO 9223

Nota. Niveles de Corrosividad. Adaptado de *Dimensionamiento de una Instalación Fotovoltaica de Generación Distribuida Conectada a la Red, para Autoconsumo en un Taller Industrial en Guayaquil*. (p. 52) por Rodas & Arévalo, 2016.

Tabla 3. 8

Tiempo de Humectación según ubicación ISO 9223

Categoría	Tiempo de Humectación		Ejemplos de Aplicación
	Horas/Año	Año	
T1	<10	<0.1	Atmósfera interior climatizada
T2	10-250	0.1-3	Atmósfera interna, excepto espacios interiores no aireados
T3	250-2500	Mar-30	Atmósfera interior en regiones secas o muy frías
T4	2500-5500	30-60	Atmósferas exteriores en todas las zonas, excepto tropical seca y zonas frías
T5	>5500	>60	Lugares no ventilados en regiones no muy húmedas

Nota. Tiempo de humectación. Adaptado de *Dimensionamiento de una Instalación Fotovoltaica de Generación Distribuida Conectada a la Red, para Autoconsumo en un Taller Industrial en Guayaquil*. (p. 52) por Rodas & Arévalo, 2016.

Según la categoría C4 y τ_4 será los niveles adecuados para este sistema fotovoltaico.

Tabla 3. 9

Niveles de Corrosión según la ISO 9223

Categoría de corrosividad	Unidad	Tasa de corrosión de materiales			
		Acero al Carbono	Zinc	Cobre	Aluminio
C1	$g/(m^2a)$	$\dot{\gamma}_{corr} \leq 10$	$\dot{\gamma}_{corr} \leq 0.7$	$\dot{\gamma}_{corr} \leq 0.9$	despreciable
	$\mu m/a$	$\dot{\gamma}_{corr} \leq 1.3$	$\dot{\gamma}_{corr} \leq 0.1$	$\dot{\gamma}_{corr} \leq 0.1$	-

C2	$g/(m^{2a})$	$10 < \psi_{corr} \leq 200$	$0.7 < \psi_{corr} \leq 5$	$0.9 < \psi_{corr} \leq 5$	$\psi_{corr} \leq 0.6$
	$\mu m/a$	$1.3 < \psi_{corr} \leq 25$	$0.1 < \psi_{corr} \leq 0.7$	$0.1 < \psi_{corr} \leq 0.6$	-
C3	$g/(m^{2a})$	$200 < \psi_{corr} \leq 400$	$5 < \psi_{corr} \leq 15$	$5 < \psi_{corr} \leq 12$	$0.6 < \psi_{corr} \leq 2$
	$\mu m/a$	$25 < \psi_{corr} \leq 50$	$0.7 < \psi_{corr} \leq 2.1$	$0.6 < \psi_{corr} \leq 1.3$	-
C4	$g/(m^{2a})$	$400 < \psi_{corr} \leq 650$	$15 < \psi_{corr} \leq 30$	$12 < \psi_{corr} \leq 25$	$2 < \psi_{corr} \leq 5$
	$\mu m/a$	$50 < \psi_{corr} \leq 80$	$2.1 < \psi_{corr} \leq 4.2$	$1.3 < \psi_{corr} \leq 2.8$	-
C5	$g/(m^{2a})$	$650 < \psi_{corr} \leq 1500$	$30 < \psi_{corr} \leq 60$	$25 < \psi_{corr} \leq 50$	$5 < \psi_{corr} \leq 10$
	$\mu m/a$	$80 < \psi_{corr} \leq 200$	$4.2 < \psi_{corr} \leq 8.4$	$2.8 < \psi_{corr} \leq 5.6$	-
Cx	$g/(m^{2a})$	$1500 < \psi_{corr} \leq 5500$	$60 < \psi_{corr} \leq 180$	$50 < \psi_{corr} \leq 90$	$\psi_{corr} > 10$
	$\mu m/a$	$200 < \psi_{corr} \leq 700$	$8.4 < \psi_{corr} \leq 25$	$5.6 < \psi_{corr} \leq 10$	-

Nota. Tiempo de humectación. Adaptado de *Dimensionamiento de una Instalación Fotovoltaica de Generación Distribuida Conectada a la Red, para Autoconsumo en un Taller Industrial en Guayaquil.* (p. 53) por Rodas & Arévalo, 2016.

3.2 Estudio Económico del Proyecto

El estudio económico de este proyecto será realizado con los cálculos de los precios reales de los materiales en el mercado actual. Se realizará el presupuesto aproximado al valor real del sistema para poder determinar si este proyecto es factible para el área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

3.2.1 Análisis técnico-económico del Sistema Fotovoltaico

Este estudio para el Sistema Fotovoltaico es por la viabilidad final, en el que se predecirá la factibilidad de la instalación en función de la inversión del proyecto en sí y el costo operativo de la instalación física. Además, se analizará el retorno de la inversión del proyecto, partiendo de la inversión inicial que se debe realizar para instalar el sistema fotovoltaico. Para este análisis se tendrá en cuenta el costo de instalación, equipos, mano de obra y costo, y el ahorro que tendrá al aplicarlo, de esta manera se analizará el consumo eléctrico mensual del dispositivo actual.

3.2.2 Inversión Inicial

La investigación sobre el retorno de la inversión se basará en el análisis económico de la inversión en instalaciones fotovoltaicas. Considerando que la vida útil del sistema fotovoltaico es de 12,28 años después de la instalación, todos los elementos se utilizarán como aplicación de estudio porque define el valor del consumo de energía del área administrativa. Esta tarifa se paga mensualmente, por lo que se deben pagar tarifas altas por el consumo, este análisis incluye los costes operativos y de mantenimiento de los paneles solares, que son el factor de inversión más fuerte en instalaciones fotovoltaicas, y se compararán durante 28 años aproximadamente para obtener un análisis de inversión inicial y rentabilidad y el retorno económico del proyecto.

3.2.3 Costos de la Instalación Fotovoltaica

Para los costos finales de todo el sistema fotovoltaico se considerarán los siguientes componentes con un valor económico elevado, como lo son:

- Montaje de estructura necesaria.
- Importación de paneles solares.
- Herrajes y mesas de trabajo.
- Permisos de construcción locales.

- Mano de obra especializada en conjunto con el personal técnico.
- Sistemas de cableados de equipos.
- Instalación de equipos.
- Remuneración de salarios a los participantes de la obra.
- Pago se servicios básicos.
- Costos imprevistos.

3.2.4 Costos de Equipos y Herrajes

El área administrativa tiene las dimensiones de 18m x 14m, esta área es donde se aplicarán los paneles solares, a continuación, se muestra la *Tabla 3.10* donde se detalla los costos de los dispositivos para la inversión inicial.

Tabla 3. 10

Costos de Equipos

Cantidades	Descripción del equipo	Precio Unitario	Total
168	Paneles Solares	\$170,68	\$28674.24
50	Baterías	\$108,28	\$5414
12	Inversores	\$887,74	\$10652.88

12	Regulador de Carga	\$41.15	\$493.8
42	Estructuras Para Los Paneles (Para 4 Paneles)	\$157.24	\$6604.08
1	Nacionalización equipos, incluye aduana y observación en puerto	\$2000	\$2000
Total a Pagar			\$53839

Nota. Costos de Dispositivos. Elaborado por el Autor, 2021.

3.2.5 Costos de Permisos y Dirección Técnica

Estos valores son tan importantes para la instalación tanto eléctrica del todo el Sistema con los costos especificados de cada rubro.

Tabla 3. 11

Costos de permisos

Rubro	Cantidad	Valor Total
Diseño y aprobación de plano eléctrico en CNEL	1	\$500
Sistema de puesta a tierra	1	\$550
Permiso de construcción	1	\$150
Dirección técnica	1	\$2000
Costos imprevistos	1	\$100
		Total \$3300

Nota.

Costos de Permisos. Elaborado por el Autor, 2021.

3.2.6 Costos de Mano de Obra en la Instalación

Se realizará con ingenieros eléctricos que tengan conocimientos en sistemas fotovoltaicos, a continuación, se detallará los rubros por la contratación de estos servicios.

Tabla 3. 12

Costos de Mano de Obra

	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<i>Nota.</i>			
Responsable técnico y residente obra	1	\$1100	\$1100
Jefe técnico	1	\$850	\$850
Técnicos eléctricos	2	\$550	\$1100
		TOTAL	\$3050

Costos de Mano de Obra. Elaborado por el Autor, 2021.

3.2.7 Costo total de la inversión

En la *Tabla 3.13* se definirá los componentes que van a generar gastos en la inversión inicial con datos reales para el proyecto.

Tabla 3. 13

Costo Total de la Inversión

Definición de rubro	Ubicación	Valor obtenido
Costos de equipos y herrajes.	Tabla 3.10	\$53839
Costos de dirección técnica, permisos de construcción y otros.	Tabla 3.11	\$3300
Costos profesionales y mano de obra para desarrollo instalación.	Tabla 3.12	\$3050
Costos imprevistos (a recurrencia)		\$200
	TOTAL DE INVERSION	\$60389

Nota. Costos de Mano de Obra. Elaborado por el Autor, 2021.

3.2.8 Consumo Energético Real

Para determinar el consumo actual del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, por esto se realizará una comparación inicial del sistema fotovoltaico.

Las tarifas actuales de ARCONEL serán aplicadas a este proyecto del pliego tarifario del año presente 2021. La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil se encuentra dentro de la categoría de "Media tensión con demanda horaria" en el área comercial. En la *Figura 3.14* se puede observar el artículo de ARCONEL relación a este tipo de consumo.

Tabla 3. 14

Tarifas de ARCONEL

5.2 Tarifa General de Medio Voltaje con registrador de demanda horaria (Excepto para Consumidores Industriales)	
Se aplica a los consumidores que disponen de un registrador de demanda horaria, que les permite identificar la demanda de potencia y los consumos de energía en los periodos horarios de punta, media y base. No se aplica para los consumidores industriales,	
El consumidor debe pagar:	
a)	Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
b)	Un cargo por demanda en USD/kW-mes, por cada kW de demanda mensual facturable (indicada en el numeral 8.1) como mínimo de pago, independiente del consumo de energía, multiplicado por un factor de gestión de la demanda (FGD) señalado en el numeral 9.1.
c)	Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de 08:00 hasta las 22:00 horas, que corresponde al cargo por energía de la tarifa general de medio voltaje con demanda (numeral 5.1 literal c).
d)	Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida, en el periodo de 22:00 hasta las 08:00 horas.
En el caso de los consumidores de asistencia social y beneficio público, se aplica la misma estructura tarifaria indicada anteriormente. El nivel tarifario está indicado en los Cuadros Tarifarios anexos a este Pliego Tarifario.	

Nota. Tarifas de ARCONEL. Adaptado ARCONEL. (p. 11) por ARCONEL, 2021.

Tabla 3. 15

Tarifa para instalaciones en media tensión con demanda horaria

CNEL UN GUAYAQUIL			
CARGOS TARIFARIOS			
RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA		
	COMERCIALES		CONSUMOS kWh-mes: 0-300: 1,414 301-500: 2,826 501-1000: 4,240 > 1000: 7,066
	4,003	0,090	
	INDUSTRIALES		
	4,003	0,075	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS		
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,003	0,062	
	BOMBEO AGUA		
	4,003	0,052	
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA		
	COMERCIALES		CONSUMOS kWh-mes: 0-300: 1,414 301-500: 2,826 501-1000: 4,240 > 1000: 7,066
08:00 hasta 22:00 horas	4,003	0,090	
22:00 hasta 08:00 horas		0,073	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS		
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
08:00 hasta 22:00 horas	4,003	0,062	
22:00 hasta 08:00 horas		0,052	

Nota. Tarifas para instalaciones en media tensión con demanda horaria. Adaptado ARCONEL. (p. 54) por ARCONEL, 2021.

Con la reglamentación y el cargo tarifario, se puede estimar el consumo que realiza el área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. En las tablas a continuación se detallan los valores a pagar por cada rubro del reglamento por ARCONEL.

Con la estimación del cargo por la demanda, se asume el valor de 0.95 por el factor de gestión de demanda, porque la carga será utilizada en el período de 07h00 hasta las 22h00.

Tabla 3. 16

Rubro por valor de comercialización

VALOR DE COMERCIALIZACION

Mayor 1000 kWh/mes	\$7,066
---------------------------	----------------

Nota. Valor de comercialización. Elaborado por el Autor, 2021.

Tabla 3. 17

Rubro por Demanda

DEMANDA

Demanda kW	Demanda USD/kW- mes	FDG	Total
15.85	\$4,003	0.95	\$60.28

Nota. Rubro por Demanda. Elaborado por el Autor, 2021.

Tabla 3. 18

Rubro por energía

ENERGÍA

kWh/diario	Días laborables/mes	kWh/mes	kWh	Total
190.176	20	3803.52	\$0.090	\$342.32
0	20	0	\$0.073	\$0
TOTAL A PAGAR POR CARGO DE ENERGÍA				\$342.32

Nota. Rubro por Energía. Elaborado por el Autor, 2021.

Tabla 3. 19*Valor a Pagar Mensual y Anual*

CARGOS	VALOR MENSUAL	VALOR ANUAL
ENERGIA	\$342.32	\$4107.84
DEMANDA	\$60.28	\$723.36
COMERCIALIZACION	\$7.07	\$84.84
TOTAL	\$409.67	\$4916.04

Nota. Valor a pagar mensual y anual. Elaborado por el Autor, 2021.

En las tablas se puede observar el consumo eléctrico anualmente en el área administrativa de la Facultad de Educación Técnica de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, se contribuye una cantidad aproximada a los \$4916.04.

Con este sistema se ahorrará este gasto, cuando se haya cubierto de la deuda de inversión inicial que necesita el sistema fotovoltaico. Al calcular el tiempo se necesita deshacer de la deuda inicial y por efecto del ahorro energético, se necesita relacionar dos de estos valores.

$$Tiempo = \frac{Inversion\ Total\ del\ SF}{Valot\ Anual\ de\ Consumo}$$

$$Tiempo = \frac{\$60389}{\$4916.04}$$

$$Tiempo = 12.28 \text{ años}$$

En esta relación después de 12.28 años el valor de la inversión inicial se desaparecerá y se considerará como ganancia toda la electricidad que será producida y consumida por parte del usuario, porque no se solventará ningún rubro por el consumo del sistema.

Tabla 3. 20*Inversión vs Tiempo Remoto*

AÑO	Egreso inversión inicial (\$)	Ingresos por consumo eléctrico (\$)	SALDO= Egresos - Ingresos (\$)	
2021	\$60389	\$4916.04	55472.96	PAGO DEL PROYECTO
2022	\$60389	9832.08	50556.92	
2023	\$60389	14748.12	45640.88	
2024	\$60389	19664.16	40724.84	
2025	\$60389	24580.20	35808.80	
2026	\$60389	29496.24	30892.76	
2027	\$60389	34412.28	25976.72	
2028	\$60389	39328.32	21060.68	
2029	\$60389	44244.36	16144.64	
2030	\$60389	49160.40	11228.60	
2031	\$60389	54076.44	6312.56	
2032	\$60389	58992.48	1396.52	
2033	\$60389	63908.52	-3516.52	
2034	\$60389	68824.56	-8435.56	

Nota. Inversión vs Tiempo Remoto. Elaborado por el Autor, 2021.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En este proyecto se determinó la cantidad de consumo diario de todos los aires acondicionados del área administrativa de la FETD de 190176 Wh, en el lapso de 12 horas diarias, dando un consumo elevado de energía para esta área.

Con este proyecto del sistema fotovoltaico servirá para disminuir el consumo de energía eléctrica de la red de la universidad y reducir el valor facturado de cada mes de la energía, también se aporta un cambio al medioambiente con la disminución de la emisión de dióxido de carbono.

El diseño del diagrama de conexión del sistema fotovoltaico se realizó, mediante un plano con los respectivos cálculos realizados de todos los componentes utilizados en el sistema.

El valor de la inversión de este proyecto es elevado por los costos de sus componentes, porque las cargas del área administrativa son elevadas y el sistema necesita más alimentación de energía para su buen funcionamiento, por esto se deberá de realizar un estudio de viabilidad para su implementación.

Durante los primeros 12 años en el proyecto no se observará ganancias porque en ese tiempo se recuperará la inversión inicial, pero después de ese tiempo la energía del sistema dará resultados a la universidad con mayores beneficios, ahorrando energía y dinero.

Todos los componentes del sistema fotovoltaico, tienen garantías entre 20 años, con una buena instalación y mantenimiento rendirán de forma eficaz durante muchos años, por esto para garantizar la vida útil de los equipos es necesario considerar todas las precauciones a la hora de la instalación del sistema fotovoltaico para tener su excelente rendimiento.

El aprovechamiento de la energía solar va a depender de la inclinación del panel solar, en este caso, el ángulo de inclinación será de 10° hacia el norte facilitará el mantenimiento de los mismos en ese ángulo. Porque la ubicación geográfica es importante para el proyecto y necesitará una inclinación óptima del panel solar para in mejor rendimiento de la energía.

4.2 Recomendaciones

Para la implementación de este sistema fotovoltaico se deberán analizar los componentes que conformarán el diseño, porque se debe considerar el tipo de carga que consume todo el sistema de climatización y su respectiva demanda horaria.

Se recomienda realizar una revisión una vez al año al sistema fotovoltaico porque no necesitan de un mantenimiento continuo, pero si hay que prevenir cualquier anomalía.

El regulador y la batería se deberá colocar en exteriores por su emisión de gases tóxicos que pueden afectar a la salud de las personas y también prevenir accidentes.

Los paneles fotovoltaicos deben de conservar una ventilación idónea para que la temperatura conserve los valores predeterminados del sistema.

Todos los componentes del Sistema deben de tener un buen rendimiento y con garantías de funcionamiento para que, el costo final no sea tan elevado para el usuario a implementarlo.

Se debe seleccionar un correcto calibre y dimensionamiento de los conductores, para no tener pérdidas en sus sobrecalentamientos, con sus respectivas protecciones de seguridad.

La estructura donde estarán los paneles solares debe de tener una distancia corta entre la superficie de los paneles solares y el tejado, debe de ser holgada por la ventilación de los dispositivos y la eficiencia no se vea afectada por la temperatura, así como deben tener la correcta inclinación de la misma manera para asegurar que

las partículas pequeñas como: polvo, hojas, agua, no bloqueen la superficie del panel fotovoltaico.

Para que el sistema fotovoltaico tenga un rendimiento óptimo, al realizar la instalación se debe considerar que no haya obstrucciones en el ambiente como árboles, cables, edificios para que, la irradiación sea directa hacia los paneles solares.

Se recomienda no saturar el sistema fotovoltaico con más instalaciones de potencia que no esté en el diseño, porque podría sobrecargar todo el sistema y puede quemarse o producir un mal funcionamiento en el mismo.

REFERENCIAS

- Aire acondicionado solar. (2018). *HiSoUR Arte Cultura Historia*.
<https://www.hisour.com/es/solar-air-conditioning-39763/>
- Alrikabi, N. Kh. M. A. (2016). Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies*, 61-64. <https://doi.org/10.7763/JOCET.2014.V2.92>
- Data, C. (2021). *Climate Data*. Obtenido de Clima Guayaquil: Temperatura, Climograma y Temperatura del agua de Guayaquil - Clima <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-guayas/guayaquil-2962/>
- Garza, J. (2019, September 6). *Inversiones en energía renovable alcanzarán \$2,6 billones esta década*. *Larepublica.net*; La República.
<https://www.larepublica.net/noticia/inversiones-en-energia-renovable-alcanzaran-26-billones-esta-decada>
- Goldemberg, J., United Nations Development Programme, United Nations, & World Energy Council (Eds.). (201). *World energy assessment: Energy and the challenge of sustainability*. United Nations Development Programme.
- Gross, R., Leach, M., & Bauen, A. (2018). Progress in renewable energy. *Environment International*, 29(1), 105-122. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00130-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00130-7)
- Shinn & Lora (2018). *Renewable Energy: The Clean Facts*. NRDC. Obtenido de <https://www.nrdc.org/stories/renewable-energy-clean-facts>
- Karami Lakeh, H. (2021). *Photovoltaic (PV) Energy: What it is & how it works*. <https://www.greenmatch.co.uk/solar-energy/photovoltaics>
- Nelson, V., & Starcher, K. (2018). *Wind Energy: Renewable Energy and the Environment*. CRC Press.

- Oriol, P. (2016). *¿Cuáles son los componentes de un panel fotovoltaico?* <https://solar-energy.technology/photovoltaics/elements/photovoltaic-panel/photovoltaic-panel-structure>
- Paguay, J. R., & Carbonell Morales, T. (2016). *Sistema de Refrigeracion Solar por absorcion para la comunidad de Kumay en Ecuador*. Obtenido de Redalyc.org: <https://www.redalyc.org/pdf/3291/329132445013.pdf>
- Panel Solar 400W PERC Monocristalino ERA | al Mejor Precio*. (s. f.). Recuperado 26 de julio de 2021, de <https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-400w-perc-monocristalino-era>
- Parts of an Air Conditioner and Their Use*. (2017, agosto 11). OnTime Service. <https://ontime59.com/5-main-parts-air-conditioner/>
- Rekioua, D., & Matagne, E. (2016). *Optimization of Photovoltaic Power Systems: Modelization, Simulation and Control*. Springer Science & Business Media.
- Ruelas, A., Velázquez, N., Villa, C., Nakasima, M., & Luna, A. (2016.). *Estrategia de control para un sistema por absorción activado con energía solar-biomasa*. 1(5), 13.
- Salameh, Z. (2017). Photovoltaic. En *Renewable Energy System Design* (pp. 33-113). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374991-8.00002-7>
- The Basics Of How An Air Conditioner Keeps You Cool | Askews Ltd*. (2017, agosto 11). Askews Refrigeration Services. <https://www.askewsltd.com/blog/how-an-air-conditioner-keeps-you-cool/>
- The importance of renewable energies | ACCIONA | Business as unusual*. (s. f.). Obtenido de <https://www.acciona.com/renewable-energy/>
- What is HVAC? Structure, operating principle of the HVAC system. (2020, febrero 7). Greentec. <http://greentec.vn/en/what-is-hvac/>
- Yao, Y., & Yu, Y. (2017). *Modeling and Control in Air-conditioning Systems*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53313-0>

GLOSARIO

AIE: Agencia Internacional de Energía.

CC: Corriente Continua.

CA: Corriente Alterna.

HVAC: Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado).

HSP: Horas Sol Pico.

ISO 9223: Corrosión de los metales y aleaciones. Corrosividad de atmósferas.

ARCONEL: Agencia De Regulación Y Control De Electricidad.

FETD: Facultad Técnica Para El Desarrollo.

UCSG: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

kW.h: Kilovatio*hora.

CO2: Dióxido de carbono.

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

CME: Conferencia Mundial de la Energía.

MW/milla: Megavatios*Millas.

FV: Células fotovoltaicas.

AM0: Masa de aire cero.

AM1: Masa de aire uno.

AM1.5: Masa de aire uno punto cinco.

CV: Caballos de Vapor.

Si: Silicio.

GaAs: Arseniuro de galio.

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.

EVA: Encapsulado de acetato de vinilo etileno.

TPT, TPE: Materiales que deben ser resistentes al envejecimiento.

BTU: Unidad térmica británica.

NH₃: Amoniaco.

CFM: Pies cúbicos por minuto.

K_b: Coeficiente de pérdidas por ganancia en el acumulador.

K_a: Porción de energía que se pierde por auto descarga.

K_c: Perdidas por el rendimiento del inversor.

K_r: Perdidas en el controlador de carga.

K_v: Otras perdidas del sistema.

N: Número de días de autonomía para asegurar un servicio sin carga.

P_d: Profundidad máxima de descarga admisible.

AGM: Alfombrilla de vidrio absorbente.

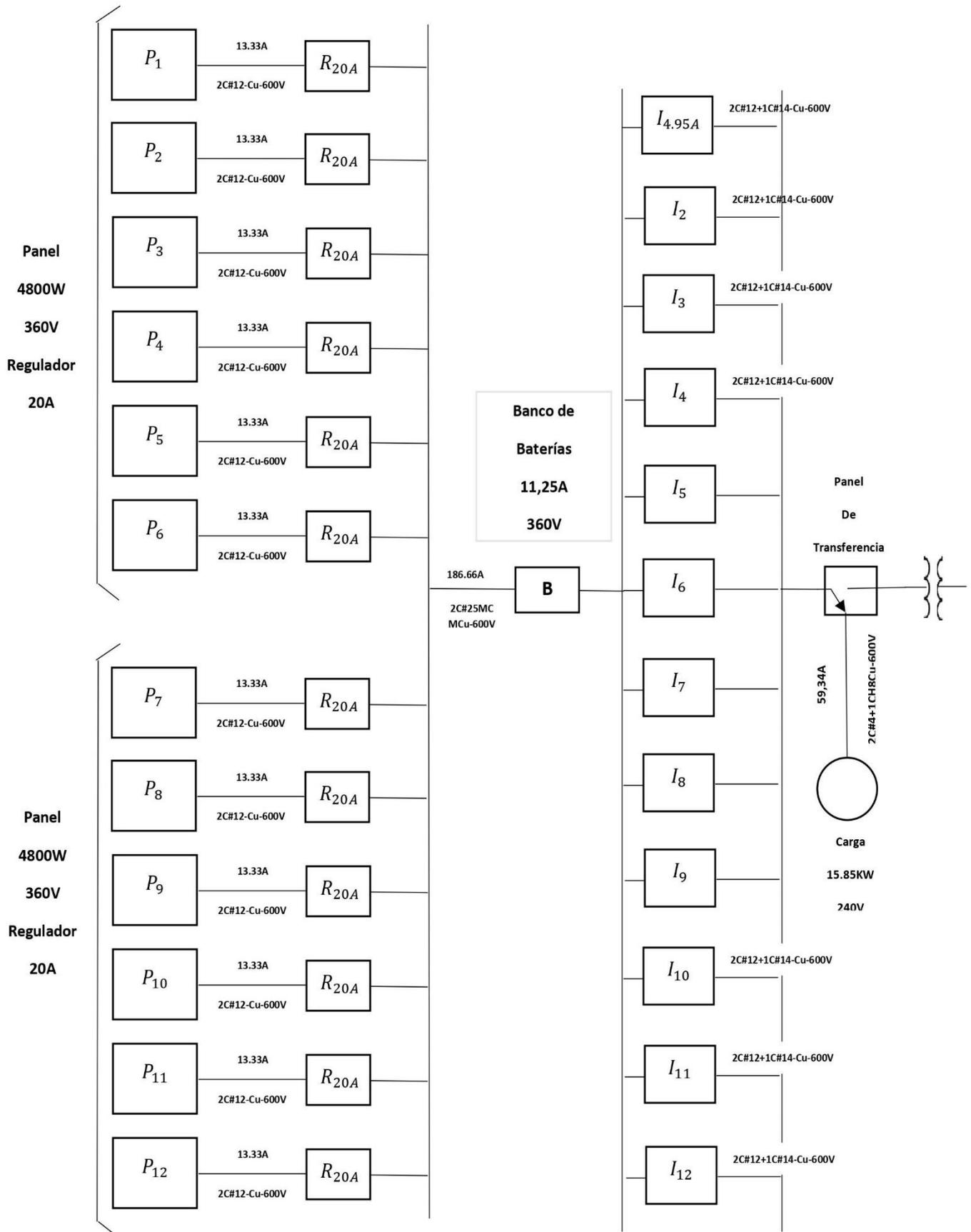
MPPT: Seguimiento del punto de máxima potencia.

SFVCR: Sistema Fotovoltaico Conectado a Red.

ISO: Organización Internacional de Normalización.

ANEXOS

Anexo 1: Diagrama De Conexión Del Sistema Fotovoltaico.





R5 Series Residential Solar Inverter

R5-0.7K/1K/1.5K/2K/2.5K/3K-S1



Compact and light weight



APP connection, All data at real time



Remote Maintenance Configuration



Quiet operation, No noise pollution



External module with screen display

GUANGZHOU SANJING ELECTRIC CO., LTD.

Website: www.saj-electric.com

E-mail: info@saj-electric.com

Add: SAJ Innovation Park, No.9, Lizhishan Road, Science City, Guangzhou, Guangdong, P.R.China.



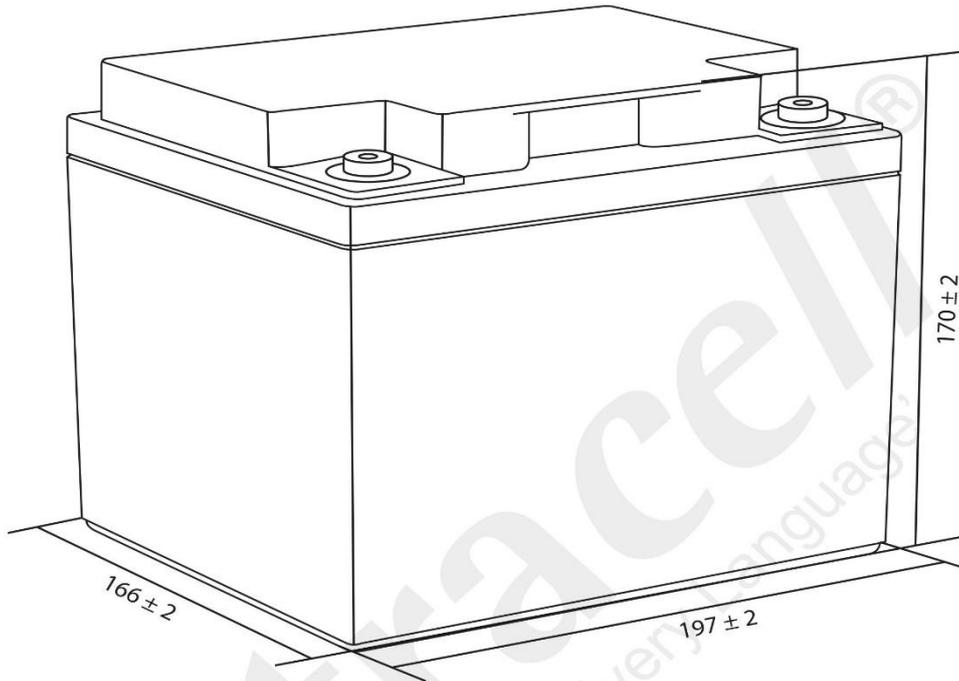
R5-0.7K/1K/1.5K/2K/2.5K/3K-S1 Datasheet

Type	R5-0.7K-S1	R5-1K-S1	R5-1.5K-S1	R5-2K-S1	R5-2.5K-S1	R5-3K-S1
Input (DC)						
Max.PV Array Power [Wp]@STC	1050	1500	2250	3000	3750	3900
Max. DC Voltag [V]	450				500	
MPPT Voltage range [V]	40-425				50-450	
Nominal DC Voltage [V]			360			
Start Voltage [V]	40				50	
Min. DC Voltage [V]			40			
Max. DC Input Current [A]			12.5			
Max. DC Short Current [A]			15			
Number of DC Connection Sets per MPPT			1			
Number of MPPT			1			
DC Switch	Integrated (Optional)					
Output (AC)						
Rated AC Power[W]	700	1000	1500	2000	2500	3000
Max. AC Power[VA]	770	1100	1650	2200	2750	3300
Rated AC Current [A]@230Vac	3.1	4.4	6.6	8.7	10.9	13.1
Max. AC Current [A]	3.5	5.0	7.5	10	12.5	15
Nominal AC voltage/ range[V]	220,230,240/180-280					
Grid frequency/ range[Hz]	50 , 60/45-55 , 55-65					
Power factor [cos φ]	0.8 leading ~0.8 lagging					
Total Harmonic Distortion [THDi]	< 2%					
Feed-in	L+N+PE					
Efficiency						
Max. Efficiency	97.2%	97.3%	97.4%	97.6%	97.7%	97.8%
Euro Efficiency	96.4%	96.7%	96.8%	97.0%	97.1%	97.2%
MPPT Accuracy	>99.9%					
Protection						
Internal Over-voltage Protection	Integrated					
DC Insulation Monitoring	Integrated					
DCI Monitoring	Integrated					
GFCI Monitoring	Integrated					
Grid Monitoring	Integrated					
AC Short Circuit Current Protection	Integrated					
AC grounding detection	Integrated					
DC Surge Protection	Integrated					
AC Surge Protection	Integrated					
Thermal Protection	Integrated					
Anti-island protection monitoring	AFD					
Interface						
DC Connection	MC4					
AC Connection	Plug-in connector					
Human machine interface	LED+(bluetooth/Wi-Fi+APP)					
Communication port	RS232(USB)+RS485 (RJ45) +DRM					
Communication Mode	Wi-Fi/GPRS/4G(Optional)					
General Data						
Topology	Transformerless					
Consumption at Night [W]	<0.2					
Consumption at Standby [W]	6					
Operating Temperature Range	,-40°C to +60°C [45°C to 60°C with derating]					
Cooling Method	Natural Convection					
Ambient Humidity	0-100% Non-condensing					
Altitude	4000m (>3000m power derating)					
Noise [dBA]	<25					
Ingress Protection	IP65					
Mounting	Rear Panel					
Dimensions [H*W*D][mm]	302*289*125					
Weight [kg]	5.2				5.5	
Standard Warranty [Year]	5 (standard)/10/15/20/25 (Optional)					
Applicable Standard	IEC62109-1/2,IEC61000-6-1/2/3/4,EN50438,EN50549,C10/C11,IEC62116,IEC61727,RD1699, UNE 206006,UNE 206007,CEI 0-21,AS4777.2,CQC NB/T 32004,VDE-AR-N 4105					

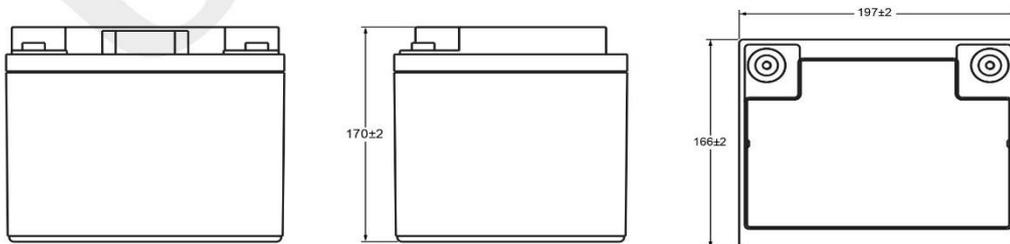
Anexo 3: Ficha Técnica de la Batería

Ultracell®
'Quality in Every Language'

UC45-12
12V 45Ah (C₁₀)
12V 52Ah (C₁₀₀)
Deep Cycle Series



Technical Dimensions (mm)



1

Ultracell (UK) Ltd | Vesty Business Park, Vesty Road, Liverpool, L30 1NY, United Kingdom
Tel: +44 (0) 151 523 2777 | Fax: +44 (0) 151 523 0855 | Email: info@ultracell.co.uk
www.ultracell.co.uk

UC-V2-REV1 11/19
ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

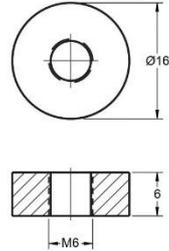


Image



Terminal Dimensions (mm)

Standard Terminal: F6



Technical Specification

Output	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (10HR)	45Ah
Terminal Type	Standard Terminal	F6
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS (UL94:VO)
Rated Capacity	(100HR 1.80V/cell, 25°C)	52 Ah/0.52A
	(20HR 1.80V/cell, 25°C)	46.8 Ah/2.34A
	(10HR 1.80V/cell, 25°C)	45 Ah/4.50A
	(5HR 1.75V/cell, 25°C)	33.4 Ah/6.67A
	(3HR 1.75V/cell, 25°C)	30.3 Ah/10.1A
	(1HR 1.60V/cell, 25°C)	24.5 Ah/24.5A
Max Discharge Current	456A (5s)	
Internal Resistance	Approx 9mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp Range	Discharge: -15 ~ 50°C Charge: 0 ~ 40°C Storage: -15 ~ 40°C
	Nominal Operating Temp Range	25 ± 3°C
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 11.4A. Voltage 14.4V ~ 15.0V @ 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on initial charging current. Voltage 13.5V ~ 13.8V @ 25°C Temp. Coefficient -20mV/°C
	Capacity affected by Temperature	40°C 103% 25°C 100% 0°C 86%
Design Floating Life at 20°C	12 Years	

Self Discharge

Ultracell® UC batteries may be stored for up to 6 months at 25°C and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time intervals will be shorter.

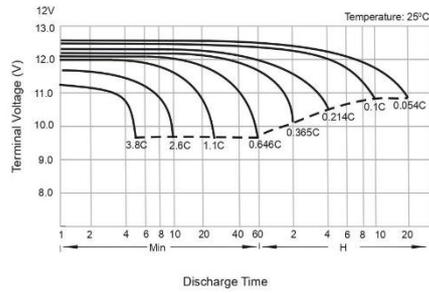
Constant Current Discharge / Constant Power Discharge At 25°C (Amperes & Watts/Cell)

A = Amperes W = Watts

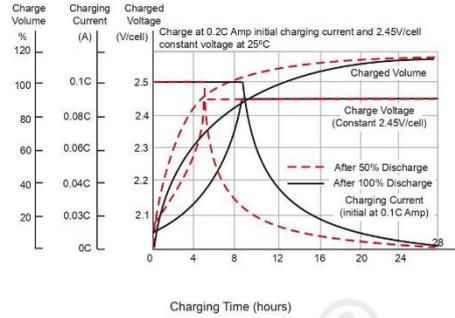
F.V/TIME	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	2 hours	3 hours	4 hours	5 hours	6 hours	8 hours	10 hours	20 hours
1.85V/cell	55.6 103.8	46.8 88.3	40.9 78.0	29.4 56.6	23.4 45.2	19.0 36.8	11.8 23.0	9.19 18.0	7.44 14.6	6.05 11.9	5.28 10.42	4.67 8.52	3.59 7.11	2.02 4.04
1.80V/cell	71.1 130.9	56.6 105.1	48.4 90.8	34.7 65.9	27.2 52.2	21.3 41.0	12.9 24.9	9.89 19.2	7.95 15.5	6.49 12.7	5.66 11.14	4.68 9.02	4.50 7.52	2.34 4.07
1.75V/cell	78.1 142.0	61.8 113.6	52.0 96.8	36.1 68.1	28.2 53.9	22.2 42.7	13.3 25.8	10.1 19.5	8.12 15.8	6.67 13.0	5.81 11.43	4.69 9.17	4.54 7.59	2.36 4.10
1.70V/cell	85.1 152.6	66.0 120.4	54.7 101.2	37.5 70.6	29.3 55.9	22.9 44.0	13.9 26.7	10.4 20.0	8.34 16.2	6.83 13.3	5.94 11.65	4.71 9.29	4.58 7.66	2.39 4.18
1.65V/cell	91.9 163.6	70.1 127.2	58.1 107.0	39.6 74.2	30.1 57.1	23.7 45.3	14.3 27.4	10.8 20.8	8.63 16.7	7.02 13.7	6.06 11.89	4.79 9.43	4.63 7.81	2.42 4.22
1.60V/cell	99.8 174.6	75.0 134.4	61.9 112.8	41.8 77.5	31.4 58.9	24.5 46.5	14.7 28.1	11.1 21.4	8.90 17.2	7.25 14.1	6.20 12.12	4.83 9.51	4.65 7.89	2.43 4.24



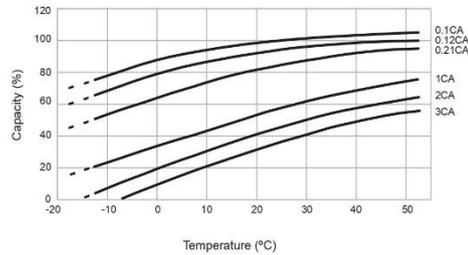
Discharge Characteristics



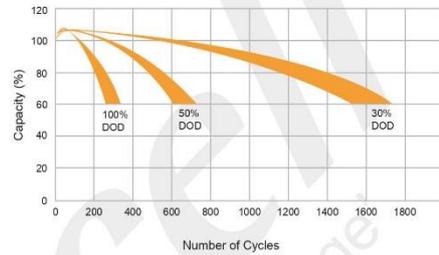
Float Charging Characteristics



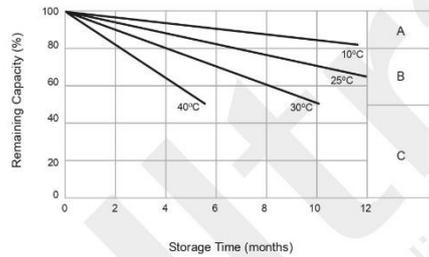
Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



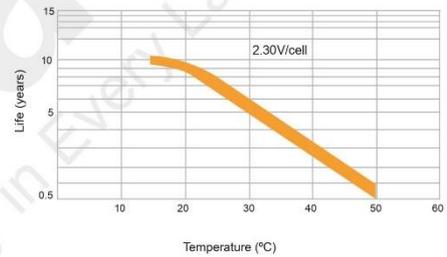
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



General Relation of Capacity vs. Storage Time



Floating Life on Temperature



General Relation of Capacity vs. Storage Time (Notes)

- A) No supplementary charge required.
(Carryout supplementary charge before use if 100% capacity is required.)
- B) Supplementary charge required before use. Optional charging way as below:
 1. Charged for above 3 days at limited current 0.25CA and constant voltage 2.25V/cell.
 2. Charged for above 20 hours at limited current 0.25CA and constant voltage 2.45V/cell.
 3. Charged for 8 ~ 10 hours at limited current 0.05 CA.
- C) Supplementary charge may often fail to recover the capacity.
The battery should never be left standing till this is reached.

Anexo 4: Amperaje que soporta los conductores



ILUMEYCO SRL
 SOLUCIONES ELECTRICAS Y DE ENERGIA
 SABANA LARGA NO. 160
 REPARTO OQUET, SANTIAGO REP. DOM.
 Tel: 809-583-4255
 Email: info@ilumeyco.com

TABLA DE AMPACIDAD PARA CABLE DE COBRE Y ALUMINIO (AWG/ MCM)						
AMPACIDAD DE THW, THHN- THWN,XHHW A UNA TEMPERATURA DE 75 C.			NÚMERO MÁXIMO DE 3 ALAMBRES EN UNA TUBERÍA METÁLICA		CAÍDA DE VOLTAJE POR CADA 100 PIES DE CABLE DE COBRE A UN 80% P.F	
			DIÁMETRO DE LA TUBERÍA METÁLICA			
CALIBRE DEL CABLE (AWG/MCM)	COBRE	ALUMINIO	THW (PULGADAS)	THHN- THWN,XHHW (PULGADAS)	CIRCUITO MONOFÁSICO (VOLTS/AMP)	CIRCUITO TRIFÁSICO (VOLTS/AMP)
14 AWG	20 A	-	1/2	1/2	0.4762	0.4167
12 AWG	25 A	20 A	1/2	1/2	0.3125	0.2632
10 AWG	35 A	30 A	1/2	1/2	0.1961	0.1677
8 AWG	50 A	40 A	3/4	1/2	0.1250	0.1087
6 AWG	65 A	50 A	1	3/4	0.0833	0.0714
4 AWG	85 A	65 A	1	1	0.0538	0.0463
2 AWG	115 A	90 A	1 1/4	1	0.0370	0.0323
1/0 AWG	150 A	120 A	1 1/2	1 1/4	0.0269	0.0231
2/0 AWG	175 A	135 A	1 1/2	1 1/2	0.0222	0.0196
3/0 AWG	200 A	155 A	2	1 1/2	0.0190	0.0163
4/0 AWG	230 A	180 A	2	2	0.0161	0.0139
250 MCM	255 A	205 A	2 1/2	2	0.0147	0.0128
300 MCM	285 A	230 A	2 1/2	2	0.0131	0.0114
350 MCM	310 A	250 A	2 1/2	2 1/2	0.0121	0.0106
400 MCM	335 A	270 A	3	2 1/2	0.0115	0.0091
500 MCM	380 A	310 A	3	3	0.0101	0.0088
600 MCM	420 A	340 A	3	3	0.0094	0.0082
700 MCM	460 A	375 A	3 1/2	3	0.0089	0.0077
750 MCM	475 A	385 A	3 1/2	3 1/2	0.0086	0.0075
1000 MCM	545 A	445 A	4	3 1/2	0.0079	0.0069



Anexo 5: Ficha Técnica del Panel Solar Monocristalino



ESPSC

Monocrystalline Solar Module

- Q High-quality**
With 72 cells and 5 bypass diodes in power classes from 380 to 400 Wp for grid connected systems.
- \$ Reliable**
The high quality level of ERA SOLAR guarantees long life-time and high earnings.
- kg Solid**
An Aluminium hollow-chamber frame on each side combined with low-iron and tempered solar glass ensures high load capacity resistance.
- Wp Performance guarantee**
ERA SOLAR grants a power guarantee of 90% of nominal power output up to 10 years and 80% up to 25 years.



WATTS
POSITIVE
TOLERANCE



10 YEARS
PRODUCT
WARRANTY



10 YEARS
PERFORMANCE
GUARANTEE 90%



25 YEARS
PERFORMANCE
GUARANTEE 80%



Zhejiang ERA Solar Technology Co., Ltd.
www.erasolar.com.cn

ERA SOLAR
Worldwide

ESPSC

Monocrystalline Solar Module

SPECIFICATIONS

Dimensions 1979 x 1002 x 40mm
Weight 22.5 kg
Frame Aluminium hollow-chamber frame on each side
Glass Low-iron and tempered glass 3.2 mm
Cells 72 pcs Mono PERC
(158.75 x 158.75 mm)
Cell Embedding EVA
Back-Foil FEVE / PET / FEVE
Junction Box TUV certified
Cable 4 mm² solar cable
2 x 600 mm
or Customized Length
Temperature Range -40°C ... +85°C
Load Capacity 5400 Pa(IEC 61215), 40mm

Application class Class A
Electrical protection class Class II
Fire safety class Class C
Product warranty 10 years
Power Guarantee 10 years 90%
25 years 80%

Packaging Configuration
(Two pallets = One stack)
27pcs/pallet, 54pcs/stack,
594pcs/40'HQ Container

CHARACTERISTICS

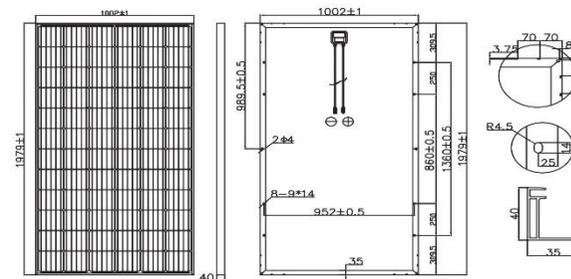
Max. System Voltage 1000V/DC
Temperature-Coefficient I_{sc} +0.02973%/°K
Temperature-Coefficient V_{oc} -0.38038%/°K
Temperature-Coefficient P_{mp} -0.57402%/°K
NOCT*** 45°C

CERTIFICATES

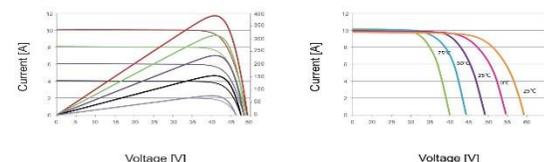
IEC 61215 edition 2 (TUV Nord)
(TUV Rheinland)
IEC 61730 MCS INMETRO
CE CEC SALT-MIST
UL1703 CSA
PID Resistant

INSURANCE

Chubb



CURRENT-VOLTAGE CURVES



ESPSC TYPE	380M	385M	390M	395M	400M
Power Class	380Wp	385Wp	390Wp	395Wp	400Wp
Max. Power Voltage (V _{mp}) [*] at STC ^{**}	40.5V	40.8V	41.1V	41.4V	41.7V
Max. Power Current (I _{mp}) at STC	9.39A	9.44A	9.49A	9.55A	9.60A
Open Circuit Voltage (V _{oc}) at STC	48.9V	49.1V	49.3V	49.5V	49.8V
Short Circuit Current (I _{sc}) at STC	9.75A	9.92A	10.12A	10.23A	10.36A
Module Efficiency	19.16%	19.42%	19.67%	19.92%	20.17%

* MPP: Maximum Power Point
** STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5
*** Normal Operating Cell Temperature



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.
© October 2019 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Anexo 6: Ficha Técnica del Regulador de Carga Solar

Solar System

PWM Solar Charge Controller



Modelo: PC1500B-60DU

PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

Características:

- En intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Introducción:

Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

LCD Información Display



1. Terminal positivo fotovoltaico
2. Terminal negativo fotovoltaico
3. Terminal positivo batería
4. Terminal negativo batería

Nº	Pulsación	Función
5.	Corta	Siguiente visualización; Incremento mientras está en ajustes
	Larga (≥3 s)	Incremento continuo mientras está en ajustes
6.	Corta	Visualización previa; Decremento mientras está en ajustes
	Larga (≥3 s)	Decremento continuo mientras está en ajustes
7.	Corta	Interruptor consumos CC; Entrar configuración / guardar
	Larga (≥3 s)	Entrar/salir menú secundario

Detalles internos



Estabilidad, gran eficiencia, integración



Diseño de circuitería optimizado

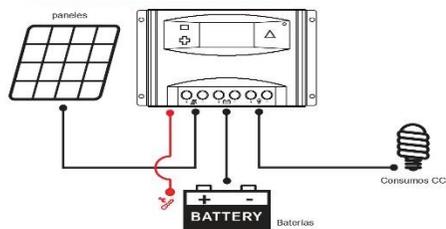


SCM Diseño robusto y fiable



Materiales de gran calidad

Conexión al sistema solar:



Funciones:



PC1500B SERIES Controladores



Modelos: PC1500B-10 y 20A

Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 10A y 20A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-30 y 40A

Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 30A y 40A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-50D / 5048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 50A
Tamaño LCD: 2.6"



Modelos: PC1500B-60D / 6048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 60A
Tamaño LCD: 2.6"

Aplicación



Sistemas portátiles, embarcaciones & recreo



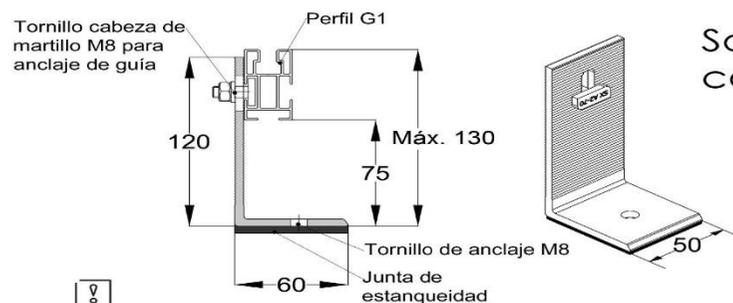
Aislada sistema solar casero



Granja solar de generación

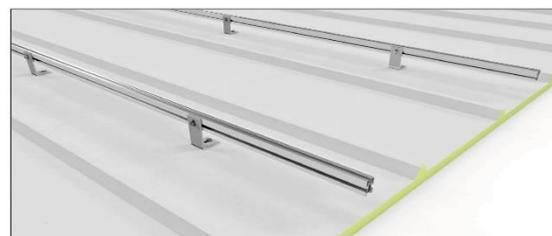
Modelo		PC1500B-10-20	PC1500B-30-40	PC1500B-50-60	PC1500B-6048D		
Entrada	Voltaje FV	≤50V				≤100V	
	Intensidad nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A
	Voltaje sistema	12/24V Auto					
	Desconexión por alto voltaje	16.00V x 1/ x 2/ x 3/ x 4 (0.5V)					
	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A
	Autoconsumo	≤13mA					
	Caída de tensión circuito carga	≤0.24V					
	Caída de tensión circuito descarga	≤0.10V					
	Salida	Modo de carga	PWM 4-etapas carga, absorción, flotación, equalización				
		Voltaje Carga Flotación	13.8V (13V-15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4				
Voltaje Carga Absorción		14.4V (13V-15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4					
Voltaje Carga Equalización		14.6V (13V-15.5V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4					
Protección Bajo Voltaje		10.7V (10V-14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4					
Reconexión Bajo Voltaje		12.8V (10V-14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4					
Características físicas	Salida USB	5V, 1A x2		No tiene			
	Sección cableado	≤8mm ²	≤16mm ²	≤16mm ²	≤16mm ²		
	Temperatura trabajo	-20°C-55°C					
	Tamaño (L x W x H)	188 x 95 x 46.5mm		196 x 111 x 54mm			
Peso neto	355g		407g				

Anexo 7: Ficha Técnica del Soporte Metálico para los Paneles

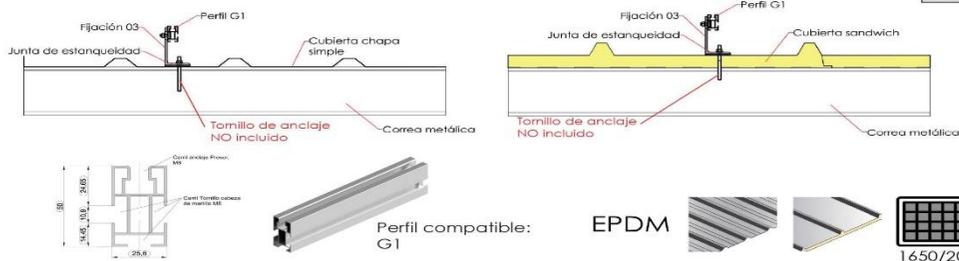


Se recomienda usar un tornillo autotaladrante punta broca máx. M8 y arandela de sellado

Soporte coplanar continuo fijación a correas para cubierta metálica



03V-03H



Válido para:

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

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



El kit incluye:

Fijaciones S03
Perfiles G1
Uniones UG1
Presores laterales
Presores centrales

Número de paneles



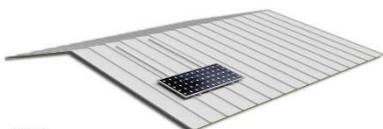
Vertical:
de 1 a 6 módulos
Horizontal:
de 1 a 3 módulos

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

Viento	150 km/h
MATERIALES	Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6
TORNILLERÍA	Tornillería acero inoxidable A2-70
-Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.	
-Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada	
Para más información consultar	



- Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
- Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.
- Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.
- Los presores no se deben apretar con máquinas de impacto.



03V
Disposición de los módulos en vertical



03H
Disposición de los módulos en horizontal



Herramientas necesarias:



Par de apriete:	
Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Seguridad:



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



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **ARRATA PARRALES DAVID ARMANDO** con C.C: # **0930892112** autor/a del trabajo de titulación: “**Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del sistema de climatización del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánico con Mención en Gestión Empresarial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 16 de septiembre del año 2021

f. _____

Nombre: **Arrata Parrales David Armando**

C.C: **0930892112**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de proyecto eléctrico fotovoltaico para consumo del sistema de climatización del área administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG		
AUTOR(ES)	ARRATA PARRALES DAVID ARMANDO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Heras Sánchez Miguel Armando, M. Sc		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de septiembre del 2021	No. DE PÁGINAS:	110
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energía Renovable, Energía Fotovoltaica, Sistema de Climatización		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Energía, Sistema Fotovoltaico, Paneles Solares, Estudio Económico, Sistema de Climatización, Consumo, Renovable.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En este trabajo de titulación del tema “Diseño de Proyecto Eléctrico Fotovoltaico para Consumo del Sistema de Climatización del Area Administrativa de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG”, se investigará la información correspondiente del tema para su mejor comprensión. En el capítulo 1 se puntualizará la descripción general del trabajo, como los objetivos del proyecto, alcance y su metodología. En el capítulo 2 es el marco teórico basado en los conceptos más importantes del proyecto para entender su buen funcionamiento. En el capítulo 3 es la sección de aportaciones que abarcará el diseño y cálculos del Sistema Fotovoltaico, también su estudio técnico económico de la inversión inicial de este proyecto para una futura implementación en la universidad. Finalmente, el proyecto beneficiará al ahorro de consumo de energía eléctrica en la universidad, reduciendo los valores de planillas y contribuirá con el medio ambiente al utilizar los paneles solares.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-0995875618 / 042369437	E-mail: david.arrata@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-67608298		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			