



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PANEL FOTOVOLTAICO
MEDIANTE UN ESTUDIO DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA
PARA UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO IMPULSADO
POR ENERGÍA SOLAR”**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: WALTER WLADIMIR RIOS PUJOS

CARLOS IVÁN TENESACA PACHECO

DIRECTOR: Msc. BOLÍVAR ALEJANDRO CUAICAL ANGULO

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Walter Wladimir Rios Pujos & Carlos Iván Tenesaca Pacheco.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Walter Wladimir Rios Pujos y Carlos Iván Tenesaca Pacheco, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de noviembre de 2019



Walter Wladimir Rios Pujos

CI: 020208186-5



Carlos Iván Tenesaca Pacheco

CI: 030214245-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PANEL FOTOVOLTAICO MEDIANTE UN ESTUDIO DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA PARA UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO IMPULSADO POR ENERGÍA SOLAR”**, realizado por los señores: **WALTER WLADIMIR RIOS PUJOS** y **CARLOS IVÁN TENESACA PACHECO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	12-Julio del 2019
Msc. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION	 _____	12 Julio del-2019
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano MIEMBRO DE TRIBUNAL	 _____	12- Julio del 2019

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro, DIOS por haberme dado la dicha de la vida ya que gracias a su voluntad me ha permitido cumplir con una de mis metas propuestas.

A mi madrecita querida Rosita Pujos por ser la fuente principal de inspiración por ser ejemplo constante de sacrificio y perseverancia, por llenarme de valores, consejos, amor, guiándome por el camino del bien, la unidad de la familia como pilar fundamental; gracias a su humildad y apoyo incondicional heredo la mejor riqueza que es la educación por los ánimos que me dio para la formación tanto profesional como personal.

Walter Wladimir Rios Pujos

Esta tesis está dedicada a mi padre, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. También está dedicado a mi madre, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez.

Carlos Iván Tenesaca Pacheco

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Primeramente agradecer a Dios, a mis padres por permitirme cumplir con una meta más de mi vida, gracias a su apoyo, confianza que sin su ayuda no hubiera alcanzado la meta anhelada.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; a sus Docentes quienes gracias a su profesionalismo que me impartieron sus conocimientos y experiencias, formándome de la manera más adecuada para poder desarrollarme en el campo laboral.

Walter Wladimir Rios Pujos

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, tristes. Estas palabras son para ustedes. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido.

No tengo palabras para agradecerles las incontables veces q me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas y otras malas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano.

Carlos Iván Tenesaca Pacheco

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO

1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1 Problematización	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Alcance.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 <i>Objetivo general.</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos:</i>	4
1.5 Marco Teórico.....	4
1.5.1 <i>Energías Renovables.</i>	4
1.5.2 <i>El efecto fotoeléctrico.</i>	5
1.5.3 <i>Conductores, aislantes y semiconductores</i>	6
1.5.4 <i>Célula fotovoltaica.</i>	7
1.5.5 <i>Panel solar</i>	9

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA.....	26
2.1 Árbol de problemas	26
2.2 Diseño metodológico	26
2.2.1 <i>Procedimiento de diseño aerodinámico de la cubierta del vehículo.</i>	27
2.2.2 <i>Procedimiento de diseño de la matriz fotovoltaica.</i>	28
2.3 Especificaciones de diseño para la estructura de soporte	29
2.3.1 <i>Especificaciones de diseño del soporte delantero</i>	29
2.3.2 <i>Especificaciones de diseño del soporte posterior.</i>	30
2.3.3 <i>Especificaciones de diseño del soporte posterior.</i>	30
2.4 Especificaciones de diseño para la cubierta de los soportes.....	30
2.4.1 <i>Especificaciones de la cubierta delantera</i>	30

2.4.2	<i>Especificaciones de diseño de la cubierta posterior.</i>	31
2.4.3	<i>Especificaciones de diseño de la cubierta central.</i>	31
2.4.4	<i>Especificaciones de diseño del panel fotovoltaico.</i>	31
2.4.5	<i>Especificación del peso total del sistema fotovoltaico.</i>	32
2.5	Matriz de involucrados	32

CAPÍTULO III

3.	IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CARGA	33
3.1	Análisis aerodinámico sobre la cubierta de policarbonato.	33
3.1.1	<i>Elección de variables para un diseño óptimo.</i>	33
3.1.2	<i>Modelación 3D de la cubierta.</i>	33
3.1.3	<i>Obtención de resultados del análisis aerodinámico.</i>	34
3.1.4	<i>Selección del perfil estructural adecuado para los soportes de la cubierta.</i>	36
3.2	Diseño de la matriz fotovoltaica.	38
3.2.1	<i>Determinación de parámetros de funcionamiento de la matriz fotovoltaica.</i>	38
3.2.2	<i>Determinación teórica de eficiencia de carga de la matriz fotovoltaica.</i>	38
3.2.3	<i>Selección de tecnología de captación de energía y controlador de carga adecuado.</i>	42
3.2.4	<i>Implementación del sistema de carga en el prototipo.</i>	43
3.2.5	<i>Pruebas Fotovoltaicas.</i>	44
3.3	Presupuesto	48
	CONCLUSIONES	50
	RECOMENDACIONES	51

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Pérdidas de radiación.....	23
Tabla 2-1: Diseño Metodológico.....	27
Tabla 2-2: Especificaciones del soporte delantero.....	29
Tabla 3-2: Especificaciones soporte posterior	30
Tabla 4-2: Especificaciones soporte central.....	30
Tabla 5-2: Especificaciones cubierta delantera.....	30
Tabla 6-2: Especificaciones cubierta posterior.	31
Tabla 7-2: Especificaciones Cubierta central.....	31
Tabla 8-2: Especificaciones Panel Fotovoltaico	31
Tabla 9-2: Peso total del sistema fotovoltaico.	32
Tabla 10-2: Matriz de involucrados.....	32
Tabla 1-3: Características topográficas del sitio escogido.....	39
Tabla 2-3: Características de un panel fotovoltaico.....	43
Tabla 3-3: Costos de los componentes del sistema fotovoltaico.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Efecto Termoeléctrico.....	5
Figura 2-1: Célula Solar Fotovoltaica.....	7
Figura 3-1: Célula monocristalina de silicio.....	8
Figura 4-1: Célula monocristalina de silicio.....	8
Figura 5-1: Panel solar flexible.....	9
Figura 6-1: Estructura convencional de un panel fotovoltaico	9
Figura 7-1: Curva intensidad de corriente por voltaje	10
Figura 8-1: Curva intensidad vs voltaje	11
Figura 9-1: Curva (I-V) en función de la máxima potencia.....	12
Figura 10-1: Conexión de paneles solares en serie	13
Figura 11-1: Conexión de paneles solares en paralelo.....	13
Figura 12-1: Conexión de paneles solares mixta en serie y paralelo.	14
Figura 13-1: SFVA conectado directo a una carga.....	15
Figura 14-1: SFVA conectado mediante un convertidor	15
Figura 15-1: SFVA conectado mediante un regulador de carga.....	16
Figura 16-1: SFVA ideal para un óptimo funcionamiento.	16
Figura 17-1: Regulador de carga.....	17
Figura 18-1: Piranómetro.....	19
Figura 19-1: Insolación en el ecuador en el año 2008	21
Figura 20-1: Ángulo de azimut e inclinación de un panel fotovoltaico.....	23
Figura 1-2: Árbol de problema.....	26
Figura 2-2: Diseño aerodinámico cubierta.....	27
Figura 3-2: Diseño matriz fotovoltaica.....	28
Figura 1-3: modelación de la cubierta en solidworks	33
Figura 2-3: Presión del aire sobre la cubierta.	34
Figura 3-3: Líneas de flujo.....	35
Figura 4-3: Concentración de esfuerzos sobre la cubierta.	35
Figura 5-3: Deformación elástica de la cubierta.....	36
Figura 6-3: Factor de seguridad de la cubierta.....	36
Figura 7-3: Ensamblaje estructura soporte de aluminio.	37
Figura 8-3: Montaje cubierta policarbonato.	38
Figura 9-3: Esquema conexión del pirómetro.....	38
Figura 10-3: Obtención de datos de radiación.....	39

Figura 11-3: Mapa de la ciudad de Riobamba	39
Figura 12-3: Montaje paneles solares.	43
Figura 13-3: Instalación controlador de carga.	44
Figura 14-3: Medición de voltaje.....	45
Figura 15-3: Medición del amperaje del panel fotovoltaico en corto circuito.	46
Figura 16-3: Conexión matriz fotovoltaica, controlador de carga y banco de baterías.	47
Figura 17-3: Potencia del sistema de carga.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Arreglo fotovoltaico 54V 13.5A.

Anexo B: Datos de radiación global obtenidos en el mes de octubre del 2018.

Anexo C: Catalogo aluminio estructural.

Anexo D: Valor k según latitud y mes del año.

Anexo E: Especificaciones regulador de carga 48V-80A.

Anexo F: Especificaciones panel solar.

SIMBOLOGÍA

SIMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
I	Intensidad de Corriente	A
C_e	Capacidad de energía disponible	$\frac{kW \cdot h}{día}$
E_n	Eficiencia nominal	Adimensional
G	Irradiación	W/m^2
V	Voltios	V
Vs	Voltaje o tensión del sistema	V
A_p	Área del panel	m^2
\bar{H}_T	Medida mensual de radiación diaria sobre la superficie del Módulo fotovoltaico	$\frac{W \cdot h}{m^2 \cdot día}$
HS	Medida mensual diaria de radiación sobre una superficie horizontal	$\frac{W}{m^2}$
\bar{H}	Media mensual de radiación sobre una superficie horizontal	$\frac{W}{m^2}$
k	Latitud del lugar de estudio	Adimensional
D_e	Demanda energética	$\left[\frac{KWh}{m^2 \cdot día} \right]$
T_{eu}	Tiempo estimado de uso	$\left[\frac{h}{día} \right]$
C_i	Capacidad instalada	$\left[\frac{KW}{m^2} \right]$
n_{temp}	Rendimiento por funcionamiento a temperaturas diferentes	%
C_T	Coefficiente de variación de la potencia por funcionamiento a temperaturas diferentes.	Adimensional
T_C	Temperatura de la celda a una irradiación de $1000 W/m^2$	$^{\circ}C$
T_a	Temperatura ambiente	$^{\circ}C$
NOCT	Temperatura de operación normal de la celda	$^{\circ}C$

LISTA DE ABREVIACIONES

FV	Fotovoltaico
SFVA	Sistema fotovoltaico aislado
DC	corriente indirecta
AC	Corriente alterna
VDC	Voltaje corriente directa
AS	Auto Solar
PR	Rendimiento del panel

RESUMEN

Se realizó la implementación de un panel fotovoltaico mediante un estudio de captación de energía para un Con la finalidad de obtener datos de radiación disponible se realizó un estudio en la ciudad de Riobamba en el mes de octubre del 2018, con la obtención de estos datos se procedió a implementar un sistema de captación de energía, por medio de módulos solares, estos se los escogió verificando que sean los de mejor rendimiento en el mercado cumpliendo con los requerimientos de consumo de energía para así poner en funcionamiento un prototipo de vehículo impulsado por energía solar, teniendo en cuenta los parámetros de diseño del arreglo fotovoltaico que está limitado por el área disponible del vehículo eléctrico, a través de ciertos cálculos se obtiene, demanda energética que está en función de la capacidad instalada , radiación sobre una superficie inclinada que está en función de la latitud del lugar de estudio , horas de sol, rendimiento global del sistema fotovoltaico que está en función de la eficiencia de pérdidas por suciedad, cables de conexión, regulador de carga, potencia pico del sistema fotovoltaico, numero de celdas a utilizar. Con la obtención de estos valores se puede determinar la eficiencia real de la matriz fotovoltaica. Se puede considerar para la mejor obtención de datos de radiación solar instalar el dispositivo de medición correctamente, para así obtener datos confiables.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <ENERGÍA>, <PROTOTIPO>, <RADIACIÓN>, <SISTEMA>, <CAPTACIÓN>, <FOTOVOLTAICO>, <POTENCIA>, <EFICIENCIA>.



ABSTRACT

The implementation of a photovoltaic panel was carried out. In order to obtain the radiation data, it has been converted into a study in the city of Riobamba in October 2018, with the obtaining of these data an energy capture system has been implemented, in the middle of the solar modules, they have selected the best performance in the market meeting the requirements of energy consumption to put into operation a prototype vehicle powered by solar energy, taking into account the design parameters of the photovoltaic array that is limited by the available area of the electric vehicle, through certain calculations is obtained, energy demand that is a function of the installed capacity, radiation on an inclined surface that is a function of the latitude of the place of study, hours of sum, overall performance of the photovoltaic system that is a function of the efficiency of losses due to dirt, connection cables, charge regulator, peak power of the photovoltaic system, number of cells to be used. By obtaining these values, the real efficiency of the photovoltaic matrix can be determined. It is recommended to consider installing the measuring device correctly, in order to obtain reliable data for the best obtaining of solar radiation data.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <ENERGY>, <PROTOTYPE>, <RADIATION>, <SYSTEM>, <CAPTATION>, <PHOTOVOLTAIC>, <POWER>, <EFFICIENCY>.



INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto de investigación tiene como propósito la ampliación de conocimiento sobre energía solar, para la cual se efectúa un sistema de captación de energía, por medio de módulos solares para así poner en funcionamiento un vehículo eléctrico.

El sol es una fuente inagotable de riquezas para el hombre. Suministra energía limpia, abundante y utilizable en la mayor parte de la superficie terrestre y puede, por lo tanto, contribuir a la depreciación de problemas ambientales generados por los combustibles fósiles, como el petróleo, y de otras alternativas energéticas. Sin embargo, a pesar de los adelantos tecnológicos de las últimas décadas, la explotación de esta opción ha sido casi nula. (Salgado, 2008)

La disponibilidad de energía en el mundo se ha transformado en un problema crucial, dado que la gran mayoría de los países, tanto en vías de desarrollo como los industrializados, se ven afectados por la progresiva demanda requerida para satisfacer sus fines económicas y sociales (Salgado, 2008).

La generación de este tipo de energía en nuestros tiempos es uno de los más transparentes que se conoce hasta la fecha, gracias a su simplicidad de cambiar la energía proveniente del sol en forma de fotones en energía eléctrica, una de las grandes ventajas de este tipo de conversión de energía es, que, no genera desechos nocivos al medio ambiente.

El beneficio de este tipo de energía en el campo automotriz es limitado, ya que el coste de implementación de esta tecnología es mucho mayor en comparación con el sistema convencional que utilizan los automóviles, pero cabe reiterar que la implementación de sistemas solares en vehículos ha crecido en comparación a años anteriores, esto aplicado a vehículos híbridos que combinan la producción de la energía solar y de hidrocarburos.

Un vehículo eléctrico es una poderosa herramienta que permitirá controlar las emisiones de CO₂ Y otros contaminantes producidas por la actividad del transporte. (SITIOSOLAR, 2013)

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Problematización

La contaminación ambiental que se deriva del uso indiscriminado de combustibles fósiles es el principal inconveniente que aqueja a la sociedad a nivel mundial esto consiste en que la combustión de estos combustibles crea contaminación atmosférica, y provoca el calentamiento global.

El uso de este tipo de energía alternativa es casi nulo en el país por la falta de conocimiento, escepticismo, el costo elevado para implementar esta tecnología y poco incentivo por parte del estado.

La Carrera de Ingeniería Automotriz de la facultad de Mecánica de la ESPOCH, no ha participado dentro de competencias de innovación tecnológica ya que no cuenta con este tipo de prototipos por los inconvenientes de las limitaciones como, recursos económicos y conocimiento. Por lo que se ha decidido implementar un tipo de panel fotovoltaico necesario para colocar en funcionamiento un vehículo solar, con las respectivas especificaciones que los organizadores requieren para esta carrera.

1.2 Justificación

El uso de energía solar desde tiempos remotos ha sido aprovechado por el ser humano como fuente de luz y calor a tal punto que la evolución de la tecnología ha consentido captar este tipo de energía mediante colectores solares, permitiendo formar una serie de aplicaciones , en este caso en el campo de Ingeniería Automotriz aprovechando este fenómeno de la naturaleza se procede a la implementación de un panel solar con su respectivo regulador de carga para un vehículo solar, con la finalidad que la ESPOCH participe en la carrera WORLD SOLAR CHALLENGE, cuya actividad se efectúa cada 2 años en la cual universidades a nivel mundial se reúnen para presentar lo último en vehículos solares; motivada la misma por la creciente necesidad de la utilización de energías alternativas para el movimiento de vehículos , en este caso

se emprende con prototipos de vehículos ligeros, cuya tecnología que puede ser implementada que posteriormente en vehículos de mayor peso y potencia, de ahí que las universidades y escuelas de Educación Superior empiecen a diseñar y elaborar vehículos con este tipo de características que proponen un medio de transportación para el porvenir.

La carrera motiva la creatividad diseño y el estudio de este tipo de tecnología que es la energía del futuro, se pretende construir un prototipo de vehículo que alcancen un nivel alto de calidad puesto que la carrera WORLD SOLAR CHALLENGE consta de más de 2600 kilómetros.

La Ingeniería Automotriz es una rama de la ingeniería, que incorpora elementos de mecánica, electricidad, electrónica, mantenimiento y seguridad que se emplean al diseño, fabricación y funcionamiento de motocicletas, automóviles, autobuses, camiones, maquinaria pesada y sus respectivos subsistemas. El programa de Ingeniero Automotriz en la ESPOCH está enfocado a la ingeniería de producto (diseño y validación), diagnóstico, repotenciación, mantenimiento, manufactura y electrónica automotriz. (Chimborazo, 2012)

1.3 Alcance

Los resultados esperados de este trabajo de titulación se detallan a continuación:

- Dimensionamiento del sistema de captación de energía respecto a la demanda energética que requiere el prototipo.
- Obtención de datos de captación de energía.
- Implementación de los paneles solares en un vehículo impulsado por energía solar.
- Disminución de la contaminación ambiental.
- Generar iniciativa y creatividad en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Implementar un panel fotovoltaico mediante un estudio de Captación de energía para un prototipo de vehículo impulsado por energía solar.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Analizar características de los componentes del vehículo solar, recopilando información, para la implementación de esta tecnología en el vehículo solar.
- Seleccionar el tipo de panel solar conveniente que cumpla con las especificaciones requeridas por los organizadores de la carrera, realizando cotizaciones para elegir la mejor propuesta.
- Realizar las pruebas respectivas mediante captación de energía para calcular su rendimiento y eficiencia a fin de verificar su efectividad.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Energías Renovables.

Las energías renovables son aquellas que se producen de manera perpetua y son inagotables a escala humana. Además, tienen la ventaja adicional de poder complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas. Son respetuosas con el medio ambiente, y aunque ocasionen efectos negativos sobre el entorno, son mucho menores que los impactos ambientales de las energías convencionales. (Formación, 2010)

1.5.1.1 El sol como fuente de energética.

El sol es la estrella más próxima a la Tierra. Tiene un radio de unos 700.000 km y una masa de 2×10^{30} kg, unas 330.000 veces la de la Tierra. A su alrededor giran los planetas del sistema solar, aunque él concentra el 99% de la masa del mismo. Su densidad es $1,41 \times 10^3$ kg/m³. La temperatura de su superficie ronda los 6.000 °C, aunque es algo menor en las sombras solares (alrededor de los 4.800°C). (Maza, 2008)

1.5.1.2 Fotones.

La teoría cuántica aplicada a la radiación electromagnética y en particular a la radiación electromagnética solar, explica que dicha radiación se configura de una forma peculiar,

pudiéndose tratar en una primera visión muy simplificada, como un conjunto formado por un elevadísimo número de agrupamientos energéticos discretos denominados fotones. (Progenssa, 2009)

1.5.2 El efecto fotoeléctrico.

Se define como efecto fotoeléctrico a la aparición de una corriente eléctrica en ciertos materiales cuando estos se ven iluminados por radiación electromagnética, sin que sea obligatorio que aparezca o intervenga ningún efecto mecánico o físico. (Salgado, 2008)

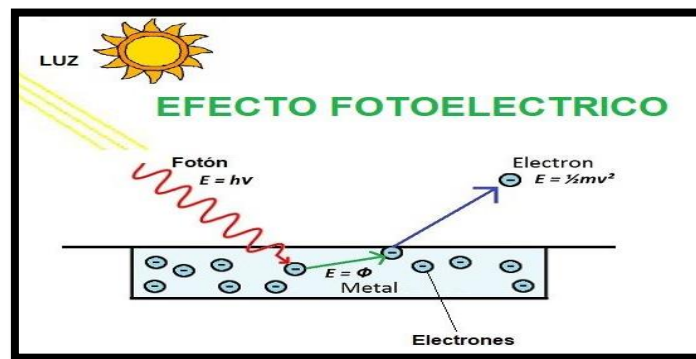


Figura 1-1: Efecto Termoeléctrico

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectronico.html>

1.5.2.1 Interpretación cuántica del efecto fotoeléctrico.

La electricidad no es otra cosa que un flujo de electrones, partículas de carga negativa que envuelven al núcleo atómico. El hecho de que estos flujos eléctricos pudieran ser producidos en cristales de algunos materiales por la incidencia de luz era conocido pero a la vez un misterio. En 1905 Albert Einstein descubrió que, en determinadas circunstancias, las partículas de luz (los fotones) golpeaban a los electrones de un material al incidir sobre él, hasta alcanzar a liberarlos de sus átomos, permitiéndoles desde ese instante correr libres en forma de corriente eléctrica. La energía con la que cuentan los fotones de luz es una característica que viene dada por la longitud de onda de la luz. Si un fotón aporta su energía a un electrón, y éste pasa a tener mayor energía que la que le mantiene vinculado al núcleo del átomo, es decir, si el fotón incide tiene mayor energía que la que une al electrón con el átomo, entonces el electrón puede ser extraído del material. Si, por el contrario, la energía del fotón es demasiado pequeña, el electrón será incapaz de la superficie del material. (Salgado, 2008 págs. 61-62)

1.5.3 Conductores, aislantes y semiconductores

Se sabemos, la materia está compuesta por átomos, los cuales están formados por dos partes bien diferenciadas; el núcleo, dotado de carga eléctrica positiva y los electrones, que giran alrededor del núcleo en diferentes bandas de energía, con carga negativa que compensa al núcleo. Este conjunto, en condiciones normales, se mantiene estable y es eléctricamente neutro. (Maza, 2008)

A los electrones de la última capa se les ha dado el nombre de electrones de valencia y tienen la característica de poder relacionarse con otros similares, formando una red cristalina. En base al comportamiento de los electrones de esta última capa (o bandas), se puede una división de los materiales eléctricos en: conductores, semiconductores y aislantes. (Maza, 2008)

Dado que el fenómeno fotovoltaico tiene lugar dentro de un semiconductor, es necesario entender que hace un material sea un buen conductor, un buen aislante (no conductor) y, por último, un semiconductor. (Maza, 2008 pág. 31)

1.5.3.1 Conductores.

El cobre, aluminio o el grafito, en este tipo de materiales los electrones de la banda externa tienen mucha movilidad, y pasan de átomo a átomo, a una temperatura ambiente. Bajo la acción de un campo eléctrico (voltaje entre los extremos), la fuerza dada los instala en movimiento. (Maza, 2008)

1.5.3.2 Aislantes.

Este tipo de materiales, como el vidrio, diamante o la porcelana, aún con elevados valores del campo eléctrico (altos voltajes, el impulso que se ejerce sobre los electrones de la órbita externa no es suficiente para desplazarlos y establecer una corriente, ya que su movilidad es prácticamente nula. (Maza, 2008)

1.5.3.3 Semiconductores.

Si en un cristal de este tipo logramos incorporar átomos de otras sustancias (impurezas), aunque sea en proporciones muy pequeñas, la conductividad de estos materiales cambia drásticamente, convirtiéndolos en materiales que tienen un valor de conductividad que los ubican entre los aislantes y los conductores de corriente. (Maza, 2008)

1.5.3.4 Principios de conversión fotovoltaica.

Los semiconductores son utilizados en la fabricación de las celdas solares porque la energía que liga a los electrones de valencia al núcleo es similar a la energía que poseen los fotones que constituyen la luz solar. Por lo tanto, cuando la luz solar incide sobre el semiconductor

(generalmente silícico), sus fotones abastecen la cantidad de energía necesaria a los electrones de valencia para que se rompan los enlaces y queden libres para circular por el material. Por cada electrón que se libera, aparece un hueco. Dichos huecos se comportan como partículas con carga positiva (+). Cuando en el semiconductor se generan pares electrón- hueco debido a la absorción de la luz, se dice que hay foto generación de portadores de carga negativos y positivos, lo cuales auxilian a disminuir la resistencia eléctrica del material. Este es el principio básico de operación de las fotorresistencias. Cuando la radiación luminosa en forma de fotones es absorbida por los semiconductores se generan, en abundancia de su concentración en equilibrio, pares de portadores de carga eléctrica, electrones y huecos, los cuales deben ser alejados para poder usar la energía de los fotones, viajan bajo un gradiente de concentración hacia la unión en donde son apartados por efecto del campo eléctrico. Esta separación envía electrones foto generados a la capa n y huecos foto generados a la capa p, creándose una diferencia de potencial entre las superficies superior e inferior de las capas. (Maza, 2008 pág. 37)

1.5.4 Célula fotovoltaica.

Una célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una lámina de material semiconductor, cuyo grosor varía entre los 0.25mm y los 0.35mm, generalmente de forma cuadrada, con una superficie de aproximadamente 1m². cada célula fotovoltaica se arregla de una delgada capa de material tipo “n” y otra de mayor espesor de material tipo “p”. (Formación, 2010)

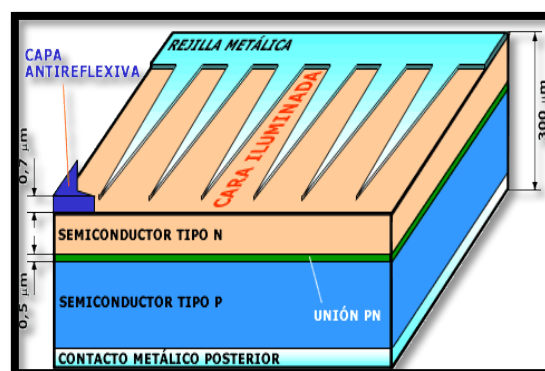


Figura 2-1: Célula Solar Fotovoltaica

Fuente: <https://cutt.ly/GF7sNU>

Cuando la luz incide sobre la célula los fotones rompen el par electrón hueco. El campo eléctrico de la unión los aparta para evitar que se recombinen, llevando los electrones a la zona “n” y los huecos a la zona “p”. Mediante un conductor externo, se conecta a la capa negativa a la positiva, generándose así un flujo de electrones (corriente eléctrica) de la zona “p” a la zona “n” (Formación, 2010)

1.5.4.1 Célula fotovoltaica monocristalina de silicio.

Este tipo de células (mono-si), tienen una alta pureza en silicio, son fabricadas de forma cilíndrica, para optimizar el rendimiento y reducir los costes de cada celda ya que están muy bien ordenadas, este tipo de celdas posee la mayor tasa de eficiencia que oscila entre el 15% y 21%, su vida útil es de hasta 25 años. (Costalago., 2002)



Figura 3-1: Célula monocristalina de silicio

Fuente: <https://cutt.ly/sF7f5W>

1.5.4.2 Célula fotovoltaica policristalina de silicio.

La primera célula solar policristalina de silicio surgió en el mercado en 1981. A diferencia de la célula monocristalina, su fabricación es más simple, el silicio se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas, esto conlleva a un menor precio y se necesita una menor cantidad de silicio para su manufacturación, tienen una eficiencia de entre 13% y 16%, (Costalago., 2002)

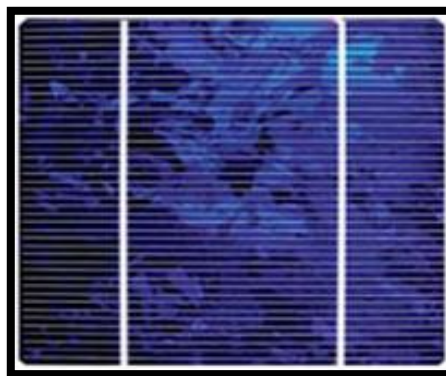


Figura 4-1: Célula monocristalina de silicio

Fuente: <https://cutt.ly/WF7g8b>

1.5.5 Panel solar

Es un dispositivo que utiliza para aprovechar la energía solar, los paneles solares fotovoltaicos contienen un cierto número de células solares ya sean, monocristalinas o policristalinas que convierten la luz en electricidad, específicamente en corriente continua.



Figura 5-1: Panel solar flexible
Fuente: <https://cutt.ly/SF7kOH>

1.5.5.1 Estructura del panel fotovoltaico

Estos están formados por los siguientes elementos: cubierta frontal, material encapsulante, células solares, uniones eléctricas, cubierta posterior, y marco metálico.

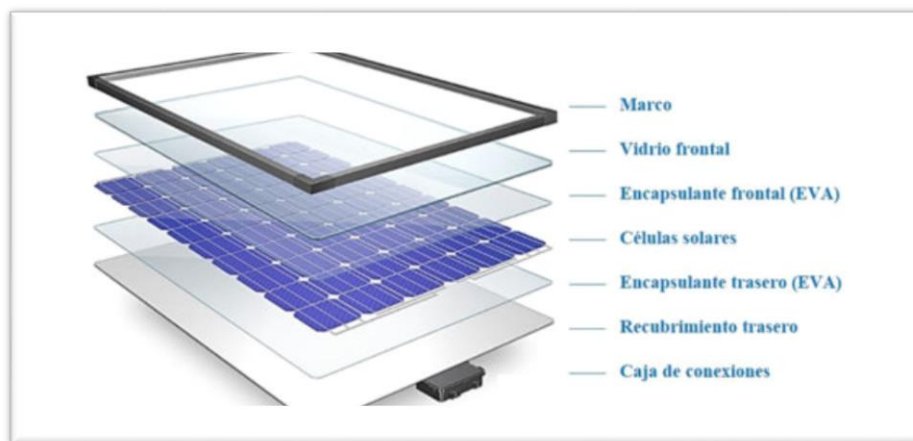


Figura 6-1: Estructura convencional de un panel fotovoltaico
Fuente: <https://www.yanopagoluz.mx/blog/wp-content/uploads/2018/09/componentes-604x270.jpg>

1.5.5.2 Características eléctricas de un panel fotovoltaico.

a. Curva corriente-voltaje (I-V)

Si los valores de potencia luminosa y la orientación del panel permanecen constantes, la corriente de salida de un panel fotovoltaico varía con el valor del voltaje en la carga y su temperatura de trabajo. Esto se debe a las características intrínsecas de los materiales semiconductores. La figura

1-7 muestra, en forma gráfica, la relación existe entre la corriente y el voltaje de salida para un panel fotovoltaico para cuatro temperaturas de trabajo, cuando el nivel de radiación perdura constante. (Salgado, 2008)

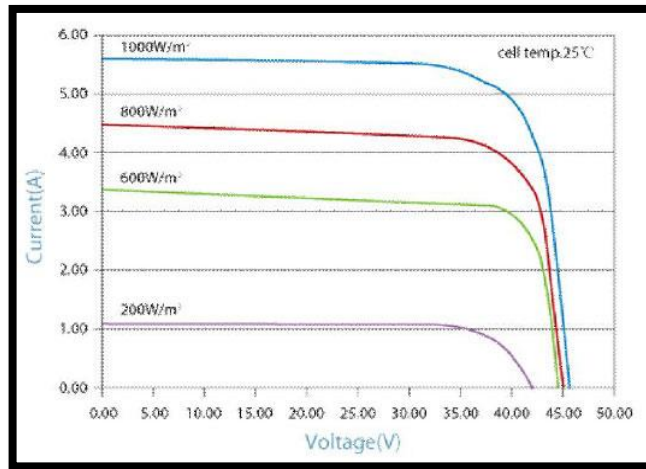


Figura 7-1: Curva intensidad de corriente por voltaje
Fuente: <http://www.supplysolarpanel.es/product/1-1-3-4b.jpg>

b. Intensidad

La intensidad de corriente que genera el panel fotovoltaico aumenta con la radiación, perseverando el voltaje aproximadamente constante. En la figura 1-7, puede verse que, para condiciones de temperatura constante, como la curva intensidad - voltaje de un panel, varían en relación al cambio de radiación solar a lo largo del día, puede estimar como la incidencia de la radiación afecta mucho más a la intensidad. (Salgado, 2008)

c. Efecto de la Temperatura

El aumento de temperatura en las células supone un incremento en la corriente, pero al mismo tiempo una disminución mucho mayor, en proporción, de la tensión, cómo muestra la figura 1-8. Esto implica que tanto la corriente de cortocircuito como el voltaje a circuito abierto se ven afectados por la temperatura de trabajo, aunque el tipo de variación, así como su magnitud porcentual son diferentes para estos dos parámetros. (Salgado, 2008)

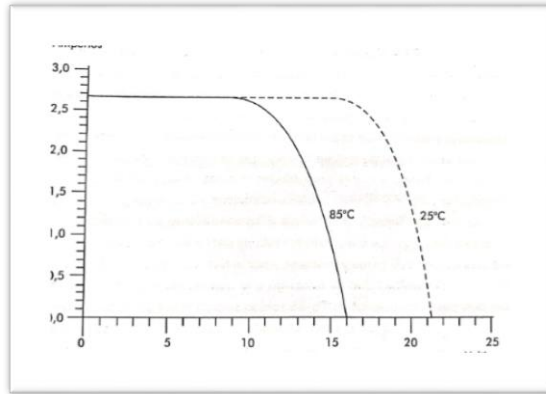


Figura 8-1: Curva intensidad vs voltaje
Fuente: (Maza, 2008)

d. Temperatura de trabajo del panel

La temperatura de trabajo que alcanza un panel FV obedece una relación lineal dada por la expresión:

$$T_1 = T_a + k * R$$

Donde:

- T_t es la temperatura del panel,
- T_a es la máxima temperatura ambiente,
- R es el valor de la radiación solar en W/m^2 ,
- k es coeficiente que varía entre 0,02 y 0,04 $^{\circ}C \cdot m^2/w$, dependiendo de la velocidad promedio del viento. (Salgado, 2008)

Cuando ésta es muy baja, o inexistente, el enfriamiento del panel es pobre o nulo, y k toma valores cercanos o iguales al máximo (0,04). Si la a promedia del viento produce un enfriamiento efectivo del panel, el valor de k será el mínimo (0,02). El valor de R entre 800 y 1.000 W/m^2 . Para locaciones con alto valor de insolación diaria se usa el valor máximo. Si existen nubes pasajeras que oprimen el valor de irradiación, el valor de R se reduce a 800 W/m^2 . El producto kR personifica el incremento de temperatura que sufre el panel sobre la máxima temperatura ambiente. (Salgado, 2008)

e. Máxima potencia de salida

Para cada condición de trabajo se puede calcular la potencia de salida del panel multiplicado los valores correspondientes al voltaje y la corriente para ese punto de la curva I-V. En particular, la potencia de salida es nula para dos puntos de trabajo: circuito abierto y cortocircuito, ya que la

corriente o el voltaje de salida es nulo. Por lo tanto, si la salida de un panel es cortocircuitada, éste no sufre daño alguno. (Salgado, 2008)

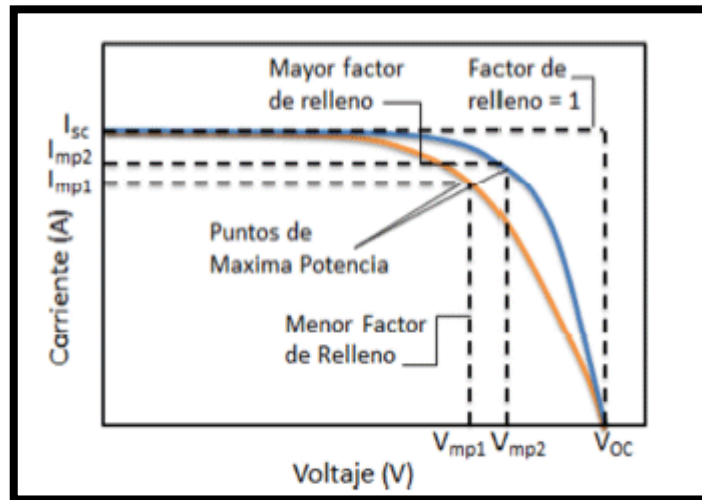


Figura 9-1: Curva (I-V) en función de la máxima potencia
Fuente: <https://cutt.ly/rF7xup>

f. Evaluación de la potencia de salida

Una vez conocido este es el valor de la temperatura de trabajo del panel puede determinarse el valor de la potencia de salida. Para ello se utiliza la expresión siguiente:

$$P_t = P_p - (P_p * \delta * \Delta T)$$

Donde:

- P_t es la potencia de salida a la temperatura de trabajo (T_t);
- P_p es la potencia pico del panel (a 25°C);
- δ es el coeficiente de degradación
- es el incremento de temperatura por sobre los 25°C , es decir:

$$\Delta T = T_t - 25^\circ\text{C} \text{ (Salgado, 2008)}$$

g. Conexión de los paneles

Un conjunto de módulos conectados entre ellos junto con el cableado, y (en su caso) los soportes de la instalación constituyen un generador fotovoltaico. La conexión de módulos fotovoltaicos sigue las reglas básicas de la electricidad. Los módulos se consiguen conectar en serie o en paralelo, con la combinación más adecuada para adquirir la corriente y el voltaje necesario para una determinada aplicación. Todos los paneles conectados deben tener las propias características eléctricas. (Maza, 2008)

h. Conexión en Serie

Se realiza en paneles solares con potencias entre los 200W y los 260W, compuestos por 60 células y para uso en instalaciones solares de 24V o 48V. Mediante la conexión en serie se conectan directamente las placas solares entre sí, enlazando el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente panel. (Solar, 2016)

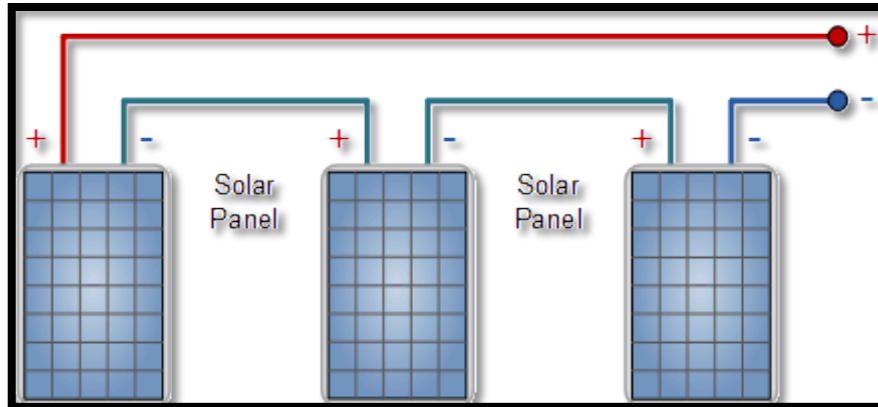


Figura 10-1: Conexión de paneles solares en serie

Fuente: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/images/stories/solar/alt105.gif>

i. Conexión en Paralelo

Se realiza enlazando por un lado todos los polos positivos de las placas de la instalación solar, por el otro, conectando todos los polos negativos. De esta forma, se conserva el voltaje o tensión (voltios) de las placas solares mientras que se suma la intensidad (amperios). (Solar, 2016)

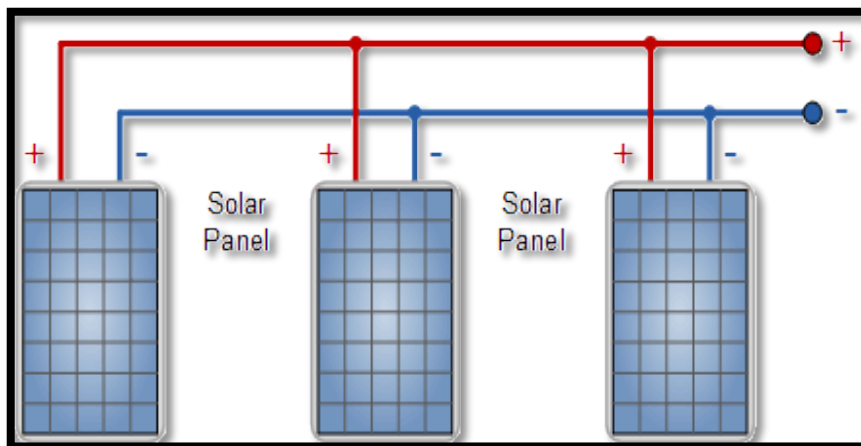


Figura 11-1: Conexión de paneles solares en paralelo

Fuente: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/images/stories/solar/alt112.gif>

j. Conexión Mixta en Serie y Paralelo.

Se suele utilizar habitualmente en instalaciones solares donde se conecten 5 o más placas solares de 60 células y potencia superior a 200W, ya que permite alcanzar un voltaje no demasiado alto y a su vez, multiplicar el amperaje total de la instalación. (Solar, 2016)

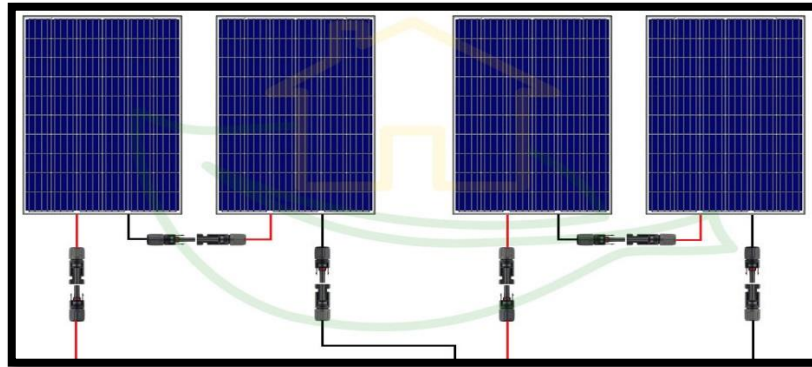


Figura 12-1: Conexión de paneles solares mixta en serie y paralelo.
Fuente: <https://autosolar.pe/images/conexion-en-serie-paralelo.jpg>

k. Sistemas Aislados.

Un sistema aislado FV es aquel que es autónomo sin la necesidad de ningún tipo de energía externa, este sistema es capaz de generar su propio suministro de energía para más tarde ser utilizado a conveniencia del mismo.

l. Características técnicas de los sistemas aislados.

Todas las instalaciones deberán cumplir con las exigencias de protecciones y seguridad de las personas dispuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o legislación posterior vigente. Como principio general, se tiene que asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico para equipos y materiales. Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad para resguardar a las personas frente a contactos directos e indirectos, especialmente en instalaciones con tensiones de operación superiores a $50 V_{RMS}$ O $120 V_{DC}$. Se recomienda la utilización de equipos y materiales de aislamiento eléctrico. Se incluirán todas protecciones necesarias para proteger a la instalación frente a cortocircuitos, sobrecargas. (Salgado, 2008 pág. 108)

m. Configuraciones típicas para las instalaciones aisladas

Los diferentes tipos de conexión que se pueden implementar en un sistema FV aislado son:

- **Configuración n° 1:** los módulos fotovoltaicos son conectados directos a la carga en corriente continua.

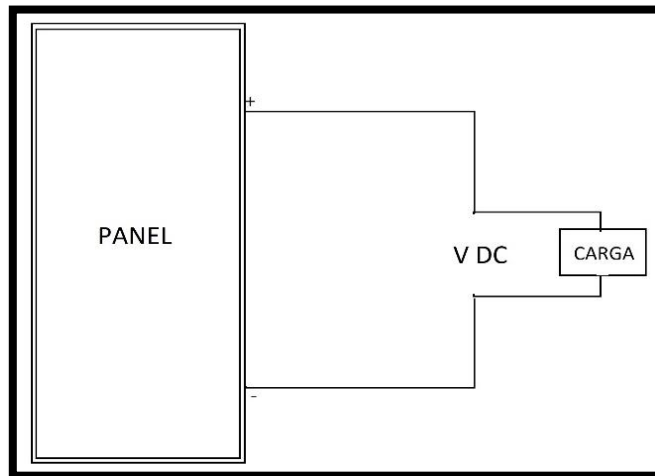


Figura 13-1: SFVA conectado directo a una carga

Fuente: Autores

- **Configuración n° 2:** En este tipo de instalaciones los módulos fotovoltaicos son acoplados a un convertidor corriente continua / corriente alterna, directamente a la carga.

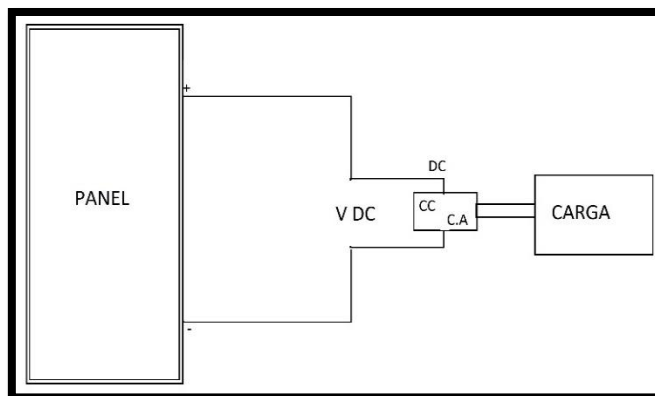


Figura 14-1: SFVA conectado mediante un convertidor

Fuente: Autores

- **Configuración n° 3:** Este tipo de sistemas están compuestas por módulos fotovoltaicos, Regulador de voltaje, acumulador y conectados a una carga de corriente continua.

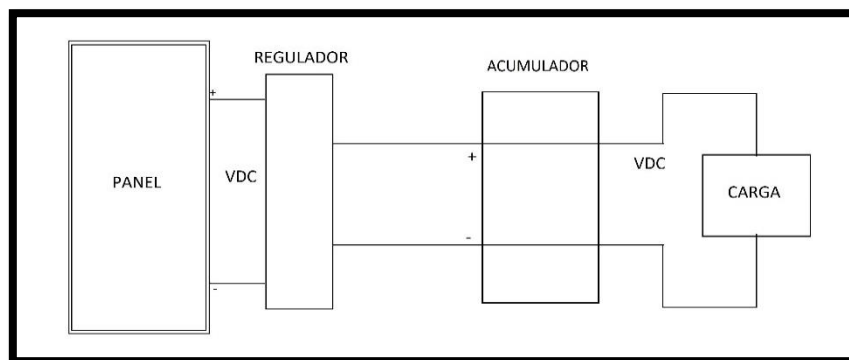


Figura 15-1: SFVA conectado mediante un regulador de carga.

Fuente: Autores

- **Configuración n° 4:** estos sistemas aislados conforman módulos fotovoltaicos, regulador, acumulador, convertidor DC/AC, conectado en corriente alterna.

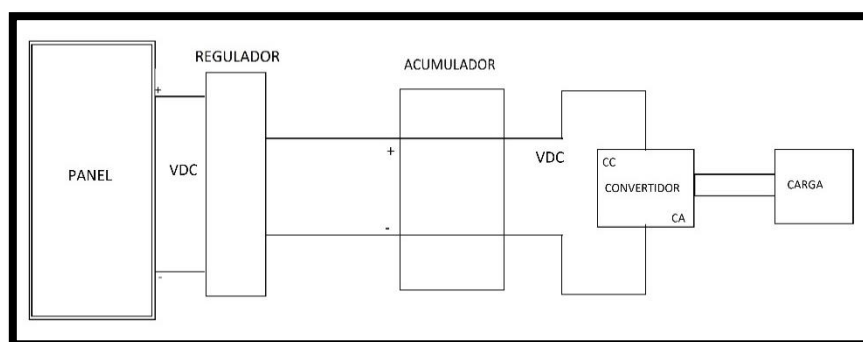


Figura 16-1: SFVA ideal para un óptimo funcionamiento.

Fuente: Autores

n. Cables de conexión

El cable de conexión representa el componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un sistema fotovoltaico. El cobre ofrece hoy día la excelente solución, a no ser que sea necesaria minimizar las pérdidas en conducciones en las que circula una intensidad de corriente muy alto, caso en el que se podrá optar por aluminio, metal que si bien posee conductividad eléctrica del orden del 60% de la del cobre es, sin embargo, un material mucho más ligero, lo que favorece un empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica. (Salgado, 2008 pág. 89)

La resistencia eléctrica de un material conductor está dada por la expresión:

$$r = \frac{\rho * L}{A}$$

Donde r representa el valor de resistividad lineal (W .m), L es la longitud del conductor (m), y A es el área de la sección del mismo (m^2). El valor de r depende de dos variables: el material conductor y la temperatura de trabajo que éste consigue. (Salgado, 2008)

o. El regulador de carga

El regulador de carga es el dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobre descargas profundas. El control de carga efectúa un rol pasivo, aislando el banco de acumulación del bloque de generación, evitando su descarga, cuando la insolación aumenta, el voltaje de los paneles supera al del banco de baterías y el proceso de carga se restaura. Es entonces cuando el control de carga tiene un rol activo, evitando una gasificación excesiva del electrolito. (Salgado, 2008)



Figura 17-1: Regulador de carga
Fuente: Autores

p. Regulación de la intensidad de carga de las baterías

- **Principios de conversión fotovoltaica.**

Esta respuesta del regulador permite la ejecución automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un periodo de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, comprimiendo al máximo el gaseo en caso contrario. (Salgado, 2008)

- **Carga profunda.**

Tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta lograr el punto de tensión al final de carga. Alcanzado dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación. Cuando se obtiene la tensión final de carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase se completará la carga. (Salgado, 2008)

- **Carga final y flotación.**

La carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de acción del sistema de regulación dentro de lo que designamos “banda de flotación dinámica”. La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximos y mínimo se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente. (Salgado, 2008)

q. Tipos de regulador de carga

La selección de un regulador de carga está determinada por los parámetros eléctricos del sistema (voltaje y amperaje de trabajo), los detalles de diseño (uno o más bloques de carga, tipo de batería y montaje mecánico más conveniente) y por las elecciones ofrecidas por el fabricante (funciones auxiliares), existen dos tipos de reguladores de carga. (Salgado, 2008)

1. Reguladores lineales

Operan con corriente continua a la entrada, corresponden a una resistencia con valor de ajuste automático, basan su funcionamiento en la caída de tensión en elementos disipativos y tienen un bajo rendimiento (Salgado, 2008)

2. Reguladores conmutados

Incorporan un conmutador que interrumpe la corriente en la fuente primera a intervalos de duración variable y tienen un beneficio elevado. (Salgado, 2008)

r. Características esenciales de los reguladores de carga

1. Indicadores de Estado:

- Desconexión del consumo por baja tensión de batería: la desconexión de la salida agotamiento por baja tensión de batería indica una situación de descarga del acumulador próxima al 70% de su capacidad nominal. Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de tensión de maniobra de desconexión de consumo durante más de un tiempo establecido, se desconecta el consumo. Esto es para evitar que una sobrecarga puntual de corta duración desactive el consumo. (Salgado, 2008)
- Alarma por baja tensión de batería: la alarma por baja tensión de batería indica una situación de descarga formidable. A partir de este nivel de descargas las condiciones del acumulador comienzan a ser implicadas desde el punto de vista de la descarga y del mantenimiento de la tensión de salida frente a intensidades elevadas. (Salgado, 2008)

2. Protecciones Típicas.

- Sobrecarga temporizada en consumo.
- Sobretensiones en paneles, baterías de consumo.
- desconexión de batería (Salgado, 2008)

3. Indicadores de estado y señalizadores habituales.

- Indicadores de tensión en batería.

- Indicadores de fase de carga.
- Indicadores de sobrecarga/cortocircuito. (Salgado, 2008)

s. Instrumentos de medición de la radiación solar.

La medida de la radiación solar en la superficie terrestre es de gran importancia para el estudio de las situaciones climáticas y atmosféricas. Conociendo los valores de la radiación a lo largo del año en un área determinada, es posible saber si es factible la utilización de sistemas fotovoltaicos, o como deben realizarse de forma que certifique su máximo aprovechamiento a lo largo del mismo, ya que se trata de un periodo de tiempo donde las variaciones de la intensidad de la radiación solar sufren las alteraciones significativas. (Maza, 2008 pág. 231)



Figura 18-1: Piranómetro

Fuente: <https://www.delta-t.co.uk/product/spn1/>

Autor: Ríos y Tenesaca (2019)

1. Piranómetro.

Es un dispositivo complejo que utiliza una serie de sensores de termopila en miniatura y un patrón de sombreado generado por computadora para medir los componentes directos y difusos de la radiación solar incidente. Calcula la radiación solar directa restando del difuso, así alcanzando la radiación global. (Devices, 2015)

t. El mantenimiento de la matriz fotovoltaica.

Para realizar el mantenimiento del sistema de carga fotovoltaico. Se utilizarán en concreto dos tipos de mantenimiento, estos son, preventivo y correctivo, para garantizar el funcionamiento correcto de la instalación y prolongar la duración de la misma.

1. *Mantenimiento preventivo.*

El mantenimiento preventivo se basa fundamentalmente en una inspección visual anual de funcionamiento de todos los equipos, esta acción es la más fácil de llevar a cabo. Si se realiza de forma detallada podrá detectarse un desperfecto prematuro de los componentes expuestos a los rigores del clima (temperatura, radiación ultra-violeta, lluvia, etc.), revisión de las conexiones del cableado, revisión si existe algún daño en las estructuras soporte. (Salgado, 2008)

2. *Mantenimiento correctivo.*

El mantenimiento correctivo comprende la sustitución de cualquier componente del sistema de carga fotovoltaico que impida el correcto funcionamiento del mismo, este deberá realizarse por personal técnico cualificado.

u. Recurso solar en el Ecuador.

El Ecuador está ubicado entre las latitudes $1^{\circ}30'N$ (Carchi) y $5^{\circ}0'S$ (Zamora) y entre las longitudes $72^{\circ}0'W$ (Salinas) y $75^{\circ}10'W$ (Orellana) es decir al oeste del meridiano de Greenwich. El Archipiélago de Galápagos se localiza entre las latitudes $1^{\circ}40'N$ y $1^{\circ}30'S$ y entre las longitudes $89^{\circ}10'W$ y $92^{\circ}0'W$. Al estar atravesado por la Línea Equinoccial, el Ecuador tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año (ver Figura 14.1.9.), lo cual favorece la aplicación de la energía solar para producir electricidad y calor, ya que en promedio hay 12 horas de sol durante el día. La variación en el zenit (cuando el sol está perpendicular a la Tierra, a las 12 del día) es de $\pm 23.5^{\circ}$, es decir que el Sol se desplaza 47° en el año entre el solsticio de verano (21 de junio) y el solsticio de invierno (21 de diciembre). (MIDUVI y Cámara de la Construcción de Quito, 2011)

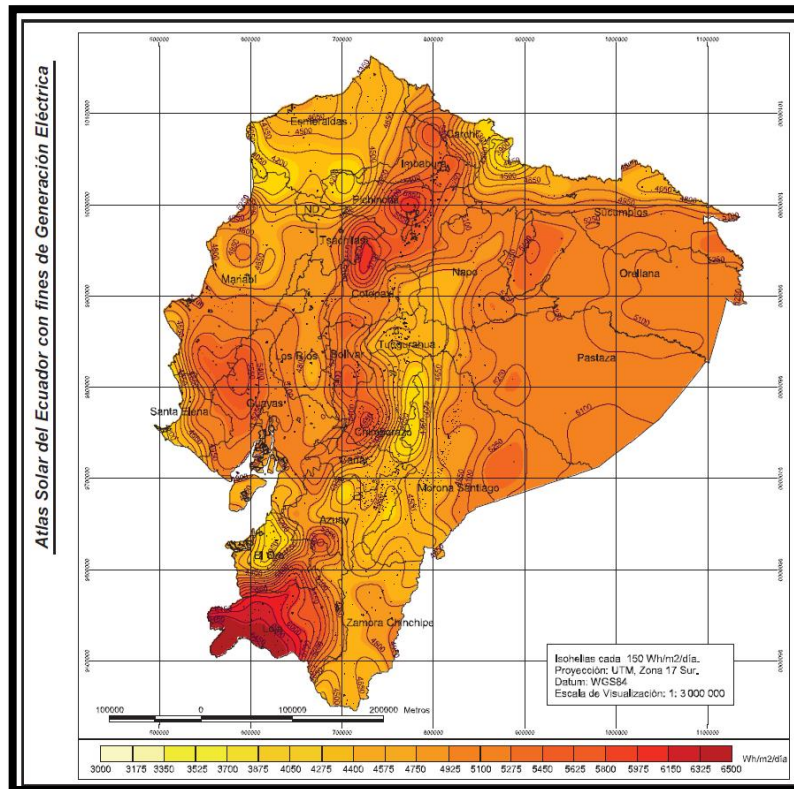


Figura 19-1: Insolación en el ecuador en el año 2008
Fuente: Atlas solar del ecuador con fines de generación eléctrica.

v. Dimensionamiento

1. Radiación solar.

El sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 5.500°C, en cuyo interior tiene lugar una sucesión de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar. (Formación, 2010)

2. Flujo energético.

Cada fotón individual posee una cantidad de energía pequeñísima, pero al considerar la suma de energías de todos los fotones que inciden, por ejemplo, en un minuto sobre una cierta superficie, como la del tejado de una casa, se obtiene una cantidad de energía de cierta consideración, dado el elevadísimo número de fotones que constan en un haz de radiación solar. (Progensa, 2009)

3. Radiación solar directa.

Comprende la radiación solar que incurre sobre la tierra con un ángulo determinado, sin sufrir ningún cambio en su trayectoria, ya sea por superficies, nubes, gases u otros objetos, este tipo de radiación es el que más se aprovecha para su utilización.

4. *Radiación solar difusa.*

Comprende Es la radiación que incide a la superficie terrestre procedente del Sol con un ángulo determinado, después de sufrir cambios de dirección por consecuencia de nubes, polvo y elementos de la atmosfera.

5. *Albedo.*

Comprende la suma de la radiación directa y difusa que es atraída por la reflexión de superficies aledañas o por el mismo suelo.

6. *Radiación total. Comprende la integración de la radiación solar directa, difusa albedo. (Maza, 2008)*

$$I_{Total} = I_{Directa} + I_{Difusa} + I_{Albedo}$$

7. *Constante solar. Para medir la cantidad de energía solar que llega a la frontera exterior que delimita la atmosfera, se establece que la constante solar es (Maza, 2008) tierra si no tuviera atmosfera. (Maza, 2008)*

8. *Horas de pico solar. Es un parámetro principalmente para el dimensionado de los sistemas fotovoltaicos. Corresponde al número de horas en las que cada metro cuadrado de superficie captadora, obtiene de modo constante 1.000 W de energía. Los módulos fotovoltaicos se caracterizan bajo unas condiciones determinadas que son hurtadas como referencia y que se denominan Condiciones Estándar de Medida. Estas son: (Maza, 2008)*

- 1 kW/m² de radiación solar.
- 25°C de temperatura de las células fotovoltaicas
- Incidencia normal. (Maza, 2008)

9. *Orientación, inclinación y sombras*

Las pérdidas de radiación producidas por una orientación e inclinación del generador distintas a las óptimas, y por sombreado, en el periodo de esquema, no serán superiores a los valores especificados en la siguiente tabla:

Tabla 1-1: Pérdidas de radiación

Pérdidas de radiación del generador	Valor máximo permitido (%)
Inclinación y orientación	20
Sombras	10
Combinación de ambas	20

Fuente: (Salgado, 2008)

En aquellos métodos en los que, por razones justificadas, no se verifiquen las condiciones de la tabla 1-1, se evaluarán las pérdidas totales de radiación, incluyéndose en la memoria de solicitud. Cálculo de las pérdidas de radiación producidas por una inclinación y orientación del generador distinto a las óptimas se hará de acuerdo a la siguiente metodología:

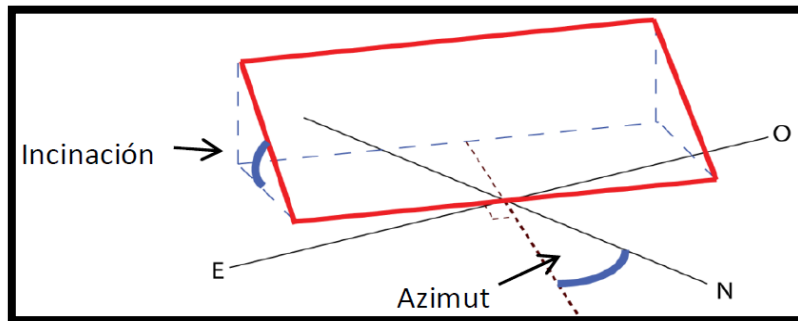


Figura 20-1: Ángulo de azimut e inclinación de un panel fotovoltaico.

Fuente: Explorador solar de la dirección meteorológica de Chile.

10. *Demanda energética.*

Según (MIDUVI y Cámara de la Construcción de Quito, 2011), Es la cantidad de energía que se solicita para satisfacer cierta aplicación, está dada por la siguiente ecuación.

$$D_e = T_{eu} * C_i \tag{1}$$

Dónde:

$$D_e = \text{Demanda energética} \left[\frac{KWh}{m^2 \text{ día}} \right]$$

$$T_{eu} = \text{tiempo estimado de uso} \left[\frac{h}{\text{día}} \right]$$

$$C_i = \text{Capacidad instalada} \left[\frac{KW}{m^2} \right]$$

11. *Cálculo de la radiación sobre superficie inclinada y horas solares*

Según (MIDUVI y Cámara de la Construcción de Quito, 2011) Para calcular la medida mensual de radiación diaria sobre la superficie del módulo fotovoltaico se debe usar la ecuación siguiente:

$$\bar{H}_T = k * \bar{H} \text{ (Wh/m}^2 \text{ día)} \tag{2}$$

Dónde:

\bar{H} = Media mensual de radiación sobre una superficie horizontal.

k= latitud del lugar de estudio.

\bar{H}_T =medida mensual de radiación diaria sobre la superficie del módulo fotovoltaico

Según (MIDUVI y Cámara de la Construcción de Quito, 2011) el número de horas diarias de irradiación solar a 1000 W/m^2 establece el número de horas de sol día.

$$HS = \frac{\bar{H}_T}{1000} \left[\frac{\frac{Wh}{m^2 \text{ día}}}{\frac{W}{m^2}} \right] \quad (4)$$

Dónde:

\bar{H}_T = Medida mensual de radiación diaria sobre la superficie del módulo fotovoltaico.

HS= Medida mensual diaria de radiación sobre una superficie horizontal.7

12. Estimación del rendimiento global del sistema FV

Según (MIDUVI y Cámara de la Construcción de Quito, 2011), el rendimiento por funcionamiento a temperaturas diferentes de las condiciones normales se calcula según las ecuaciones siguientes. Se asume que la radiación instantánea es de 1000 W/m^2 .

$$n_{temp} = 1 - C_T (T_C - 25) \quad (5)$$

Dónde:

n_{temp} = Rendimiento por funcionamiento a temperaturas diferentes.

C_T = Es el coeficiente de variación de la potencia por funcionamiento a temperaturas diferentes de los estándares de prueba, se asume el valor de 0.005.

T_C = Temperatura de la celda a una irradiación de 1000 W/m^2 .

$$T_C = T_a + 1,25 (NOCT - 20) \quad (6)$$

Dónde:

T_a = Temperatura ambiente

NOCT = Temperatura de operación normal de la celda 45°C

13. Rendimiento del panel fotovoltaico

Según (MIDUVI y Cámara de la Construcción de Quito, 2011) el rendimiento de una celda fotovoltaica viene dado por los siguientes parámetros ya establecidos a continuación.

- El rendimiento por efectos de suciedad no debe ser inferior a 2%
- El rendimiento por pérdida en los cables debe cumplir lo dispuesto en esta normativa.
- Los rendimientos del regulador, banco de baterías e inversor, deben ser tomados de las hojas técnicas de los proveedores.
- El rendimiento debido a las pérdidas por auto descarga del banco de baterías no debe ser inferior a 1%.

- El rendimiento global del sistema se calcula con la fórmula siguiente:

$$PR = n_{temp} \cdot n_{suc} \cdot n_{reg} \cdot n_{cab} \cdot n_{bat} \quad (7)$$

14. *Cálculo de la potencia pico del arreglo fotovoltaico*

Según (MIDUVI y Cámara de la Construcción de Quito, 2011), La potencia pico requiere para suplir las necesidades energéticas de la carga se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Pot_p = \frac{\text{Demanda energética}}{HS * PR} \quad (8)$$

15. *Número de celdas a ser instaladas*

Para el fin de una captación eficiente de la radiación solar el número de celdas a utilizar viene en función del área disponible para la celda y el área de la celda fotovoltaica como se muestra en la consecutiva ecuación.

$$\# \text{ Celdas} = \frac{\text{Área disponible para las celdas}}{\text{area de la celda}} \quad (9)$$

16. *Capacidad del regulador y del inversor*

La capacidad del regulador debe ser al menos un 25% mayor de la corriente de corto circuito del ajuste fotovoltaico o de la serie de módulos a los cuales está acoplado.

La capacidad del inversor debe ser al menos un 25% mayor que la carga instalada. La carga total puede ser distribuida entre varios inversores y obtienen formar bancos de inversores (monofásicos, bifásicos, trifásicos).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Árbol de problemas

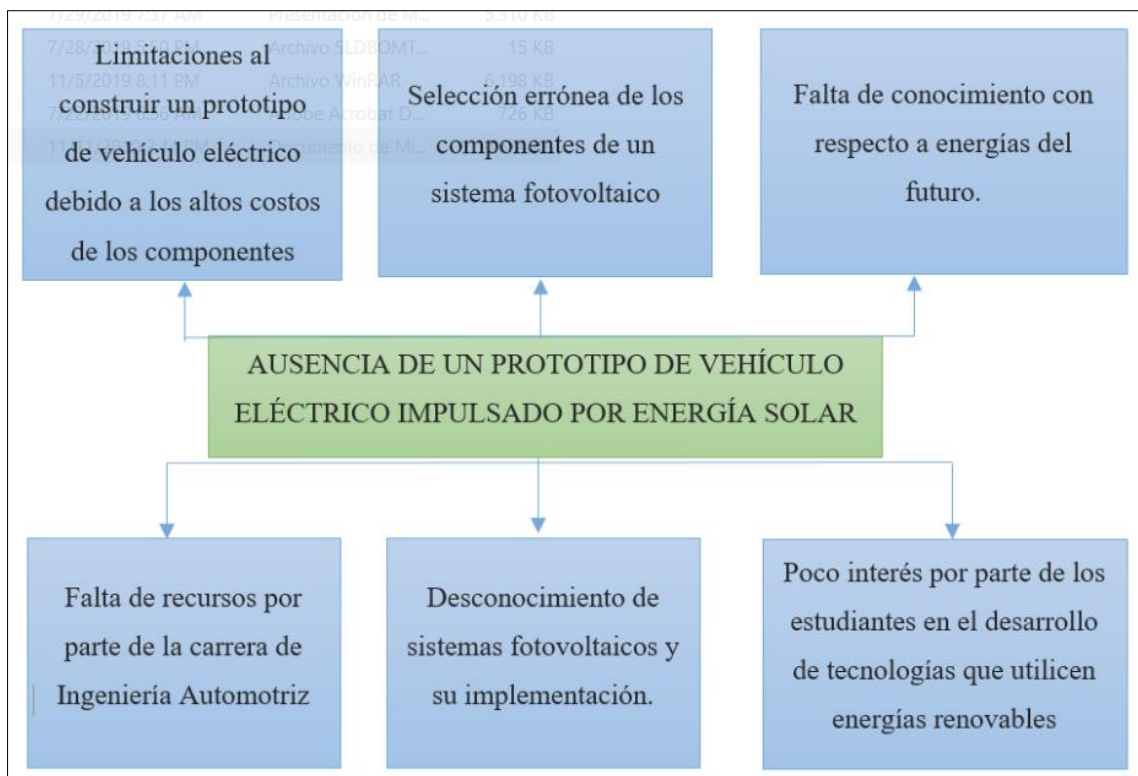


Figura 1-2: Árbol de problema

Fuente: Autores

2.2 Diseño metodológico

El tipo de estudio corresponde a un proyecto tecnológico, como un trabajo orientado a la discusión del conocimiento para sustentar una propuesta de solución a un problema relacionado con las áreas de formulación de la carrera en este caso para la implementación de paneles fotovoltaicos para el prototipo de vehículo eléctrico.

Mediante el método de proyectos especiales se utilizará un instrumento de medición para verificar la eficiencia de captación de energía de una celda fotovoltaica.

En cuanto a la modalidad de investigación, las técnicas e instrumentos a ser empleados, son detallados en la siguiente tabla.

Tabla 2-1: Diseño Metodológico.

MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	DE	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	DE	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
Investigación documental	bibliográfica	Análisis documental y contenido	y	Documentos y registros
Investigación experimental	de tipo	Medición cálculos		Instrumentos de medición: Multímetro, Piranómetro, etc.

Fuente: Autores

2.2.1 Procedimiento de diseño aerodinámico de la cubierta del vehículo.

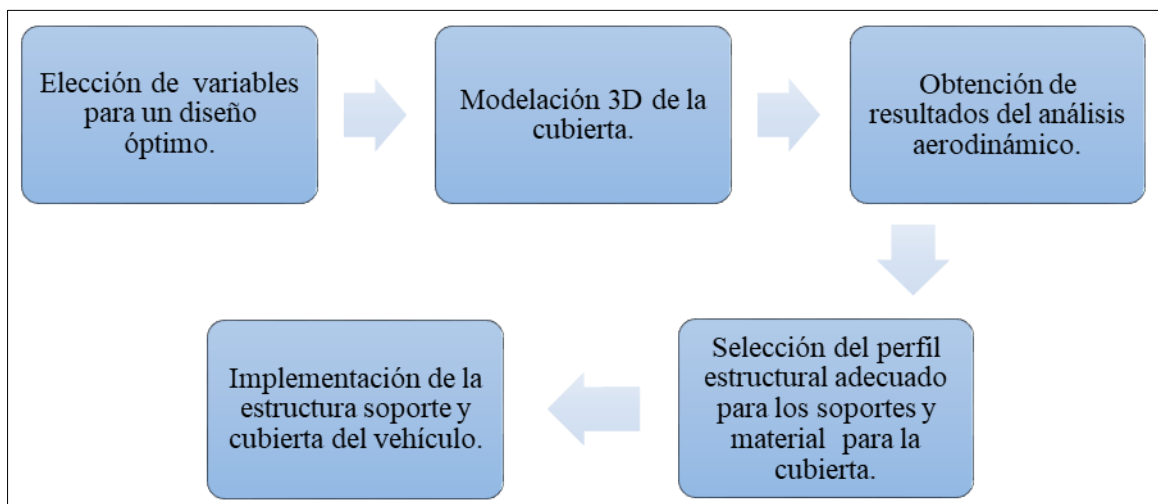


Figura 2-2: Diseño aerodinámico cubierta.

Fuente: Autores

2.2.1.1 Elección de variables para un diseño óptimo.

Con la finalidad de iniciar el diseño de la cubierta del vehículo, es necesario establecer parámetros a la que va a estar expuesto el vehículo tales como, la velocidad del viento, densidad del viento y también debemos tener en cuenta el área de la cubierta sobre el cuál va a ejercer la presión del aire.

2.2.1.2 Modelación de la cubierta.

Con la ayuda de un sistema de diseño asistido por computadora denominado solidworks, se proyectará un modelado en tercera dimensión de la cubierta teniendo en cuenta el área disponible en el vehículo.

2.2.1.3 Obtención de resultados del análisis aerodinámico.

Con la ayuda de un programa de análisis y simulación denominado Workbench ANSYS, se obtendrá datos de presión de aire que servirá para el análisis estructural de la cubierta y así obtener el coeficiente de seguridad del mismo.

2.2.1.4 Selección del perfil estructural adecuado para los soportes y material para la cubierta.

Con la obtención de resultados del análisis aerodinámico y estructural de la cubierta, se procederá a la elección del perfil estructural adecuado, en función de la concentración de esfuerzos y del peso. Para la selección del material de la cubierta se deberá tener en cuenta diferentes aspectos tales como el peso resistencia y durabilidad.

2.2.1.5 Implementación de la estructura soporte y cubierta.

Con los materiales necesarios ya seleccionados se procederá a realizar la estructura soporte y la cubierta que será implementada en el vehículo solar,

2.2.2 Procedimiento de diseño de la matriz fotovoltaica.

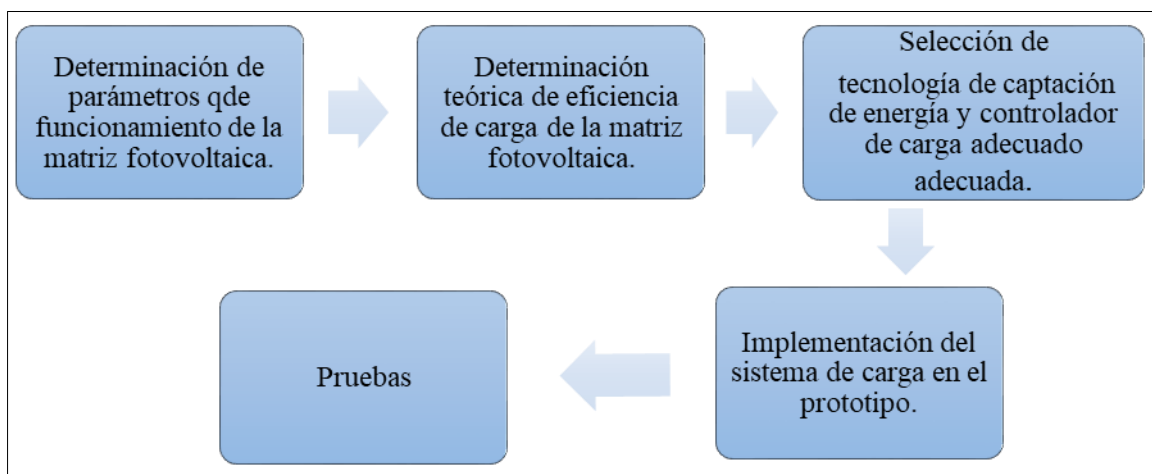


Figura 3-2: Diseño matriz fotovoltaica.

Fuente: Autores.

2.2.2.1 Determinación de parámetros de funcionamiento de la matriz fotovoltaica.

Con la finalidad de un correcto funcionamiento del sistema de carga se debe tener en cuenta diferentes parámetros como, por ejemplo, voltaje e intensidad de corriente nominal de las baterías a las que debe cargar dicho sistema.

2.2.2.2 *Determinación teórica de eficiencia de carga de la matriz fotovoltaica.*

Mediante el uso de fórmulas de rendimiento de los sistemas fotovoltaicos y teniendo en cuenta diferentes factores de pérdida que afectan, se determinara la potencia pico que puede entregar el arreglo fotovoltaico.

2.2.2.3 *Selección de tecnología de captación de energía y controlador de carga adecuado.*

Mediante una comparación de paneles fotovoltaicos se seleccionará el más adecuado teniendo en cuenta diferentes factores tales como, eficiencia, peso y área disponible para el arreglo fotovoltaico. Para la selección del controlador de carga se debe tener en cuenta el voltaje y amperaje del sistema fotovoltaico.

2.2.2.4 *Implementación del sistema de carga en el prototipo.*

La implementación se realizará una vez seleccionados todos los dispositivos necesarios tales como, la matriz fotovoltaica y el controlador de carga.

2.2.2.5 *Pruebas*

Se realizarán pruebas que determinen, el voltaje y el amperaje suministrado por el sistema de carga en tiempo real y así determinar su eficiencia.

2.3 **Especificaciones de diseño para la estructura de soporte**

2.3.1 *Especificaciones de diseño del soporte delantero*

Los datos expuestos en la tabla 2-2 fueron obtenidos del plano detallado de la estructura delantera ubicado el anexo B.

Tabla 2-2: Especificaciones del soporte delantero

Estructura Delantero	
Largo	1207,5 mm
Ancho	1670mm
Perfil estructural	(20.2x20.2x1.2)mm
Peso	2,79kg

Fuente: Autores

2.3.2 Especificaciones de diseño del soporte posterior.

Los datos expuestos en la tabla 2-3 fueron obtenidos del plano detallado de la estructura posterior ubicado en el anexo C.

Tabla 3-2: Especificaciones soporte posterior

Estructura Posterior	
Largo	1021 mm
Ancho	1670 mm
Perfil estructural	20,2x20,2x1,2 mm
peso	3,12 kg
Material	Aluminio

Fuente: Autores

2.3.3 Especificaciones de diseño del soporte posterior.

Los datos expuestos en la tabla 2-4 fueron obtenidos del plano detallado de la estructura central ubicado en el anexo D.

Tabla 4-2: Especificaciones soporte central.

Estructura Central	
Largo	1252 mm
Ancho	1130 mm
Perfil estructural	20,2x20,2x1,2 mm
peso	2,20kg
Material	Aluminio

Fuente: Autores

2.4 Especificaciones de diseño para la cubierta de los soportes.

2.4.1 Especificaciones de la cubierta delantera

Los datos expuestos en la tabla 2-5 fueron obtenidos del plano detallado de la cubierta delantera ubicado en el anexo E.

Tabla 5-2: Especificaciones cubierta delantera.

Cubierta Delantera	
Largo	1336 mm
Ancho	1770 mm
Espesor	8 mm
peso	2,37 kg
Material	Polycarbonato

Fuente: Autores

2.4.2 Especificaciones de diseño de la cubierta posterior.

Los datos expuestos en la tabla 2-6 fueron obtenidos del plano detallado de la cubierta posterior ubicado en el anexo F.

Tabla 6-2: Especificaciones cubierta posterior.

Cubierta Posterior	
Largo	1120 mm
Ancho	1770 mm
Espesor	8 mm
peso	3,2 kg
Material	Policarbonato

Fuente: Autores

2.4.3 Especificaciones de diseño de la cubierta central.

Los datos expuestos en la tabla 2-7 fueron obtenidos del plano detallado de la cubierta central ubicado en el del anexo G.

Tabla 7-2: Especificaciones Cubierta central.

Cubierta Central	
Largo	1348 mm
Ancho	1200 mm
Espesor	8 mm
peso	2,6 kg
Material	Policarbonato

Fuente: Autores

2.4.4 Especificaciones de diseño del panel fotovoltaico.

Los datos expuestos en la tabla 2-8 fueron obtenidos del plano detallado del panel solar ubicado en el anexo H.

Tabla 8-2: Especificaciones Panel Fotovoltaico

Panel Fotovoltaico	
Largo	614 mm
Ancho	540 mm
Espesor	3 mm
peso	1,2 kg

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta que la capacidad de todos los paneles conectados en serie y en paralelo debe ser de 54v 13.5A. El arreglo fotovoltaico utilizado para la implementación esta mostrado en el anexo I.

2.4.5 Especificación del peso total del sistema fotovoltaico.

Tabla 9-2: Peso total del sistema fotovoltaico.

Peso total del sistema fotovoltaico	
Estructura Delantera	2,79kg
Estructura Posterior	2,20 kg
Estructura Central	3,12 kg
Cubierta Delantera	3.9 kg
Cubierta Posterior	2.6 kg
Cubierta Central	3,2 kg
Paneles fotovoltaicos	18 kg
Total	35,81 kg

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta que el peso del sistema fotovoltaico no debe sobrepasar de 40kg y tenemos un peso total de 35,1 kg se puede decir que la eficiencia en cuanto a peso de los componentes es óptima.

2.5 Matriz de involucrados

En el presente estudio intervienen los siguientes participantes:

Tabla 10-2: Matriz de involucrados.

Participante	Responsabilidad
Autor	Investigación, Estudio y Redacción
Tutor	Dirección del proyecto
Asesor	Guía en la parte metodológica
Beneficiarios	Estudiantes de la facultad de Automotriz de la ESPOCH

Fuente: Autores

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CARGA.

Para la implementación del sistema de carga se deberá realizar análisis aerodinámicos y pruebas fotovoltaicas mostradas a continuación

3.1 Análisis aerodinámico sobre la cubierta de policarbonato.

La realización de este estudio aerodinámico es necesario ya que la cubierta va a estar expuesto a altas velocidades que rondan los 100 kilómetros por hora, por ende, es necesario calcular la fuerza de presión de aire que ejercerá sobre la cubierta, para poder determinar los esfuerzos que existen en la estructura, todo este estudio se realizara con la ayuda de un software de diseño denominado Workbench ANSYS.

3.1.1 Elección de variables para un diseño óptimo.

Para iniciar el diseño de la cubierta se tendrá en cuenta diferentes parámetros tales como la velocidad del viento que será de 100Km/h, densidad del viento que será de 1246 Kg/m³ y también el tipo de flujo que para este caso de estudio será laminar.

3.1.2 Modelación 3D de la cubierta.

Para realizar el estudio aerodinámico se necesita de la modelación de la cubierta y esto se lo realizara con la ayuda de un software de diseño denominado Solidworks, el croquisado de la cubierta está en función del área disponible en el vehículo que será de 4m²

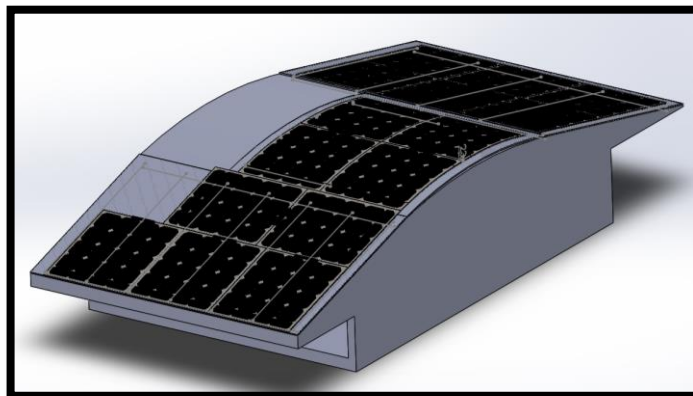


Figura 1-3: modelación de la cubierta en solidworks.

Fuente: Autores.

3.1.3 Obtención de resultados del análisis aerodinámico.

Para la obtención de estos resultados se deberá realizar diferentes análisis que se detallan a continuación.

3.1.3.1 Análisis de presión del aire.

Este estudio tiene como finalidad la obtención de presión del aire que actúa sobre la cubierta que va a ser necesaria para determinar el análisis estructural de la cubierta. Para un correcto estudio se deberá tener en cuenta diferentes parámetros como, la velocidad del aire 100 Km/h y la densidad del aire 1246 Kg/m^3 , con la modelación 3d de la cubierta realizada en solidworks y con la ayuda del software Workbench ANSYS. Una vez realizada la prueba se pudo obtener que, la presión que ejerce el aire sobre la cubierta es 28270 Pascales ,expresando el resultado con otro tipo de unidades tenemos que la presión del aire sobre la cubierta va a ser de $2.8827 \times 10^{-5} \text{ Kg/mm}^2$, lo quiere decir que por cada milímetro cuadrado el valor de presión es muy bajo.

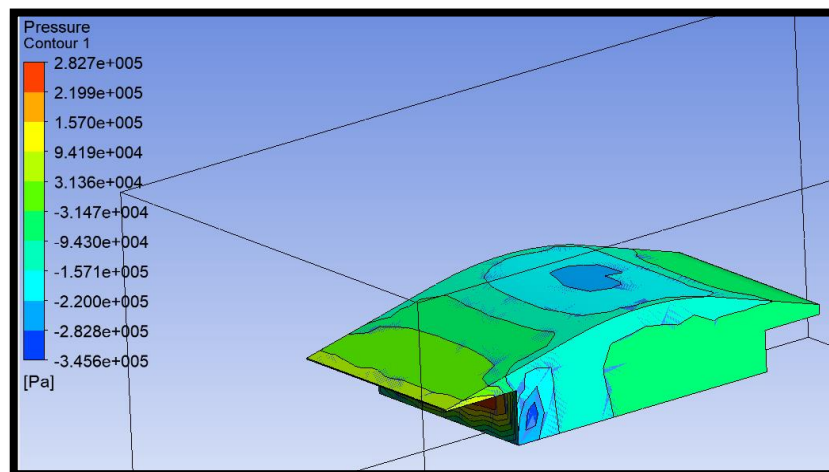


Figura 2-3: Presión del aire sobre la cubierta.

Fuente: Autores.

3.1.3.2 Análisis de líneas de flujo.

Este estudio tiene como finalidad la obtención de las líneas de flujo que se forman alrededor de la cubierta que va a ser necesaria para determinar si sobre la cubierta se generan turbulencias excesivas en este caso se deberá tener en cuenta que el flujo de aire será laminar. En esta prueba se obtuvo que, la velocidad máxima se da sobre la parte central de la cubierta y se obtuvo un valor de 28 m/s, y que el flujo del aire es laminar en toda la superficie de la cubierta.

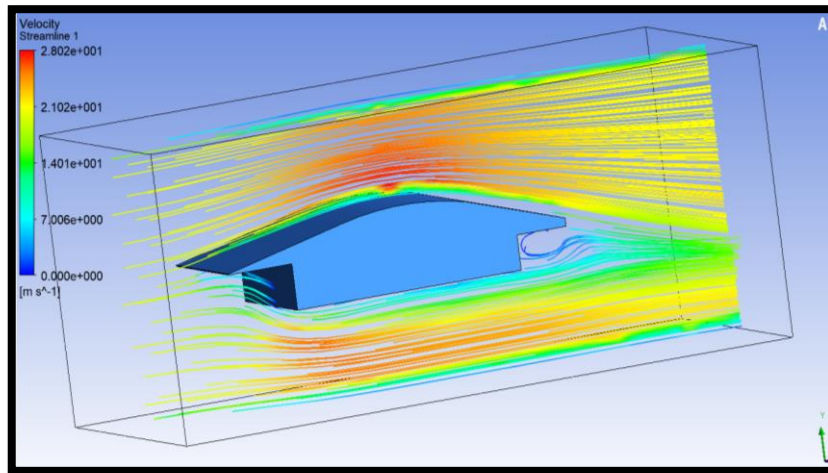


Figura 3-3: Líneas de flujo.

Fuente: Autores.

3.1.3.3 Análisis de concentración de esfuerzos.

Este estudio tiene como finalidad la obtención de concentración de esfuerzos sobre la cubierta. Una vez realizado el análisis de la presión del aire sobre la cubierta, se obtuvo que, sobre la parte central de la cubierta va a existir una mayor concentración de esfuerzos, con respecto a toda la superficie este valor fue de 0.30821 Pascales, cabe recalcar que el valor obtenido muy pequeño y no afectara a la integridad de la cubierta.

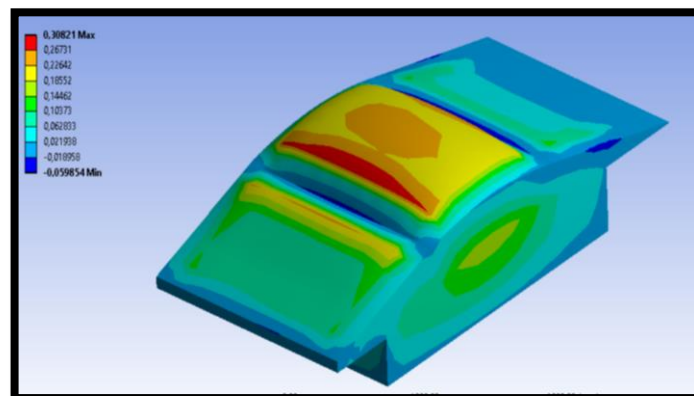


Figura 4-3: Concentración de esfuerzos sobre la cubierta.

Fuente: Autores

3.1.3.4 Análisis de deformación.

Este estudio tiene como finalidad la obtención de deformación que existirá gracias a la presión de aire generada por la acción del viento a 100 Km/h. Luego de haber realizado el análisis se obtuvo que, sobre la cubierta central va a existir una deformación de 0.0018112 milímetros, cabe recalcar que esta deformación se va a dar a una velocidad de 100 kilómetros por hora y esta deformación solo va a ser elástica, esto quiere decir que si el vehículo se detiene el policarbonato va a regresar a su estado original.

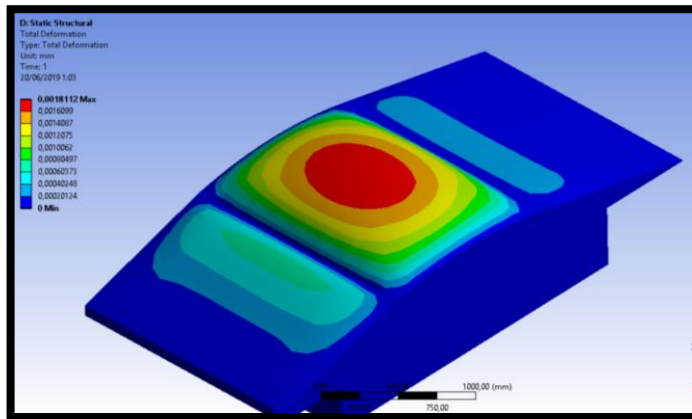


Figura 5-3: Deformación elástica de la cubierta.

Fuente: Autores.

3.1.3.5 *Análisis del coeficiente de seguridad.*

Esta prueba tiene como finalidad la obtención del coeficiente de seguridad de la construcción de la cubierta del vehículo, para así poder determinar si la cubierta cumple con los estándares mínimos de ingeniería es decir que si el factor de seguridad es mayor que uno, se podrá establecer que el diseño es confiable. Luego de haber realizado el análisis se obtuvo que, el valor del factor de seguridad de la cubierta a una velocidad de 100 Km/h de 1.7206, esto quiere decir que la cubierta está sobredimensionada y que a esa velocidad no fallara.

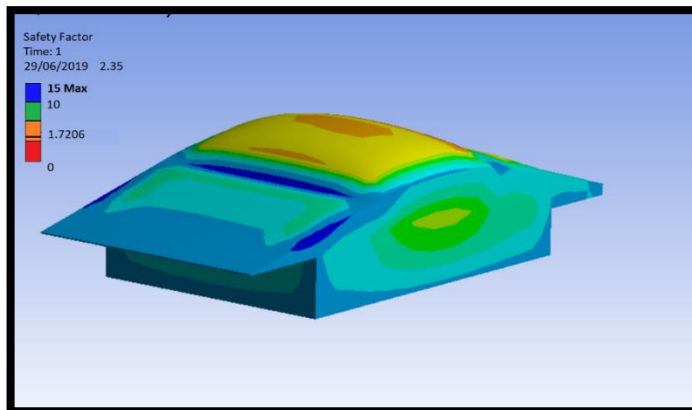


Figura 6-3: Factor de seguridad de la cubierta.

Fuente: Autores.

3.1.4 *Selección del perfil estructural adecuado para los soportes de la cubierta.*

Para seleccionar de manera idónea el perfil estructural a utilizar se toma en cuenta el parámetro de presión máxima del aire sobre la cubierta ya que el material utilizado debe ser capaz de soportar dicha carga, este valor es de 28270 Pascales. Una vez obtenido este valor nos regimos a la elección del perfil adecuado teniendo en cuenta que sea el más ligero posible y que cumpla con la condición que en sus propiedades mecánicas el valor del módulo de elasticidad. Luego de haber consultado en catálogos se determinó que se utilizara un perfil cuadrado de aluminio 1466, se hizo la elección

de este tubo ya que tiene un coeficiente de elasticidad máximo de 6900 Kg/mm^2 , sus medidas se encuentran detalladamente en el catálogo de aluminio estructural ubicado en el anexo K, este valor fue utilizado en el análisis de concentración de esfuerzo y se determinó que el valor de este fue de 0.30821 y con este valor se determinó el factor de seguridad y este fue de 1.7026, esto nos deja en claro que el diseño está sobredimensionado ya que en este tipo de análisis para que este sea confiable debe tener un valor mínimo de seguridad de 1.

3.1.4.1 Implementación de la estructura soporte y cubierta.

Para la realización de esta tarea se deberá seguir dos pasos que se explica a continuación.

3.1.4.1.1 *Realización de la estructura soporte de aluminio.*

Teniendo en cuenta el área disponible del vehículo es de 4m^2 se precede a realizar la estructura que consta de tres partes delantera central posterior, fueron hechos de perfiles de aluminio 20.2x20.2x1.2 milímetros, este tipo de perfil fue utilizado ya que tiene una buena relación resistencia peso.



Figura 7-3: Ensamblaje estructura soporte de aluminio.

Fuente: Autores

En la figura 3-4 se puede visualizar el ensamble total de la estructura, esto se lo hizo con la ayuda de pernos de acero para una fijación segura, se realizó en tres partes ya que así es de fácil desmontaje y por ende se puede acceder con mayor facilidad a los componentes al interior del vehículo.

3.1.4.1.2 *Ensamblaje de la cubierta*

Una vez realizada la estructura de aluminio se procede a recubrir toda la parte superior del vehículo donde se fijaran los paneles, está cubierta es de policarbonato ya que es un material resistente, liviano y refleja los rayos solares es decir que el calor no se concentrara en la parte interior del vehículo así ayudando a la ventilación de los diferentes componentes electrónicos existentes

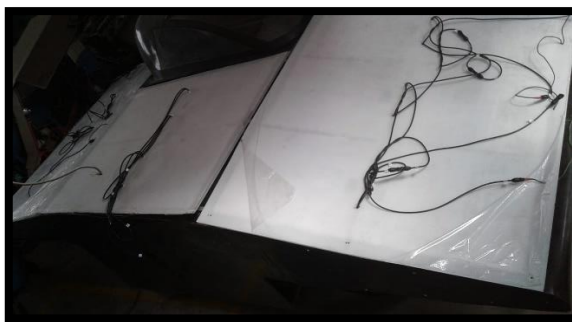


Figura 8-3: Montaje cubierta policarbonato.

Fuente: Autores

En la figura 3-5 se puede observar cómo se realizó la instalación de la cubierta donde irán apoyados los paneles fotovoltaicos, esto se realizó en tres partes teniendo muy en cuenta la delimitación de cada una de las cubiertas para que coincidan perfectamente, fijándolos con tornillos acerados para que no exista ningún fallo durante el funcionamiento del vehículo.

3.2 Diseño de la matriz fotovoltaica.

3.2.1 *Determinación de parámetros de funcionamiento de la matriz fotovoltaica.*

Para iniciar el diseño de la cubierta se tendrá en cuenta diferentes parámetros tales como voltaje nominal de baterías 54 Voltios, amperaje 13.5, área disponible en el vehículo para la matriz fotovoltaica.

3.2.2 *Determinación teórica de eficiencia de carga de la matriz fotovoltaica.*

Con la resolución de diferentes cálculos se determinara la eficiencia teórica que deberá tener la matriz fotovoltaica.

3.2.2.1 *Datos Radiación solar*

Para la obtención de los datos de radiación solar se realizó un estudio de captación de energía en la ciudad de Riobamba en el mes de octubre del año 2018, estos resultados se encuentran más a detalle en el anexo J.

La metodología utilizada para este estudio fue mediante el uso de un pirómetro Delta-T, de la serie SPN1, una de las grandes ventajas de este dispositivo es que se puede obtener datos de radiación globales directamente, mediante software contemplando los diferentes tipos de inconvenientes al momento de obtener dichos datos.



Figura 9-3: Esquema conexión del pirómetro

Fuente: <https://cutt.ly/dF7PzT>

Luego de haber obtenido los datos del pirómetro a lo largo de un mes, procedemos a interpretarlos por medio de un software proporcionado por el fabricante de este dispositivo llamado Sun Read este dispositivo nos permite obtener los datos y poder traspasarlos a una hoja de cálculo, para una mejor visualización esta hoja de datos esta detallada en el anexo J.

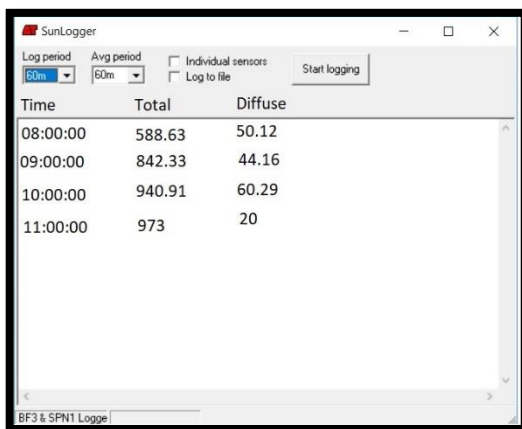


Figura 10-3: Obtención de datos de radiación.

Fuente: Autores

En la figura 3-2 podemos observar como el pirómetro entrega los datos de radiación obtenidos durante el mes de estudio, con la ayuda del software podemos parametrizar diferentes variables como por ejemplo a que intervalo de tiempo, la medición en este caso lo hicimos a cada hora, también podemos observar datos de radiación difusa y la radiación total.

Teniendo en cuenta que el estudio se lo realizo en la ciudad de Riobamba se tiene los siguientes datos del lugar de estudio, estos datos nos serán de gran utilidad más adelante para la obtención de radiación en un plano inclinado.

Tabla 1-3: Características topográficas del sitio escogido.

Nombre del sitio:	Riobamba
Latitud	1°40'15" S
Longitud	78°38'49" O
Elevación	2758m

Fuente: <http://dateandtime.info/es/citycoordinates.php?id=3652350>

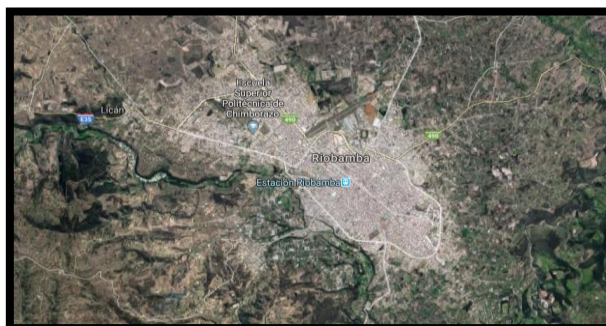


Figura 11-3: Mapa de la ciudad de Riobamba.

Fuente: <https://cutt.ly/BF7AgA>

Teniendo en cuenta el anexo J se tiene que el ciclo diario de radiación es el siguiente mostrado en el gráfico.

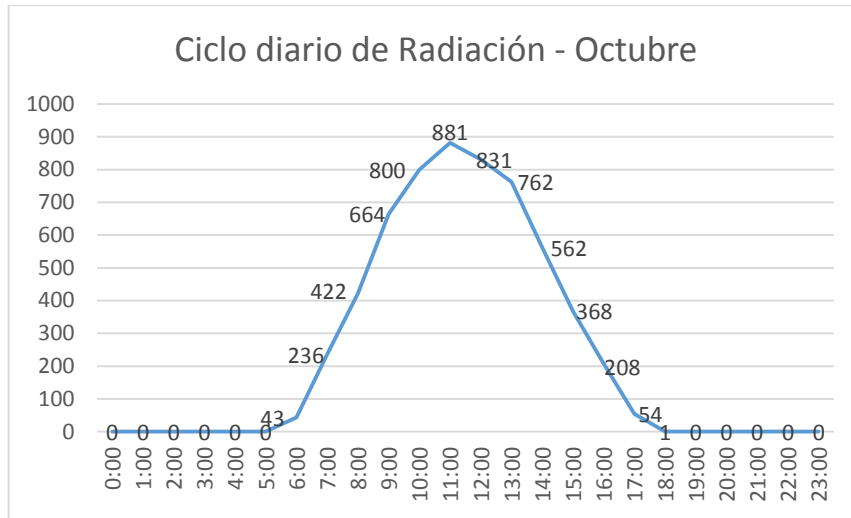


Gráfico 1-3: Ciclo diario de la radiación- Octubre.

Fuente: Autores

Se puede observar en el gráfico 3-1 la disponibilidad energética máxima en la ciudad de Riobamba va a ser de $881.408 \frac{W}{m^2}$, pero cabe recalcar que este valor no ha ser totalmente aprovechado por la matriz fotovoltaica.

3.2.2.2 Capacidad instalada de los paneles

El número de paneles a instalar está delimitado por las dimensiones del vehículo que son de 1.77m de ancho por 3.72m de largo, dicho esto delimitando el área de la cúpula del piloto se tiene que el área disponible para la instalación es de $4m^2$, por lo que esta área permite la instalación de 15 paneles solares con una capacidad nominal de $54V - 13.5A - 729W/m^2$ véase en el anexo I.

3.2.2.3 Demanda energética.

Teniendo en cuenta que el uso diario del vehículo va a ser de 6 horas y la capacidad instalada va a ser de $187.5 \frac{W}{m^2}$ se tiene que:

$$D_e = T_{eu} * C_i \quad (1)$$

$$D_e = 4.5 * 729 \frac{W}{m^2} \quad (1.1)$$

$$D_e = 3280.5 \frac{W * h}{m^2 * dia} \quad (1.2)$$

3.2.2.4 Cálculo de la radiación sobre superficie inclinada y horas solares

Teniendo en cuenta que la latitud 1° sobre el estudio es en Riobamba y que la medida global de la radiación es de $5832.67 \frac{W}{m^2}$, por optimizar el diseño se sabe que el prototipo va a estar en

movimiento se toma como defecto una inclinación de 0° por esta razón el valor k=1 véase en el anexo L.

$$\bar{H}_T = k \cdot \bar{H} \left[\frac{w \cdot h}{m^2 \cdot dia} \right] \quad (2)$$

$$\bar{H}_T = 1 \cdot 5832.67 \left[\frac{w \cdot h}{m^2 \cdot dia} \right] \quad (2.1)$$

$$\bar{H}_T = 5832.67 \left[\frac{w \cdot h}{m^2 \cdot dia} \right] \quad (2.2)$$

Conociendo que HS son las horas de sol reemplazando la ecuación (4) en la ecuación (2.2) se tiene que

$$HS = \frac{\bar{H}_T}{1000} \left[\frac{\frac{Wh}{m^2 \cdot dia}}{\frac{W}{m^2}} \right] \quad (4)$$

$$HS = \frac{5832.67}{1000} \left[\frac{\frac{Wh}{m^2 \cdot dia}}{\frac{W}{m^2}} \right] \quad (4.1)$$

$$HS = 5.83 \frac{h}{dia} \quad (4.2)$$

3.2.2.5 Estimación del rendimiento global del sistema FV

Teniendo en cuenta que el coeficiente de variación de potencia $C_T=0.005$ Y $T_C=39^\circ$ se tiene que:

$$n_{temp} = 1 - C_T (T_C - 25) \quad (5)$$

$$n_{temp} = 1 - 0.005 (39^\circ - 25) \quad (5.1)$$

$$n_{temp} = 93\% \quad (5.2)$$

Esto quiere decir que el sistema fotovoltaico trabaja con una confiabilidad del 93%.

Teniendo en cuenta que la temperatura ambiente en la ciudad de Riobamba al momento de realizar la medición era de 19° y que la temperatura de operación de trabajo del panel fotovoltaico es de 45° ver anexo N, se tiene que:

$$T_C = T_a + 1,25 (NOCT - 20) \quad (6)$$

$$T_C = 19^\circ + 1,25 (45 - 20) \quad (6.1)$$

$$T_C = 39^\circ \quad (6.2)$$

3.2.2.6 Rendimiento del panel fotovoltaico

- El rendimiento por efectos de suciedad es de 0.98
- El rendimiento por pérdida en los cables es de 0.95
- Los rendimientos del regulador 0.95
- El rendimiento debido a las pérdidas por auto descarga del banco de baterías no debe ser inferior a 0.99
- El rendimiento global del sistema se calcula con la fórmula siguiente:

$$PR = n_{temp} \cdot n_{suc} \cdot n_{reg} \cdot n_{cab} \cdot n_{bat} \quad (7)$$

$$PR = 0.93 \cdot 0.98 \cdot 0.95 \cdot 0.95 \cdot 0.99 \quad (7.1)$$

$$PR = 0.81 \cdot 100\% \quad (7.2)$$

$$PR = 81\% \quad (7.3)$$

3.2.2.7 Cálculo de la potencia pico del arreglo fotovoltaico

Teniendo en cuenta que la demanda energética tiene un valor de $1125 \frac{W \cdot h}{m^2 \cdot dia}$, las horas de sol tiene un valor $5.83 \frac{h}{dia}$ y el rendimiento del panel es 0.81 se tiene que:

$$Pot_p = \frac{Demanda\ energética}{HS \cdot PR} \quad (8)$$

$$Pot_p = \frac{3280.5 \frac{W \cdot h}{m^2 \cdot dia}}{4.5 \frac{h}{dia} \cdot 0.81} \quad (8.1)$$

$$Pot_p = 694.68 \frac{W}{m^2} \quad (8.2)$$

3.2.2.8 Número de celdas a ser instaladas

Teniendo en cuenta que el área disponible para la instalación es de $4m^2$ y el área de una celda es de $0.01478m^2$, se tiene que

$$\# Celdas = \frac{\text{Área disponible para las celdas}}{\text{area de la celda}} \quad (9)$$

$$\# Celdas = \frac{4m^2}{0.01478m^2} \quad (9.1)$$

$$\# Celdas = 270 \quad (9.2)$$

Teniendo en cuenta que los paneles solares poseen 18 celdas solares se tiene que:

$$\# Paneles = \frac{\# Celdas}{18} \quad (10)$$

$$\# Paneles = \frac{270}{18} \quad (10.1)$$

$$\# Paneles = 15 \quad (10.2)$$

3.2.3 Selección de tecnología de captación de energía y controlador de carga adecuado.

Mediante una comparación de paneles fotovoltaicos se seleccionara el más adecuado teniendo en cuenta diferentes factores tales como, eficiencia, peso y área disponible para el arreglo fotovoltaico, esta comparación se lo hará específicamente entre un panel solar flexible y un panel solar rígido. Para la selección del controlador de carga se debe tener en cuenta el voltaje y amperaje del sistema fotovoltaico.

Tabla 2-3: Características de un panel fotovoltaico.

COMPARACIÓN DE UN PANEL SOLAR 18 VOLTIOS -50 WATTTS		
Tipo de panel	Rígido(Monocristalino)	Flexible (Policristalino)
Potencia máxima	50 W	50 W
Voltaje en circuito abierto	22,7 V	25 V
Intensidad en cortocircuito	2,9 A	2,97 A
Eficiencia del modulo	14%	22%
Peso	4 Kg	1,2 Kg

Fuente: Autores

Para la implementación del sistema de carga se utilizara paneles solares flexibles ya que tienen una mayor eficiencia con respecto a los rígidos y tiene un bajo peso. Luego de haber seleccionado el tipo de panel solar se debe establecer que arreglo fotovoltaico va a tener la matriz fotovoltaica, en este caso el arreglo va a ser de 54V a 13A, una vez establecido esto podemos seleccionar el controlador de carga en este caso seleccionamos un controlador de carga que tiene una regulación de 54 V Y 20 A, este fue seleccionado ya que el amperaje del controlador no debe ser menor al que suministra el sistema de carga.

3.2.4 Implementación del sistema de carga en el prototipo.

Para la realización de esta actividad se tomara en cuenta el diseño del circuito de la unidad de carga que esta detallado en el anexo I

3.2.4.1 Ensamblaje de los paneles

Una vez realizado los procedimientos anteriores se procede a colocar los paneles sobre la cubierta, teniendo en cuenta el diseño de la matriz fotovoltaica expuesta en el anexo J, serán un total de 15 paneles con una capacidad de 54voltios y 13.5 amperios.



Figura 12-3: Montaje paneles solares.

Fuente: Autores

3.2.4.2 Instalación del controlador de carga.

Para la instalación de este dispositivo electrónico se debe tener en cuenta diferentes parámetros:

- Impermeabilidad

- Fácil acceso
- Seguridad

Tomando en cuenta estos factores se procedió a instalar el controlador en la parte central ya que en ese sitio no existen estructuras que dificulte realizar el mantenimiento del mismo, así como también no exista el riesgo de averías por colisión o por filtración de agua.



Figura 13-3: Instalación controlador de carga.

Fuente: autores

3.2.5 *Pruebas Fotovoltaicas.*

Se realizaran pruebas que determinen, voltaje, amperaje y potencia máxima que suministra el sistema de carga en tiempo real y así determinar su eficiencia, este tipo de pruebas se detallan a continuación.

3.2.5.1 *Prueba 1: funcionamiento del panel fotovoltaico a circuito abierto.*

Esta prueba tiene como finalidad demostrar la fidelidad de obtención de voltaje y amperaje de fábrica.

Condiciones:

- La prueba se debe realizar al medio día.
- Herramientas de medición calibradas.

Herramientas:

- Multímetro.
- Amperímetro.

Procedimiento:

Para la realización de esta prueba tendremos que utilizar un multímetro teniendo en cuenta que debe medir corriente continua en la escala de 20 voltios, conectándolo directamente a los bornes del panel fotovoltaico para tomar las mediciones correspondientes, una vez realizada la medición de voltaje con la ayuda de un amperímetro procedemos a tomar la medición del amperaje.

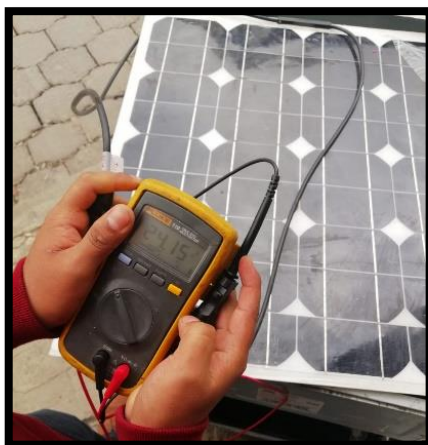


Figura 14-3: Medición de voltaje.

Fuente: Autores

Resultados:

En esta prueba se comprobó los parámetros técnicos del panel fotovoltaico teniendo como resultado 24 voltios y 0 amperios, el dato de amperaje fue cero ya que no existe un flujo de corriente por el hecho que no hay ningún consumidor de energía para la medición, este valor de voltaje va a ser el valor máximo que podrá tener.

Discusión:

En comparación a los datos suministrados por el fabricante tenemos valores diferentes ya que la prueba realizada es de tipo experimental es decir no fue realizado en condiciones ideales.

3.2.5.2 Prueba 2: funcionamiento del panel fotovoltaico en corto circuito.

Esta prueba tendrá como finalidad obtener el valor máximo de amperaje que podrá tener el panel solar.

Condiciones:

- La prueba se debe realizar al medio día.
- Herramientas de medición calibradas.

Herramientas:

- Multímetro.
- Amperímetro.

Procedimiento:

Para esta prueba se procederá a puentear los bornes de los paneles fotovoltaicos para corto circuitarlo, es decir se deben unir los cables positivos y negativos, con la ayuda de un amperímetro se procederá a tomar las mediciones de amperaje correspondientes para determinar el flujo de corriente que existe en el panel solar.



Figura 15-3: Medición del amperaje del panel fotovoltaico en corto circuito.

Fuente: Autores.

Resultados:

Teniendo en cuenta que en corto circuito el voltaje va a ser de cero se tiene que la intensidad de corriente máxima que existirá en el panel fotovoltaico es de 2.6 amperios.

Discusión:

El valor obtenido de amperaje en corto circuito es más bajo que el valor suministrado por el fabricante ya que la prueba no se realizó en condiciones ideales.

3.2.5.3 Prueba 3: Desempeño del sistema de carga conectado a batería de metal hidruro de níquel

Esta prueba tiene como finalidad determinar el tiempo que tendrá que pasar para que la matriz fotovoltaica cargue la batería un voltio.

Condiciones:

- La prueba se debe realizar al medio día.
- Batería debe tener una carga establecida
- Herramientas de medición calibradas.

Herramientas:

- Multímetro.

Procedimiento:

Para esta prueba debemos tener en cuenta el diseño de la matriz fotovoltaica mostrada en el anexo I que deberá ir conectada a un controlador de carga de la denominación 54voltios 20 amperios y este un banco de baterías con un voltaje nominal de 54 voltios y 20 amperios, para así determinar el tiempo de carga de las baterías.



Figura 16-3: Conexión matriz fotovoltaica, controlador de carga y banco de baterías.

Fuente: Autores.

Resultados:

Después de haber conectado todos los componentes necesarios para poner en marcha el sistema de carga con el banco de baterías primero se procedió a comprobar el voltaje de la batería antes de cargarla este valor fue de 50 voltios, teniendo en cuenta estos parámetros se tomó el tiempo que el sistema carga un voltio a la batería este tiempo fue de 4 minutos aproximadamente.

3.2.5.4 Prueba 4: Rendimiento de potencia del sistema de carga.

Esta prueba tiene como finalidad determinar la potencia máxima que podrá suministrar el sistema de carga.

Condiciones:

- La prueba se debe realizar al medio día.
- Verificar que no exista consumidores al momento de la prueba
- Herramientas de medición calibradas.

Herramientas:

- Multímetro.
- Amperímetro

Procedimiento:

Para esta prueba debemos tener en cuenta que los paneles deben estar conectados de acuerdo al diseño de la matriz fotovoltaica, este debe estar conectado al controlador y al banco de baterías, con la ayuda de un multímetro verificamos el voltaje que suministra los paneles, con un amperímetro obtenemos el valor de intensidad de corriente que está suministrando los módulos fotovoltaicos al banco de baterías.



Figura 17-3: Potencia del sistema de carga.

Fuente: Autores.

Resultados:

Después de haber conectado todos los componentes necesarios para poner en marcha el sistema de carga con el banco de baterías primero se procedió a comprobar el voltaje que suministra el sistema de carga que fue de 54 voltios exactamente ya que el controlador de carga se encarga de regular las variaciones de voltaje que van a existir, con la ayuda de un amperímetro medimos la intensidad de corriente que se obtuvo en ese instante este valor fue de 10.6 amperios, con la ayuda de una multiplicación se obtuvo que, la potencia máxima que puede suministrar el sistema es de 572.4 Watts.

Discusión:

Al momento de calcular el rendimiento teórico del sistema de carga se obtuvo que el sistema trabajaría con un rendimiento del 81% y se estimó que este valor sería de 694.68 W/m^2 . Al momento de realizar la prueba en tiempo real considerando varias condiciones se obtuvo que la potencia máxima suministrada por el sistema de carga fue de 572.4, este valor es menor ya que se realizó un tipo de prueba experimental por ende existirán varios factores que disminuyan este rendimiento.

3.3 Presupuesto

La implementación de un sistema fotovoltaico demanda una gran inversión económica, ya que estos tipos de componentes no son fabricados en gran cantidad de ahí parte el alto precio que tienen en el mercado. Por esta razón es necesario detallar los costos que llevo implementación de un sistema fotovoltaico.

A continuación se detalla los costos directos e indirectos de los componentes utilizados para la implementación.

Tabla 3-3: Costos de los componentes del sistema fotovoltaico.

COSTOS DIRECTOS			
Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
15	Panel solar fotovoltaico	250,00\$	3.750,00\$
6	Tubo de aluminio	20,00\$	120,00\$
1	Regulador de carga	250,00\$	250,00\$
COSTOS INDIRECTOS			
Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
2	Investigador	100,00\$	200,00\$
1	Impresiones	40,00\$	40,00\$
1	Empastado	20,00\$	20,00\$
1	Transporte	100,00\$	100,00\$
1	Otros gastos	100,00\$	100,00\$
COSTO FINAL			4.580,00\$

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se aplicó de forma correcta un sistema fotovoltaico, capaz de alimentar constantemente de energía al banco de baterías de un prototipo de vehículo solar. La metodología utiliza cálculos, factores que afectan el rendimiento de la matriz fotovoltaica.

La matriz fotovoltaica comprende un cierto número de dispositivos conformados por panel fotovoltaico en este caso se utilizó paneles solares flexibles ya que estos tienen el mayor rendimiento del mercado y tienen un bajo peso en relación a los paneles solares fijos, regulador de corriente este está en función de las baterías es decir como tenemos baterías que son de una tensión nominal de 54 voltios a 30 Amperios se utilizó un controlador que regule la carga de voltaje exactamente a lo necesitado y banco de baterías que está en función a los requerimientos del motor eléctrico del vehículo.

Con la finalidad de una correcta implementación de un sistema fotovoltaico, se procedió a hacer un estudio de captación de energía solar con un instrumento de medición especial denominado Piranómetro, el cual nos facilitó el estudio y la obtención de los datos de radiación solar en la ciudad de Riobamba en el mes de octubre del 2018. Una vez realizado el estudio de captación se obtuvo un valor máximo de radiación de $881.408 \frac{W}{m^2}$, con respecto a la radiación estandarizada que incide sobre el globo terrestre correspondiente a $1000 \frac{W}{m^2}$, se puede concluir que, en la ciudad de Riobamba tiene un índice de radiación aceptable esto conlleva que un vehículo solar puede tener autonomía de funcionamiento.

Luego de haber implementado la matriz fotovoltaica se obtuvo que el peso total de este fue de 35.81 kg, este es un buen valor ya que las proyecciones de peso permitido para este sistema eran de 50 kg, es decir que hemos disminuido el peso en un 30%.

Teniendo en cuenta las pérdidas por cableado, suciedad tras la obtención de los datos y pruebas respectivas, se determinó que la eficiencia del sistema fotovoltaico implementado tiene un rendimiento de 81%, ya que tiene diferentes factores que afectan como por ejemplo, las pérdidas por cableado que corresponden a un valor de 7%, pérdidas por eficiencia del panel solar 10%, pérdidas por suciedad 2%.

RECOMENDACIONES

Para un diseño óptimo del sistema fotovoltaico se debe cumplir con las especificaciones de los fabricantes, por ende, se debe seleccionar la mejor alternativa del mercado para los paneles solares, regulador de voltaje, es decir se debe escoger los que mejor rendimiento suministren para un correcto funcionamiento.

Para la modelación de la disposición de los paneles solares se debe tomar en cuenta la disponibilidad del área en el vehículo eléctrico en el caso de este estudio se utilizó una superficie de 4m², otro factor a tomar en cuenta es la potencia de las celdas, para así poder escoger el mejor arreglo de los módulos fotovoltaicos para un mejor funcionamiento del sistema.

Considerar también que para la mejor obtención de datos de radiación solar se deberá instalar el dispositivo de medición correctamente, para así obtener datos confiables.

GLOSARIO

AZIMUT.- Ángulo que forma el meridiano con el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo.

MONOFÁSICOS.- Es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una corriente alterna.

BIFÁSICOS.- Es un adjetivo que alude aquello que cuenta con dos fases estados valores, etapas. El concepto suele usarse en el terreno de la electricidad para calificar a la corriente que se compone de dos corriente alternas.

TRIFÁSICOS.- Es un sistema producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud.

COMBUSTIBLES FÓSILES.- Son recursos de energía no renovables porque requieren millones de años para su formación de forma natural.

FOTÓN.- Partícula mínima de energía luminosa o de otra energía electromagnética que se produce se transmite y se absorbe.

ÁTOMO- porción material menor de un elemento químico que interviene en las reacciones químicas y posee las propiedades características de dicho elemento.

ELECTRÓN.- Partícula que se encuentra alrededor del núcleo del átomo y que tiene carga eléctrica negativa

BIBLIOGRAFÍA

SALGADO. *Guía Completa de la energía solar fotovoltaica y termoeléctrica.* Madrid - España: MADRID VICENTE, ediciones, 2008. pp 250

SITIOSOLAR, S.L. *Sitio Solar.* [En línea] 2013. [Citado el: 08 de Noviembre de 2018.] <http://www.sitiosolar.com/los-coches-electricos-y-las-energias-renovables/>.

Chimborazo, Escuela Superior Politécnica De. *Información curricular automotriz.* [En línea]2012.https://espoch.edu.ec/images/facultades/mecanica/archivos/inf_curricular_automotriz.pdf.

Formación, Javier Méndez : Rafael Cuervo García: BUREAU VERITAS. *Energía Solar Fotovoltaica.* Madrid - España : Fundación confemetal, 2010. pp 125

Maza, Miguel Sánchez. *Energía solar fotovoltaica.* México : Limusa : Innovación y Cualificación, 2008. pp 125-130

Progensa. *La energía solar. Aplicaciones Prácticas.* Sevilla : Progensa, 2009.

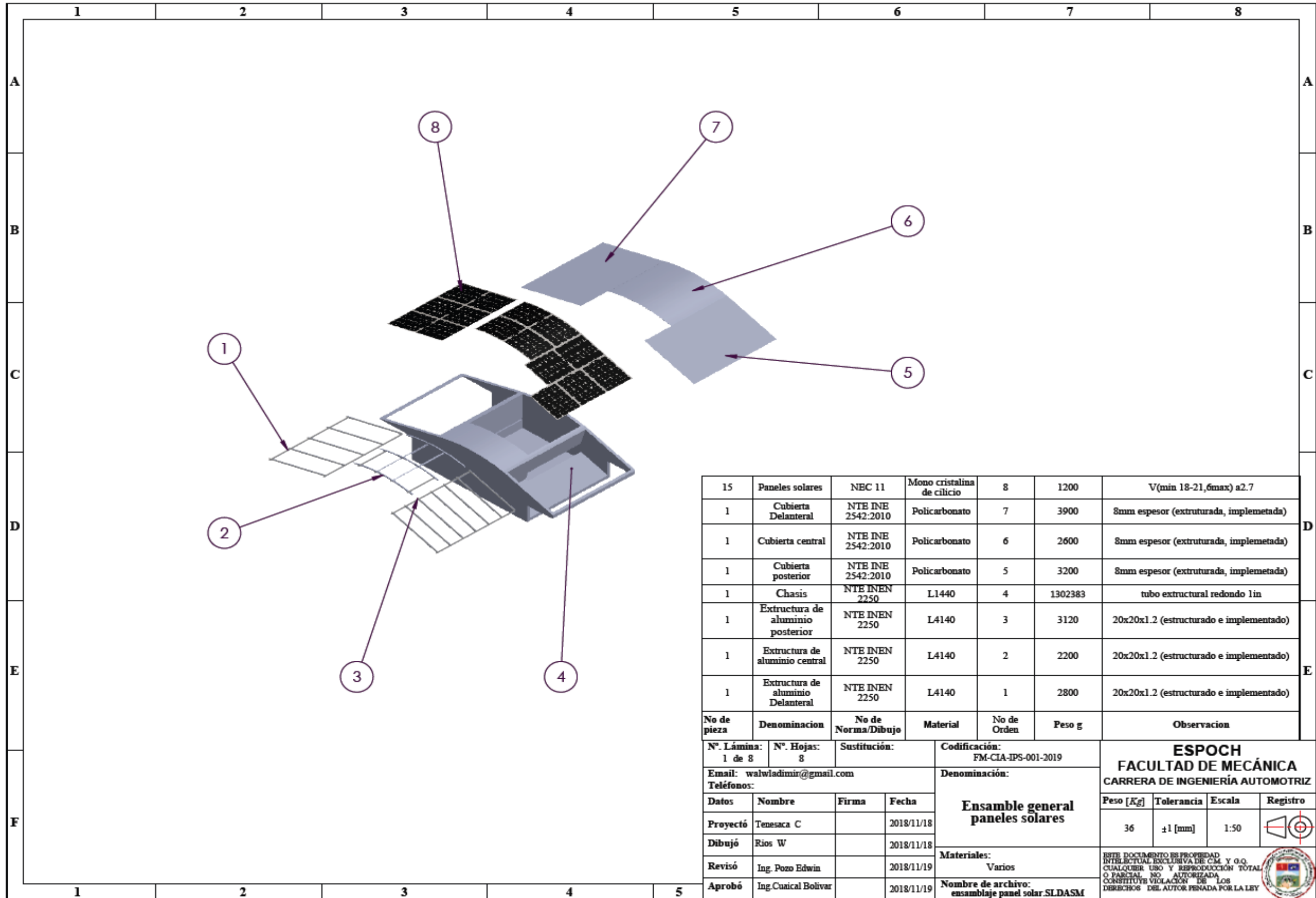
Costalago., Isabel Burgos. *energías renovables.* [En línea] 11 de Junio de 2002. [Citado el: 15 de Noviembre de 2018.] <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>.

Solar, Damia. *Damia Solar.* [En línea] 27 de Abril de 2016. https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo_1.

Devices, Delta-T. *Delta T Devices.* [En línea] 2015. [Citado el: 15 de noviembre de 2018.] <https://www.delta-t.co.uk/product/spn1/>.

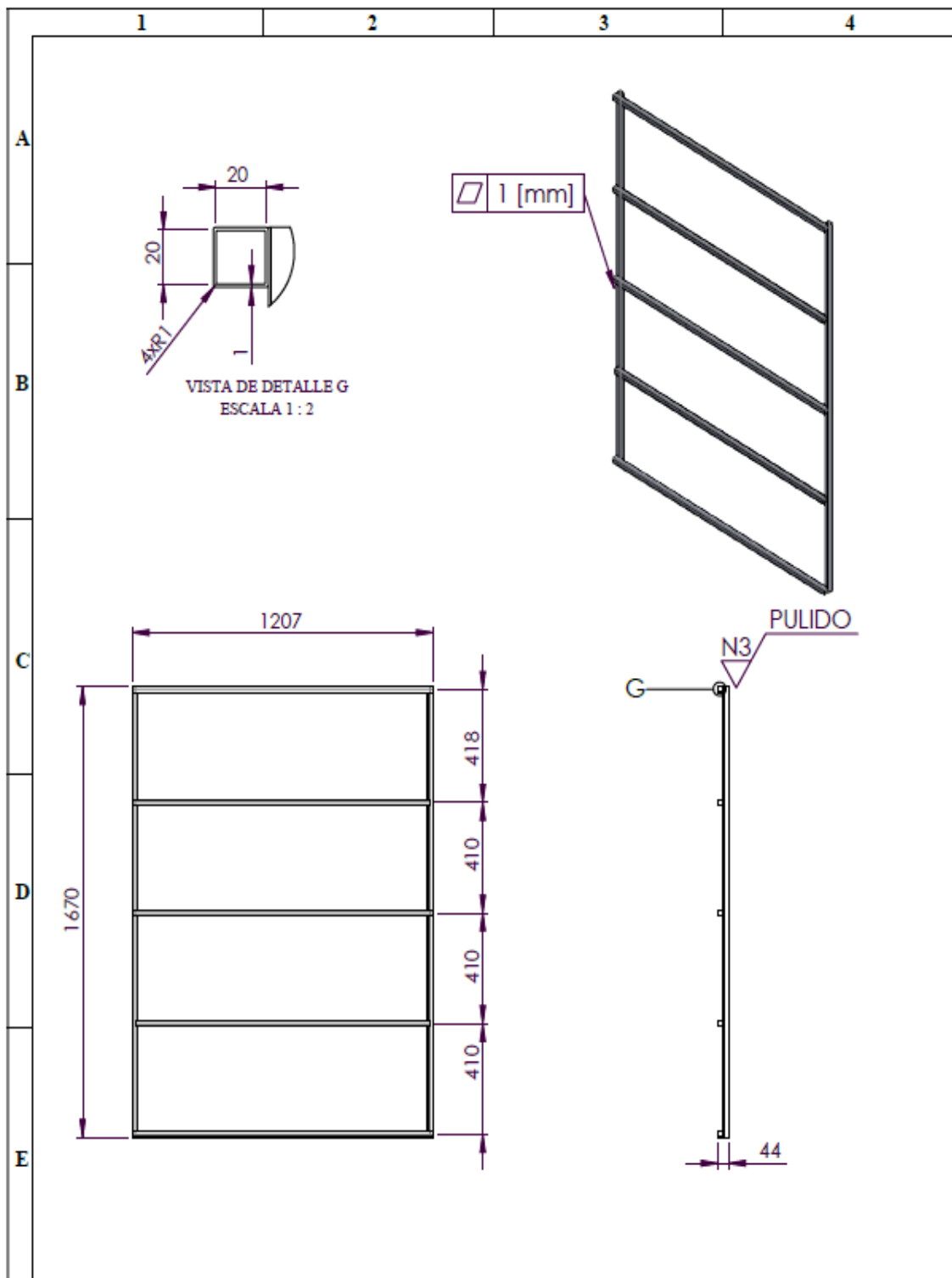
MIDUVI y Cámara de la Construcción de Quito. *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 Capítulo 14. Energías Renovables.* Quito : Decreto Ejecutivo N° 705, 2011.



ANEXOS

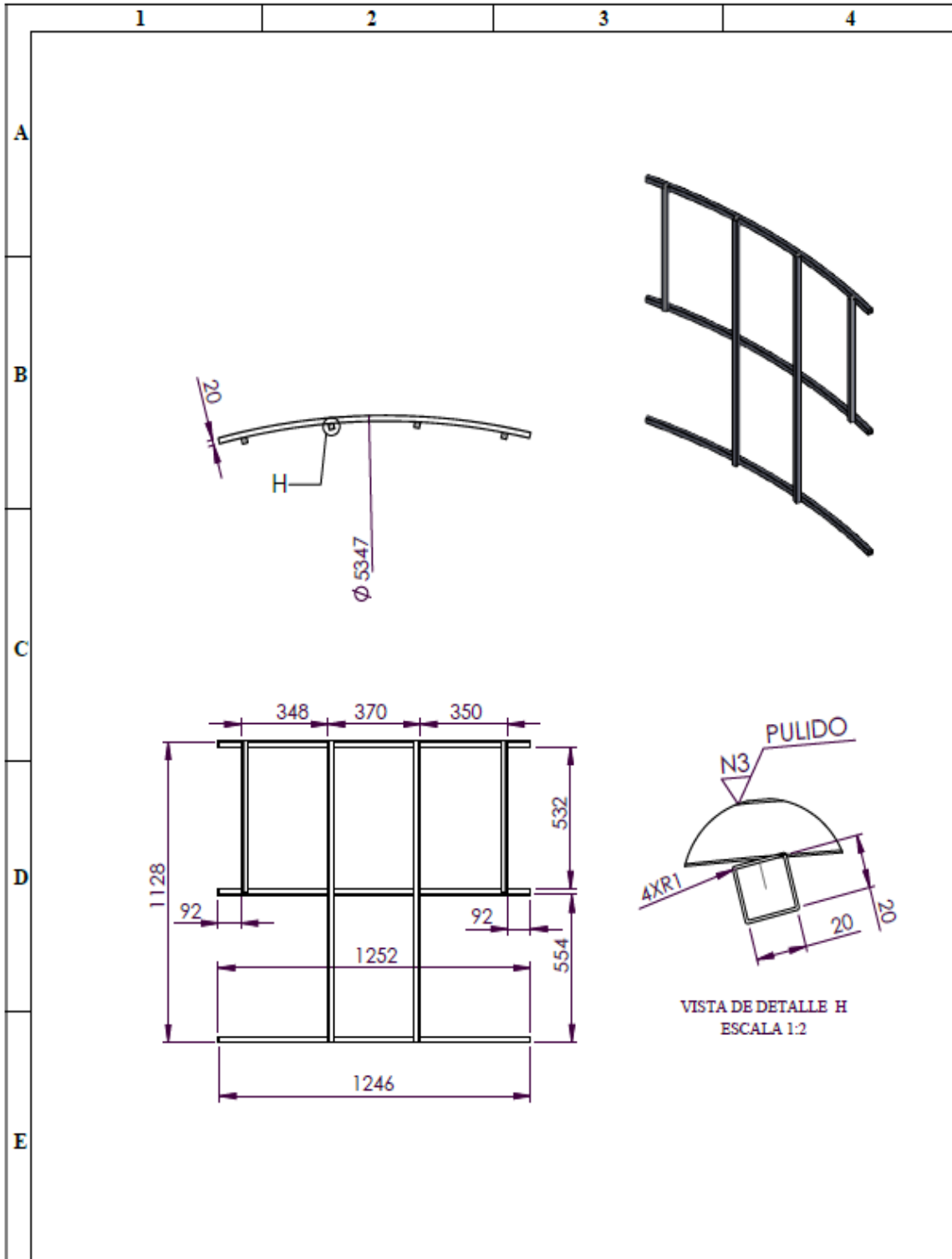



15	Paneles solares	NEC 11	Mono cristalina de silicio	8	1200	V(min 18-21,6max) a2.7
1	Cubierta Delantera	NTE INE 2542:2010	Policarbonato	7	3900	8mm espesor (extrudada, implemetada)
1	Cubierta central	NTE INE 2542:2010	Policarbonato	6	2600	8mm espesor (extrudada, implemetada)
1	Cubierta posterior	NTE INE 2542:2010	Policarbonato	5	3200	8mm espesor (extrudada, implemetada)
1	Chasis	NTE INEN 2250	L1440	4	1302383	tubo estructural redondo 1in
1	Estructura de aluminio posterior	NTE INEN 2250	L4140	3	3120	20x20x1.2 (estructurado e implementado)
1	Estructura de aluminio central	NTE INEN 2250	L4140	2	2200	20x20x1.2 (estructurado e implementado)
1	Estructura de aluminio Delantera	NTE INEN 2250	L4140	1	2800	20x20x1.2 (estructurado e implementado)
No de pieza	Denominacion	No de Norma/Dibujo	Material	No de Orden	Peso g	Observacion

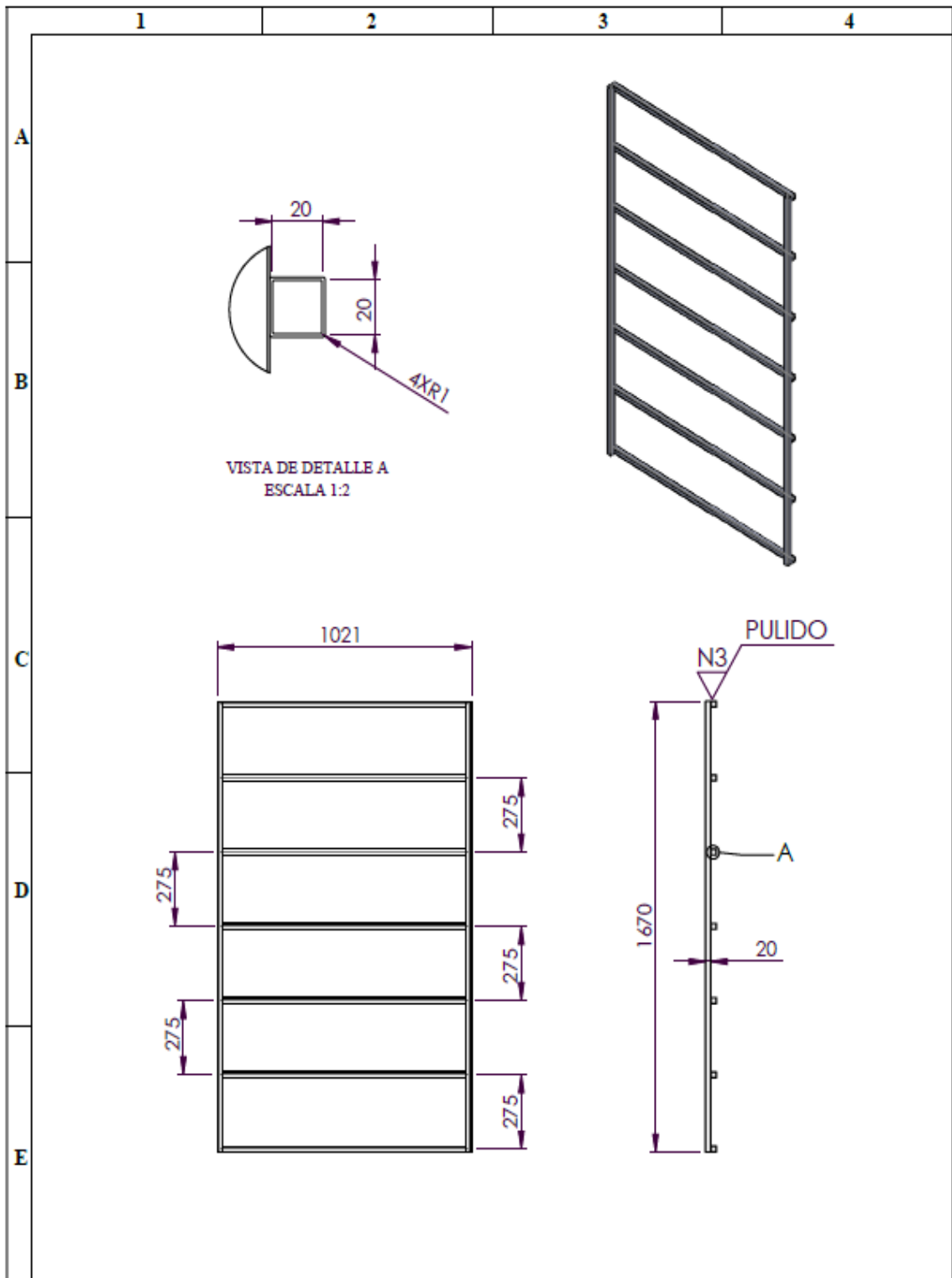
N°. Lámina: 1 de 8	N°. Hojas: 8	Sustitución:	Codificación: FM-CIA-IPS-001-2019	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ	
Email: walwladimir@gmail.com			Denominación:		
Teléfonos:			Ensamble general paneles solares	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma		Fecha	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE CM Y G.O. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 
Proyectó	Tenesaca C			2018/11/18	
Dibujó	Rios W			2018/11/18	
Revisó	Ing. Pozo Edwin		2018/11/19		
Aprobó	Ing. Cuical Bolívar		2018/11/19	Materiales: Varios	
				Nombre de archivo: ensamblaje panel solar.SLDASM	



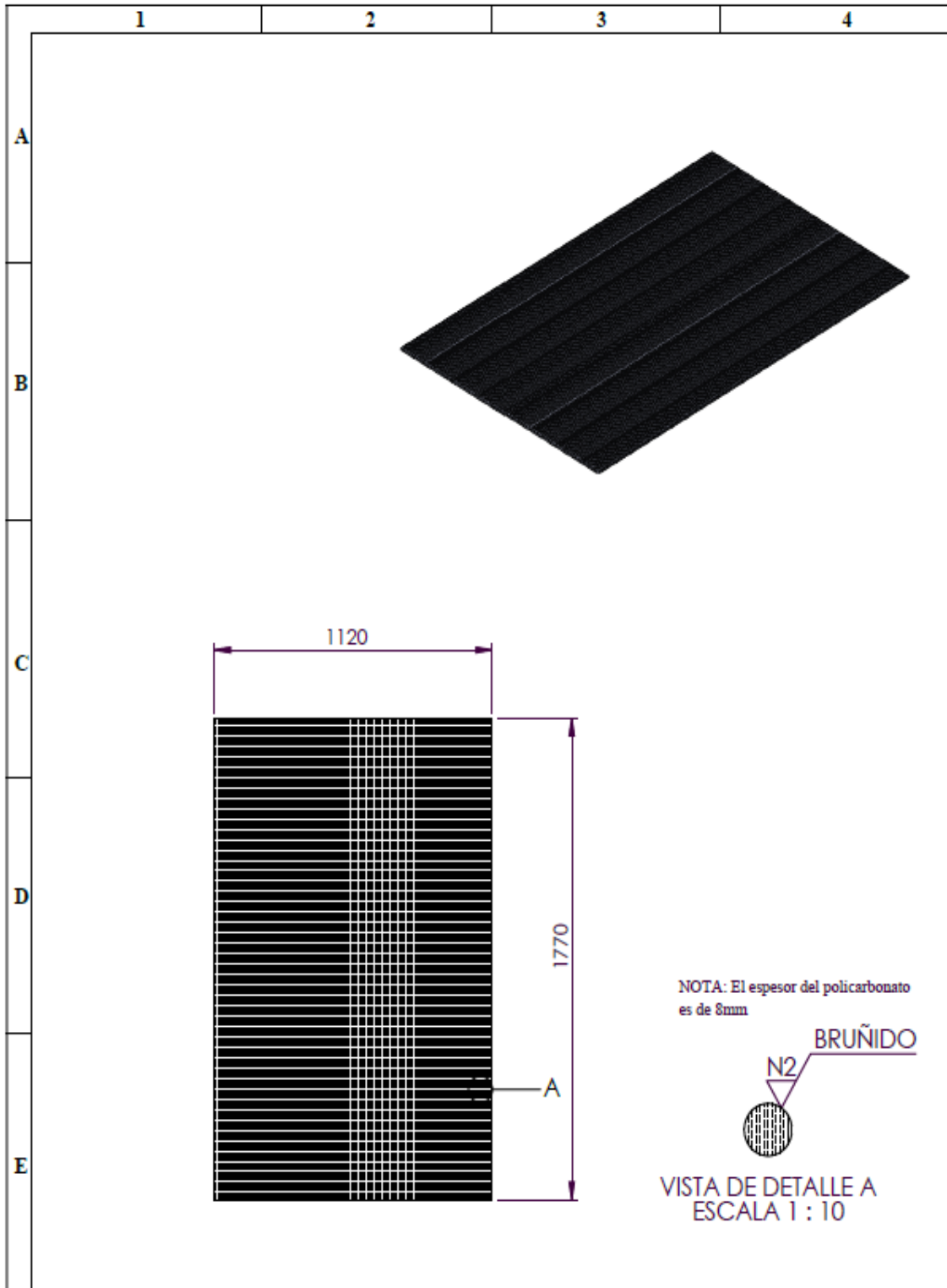
N°. Lámina: 02 de 08		N°. Hojas: 08		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-ED-CD12-002-2019		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ							
Email: walwladimir@gmail.com						Estructura Delantera									
Teléfonos:															
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		Tenesaca C				2018/11/18		3		±1 [mm]		1:20			
Dibujó		Rios W				2018/11/18		Materiales: L1440		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE R.W. Y T.C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 					
Revisó		Ing. Pozo Edwin				2018/11/19									
Aprobó		Ing. Cuaical Bolivar				2018/11/19		Nombre de archivo: Estructura Delantera.SLDPR1							



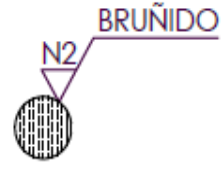
N°. Lámina: 03 de 08		N°. Hojas: 08		Sustitución:		Codificación: FM-CLIA-EC-CD2-003-2019		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ							
Email: walwladimir@gmail.com Teléfonos:						Estructura Central		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma				Fecha		2		±1 [mm]		1:20	
Proyectó		Tenesaca C				2018/11/18		Materiales: L1440		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE R.W. Y T.C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>					
Dibujó		Rios W				2018/11/18									
Revisó		Ing. Pozo Edwin				2018/11/19		Nombre de archivo: Estructura Central.SLDPRT							
Aprobó		Ing. Cuaical Bolivar				2018/11/19									



Nº. Lámina: 04 de 08		Nº. Hojas: 08		Sustitución:		Codificación: FM-CLA-EP-CD23-004-2019		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ									
Email: walwladimir@gmail.com						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala	
Teléfonos:						Estructura Posterior		3		±1 [mm]		1 : 20					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE E.W. Y T.C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Proyectó	Tenesaca C		2018/11/18					L1440									
Dibujó	Rios W		2018/11/18					Nombre de archivo:									
Revisó	Ing. Pozo Edwin		2018/11/19			Estructura Posterior.SLDPRT											
Aprobó	Ing. Cuical Bolívar		2018/11/19														

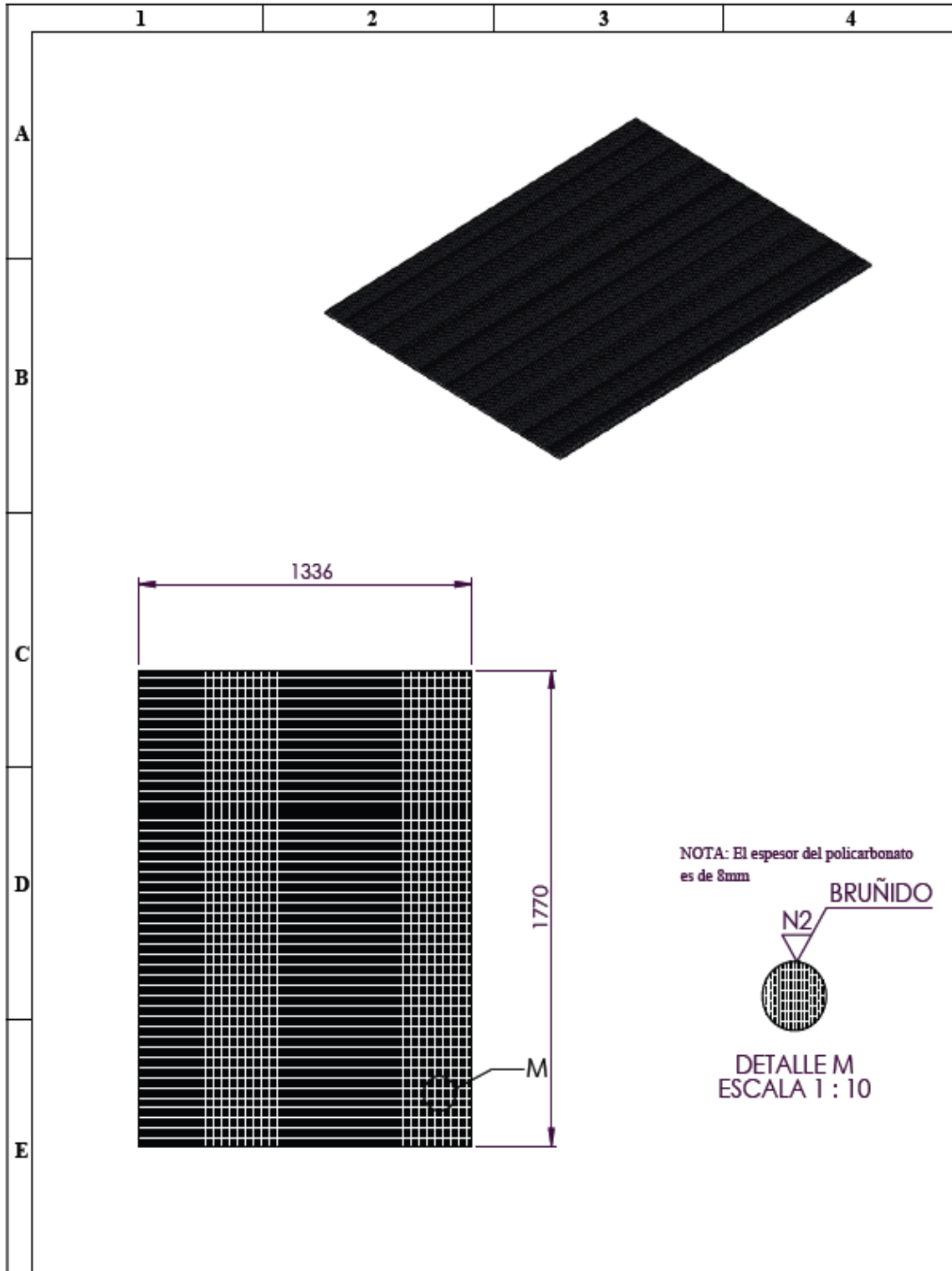




NOTA: El espesor del policarbonato es de 8mm

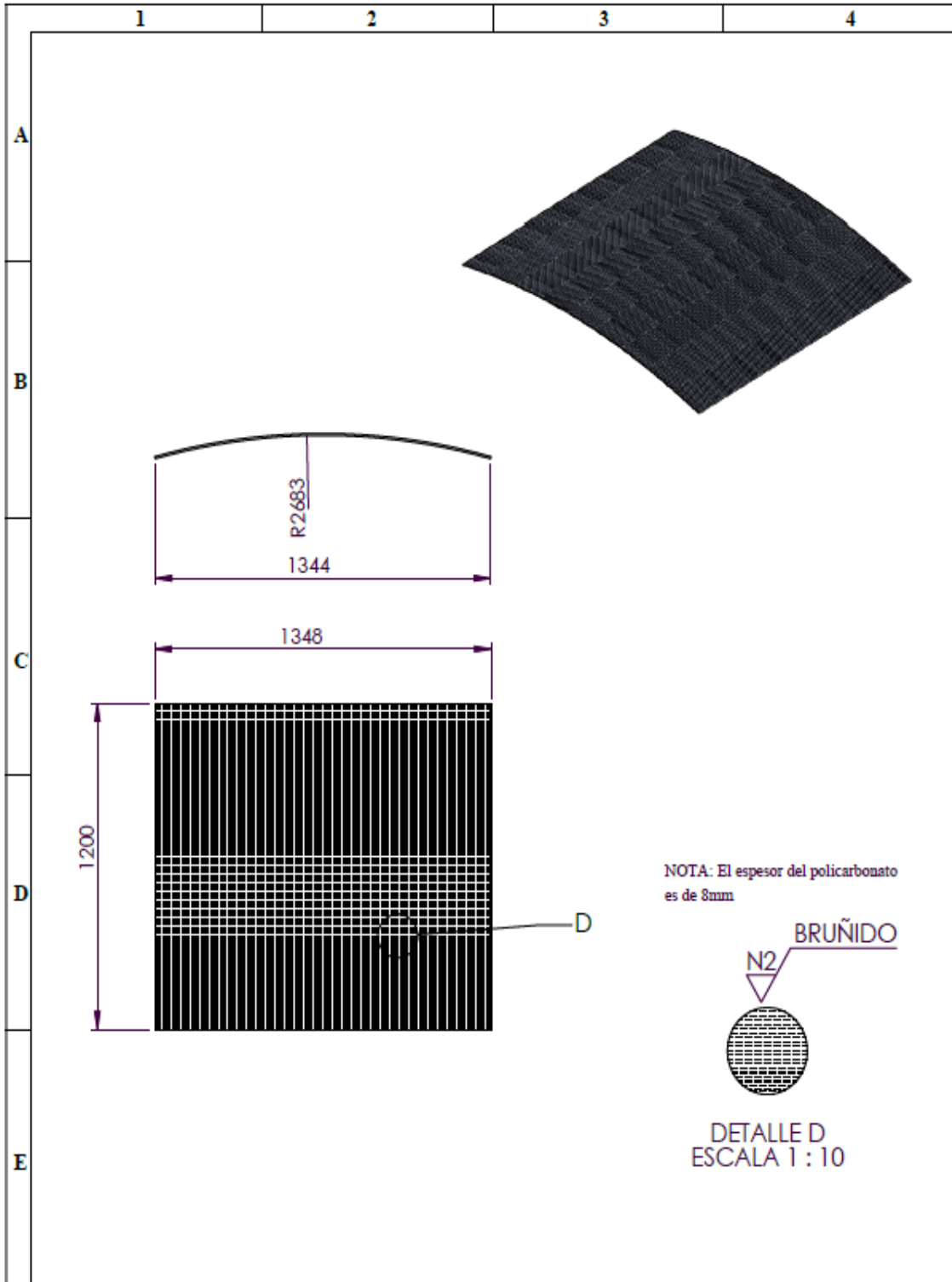


VISTA DE DETALLE A
ESCALA 1 : 10

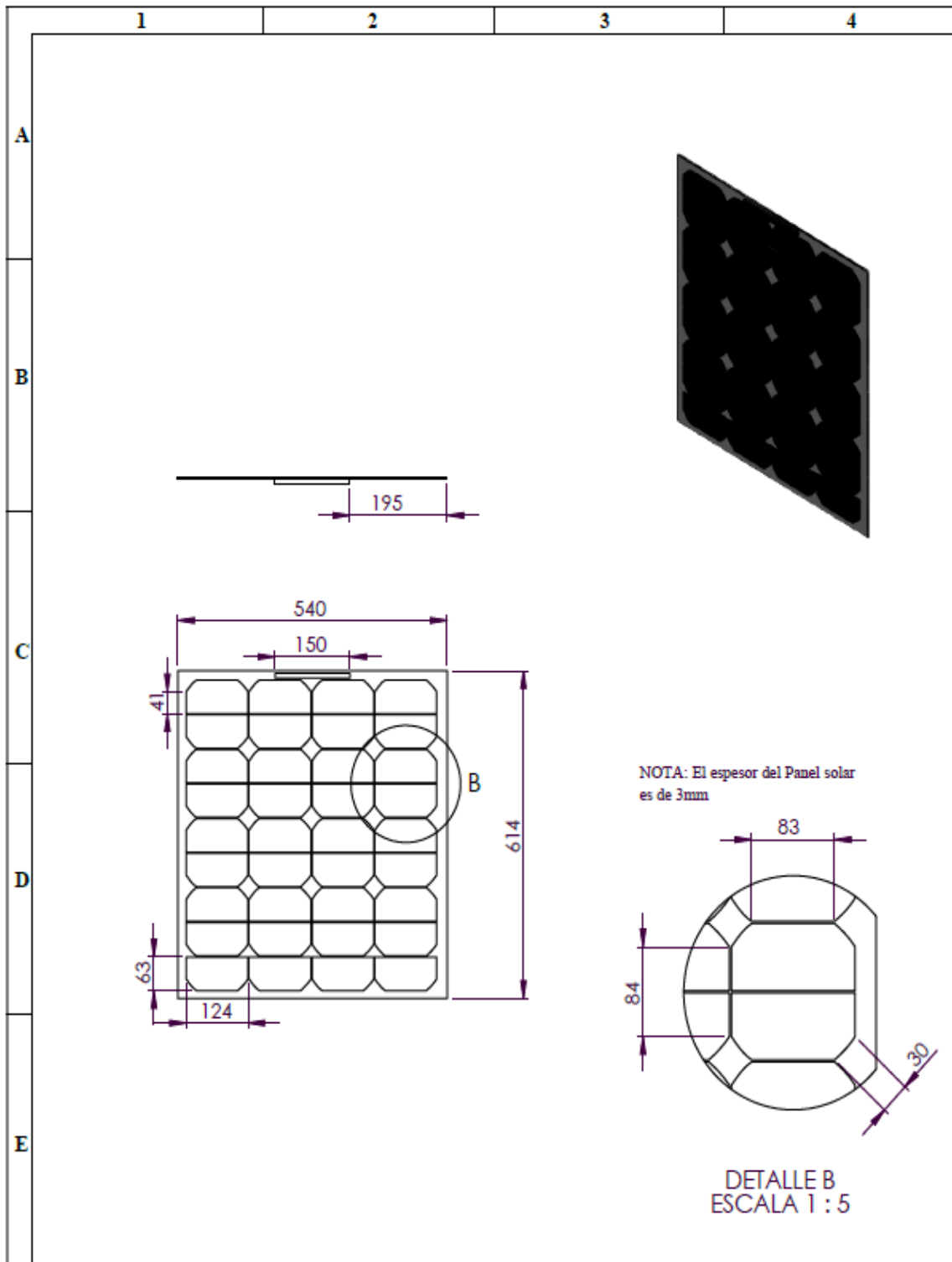
N°. Lámina: 05 de 08		N°. Hojas: 08		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-CP-BC34-005-2019		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ							
Email: walwladimir@gmail.com						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Teléfonos:						Cubierta Posterior		3		±1 [mm]		1 : 20			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE R.W. Y T.C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>							
Proyectó	Tenesaca C		2018/11/18	Policarbonato											
Dibujó	Rios W		2018/11/18	Nombre de archivo:											
Revisó	Ing. Pozo Edwin		2018/11/19	Cubierta posterior.SLDPRT											
Aprobó	Ing. Cuical Bolivar		2018/11/19												



N°. Lámina: 05 de 08		N°. Hojas: 08		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-CD-D-23B-001-07-2019		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ							
Email: wawladimir@gmail.com						Cubierta Delantera									
Teléfonos:															
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		Tenesaca C				2018/11/18		3.9		±1 [mm]		1 : 20			
Dibujó		Rios W				2018/11/18									
Revisó		Ing. Pozo Edwin				2018/11/19		Materiales: Policarbonato		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE E.W. Y T.C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small> 					
Aprobó		Ing. Cuical Bolivar				2018/11/19		Nombre de archivo: Cubierta Delantera.SLDPRT							



N°. Lámina: 07 de 08		N°. Hojas: 08		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-CC-B34-007-2019		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ			
Email: walwladimir@gmail.com				Denominación:							
Teléfonos:				Cubierta Central				Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha					2	±1 [mm]	1 : 20	
Proyectó	Tenesaca C		2018/11/18	Materiales:				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE R.W. Y T.C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			
Dibujó	Rios W		2018/11/18	Policarbonato							
Revisó	Ing. Pozo Edwin		2018/11/19	Nombre de archivo:							
Aprobó	Ing. Cuical Bolivar		2018/11/19	Cubierta central.SLDprt							

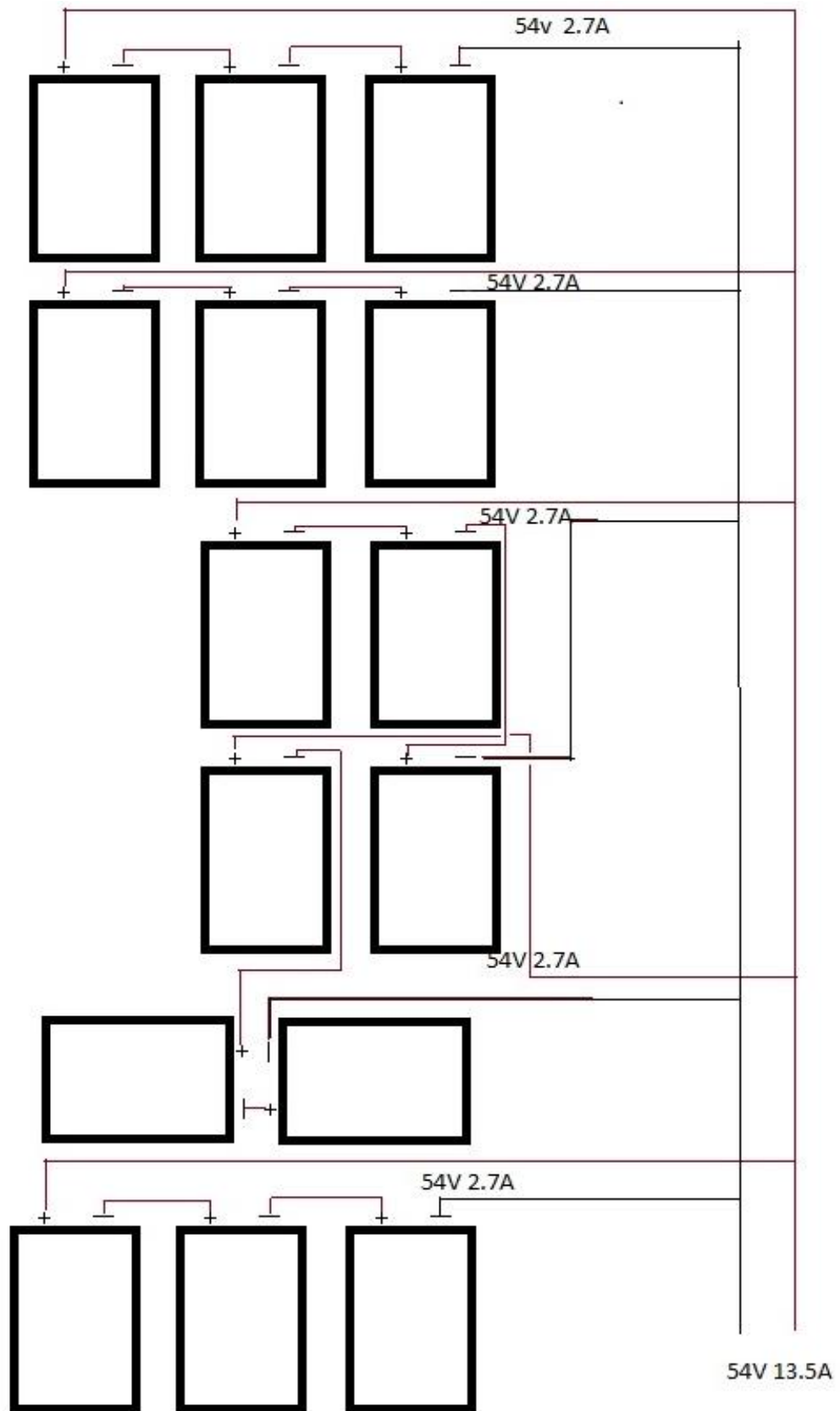


NOTA: El espesor del Panel solar es de 3mm

DETALLE B
ESCALA 1 : 5

N°. Lámina: 08 de 08		N°. Hojas: 08		Sustitución:		Codificación: FM-CIA-PS-BC234-008-2019		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ											
Email: walwladimir@gmail.com						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Panel Solar				1		±1 [mm]		1 : 10			
Proyectó		Tenesaca C				2018/11/18						Materiales:		Varios		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE R.W. Y T.C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó		Rios W				2018/11/18						Nombre de archivo:		Panel Solar.SLDprt					
Revisó		Ing. Pozo Edwin				2018/11/19													
Aprobó		Ing. Cuaisal Bolívar				2018/11/19													

Anexo A: Arreglo fotovoltaico 54V 13.5A.

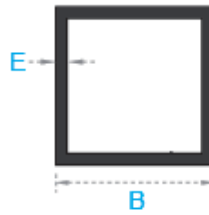


Anexo B: Datos de radiación global obtenidos en el mes de octubre del 2018.

DATOS DE RADIACION SOLAR OBTENIDOS EN EL MES DE OCTUBRE																																					
	01/10/2018	02/10/2018	03/10/2018	04/10/2018	05/10/2018	06/10/2018	07/10/2018	08/10/2018	09/10/2018	10/10/2018	11/10/2018	12/10/2018	13/10/2018	14/10/2018	15/10/2018	16/10/2018	17/10/2018	18/10/2018	19/10/2018	20/10/2018	21/10/2018	22/10/2018	23/10/2018	24/10/2018	25/10/2018	26/10/2018	27/10/2018	28/10/2018	29/10/2018	30/10/2018	31/10/2018	PROMEDIO	HORA DEL DIA	RADIACION W/m ²			
050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	
250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	
350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350	0	
450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	0	
550	0.13	0.02	0.02	0.03	0	0.03	0.03	0.05	0.29	0.1	0.01	0.2	0.21	0.16	0.06	0.21	0.1	0.13	0.35	0.2	0.06	0.13	0.14	0.1	0.31	0.21	0.29	0.13	0.46	0.33	0.46	0.159677419	500	0.159677419			
600	60.3	61.06	12.51	32.33	36.11	19.9	23.43	11.23	66.9	29.56	27.6	37.95	34.16	36	35.76	34.4	34.3	23.5	29.11	57.31	32.29	43.56	37.3	17.51	36.83	78.33	87.9	13.76	139.53	42.43	101.9	43.05677419	600	43.05677419			
700	344.1	296.53	116.49	153	299.03	100.46	87	56.53	327.62	88.73	101.93	251.54	118.73	226.31	198.36	140.85	231.5	132.33	209.13	242.6	204.11	177.4	150.1	103.06	263.56	246.7	390.93	1322.25	322.5	93.76	350.29	236.0467742	700	236.0467742			
800	588.63	596.56	158.13	439.75	417.7	225.6	193.1	268.64	613.5	162.2	337.46	668.15	257.7	569.15	198.11	252.85	313.4	532.95	497.3	460.29	543.11	256.76	372.13	288.4	645.5	471.02	619.81	488.16	604.35	426.13	605.5	421.6787097	800	421.6787097			
900	842.33	832.5	420.85	579.35	759.23	348.09	326.32	617.3	838.86	660	622.76	865.66	868.1	937.23	432.36	475.82	551.95	703.9	859.51	787.2	455.5	263.7	690.93	619.6	902.35	641.46	826.51	462.25	910.25	669.71	789.95	663.920677	900	663.920677			
1000	940.91	1012.5	778.76	618.83	692.19	487.5	388	1028.2	1003.7	989.32	879.81	1137.71	554.36	1103.51	768	434.6	743	561.3	812.36	848.6	444.27	561.23	927.93	728.81	975.73	758.53	1004.1	691.51	1025.87	952.7	940.14	799.8058065	1000	799.8058065			
1100	973	1108.26	1066.56	525.1	1007.18	611.06	570.26	1070	1102.05	881.6	1176.76	886.71	528.45	794.13	963.1	686	474.85	680.76	823.2	707.75	655.61	759.5	1125.93	1041.55	1106.71	1072.21	1084	756.85	923.23	1082.26	1079.03	881.4083871	1100	881.4083871			
1200	986.53	1143.51	749.92	569.1	645.95	909.3	590.21	833.23	1077.66	1110.86	1180.53	723.6	667.06	339.53	668.6	616.96	532.76	789.75	715.25	758.01	912.21	718.16	780.7	1095.2	1136.4	1107.31	1094.9	818.03	669.15	710	1083.23	830.7616129	1200	830.7616129			
1300	884.72	1015.43	1017	762.2	671.01	982.43	374.11	813.13	1028.94	1000.5	1040.6	444.71	881.1	426.8	323.23	693	631.63	670.96	90.26	784.51	697.6	615.53	1020.1	984.2	1050.65	1030.63	1004.83	957.83	502.56	267.1	963.9	762.3612903	1300	762.3612903			
1400	559.71	890.1	842.6	339.6	474.67	688.5	755.29	794.31	112.5	879	887.45	298	428.51	545.93	276.35	527.44	327.63	662.33	728.83	922.26	302	349.51	478.2	248	526.6	787.46	664.66	718.91	425.76	541.1	440.8	562.0648387	1400	562.0648387			
1500	293.83	681	1017	187.96	281.61	562.76	279	656.47	17.81	674	669.11	193.05	217.51	468.4	214.71	386.63	147.11	543.3	567	639.41	507.83	231.63	328.4	219.43	20.25	67.35	126.25	352.95	302.63	472.2	88.95	368.2432258	1500	368.2432258			
1600	301.55	423.55	338.5	130.86	226.3	196.56	117.57	285.69	64	347.9	353.5	142.81	215.52	306.7	153.5	146.76	145.6	349.1	246.53	395.26	205.56	125.1	102.1	365.35	42.84	35.01	20.91	110.73	134	407.01	11.5	207.9958065	1600	207.9958065			
1700	48.96	77	146.7	6.3	45.67	53.6	42.37	54.63	17.7	63.73	69.5	89.2	59.1	96.56	83.91	42.51	36.65	71.41	93.5	104.3	62.91	15.51	14.71	89.06	33.71	14.5	2.6	40.5	24.91	81.05	2.25	54.35316129	1700	54.35316129			
1800	0.53	1.63	1.5	0.3	0.5	1.37	1.11	2.1	0.77	1.07	1.26	0.85	1.43	0.65	1.25	0.41	0.53	0.45	0.76	0.63	0.46	0.23	0.4	1.31	1.51	0.3	0	0.1	0.66	0.6	0	0.811935484	1800	0.811935484			
1900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1900	0	
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	0
2100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2100	0
2200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2200	0
2300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2300	0

Fuente: Autores

Anexo C: Catalogo aluminio estructural.



REFERENCIA	Lado B		Espesor(E)	Peso
	Milímetros	Pulgadas	mm	Kg/m
1014	44.40	1 3/4	1.90	0.875
1015	50.80	2	2.00	1.058
1017	38.10	1 1/2	2.40	0.929
**1244	22.20	7/8	1.20	0.298
*1285	25.40	1	1.60	0.488
1286	25.40	1	1.80	0.461
1373	31.73	1 1/4	1.80	0.584
1386	38.10	1 1/2	1.80	0.708
**1466	22.20	7/8	1.00	0.231
1555	16.00	5/8	1.20	0.193
1567	28.50	1 1/8	1.30	0.383
1583	38.10	1 1/2	1.20	0.480
1714	25.40	1	1.30	0.340
1848	50.80	2	3.18	1.642
1852	50.80	2	1.40	0.750
1854	31.75	1 1/4	1.10	0.366
*1855	25.40	1	1.30	0.412
1893	76.20	3	1.80	1.451
**1900	101.60	4	6.35	6.538
**1901	101.60	4	4.80	5.018
**1902	101.60	4	3.20	3.365
**1903	101.60	4	2.30	2.457
**1904	76.20	3	4.40	3.406
**1905	76.20	3	3.60	2.815
**1906	76.20	3	2.00	1.590
**1981	17.00	43/64	1.00	0.162
2036	25.90	1 1/64	1.10	0.290
2439	19.00	3/4	1.10	0.214
2442	38.10	1 1/2	1.46	0.580
2779	30.00	1 3/16	1.20	0.375
2836	38.00	1 1/2	1.05	0.420
2856	19.00	3/4	1.00	0.195
2863	38.10	1 1/2	1.10	0.441
2968	44.40	1 3/4	1.20	0.562
3073	63.50	2 1/2	2.50	1.653
3273	44.50	1 3/4	3.00	1.349
3275	25.40	1	3.00	0.728
3343	50.80	2	1.20	0.645
3345	25.40	1	1.00	0.265

*Con Tornillero

**Con Aristas Redondas

Fuente: Catalogo de aluminio estructural tubos cuadrados Cedal.

Anexo D: Valor k según latitud y mes del año.

Latitud: 1°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	0.98	0.97	0.96	0.97	0.98	1	1.01	1.02	1.03
10	1.03	1.02	0.99	0.96	0.93	0.92	0.93	0.96	0.99	1.02	1.04	1.04
15	1.04	1.01	0.97	0.93	0.89	0.87	0.88	0.92	0.97	1.02	1.05	1.06
20	1.04	1.01	0.95	0.89	0.84	0.81	0.83	0.88	0.95	1.01	1.05	1.06
25	1.04	0.99	0.92	0.85	0.78	0.75	0.77	0.84	0.92	1	1.05	1.06
30	1.03	0.97	0.89	0.8	0.72	0.69	0.71	0.79	0.89	0.98	1.04	1.05
35	1.01	0.95	0.85	0.74	0.65	0.62	0.65	0.73	0.84	0.95	1.02	1.04
40	0.98	0.91	0.81	0.67	0.58	0.54	0.57	0.67	0.8	0.92	1	1.02
45	0.95	0.87	0.76	0.62	0.51	0.46	0.5	0.61	0.74	0.88	0.97	0.99
50	0.92	0.83	0.7	0.56	0.43	0.38	0.42	0.54	0.69	0.83	0.93	0.96
55	0.88	0.78	0.64	0.49	0.35	0.3	0.34	0.46	0.63	0.78	0.89	0.92
60	0.83	0.73	0.58	0.41	0.27	0.21	0.26	0.39	0.56	0.73	0.84	0.87
65	0.78	0.67	0.51	0.34	0.19	0.13	0.17	0.31	0.49	0.66	0.79	0.82
70	0.72	0.61	0.45	0.26	0.13	0.12	0.11	0.23	0.42	0.6	0.73	0.77
75	0.66	0.55	0.37	0.18	0.12	0.11	0.11	0.15	0.34	0.53	0.67	0.71
80	0.6	0.48	0.3	0.13	0.11	0.1	0.1	0.1	0.26	0.46	0.6	0.64
85	0.53	0.41	0.23	0.12	0.11	0.1	0.09	0.09	0.19	0.39	0.53	0.58
90	0.46	0.34	0.15	0.11	0.1	0.09	0.08	0.08	0.11	0.31	0.46	0.51

Fuente: (MIDUVI y Cámara de la Construcción de Quito, 2011)

Anexo E: Especificaciones regulador de carga 48V-80A.

Rated current	80A	80A		
Rated voltage	36V	48V		
panel voltage	<=100V		<=100V	
No-load loss	<=30mA		<=30mA	
Under voltage protection	32.4V	43.2V		
Under pressure recovery	38.4V	51.2V		
Charge parameter (24V*2) (48V*4)	Lead acid seal (SEAL)	Colloid battery (GEL)	Open cell (FLoO)	Self setting parameter (SELF)
Lift charge	14.6V	14.2V	14.8V	56V Factory default
Increase charge	14.4V	14.2V	14.6V	
Float charge	13.8V	13.8V	13.8V	
Charging return	13.3V	13.3V	13.3V	
Over charge current	1.1 times the rated current, stop charging, automatic recovery of 5 minutes			
Voltage drop	Charge <0.6V, discharge <0.3V			
Temperature compensation	-4mv/cell/°C			
Over-load, short circuit protection	1.25 times rating current 30S;1.5 times rating current 10S overload current protection ≥3 times rating current short circuit protection			
Installation line number	<=7# AWG (16mm ²)			
Work temperature	-25°C至+60°C			
Storage temperature	-30°C至+70°C			
Humidity requirement	<=90%, no condensation			
Protection degree	IP30			
Use height	<=2000m (2000m above sea level is required for the use of power)			
weight	1.15kg			
Outline size	150mm*135mm*63mm			

Fuente: Shenzhen Crystal Solar Co.Ltd.

Anexo F: Especificaciones panel solar.



**深圳市晶源太阳能有限公司
Shenzhen Crystal Solar Co., Ltd**

Tel(电话): 0755 23048699 Fax(传真): 0755 23048199
Add.: 广东省深圳市光明新区公明将石新围第四工业区鸿运兴科技园7楼

Flexible Solar Panel Specification 太阳能电池板规格书			
Item No. (序号): CS-614*540-01 Voltage(电压): 18V Current(电流): 2.7A			
Solar Panel size(电池组件外观尺寸):		L: 614MM	W: 540MM H: 3mm
2. Performance Data(性能参数表(标准光强/25℃))		3. Manufacturing Process	
Item(项目)	Basic Parameters(参数)	Flexible solar panel	
Open-Circuit Voltage(开路电压)	21.6V	Flexible solar panel	
Short-Circuit Current(短路电流)	2.97A min	4. Quality Assurance(质保)	
Voltage at Pmax(最大功率点电压)	18V	1- year quality assurance (1年质量保证)	
Current at Pmax(最大功率点电流)	2.7A	5. Notice(注意事项):	
Rated Max Power(最大功率)	50w	Operational Temperature (使用环境温度): -30℃~60℃	
Cell Efficiency(转换效率)	18,00%	Operational Humidity (相对湿度): 45%~95%	
Data under standard testing conditions (STC)(测试标准): 1000 W/m ² , AM1.5, 25 °C			
Customer Confirm(客户回签):	Approver(核准): Robert Gu	Auditor(审核): T. Tao	Maker(制作): Xie JF

Fuente: Shenzhen Crystal Solar Co.Ltd.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 14 / 11 / 2019

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Walter Wladimir Rios Pujos Carlos Iván Tenesaca Pacheco
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Automotriz
Título a optar: Ingeniero Automotriz
f. Analista de bibliotecas responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo