



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA  
FOTOVOLTAICO PARA LA CELDA (DIGITEL)  
UBICADA EN EL EDIF 4 DE LA  
INFRAESTRUCTURA UJAP**

Autor:

Gabriel David, Sinclair Flores

**Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO PARA LA  
CELDA (DIGITEL) UBICADA EN EL EDIF 4 DE LA INFRAESTRUCTURA  
UJAP

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

Autor: Gabriel Sinclair

Tutor(a): Ajax Barrios

San Diego, 10-2022



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

### ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la  
evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Propuesta de un Sistema de energía fotovoltaico para la  
Celda (Digital) ubicada en el edificio 4 de la infraestructura  
USAP

Realizado por el (la) Br. Gabriel David Sinclair Flous

C.I. N° 29823128 cursante de la carrera de Telecomunicaciones

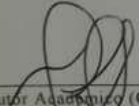
hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral,

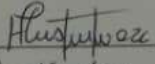
considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

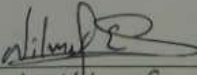
APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

  
Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre: Alex Buitrago  
C.I.: 8067378

  
Jurado  
Nombre: Agustín Linares  
C.I.: 8155922

  
Jurado  
Nombre: Wilmer Saenz  
C.I.: 7130496

Fecha: 10 / 10 / 2022



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DECANATO DE INGENIERÍA



FI T 001 2022-ICRTG

Valencia, 10 de junio de 2022

Ciudadano:  
SINCLAIR FLORES, GABRIEL DAVID  
29.823.128

Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 7-2022 de fecha 13/05/2022 aprobó el proyecto de grado titulado:


**Propuesta de un sistema de Energía Fotovoltaico para la celda (Digitel), ubicada en el edificio 4 de la infraestructura UJAP.**

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:  
Ing. Áyax Pablo Ernesto Barrios Pérez, titular de la cédula de identidad V- 8.667.378



Atentamente

  
**Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.**  
Decano de Ingeniería

e.e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL  
TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Ing. Ajax Barrios, portador de la cédula de identidad N°8.667.378, en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Gabriel Sinclair portador de la cédula de identidad N° 29.823.128 dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado titulado: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICO PARA LA CELDA (DIGITEL) UBICADA EN EL EDIF 4 DE LA INFRAESTRUCTURA UJAP**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 19 días del mes de Septiembre del año 2022.

  
Ing. Ajax Barrios  
C.I. 8.667.378,

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente agradezco a DIOS por haberme guiado en todo este trayecto de mi carrera.

A mi **TÍO OSWALDO FLORES** y a mi **PAPÁ GABRIEL SINCLAIR** por el apoyo moral y económico que me brindaron en todo este trayecto.

A mi **TIA TIBISAY ROJAS** por el apoyo moral e instructivo que me brindo a lo largo de esta carrera

A **MI AMADA MADRE IVETTE FLORES**, quien me ayudó incondicionalmente en todo este recorrido y me brindo las herramientas necesarias.

A mi **NOVIA ALEXANDRA RIVAS**, reconozco todo el apoyo que me ha brindado y por haber creído en mí desde los inicios de todo este camino.

A la **UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ** y al personal **DOCENTE**. Ayudaron en mi crecimiento profesional todo este tiempo, brindándome un conocimiento completo y profesional.

A mi **TUTOR ACADÉMICO AYAX BARRIOS, AL ING. FREDDY VILLALBA** y al **ING. JORGE MARTINEZ** por el apoyo investigativo, y por haberme facilitado mucho de sus conocimientos para emplearlos en este trabajo de grado.

A mi Director de Escuela **WILMER SANZ**, por haber sido un apoyo motivacional muy importante para la realización de toda esta investigación

**Al Dr. MUJICA** ejecutivo de Corporación DIGITEL por brindarme todo el apoyo que necesite para la realización de esta investigación

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la investigación.....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación.....	7
1.5 Alcance de la investigación.....	8
II MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Bases Teóricas.....	12
2.2.1 Energía Eléctrica.....	13
2.2.1.1 Tipos de corrientes.....	15
2.2.1.2 Ley de Ohm.....	16
2.2.2.3 Generación de Energía Eléctrica.....	17
2.2.2.4 Fuente de Energía Renovable. ....	18

<b>2.2.3 Energía Solar.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3.1 El Sol.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3.2 Radiación Solar.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3.3 Variable.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.4 Los efectos fotovoltaicos.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.4.1 Elementos de un sistema fotovoltaico.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.5 Panel Solar.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.5.1 Paneles Solares Monocristalinos .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.5.2 Paneles Solares Policristalinos.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.5.3 Paneles Solares Amorfos.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.6. Inversores. ....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.7 Controlador de Carga.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.8 Tipo de Sistema Fotovoltaico.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.8.1 Sistema fotovoltaico a la red.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.8.2 Sistema fotovoltaico autónomo.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.8.3 Sistema fotovoltaico híbrido.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3 BASES LEGALES.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4 Definición de Términos Básicos. ....</b>	<b>32</b>
<b>III MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Tipos y Enfoque de la Investigación.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Diseño de la Investigación.....</b>	<b>35</b>

<b>3.3 Nivel de la investigación.....</b>	<b>37</b>
<b>3.4 Población y Muestra.....</b>	<b>37</b>
<b>3.4.1 Población. ....</b>	<b>37</b>
<b>3.4.2 Muestra.....</b>	<b>37</b>
<b>3.5.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....</b>	<b>38</b>
<b>3.8 Fases de la Investigación.....</b>	<b>41</b>
<b>IV RESULTADOS. ....</b>	<b>42</b>
<b>4.1 Fases I. Diagnosticar la situación actual en la zona del sistema de respaldo De Energía en la celda de Digitel en el edificio 4 de la UJAP.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1.1 Observación Directa. ....</b>	<b>42</b>
<b>4.2 Fase II. Determinar el estudio de cargas eléctricas y requerimientos básicos de la celda de telecomunicaciones.....</b>	<b>43</b>
<b>4.3. Fase III. Seleccionar los componentes o elementos más adecuados según los cálculos previos para su utilización en el Diseño.....</b>	<b>45</b>
<b>4.4 Fase IV Simular el sistema fotovoltaico para la radio base de Digitel con el apoyo de software.....</b>	<b>57</b>
<b>4.5 Fase V Evaluación la factibilidad social, técnica y operativa, las repercusiones ambientales de las prc estudio de costos.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.1 Factibilidad económica.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.1.1 Costos.....</b>	<b>61</b>
<b>4.4.1.2 Presupuesto .....</b>	<b>61</b>
<b>4.4.2 Factibilidad Social.....</b>	<b>62</b>

<b>4.4.3 Factibilidad técnica.....</b>	<b>63</b>
<b>4.4.2 Factibilidad Operativa.....</b>	<b>63</b>
<b>4.4.3 Factibilidad Ambiental.....</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>70.</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>DESCRIPCIÓN</b>		
<b>FIGURA</b>		<b>pp.</b>
<b>1</b>	Interacción entre dos cargas eléctricas	12
<b>2</b>	Apreciación de la diferencia de la corriente	13
<b>3</b>	Diagrama de la ley de OHM	15
<b>4</b>	Relación de la ley de OHM y potencia	16
<b>5</b>	Efecto fotovoltaico	19
<b>6</b>	Tipos de paneles solares	21
<b>7</b>	Inversor eléctrico europeo	22
<b>8</b>	Controlador de Carga	23
<b>9</b>	Medidores bidimensionales	24
<b>10</b>	Banco de batería en paralelo y serie	24
<b>11</b>	Sistema fotovoltaico interconectados en la red	25
<b>12</b>	Sistema fotovoltaico autónomo	26
<b>13</b>	Sistema fotovoltaico híbridos	27
<b>14</b>	Etp 4800 86d1	46
<b>15</b>	Irradiación en Venezuela	50
<b>16</b>	Coordenada geográfica del edificio 4 de la UJAP	51
<b>17</b>	Grafica de la radiación solar en el edificio 4 de la UJAP	52
<b>18</b>	Panel solar DEEP blue ja solar	53
<b>19</b>	Ubicación para los paneles solares según cálculos	57
<b>20</b>	Controlador de carga MMPPT 150/100	58
<b>21</b>	Parámetros generales simulados y característico del arreglo	62
<b>22</b>	Resultados de los balances principales	63
<b>23</b>	Necesidad del usuario y la producción de días anuales	

## INDICES DE TABLAS

DESCRIPCIÓN		
TABLAS		pp.
1	Estudio de carga	47
2	Carga pico total diaria	48
3	Entrevista con el Ing. Freddy Villalba	46
4	Tabla de especificaciones técnica del panel elegido	53
5	Selección de los modelos para los diseños	54
6	Área requerida para la instalación de los paneles	57
7	Numero de control para el sistema	57
8	Arreglo de batería	59
9	Inversión para el sistema fotovoltaico	64
10	Retorno de inversión primer año	65



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO PARA LA  
CELDA (DIGITEL) UBICADA EN EL EDIF 4 DE LA INFRAESTRUCTURA  
UJAP**

**Autor: Gabriel D. Sinclair Flores  
Tutor: Ing. Ajax Barrios  
Fecha: Septiembre 2022**

**RESUMEN**

En Venezuela a raíz de los problemas energéticos presentados, los diferentes sectores de la sociedad, han buscado alternativas para suplir la deficiencia o falta del servicio eléctrico, el cual ocasiona problemas en las empresas de telecomunicaciones que no disponen de sistemas de respaldo. La presente investigación tiene como objetivo proponer el diseño de un sistema fotovoltaico para la celda de telecomunicaciones de Digitel ubicada en el edificio 4 de la Universidad José Antonio Páez, donde se explica el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, y su aprovechamiento en la conversión de energía solar a energía eléctrica. Se usó material de apoyo donde se identifica la problemática actual de Venezuela, en términos del servicio eléctrico. Se realizó un estudio de la zona geográfica donde se encuentra el edificio de Odontología, apoyado con investigaciones anteriores a esta propuesta. Se determinó la incidencia de la radiación sobre la zona donde se propone la ubicación de los paneles fotovoltaicos y la manera de su mejor aprovechamiento. El presente trabajo de tipo investigación proyecto factible, el cual está sustentado en una investigación de campo y documental con nivel descriptivo

**Palabras claves: Sistema fotovoltaico, Radio Base, Paneles Solares**

## INTRODUCCIÓN

En el mundo de las telecomunicaciones, sus primeras innovaciones han estado presentes en nuestra vida cotidiana desde hace algún tiempo; desde el radio, televisión y teléfonos. Estas tecnologías de telecomunicaciones se han venido convirtiendo en herramientas de uso tanto: laborales, educativos y recreativos. Hoy en día las encontramos en todas partes, desde el celular que comúnmente nos despierta por las mañanas, pasando por el internet que usamos para revisar los correos y en el canal que vemos en la televisión al llegar a casa. Es fundamental que las telecomunicaciones estén operativas las 24 horas del día, para esto se requiere otras alternativas de fuentes de energía eléctrica en caso de cualquier contingencia que pueda surgir en la red eléctrica oficial. La más usada son las máquinas generadoras de energía eléctrica a base de combustible fósil.

En el intento por dar respuesta a las exigencias de la población presente, y también futura, el sistema de producción se ha vuelto intensivo, agotando los recursos naturales y deteriorando el medio ambiente, aumentando la vulnerabilidad de las comunidades más pobres. Aunado a la alta dependencia a los combustibles fósiles y a los altos niveles de consumismo, han sido el origen de uno de los problemas más graves que aqueja a la sociedad en la actualidad: el cambio climático.

La humanidad se está enfrentando a cambios muy bruscos, debido a que el ser humano está destruyendo con sus excesos el hábitat natural. El cambio climático es la evidencia más clara de la necesidad de transformar el modo de vida de manera mundial, y transitar hacia un sistema de producción más amable con el medio ambiente, donde la misma naturaleza nos ofrece un sinnúmero de medios de energía alternativa renovables y que los seres humanos no le hemos sacado el provecho que esta ofrece.

Por lo tanto las energías renovables, están tomando relevancia en el mundo debido a los beneficios que proporcionan tales como sociales, ambientales y económicos. Dentro de las energías renovables, la energía solar ha llamado la atención debido a las facilidades técnicas en el desarrollo de proyectos de esta naturaleza y su escaso impacto ambiental en las regiones en las que se llevan a cabo.

En el presente trabajo de investigación realizaremos una propuesta de un sistema de energía renovable alternativa (fotovoltaico) para la celda de telecomunicaciones de Digitel ubicada en el edif 4 de la infraestructura UJAP, lo cual queremos dejar en evidencia lo importancia del uso de energías alternativas para la protección del medio ambiente y para garantizar la continuidad del servicio en las redes de telecomunicaciones utilizando un sistema de energía renovable. Esta investigación está estructurado en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez, dichos capítulos se describen a continuación:

En el Capítulo I, se plantea el problema, los objetivos de la investigación y la justificación, como también el alcance, el Capítulo II, Marco Referencial, se presentan antecedentes, las bases y definen los términos básicos empleados.

Seguidamente, en el Capítulo III, Marco Metodológico, se establece la modalidad de investigación el cual se enmarco como proyecto factible, considerando el tipo de investigación campo y documental población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y análisis de datos y las fases de Investigación. Por otra parte, en el Capítulo IV los recursos necesarios para la investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

Las telecomunicaciones han pasado a ser parte primordial en nuestro día a día. Actualmente utilizamos rápidos procesos de transmisión de información, gracias a las mensajerías instantáneas, las redes sociales o las llamadas telefónicas. Además, las constantes innovaciones en el sector de telecomunicaciones permiten almacenar en un sólo dispositivo un alto número de funcionalidades como el uso de mapas, fotografías o búsqueda de información, para ello es necesario que la redes de telecomunicaciones estén operativas en todas las horas del día. Para ello, se han incorporado en sus estaciones un sistema de respaldo de energía eléctrica a la red pública como grupos electrógenos y bancos de baterías que se activan para cualquier caso de interrupciones en el servicio eléctrico. El problema de estos grupos electrógenos como fuente de respaldo para las telecomunicaciones, son los elevados costos de transporte de combustible, además del gran impacto al medio ambiente debido a posibles derrames de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La generación de energía eléctrica a base de grupos electrógenos, es un proceso que agota cada vez más los recursos naturales que no son renovables con el paso del tiempo y la necesidad de energía eléctrica por la humanidad, se llega a un punto donde se debe conseguir e implementar nuevas formas de obtener energía del medio ambiente, ya que la naturaleza nos provee de estas herramientas que no le hemos dado la importancia que amerita.

En el mundo el tema de energías renovables es un tema recurrente e innovador para los países, debido a la sobreexplotación y el agotamiento de los combustibles fósiles, y el alto nivel de contaminación e impacto ambiental. Así mismo, el hombre se ha visto en la necesidad de buscar fuentes energéticas renovables que permitan la manutención del equilibrio de los ecosistemas. Un claro ejemplo de éstas es la energía solar, la cual como sabemos es un fuente limpia, y sobre todo económica que tiene ya en la actualidad múltiples usos para su aprovechamiento eficiente, obteniendo por consiguiente otro tipo de energía como la eléctrica.

Además, el aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía renovable ofrece varios beneficios tales como: contribuir a atenuar el cambio climático, aprovechar las energías alternas y desarrollar tecnologías que mejoren la calidad de vida. Aunado a eso, son ecológicamente adecuadas; satisfacen necesidades y contribuyen al mejoramiento de las condiciones de vida sin degradar el ambiente. También son económicamente viables, son socialmente equitativas y son aptas para una aplicación descentralizada y sencilla de instalar y mantener.

Según Manuel Baro Guevara (Debates IESA), 2020. "En Venezuela la demanda eléctrica, por la crisis económica y la cuarentena, las fallas del servicio eléctrico se han intensificado, lo cual acarrea fallas de otros servicios como agua, telefonía, internet, metros y ferrocarriles, que operan con electricidad" Las causas de los problemas eléctricos son estructurales, estacionales y coyunturales: crisis en la generación, en la transmisión y en la distribución de electricidad a los consumidores, con repercusiones nacionales, regionales y locales.

La población venezolana se ha visto afectada por las frecuentes interrupciones del servicio eléctrico que aparecen a partir del 2009, y han continuado hasta la actualidad influyendo en todos los estados del país entre ellos "Carabobo" donde se encuentra el Municipio San Diego. Por lo tanto, afectando todas las entidades de

estudios entre ellas la Universidad José Antonio Páez que es donde se encuentra la celda de telefonía de corporación Digitel a estudiar. De esta forma, impidiendo el funcionamiento eficiente en las telecomunicaciones de la zona de la universidad ya que esta radio base no dispone de un sistema de respaldo de energía con grupo electrógenos y su banco de batería se encuentra inoperativo. Es por esto que plantea la siguiente propuesta, con la finalidad de proponer una aplicación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica como uso alternativo, a fin de alimentar la celda de telefonía ubicada en el techo del edificio 4.

La empresa Digitel ya ha implementado en el país esta tecnología de la mano de su Vicepresidente Ejecutivo Luis Bernardo Pérez (2020) donde resaltó: Cuyagua (lugar donde se implementó) representa la semilla del progreso y del futuro para las telecomunicaciones. Estamos innovando con una tecnología amigable con el medio ambiente, renovable, de bajo mantenimiento y bajo costo.

“Se tuvo muchos inconvenientes en la zona y fueron precisamente esas crisis las que nos hicieron revisar opciones diferentes, fue así como sustituimos el motogenerador por el uso de energía fotovoltaica, ofreciendo nuestro servicio en la zona sin la necesidad de energía eléctrica; lo que abre nuevas posibilidades al sector, el uso de paneles solares aplicado a nuestro sector en áreas urbanas con llevaría en el futuro una serie de beneficios adicionales, como su facilidad de instalar por el menor espacio de ocupación, independencia del gasoil.



**Figura 1.** Banco de baterías inoperativo (Sinclair Gabriel 2022)

## **1.2 Formulación del problema**

Finalizado el planteamiento nos hacemos las siguientes interrogantes:  
¿Cómo aprovechar una fuente de energía renovable para el funcionamiento u operación en el sistema de telecomunicaciones de Digitel instalado en la sede de la UJAP?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

- ✓ Proponer un sistema de Energía (Fotovoltaico) para la celda de Digitel en el edificio 4 de la UJAP .

### **1.3.2 Objetivo Específicos**

- Diagnosticar la situación actual en la zona del sistema de respaldo de energía en la celda de Digitel en el edificio 4 de la UJAP.
- Determinar el estudio de cargas eléctricas y requerimientos básicos de la celda de telecomunicaciones
- Seleccionar los componentes o elementos más adecuados según los cálculos previos para su utilización en el Diseño.
- Simular el sistema fotovoltaico para la radio base de Digitel con el apoyo de software.
- Evaluar factibilidad social, técnica y operativa, las repercusiones ambientales de la propuesta y el estudio de costos.

## **1.4 Justificación**

Las ventajas de estos sistemas radican en su simplicidad, ya que por lo general son sistemas simples y modulares, se instalan fácilmente y pueden ampliar el sistema, y son sistemas adaptables a la mayoría de comunidades y a sus necesidades. Por medio de avances en la tecnología e incentivos contributivos, la energía solar es ahora una inversión financiera inteligente.

De esta misma forma, al igual que otros servicios, un eficiente servicio eléctrico es fundamental para cualquier servicio de telecomunicación. Hoy en día, Venezuela atraviesa una crisis energética que provoca recurrentes cortes en el suministro eléctrico

sobre todo en el interior del país, asociados a la alta demanda y a que la red está alcanzando su máxima capacidad.

En este caso San diego es unos de los municipios que más cortes de luz a experimentado en los últimos años quedando en algunas ocasiones hasta más 72 horas sin luz, afectando la universidad y las telecomunicaciones en ella, a pesar de que se ha tratado de disminuir el consumo, los cortes de electricidad persisten y se ha tratado de subsanar la producción de electricidad con la instalación de plantas termoeléctricas, produciendo emisiones de CO2 al ambiente.

Además el combustible fósil cada vez escasea más y aumenta su costo por esto que surge la inquietud de estudiar otras maneras de energía alternativa, en este caso los sistemas fotovoltaicos van a permitir a la celda de telecomunicación ubicadas en la UJAP trabajar de manera continua, beneficiando la comunidad que tenga el servicio Digitel dentro del municipio San Diego

### **1.5 Alcance de la Investigación**

El alcance de este proyecto está enfocado al diseño de un sistema de energía renovable alternativa (Fotovoltaico) para la celda (Digitel) ubicada en el edificio 4 de la infraestructura de la Universidad José Antonio Páez (UJAP). Para beneficio de toda la comunidad de la universidad y sus alrededores, ya que sería una innovación tecnológica y un alcance con referencia a la energía renovable.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

Para Sabino, (2006) el marco teórico, "tiene por propósito precisamente eso; dar a la investigación un sistema coordinado y coherente de conceptos y proposiciones que permitan abordar el problema". Lo expuesto anterior, señala que el marco teórico consiste en elementos teóricos relacionados con el problema de estudio, el cual permite su adecuada comprensión para luego definir su alcance y comprender sus implicaciones, es decir, que el marco teórico es la base principal del problema dentro de las cuales se explican aspectos significativos del tema o problemas en estudio y debe estar enlazada con la teoría, la práctica y el proceso de la investigación.

#### 2.1 Antecedentes

Para Ana R. (2018), En su trabajo de grado titulado **‘La Energía solar Fotovoltaica como alternativa de mitigación del cambio climático y sus impactos en el ambiente’** Que tuvo lugar en la Universidad Nacional Autónoma de México, facultad de Ingeniería para optar al título de Ingeniero civil. En la presente Investigación se habla sobre el cambio climático en el mundo: su origen, sus impactos y evidencias y los escenarios que se plantean en los próximos años. Donde se analiza el desarrollo de las energías renovables como una medida para la reducción de emisiones contaminantes y para promover el desarrollo sustentable en el país.

Dentro de las energías renovables, se hace especial énfasis en los proyectos de energía solar dado el alto potencial de aprovechamientos existente en el territorio nacional y el auge que está experimentando a nivel local e internacional. Se presentan las características de la energía solar y de las principales tecnologías utilizadas para su aprovechamiento, específicamente de la energía solar fotovoltaica.

Se describen los impactos derivados del desarrollo y operación de las centrales solares fotovoltaicas. Finalmente, se expone el desarrollo de una central solar fotovoltaica en el norte del país como caso a estudiar. Como parte de este caso de estudio, se describen las características técnicas de la central solar, las actividades que habrán de realizarse durante cada una de las etapas del proyecto así como los impactos identificados y las medidas de mitigación correspondientes.

Esta investigación aportó información sobre la utilización de la energía renovable en este caso específicos la energía solar y de cómo debemos aprovecharla teniendo la tecnología necesaria.

Para Samuel O. (2018), En su trabajo de grado titulado '**Evaluación técnica y económica de la implementación del sistema fotovoltaico para la electrificación de radio remoto**' Que tuvo lugar en la Escuela Politécnica Nacional, Quito, dentro de la facultad de Eléctrica y Electrónica para optar al título de Ingeniero Eléctrico, Este estudio se realizó para proporcionar una evaluación económica teniendo en cuenta los ahorros de operación y mantenimiento generados por los sistemas fotovoltaicos en comparación con los grupos electrógenos; evaluando cada proyecto con indicadores económicos como los son el VAN y TIR y de igual manera analizando el costo del kWh para cada tecnología.

Los resultados obtenidos muestran que el uso de sistemas fotovoltaicos es económicamente más factible que los grupos electrógenos para las radio bases remotas de CNT, debido a los bajos costos de operación y mantenimiento que generan los sistemas fotovoltaicos a diferencia de los costos generados por los grupos electrógenos.

Nos apoyamos en esta investigación, ya que nos proporciona la información requerida para la realización del estudio factible de los paneles fotovoltaicos. Este es un tema bastante similar, ya que hacen uso de energía alternativa para la alimentación de una radio base.

Para Diego A. (2016), En su trabajo de grado titulado **Implementación de sistema de energía híbrido en nodos de telecomunicaciones para mejorar la disponibilidad y eficiencia de la red** Que tuvo lugar en la Universidad Santo Tomás, Bogotá, dentro de la facultad de Ingeniería para optar al título de especialista de Gerencia de Proyecto en Telecomunicaciones, esta investigación busca el mejoramiento de la confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico de las torres de telecomunicaciones empleando soluciones de energía renovables. Por último, el proyecto busca concientizar a las empresas de telecomunicaciones a usar soluciones de energía limpia con el fin de disminuir sus costos operativos y establecer políticas de uso eficiente de energía. De esta misma forma, buscando una labor social que se pueda mostrar e inculcar ante sus clientes y demás sociedad. Este Proyecto presentó un caso de negocio con la implementación de sistemas de energía alternos en torres de telecomunicaciones, de ahora en adelante denominados “nodos” en la red de Azteca Comunicaciones Colombia.

Con esta propuesta técnica se le brindó al cliente una solución a una falla concurrente, donde estaba afectando su core del negocio por fallas en las redes eléctricas de las electrificadoras que le prestaban el servicio de suministro de energía a los nodos.

Nuestro objetivo se basó en disminuir los niveles de fallas relacionados a los problemas específicamente de energía, aumentando así los niveles de disponibilidad de la red, los cuales se verán reflejados en los ANS de los clientes. Este trabajo es de relevancia para la presente investigación, ya que el mismo podrá proveer material esencial para sustentar teóricamente el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos; debido a que en él se encuentran algunas técnicas, ecuaciones y tablas para la realización de los cálculos requeridos para elaborar de un diseño fotovoltaico.

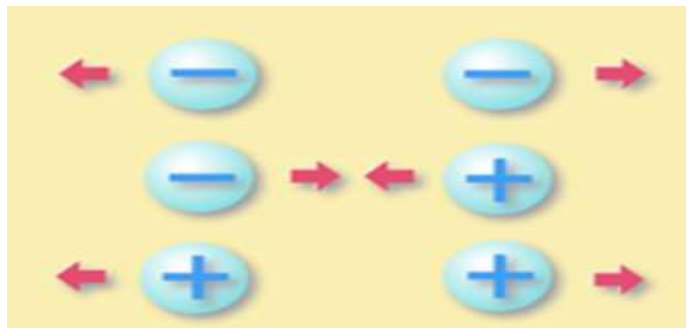
## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1.1 Energía Eléctrica

Oriol Planas (2020) Define energía eléctrica o electricidad como la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos. Cuando estos dos puntos se ponen en contacto mediante un conductor eléctrico, se obtiene una corriente eléctrica.

Las cargas eléctricas tienen como característica dos cargas una negativa y otra positiva, estas cargas eléctricas negativas (electrones) se mueven a través del conductor eléctrico. Normalmente el conductor es de un material metálico debido a que disponen de mayor cantidad de electrones libres, las cargas eléctricas que se desplazan a través del conductor forman parte de los átomos de las sustancias del propio conductor. En general, un átomo tiene carga neutra, esto significa que tiene el mismo número de cargas positivas (protones) que negativas (neutrones). Sin embargo, algunos átomos tienen carga eléctrica: son los iones.

Por lo tanto, se llega a la conclusión de que la energía eléctrica es la circulación de electrones y protones mediante un conductor eléctrico, en función de cómo se mueve puede ser una corriente alterna o continua



**Figura 2.**interacción entre dos cargas eléctricas(<https://es.wikipedia.org/>)

### 2.2.1.2 Tipo de corrientes

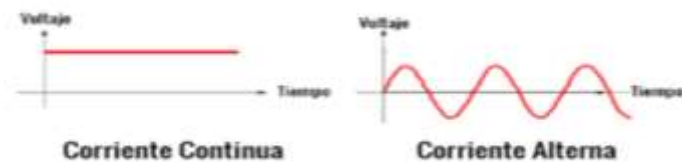
- Corriente continua (CC)

Según Estefanía Coluccio Leskow(2021), la corriente continua también llamada corriente directa (CD), consiste en un flujo de cargas eléctricas que no cambia su sentido en el tiempo, es decir, que se produce en base a una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) cuyos terminales de mayor y menor potencial no son intercambiables. Dicho de otro modo, su sentido de circulación es siempre el mismo.

La corriente continua se emplea normalmente para aplicaciones donde se demanda un bajo voltaje, en especial donde la energía es producida por acumuladores o por sistemas de energía solar fotovoltaica , ya que los dos sólo producen corriente continua

- Corriente alterna (AC)

Estefanía Coluccio Leskow (2021), establece que la corriente alterna (CA) A diferencia de la continua, se trata de una corriente eléctrica cuyo sentido y dirección varían cíclicamente. Esta corriente se describe matemáticamente por ondas senoidales y en términos energéticos es mucho más eficiente que la corriente continua, razón por la cual la reciben los hogares y las empresas. Fue inventada por Nikola Tesla a finales del siglo XIX.



**Figura 3** Apreciación de la diferencia de la corriente continua vs la alterna

(<http://www.apcotech.com>)

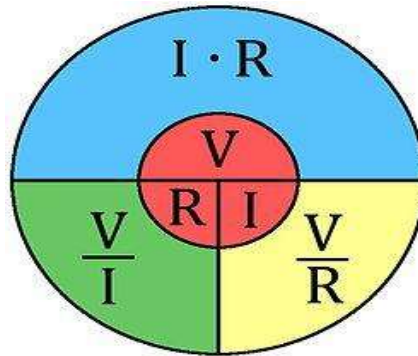
### 2.2.1.3 Ley de Ohm

La ley de Ohm es una ley en la electricidad que establece que: “la fuerza de una corriente continua es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a la resistencia del circuito. El nombre de la ley se debe al físico alemán Georg Ohm. (1789-1854). En términos matemáticos, la ley de Ohm se aplica mediante la ecuación:

$$V=I*R$$

Dónde R es la resistencia eléctrica: Por resistencia nos referimos al obstáculo que la corriente encuentra en su camino, cuanto más alto sea, más difícil será que la corriente lo atraviese. La unidad de medida de la resistencia son los ohmios, simbolizados por la letra griega omega ( $\Omega$ ). I es la intensidad de una corriente eléctrica que atraviesa un conductor expresada en Amperios (A). V es el voltaje: Por voltaje en cambio nos referimos a la diferencia de potencial entre un punto con respecto a otro expresado en Voltios (V).

La intensidad de corriente de las cargas eléctricas es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia. La intensidad de corriente de las cargas eléctricas es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia. Para el voltaje, en cambio, cuanto mayor sea, mayor será la fuerza de atracción que genera para mover las cargas, por lo que para el mismo valor resistivo será directamente proporcional a la corriente. En la figura 3 se verá el diagrama circular de la relación entre la corriente la resistencia y el voltaje



**Figura 4.** Diagrama de ley de ohm (<https://es.wikipedia.org>)

#### 2.2.1.4 Ley de potencia

La ley de potencia define la relación entre potencia, intensidad de corriente y voltaje en un circuito eléctrico. La ley de Watt establece que: “la potencia de un circuito o aparato eléctrico es el producto de su voltaje y la corriente que circula por él.”

Este consumo de energía eléctrica de un circuito viene determinado por la potencia. A su vez, la potencia depende de la resistencia del aparato, el voltaje de entrada y la corriente que fluye a través de la resistencia

La fórmula de la ley de Watt se presenta de la siguiente forma:

$$P=V \cdot I$$

Dónde:

P es la potencia eléctrica de una resistencia eléctrica.

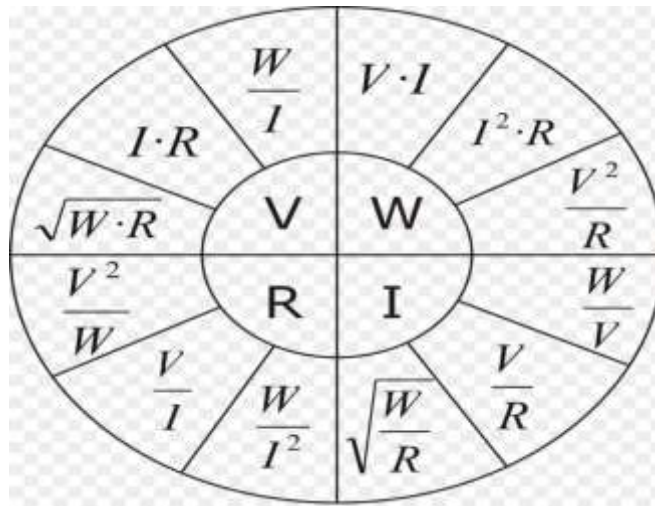
V es el voltaje aplicado a la resistencia de un circuito.

I es la intensidad de corriente.

El consumo de la potencia eléctrica se mide en vatios (W), el voltaje en voltios (V) y la unidad de medida de la intensidad es el amperio (A).

En esta fórmula se puede comprobar que la potencia consumida es directamente proporcional a la diferencia de voltaje de entrada y salida y a la intensidad

Junto con la ley de ohm esta ley son muy importantes para esta investigación ya que con ellas se realizarán los cálculos necesarios de la potencia eléctrica que consume la estación de radio base estudiada



**Figura 5.** Relación de la ley de ohm y potencia (<https://www.freepng.es/>)

### 2.2.1.5 Generación de energía eléctrica

Editorial Etece (2016) generación de energía eléctrica, engloba al conjunto de procesos distintos a través de los cuales puede producirse electricidad, o lo que es lo mismo, transformar otras formas de energía disponibles en la naturaleza (energía química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, etc.) en energía eléctrica aprovechable.

La capacidad de producir electricidad es una de las principales preocupaciones de la humanidad contemporánea, dadas que su consumo se ha masificado y normalizadas desde su descubrimiento en el siglo XIX, a punto tal de hacerse indispensable en

nuestra vida cotidiana. Nuestros hogares, las industrias, el alumbrado público, incluso nuestros artefactos personales, dependen de un suministro constante y estable de energía eléctrica

Oriol planas (2014) La energía eléctrica apenas no se puede encontrar de forma libre en la naturaleza de una forma que pueda ser aprovechable, se puede observar en las tormentas eléctricas pero a la práctica no se pueden almacenar y controlar tal cantidad de energía ya que son un fenómeno infrecuente, poca aprovechable y de difícil integración a los sistemas de energía eléctricos. Las centrales eléctricas, son capaces de producir electricidad desde diferentes fuentes; los diferentes tipos de centrales dependen de la fuente de energía que utilicen. Estas fuentes las podemos clasificar en:

- ✓ Fuentes de energía renovables: son las que utilizan tipos de energía en que no se utiliza combustible o el combustible es inagotable entre ellas la energía solar
- ✓ Fuentes de energía no-renovables: Las formas de generar energía eléctrica no-renovable requieren de un combustible que por abundante que sea, tiende a agotarse la generación de energía.

### **2.2.1.6 Fuentes de energía renovable**

Las energías renovables comprenden todas aquellas que se extraen de fuentes que se regeneran de manera natural, lo que garantiza que no se agoten y que se consideren en principio limpias o verdes, porque contaminan muy poco y no emiten los gases que producen el efecto de invernadero (Hernández, 2014, p. 23)

Estas fuentes de energía son muy importantes, por cuanto son muy abundantes en el planeta, además de no afectar el medio ambiente, es tal la abundancia de las fuentes de energía renovables que basta decir que la energía solar recibida cada 10 días sobre la Tierra equivale a todas las reservas conocidas de petróleo, carbón y gas (Estrada & Arancibia, 2010)

En pocas palabras, las energías renovables siendo una de las más fundamentales a futuro y la energía solar son idóneas para revertir el cambio climático y disminuir la contaminación, garantizando una buena calidad de vida a las futuras generaciones; por lo tanto, son capaces de mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en todo el planeta.

### **2.2.1.7 Energía Solar**

#### **2.2.1.8 El Sol**

El sol está ubicado en el centro del sistema solar, es la estrella más cercana a la tierra, se formó hace 6.5 mil millones de años (Blanco, Cano, & Xochitl, 2009), constituye la máxima fuente de energía electromagnética que mantiene la vida en el planeta (Oñate, 2014). El sol es el origen de la mayoría de energías renovables porque provoca el calentamiento de la tierra y produce la energía geotérmica; el calentamiento de las aguas por medio del sol induce a la formación del ciclo del agua y así la energía hidráulica. Estos fenómenos generan un diferencial de presión que da origen a los vientos que son la fuente de la energía eólica y de igual manera gracias a esta gran estrella que es el actor principal para el fenómeno de la fotosíntesis de las plantas las cuales son la base de la energía de la biomasa (Lanzuela, 2010). Las energías renovables más representativas y generadas de forma directa es la energía solar térmica y solar fotovoltaica; la última será el objeto de estudio.

#### **2.2.1.9 Radiación Solar**

La radiación solar es el conjunto de ondas electromagnéticas las cuales van en todas las direcciones y se originan en la fuente solar mediante un proceso de fusión nuclear que las emite sin necesidad de un medio material o físico. Su unidad de medida es la irradiación  $W/m^2$  y la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre es directamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar (AEMET, 2010).

La radiación solar excita a los electrones del elemento semiconductor del que está hecho el módulo fotovoltaico que por lo general es silicio generando una diferencia potencial pequeña (AEMET, 2010). La energía solar que llega a la superficie terrestre es 10 mil veces mayor.

que la que se consume en todo el planeta (Aubrecht, 2012). Existen varios tipos de radiación y son:

- Radiación directa: Se identifica por proyectar una sombra del objeto que la intercepta porque llega directamente del sol sin sufrir un cambio de dirección.
- Radiación reflejada: Es la cantidad de radiación que es reflejada por la superficie, la cual depende del albedo o también conocido como coeficiente de reflexión.
- Radiación difusa: Es la radiación consecuencia de la reflectancia por las nubes, montañas, árboles e infraestructura; no tiene una dirección definida y no produce sombra. La radiación solar al ingresar por las capas atmosféricas se dispersa aproximadamente el 15% en días despejados mientras que en días nublados el porcentaje asciende (Diaz & Carmona, 2010a).
- Radiación Global: Es la sumatoria de los tres tipos de radiación antes mencionadas.

#### **2.2.1.9 Variables**

Latitud: Es la distancia angular medida desde el ecuador a cualquier punto de la superficie terrestre. Todos los que están en la línea ecuatorial están en  $0^\circ$  desde esta línea al norte ocupa un rango de 0 a 90 grados positivo mientras que hacia el sur el mismo rango pero en negativo; por ende en los polos tanto norte como sur tendrá  $90^\circ$ .

**Longitud:** La longitud es la medida del arco comprendido entre el meridiano de Greenwich y el meridiano que pasa por el punto. Puede medir de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  y ser Este u Oeste.

**Irradiación:** Es un fenómeno físico que se produce por las emisiones de energía en forma de radiaciones electromagnéticas por parte del sol; y su unidad de medida es el  $\text{Wh/m}^2$ .

**Irradiancia:** Es una magnitud que se utiliza para describir la potencia que incide de las radiaciones provenientes del sol en una unidad de superficie. Se mide en  $\text{W/m}^2$ .

**Reflectancia:** Es la capacidad que tiene un cuerpo para reflejar la luz solar, por tanto la reflectancia es la relación entre la potencia electromagnética incidente con respecto a la potencia que es reflejada por una interfase, se lo conoce como coeficiente de reflexión.

**Índice de claridad del cielo:** Se define como la relación entre la radiación global y la radiación extraterrestre. De combustible inagotable libre de contaminación y de ruidos, y la tecnología también es versátil. Por ejemplo, las células solares generan energía para lugares remotos como los satélites en la órbita de la Tierra y las cabañas en las Montañas Rocosas, tan fácilmente como suministran la energía a edificios del centro de las ciudades y a los coches futuristas. (National Geographic (2010))

Es un tipo de energía renovable que se genera en el sol en donde su superficie se lleva a cabo procesos de fusión nuclear, a partir de estos procesos se desprenden grandes cantidades de energía que llegan a la superficie terrestre en forma de radiación o rayos solares. De esta forma, se define renovable ya que esta se considera teóricamente ilimitada y proviene de una fuente natural como es el sol. Esta es considerada una de las principales fuentes de energía de cara al futuro incierto en materia de energía que atraviesa el planeta.

## **2.2.2 Sistemas fotovoltaicos**

Javier Méndez Muñiz, Rafael Cuervo García(2011) Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica. Los sistemas son la unión de una serie de elementos que permiten aprovechar la energía del sol, transformándola en energía eléctrica a través de un fenómeno fotoeléctrico denominado efecto fotovoltaico. Estos elementos trabajan en conjunto para adaptar esta energía transformándola a fin de poder alimentar cargas eléctricas.

### **2.2.2.1 Los efectos fotovoltaicos**

Oriol Planas (2015) es el efecto fotoeléctrico caracterizado por la producción de una corriente eléctrica entre dos piezas de material diferente, que están en contacto y expuestas a la luz o, en general, a una radiación electromagnética. El efecto fotovoltaico consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de las células fotovoltaicas. Un panel fotovoltaico está compuesto de celdas y estos están fabricados a partir de elementos semiconductores, estos son especialmente tratados para formar dos capas que están cargadas de formas diferentes; una que se denomina de tipo p y otra de tipo n. Estas dos capas permiten formar en las celdas un campo eléctrico que va a ser de carga positiva en el lado de las capas de tipo p y negativa en el lado de las cargas de tipo n.

Cuando la luz del sol o la radiación solar incide sobre esta celda, se liberan electrones que pueden ser atrapados por este campo eléctrico y esto generará a su vez una corriente eléctrica. En este proceso que se ejecuta continuamente, con cada fotón de luz que incide sobre el panel se convierte energía solar en energía eléctrica.

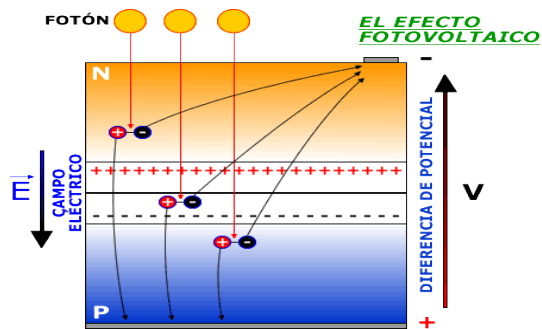


Figura 6. Efecto fotovoltaico (<http://www.ujaen.es>)

## 2.2.3 Elementos de un sistema fotovoltaico

### 2.2.3.1 Panel solar

Editorial etecè (2021) Los paneles solares o módulos solares son dispositivos diseñados para captar la radiación electromagnética proveniente del Sol, para su posterior aprovechamiento y transformación en diversas formas de energía útil, como son la energía térmica (obtenida mediante colectores solares) y la energía eléctrica (obtenida mediante paneles fotovoltaicos).

Es el elemento principal para lograr convertir la energía solar en energía eléctrica, es el panel solar donde se lleva a cabo el efecto fotovoltaico y es el encargado de captar la energía contenida en los fotones para que se genere el movimiento de electrones. Así junto al campo eléctrico que se forma obtener la corriente eléctrica, los paneles solares se fabrican a partir de una serie de celdas conectadas entre sí, estas celdas se elaboran generalmente de silicio, aunque se siguen haciendo pruebas con distinto material; como el grafeno para mejorar el rendimiento. El silicio por su estructura y composición, es altamente sensible a la radiación solar siendo muy utilizado. Este es muy usado por su sensibilidad a la luz, entre los diferentes paneles que existen en el mercado se tienen:

- **Paneles solares monocristalinos:**

Los paneles monocristalinos tienen una eficiencia mayor que los policristalinos . Su rendimiento de laboratorio es cercano al 24%, y su rendimiento comercial oscila entre el 17 y el 20%. Este es un factor importante cuando no disponemos de mucha superficie para instalar paneles, ya que así podemos conseguir mayor potencia con el mismo espacio. Su vida útil también suele ser mayor que la de los paneles Policristalinos y generalmente se comportan mejor con radiación difusa. Estos factores hacen que su precio sea ligeramente superior a los policristalinos.

- **Paneles solares policristalinos:**

Los paneles Policristalinos tienen un rendimiento de laboratorio cercano al 19%, y su rendimiento comercial oscila entre el 13 y el 15%. A pesar de tener un rendimiento menor, los paneles policristalinos tienen un menor precio que los monocristalinos y un mejor comportamiento a altas temperaturas, con lo que bajo estas condiciones pueden generar más energía que el resto de paneles.

- **Paneles solares amorfos:**

Los paneles de capa fina generalmente tienen un rendimiento de laboratorio cercano al 13%, y su rendimiento comercial oscila entre el 7 y el 9%. Estos paneles se crearon básicamente para reducir costos de producción y salir de la posible escasez de silicio, haciendo que se empezará a investigar en celdas de otros materiales. Por lo tanto, una de sus principales ventajas, es que a pesar de necesitar mayor espacio para generar la misma energía que los paneles policristalinos y monocristalinos, su precio es mucho menor y muy atractivo. Además, tienen un buen comportamiento a temperaturas altas, y su aspecto estético es muy atractivo, lo que hace que se usen constantemente en aplicaciones para arquitectura.



**Figura 7.** Tipos de paneles solares (<https://tritec-intervento.cl/t>)

### 2.2.3.2 Inversor eléctrico

El inversor eléctrico es el encargado de transformar la energía eléctrica que se genera de continua a energía alterna, fijando niveles de frecuencia a través de una serie de rectificadores de ondas y otros elementos eléctricos internos. Estos permiten darle a la energía transformada una amplitud y frecuencia de onda acorde a los requerimientos. Para seleccionar para nuestro sistema fotovoltaico, dependerá del nivel de tensión y la forma de onda que se quiere obtener al igual que otros parámetros eléctricos, si es en Europa necesitaremos un inversor de 50hz y una tensión 220 si es en otros países será 60hz y una tensión de 110.



**Figura 8.** Inversor eléctrico europeo (<https://www.areatecnologia.com>)

### 2.2.3.3 Controlador de carga

Es el encargado de distribuir y verificar los niveles de energía en todos los sentidos en que se mueve, por lo tanto, se puede interpretar como el cerebro del sistema. El controlador se encarga de que tanto la carga como el banco de batería reciban en forma regulada con parámetros fijos y corrientes de tensión que eviten sobrecargas o niveles demasiado lejos, los cuales pueden ocasionar fallas en otros elementos del sistema. La carga o descarga de las baterías, al igual que el suministro de energía a los equipo eléctricos, debe realizarse de forma periódica constante y regulada ya que está diseñado para direccionar la energía que se genera en los paneles solares; distribuyendo a través de los banco de baterías y la cargas, que mantienen constante monitoreo, para evitar enviar energía al banco de energía. De este modo, si estas ya se encuentran cargadas, también evita el suministro de energía a las cargas cuando los niveles de generación son muy bajos o muy altos, de esta manera se evitan sobrecargas y funcionamiento irregular de los equipos.



Figura 9. Controladores de carga (<https://www.areatecnologia.com>)

#### 2.2.3.4 Banco de baterías

Las baterías que se utilizan en los sistemas fotovoltaicos suelen denominarse banco de baterías, ya que acostumbran a utilizarse varias conectadas en serie y paralelas a cualquier otro tipo de batería. La función de esta es la de almacenar la energía para ser aprovechada en determinada hora del día, son un elemento principal cuando se habla de sistema fotovoltaico autónomo, ya que son las que nos permiten alimentar cargas eléctricas en momentos en el que no se tiene energía a través de los paneles fotovoltaico durante la noche.



**Figura 10** .Banco de baterías en paralelo y serie(<https://www.suriaenergy.com/>)

#### 2.2.4 Tipos de sistemas fotovoltaicos

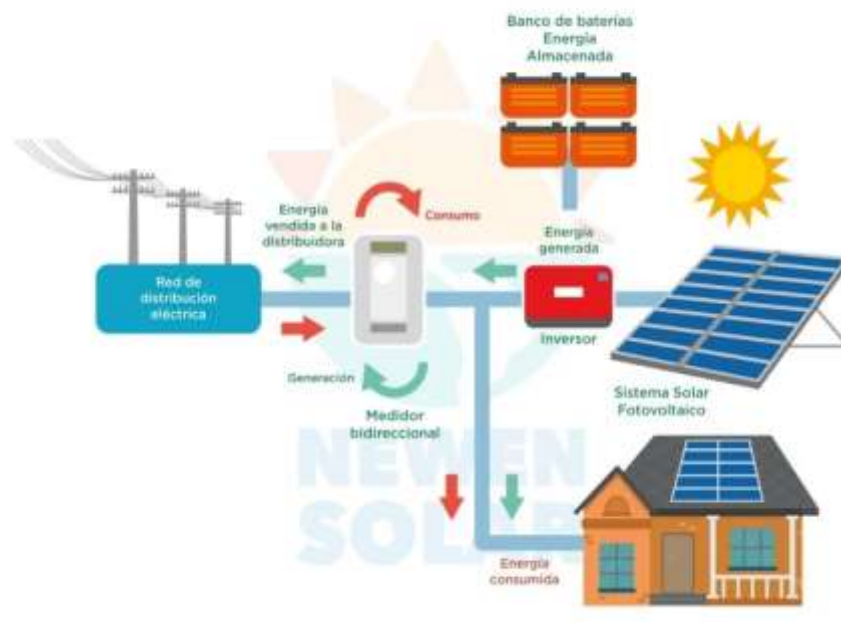
Son 3 los principales tipos de sistema fotovoltaico, y depende si el sistema está conectado o no a la red pública.

- Sistemas autónomos o aislados.

- Sistemas vinculados a la red

#### 2.2.4.1 Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red

Son los sistemas más fáciles de diseñar e instalar, ya que se apoyan en el sistema eléctrico nacional que brinda el estado o una empresa privada. La principal ventaja en este diseño, es que podemos establecer cuánta energía deseamos en promedio general y el resto de la energía que sea necesaria para alimentar nuestra carga, la cual ya estaría suministrada por la red eléctrica convencional. Éstas son comunes en cargas residenciales y ubicadas en zonas urbanas.



**Figura 11.** Sistema fotovoltaico interconectado a la red (<https://newsolar.cl/>)

### 2.2.4.2 Sistemas fotovoltaicos autónomos

Se dimensionan para que cubran la totalidad de las necesidades energéticas de la carga y no depender de ningún otro tipo de sistema. Este tipo de topología nos ofrece total autonomía sobre la energía que producimos en consecuencia, una vez instalado no se debe pagar ningún tipo de suministro eléctrico, por esto la inversión inicial es mayor que la de los sistemas interconectados ya que se debe calcular para cubrir toda la demanda eléctrica. Por ello, el número de paneles necesarios será mayor al igual que se debe incorporar baterías para garantizar el suministro eléctrico en horas nocturnas y días de baja incidencia solar.



**Figura 12.** Sistema fotovoltaico autónomo (SAMUEL ESTEBAN ORTIZ, 2018)

### 2.2.4.3 Sistemas fotovoltaicos híbridos

Los sistemas híbridos consisten en incorporar más un sistema para cubrir una demanda, son más complejos y se suelen implementar para proyectos de gran envergadura como para una ciudad entera.



**Figura 14.** Sistema fotovoltaico híbrido (<https://pirhua.udep.edu.pe>)

## **2.3 Bases Legales**

### **Normas covenin 200; 1999**

Existen normas como la estandarización desarrollada bajo la orientación de la Comisión Venezolana de Normas COVENIN, publica en 1968 la normativa Código Eléctrico Nacional, Verificada por Sencamer en su 6ma revisión realizada en el 1999 COVENIN-SENCAMER 200:1999 se encuentra la normativa referente a los equipos que componen un sistema eléctrico. Allí establece las reglas mínimas para la instalación segura de conductores y equipos, como estándares a seguir para el buen uso de la energía eléctrica y protección para la población venezolana.

### **Ley de uso racional y eficiente de energía en Gaceta oficial número 39.823**

#### **Equipos y productos de energías renovables**

**Artículo 10.** "El sector comercial favorecerá la distribución y venta de equipos y productos que empleen bajo consumo, alta eficiencia y energías renovables como fuente energética sustitutiva".

**Artículo 2.** "Se declara de interés público el uso racional y eficiente de la energía". Es deber de todos los habitantes utilizar la energía de una manera adecuada y consiente para preservar el medio ambiente Y por último que mediante un cambio de actitud y apoyo decidido del Estado, además de la participación activa del sector empresarial y académico, podría el país desarrollar de forma sustentable la energía renovable alternativa, permitiendo además insertar a Venezuela en la ruta energética del futuro.

#### **Alianza solar internacional (ISA)**

En este momento se encuentra en discusión en la Asamblea Nacional el marco legal para las fuentes de energías alternativas donde se explicó que la generación de energías alternativas y renovables implica ahorro de agua, menos contaminación

ambiental y el Sistema Eléctrico Nacional más holgado. Entre las novedades que ofrece el Proyecto de Ley de Energías Renovables y Alternativas se encuentra la obligación para la institucionalidad de crear las condiciones para que todo su consumo eléctrico sea generado por energías alternativas.

Cumpliendo así con la alianza internación solar (ISA) a la cual Venezuela pertenece, esta es una alianza de más de 121 países, la mayoría de ellos soleados (que se encuentran completa o parcialmente entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio). El objetivo primario de la alianza es promover la explotación eficaz de la energía solar para reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

#### **2.4 Definición de términos**

**Energía:** La energía es la capacidad que poseen los cuerpos para poder efectuar un trabajo a causa de su constitución (energía interna), de su posición (energía potencial) o de su movimiento (energía cinética).

**Sistema Eléctrico:** Sistema eléctrico es el conjunto de todos los dispositivos que tienen por función proveer la energía eléctrica que se necesita para que arranquen y funcionen correctamente los accesorios eléctricos como son los electrodomésticos, luces etc.

**Fotovoltaicas:** de transformar la luz solar en energía eléctrica.

**Celda:** o Célula es una unidad básica de cobertura en que se divide un Sistema Celular. Una celda se puede definir como el área que cubre un transmisor o una colección de transmisores

**Series y paralelo:** En un circuito en serie, todos los componentes están conectados de extremo a extremo, formando una ruta única para el flujo de corriente. En un circuito paralelo, todos los componentes están conectados entre sí, formando exactamente dos conjuntos de puntos eléctricamente comunes

**Sistema:** Un sistema es un objeto complejo cuyas partes o componentes se relacionan con al menos alguno de los demás componentes; ya sea conceptual o material.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En la presente investigación se esquemático el marco metodológico que nos guiará a darle solución a una problemática ya planteada, como es la propuesta de un sistema de energía renovable alternativa (fotovoltaico) para la celda que se encuentra en la instalación de la universidad José Antonio Páez. Definimos Marco metodológicos como una serie de pasos, técnicas y procedimientos que nos van ayudar y resolver la problemática, se puede decir que es el desarrollo de la investigación describiendo los procedimientos paso a paso para lograr los objetivos planteados.

Según Tamayo y Tamayo (2003) define al marco metodológico como “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados. (p.37)

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

La investigación cuantitativa damos por aludido al ámbito estadístico, es en esto en lo que se fundamenta dicho enfoque, en analizar una realidad objetiva a partir de mediciones numéricas y análisis estadísticos para determinar predicciones o patrones de comportamiento del fenómeno o problema planteado. Este enfoque utiliza la recolección de datos para comprobar hipótesis, que es importante señalar, se han planteado con antelación al proceso metodológico; con un enfoque cuantitativo se plantea un problema y preguntas concretas de lo cual se derivan las hipótesis.

Otra de las características del enfoque cuantitativo es que se emplean experimentaciones y análisis de causa-efecto, también se debe resaltar que este tipo de investigación conlleva a un proceso secuencial y deductivo. Al término de la investigación se debe lograr una generalización de resultados, predicciones, control de fenómenos y la posibilidad de elaborar réplicas con dicha investigación.

Hernández, Fernández y Baptista (2014: 4), el enfoque cuantitativo está basado en obras como las de Auguste Comte y Émile Durkheim. La investigación cuantitativa considera que el conocimiento debe ser objetivo, y que este se genera a partir de un proceso deductivo en el que, a través de la medicación numérica y el análisis estadístico inferencial, se prueban hipótesis previamente formuladas. Por consiguiente definimos esta investigación con un enfoque cuantitativo ya que utilizaremos mediciones numéricas basadas en hipótesis y análisis estadísticos.

### **3.2 Tipo de Investigación**

Es la elaboración de una propuesta eficaz diseñada para resolver necesidades específicas, a partir de un diagnóstico de la problemática, por eso esta investigación se caracterizó bajo un proyecto factible ya que se busca una propuesta, un diseño de sistema de energía renovable alternativa (fotovoltaico) que hace referencia a la celda de Corporación Digitel que está ubicada en la Universidad José Antonio Páez.

Para Arias (2006) el proyecto factible, lo primero que debe realizarse es un diagnóstico de la situación planteada; en segundo lugar, es plantear y fundamentar con basamentos teóricos la propuesta a elaborar y establecer, tanto los procedimientos metodológicos así como las actividades y los recursos necesarios, para llevar adelante la ejecución. Aunado a esto, se realizará el estudio de factibilidad del proyecto y, por último, la ejecución de la propuesta con su respectiva evaluación. (p.134).

### **3.3 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación son estrategias con las que podemos dar respuesta a los objetivos planteados, es decir es la estructura fundamental y especifica la naturaleza global de la investigación. Según Arias F. (2012), “El diseño e investigación es la estrategia general que adoptó el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasificó en: documental, de campo y experimental”. (pág. 177).

La investigación de campo es una de la metodología más utilizada dentro de las investigaciones ya que nos ofrece muchas ventajas, ya que se recolectan los datos directamente de la realidad donde ocurren los acontecimientos. El estudio de campo según Sampieri se refiere a la recolección de datos en base a un registro sistemático, válido, confiable de comportamientos y situaciones que pueden ser observables. Sampieri toma en cuenta tres puntos para que la investigación de campo tenga efectividad y son las siguientes:

- ✓ Según los medios usados.
- ✓ Según el número de observadores.
- ✓ Según el lugar donde se realiza.

Cada uno de los puntos mencionados anteriormente trabaja entre sí para lograr un único objetivo, y es recopilar datos de la fuente real para obtener la información clara y concisa de un determinado tema.

La investigación Documental, es aquella que obtenemos mediante el conocimiento a través de la investigación de libros y medios digitales, donde recolectamos información que está relacionada con el tema del proyecto planteado. Esta metodología nos ayuda a un mayor entendimiento para la indagación y comprensión de los diferentes conceptos.

## **Características de la investigación documental**

Entre las características de la investigación documental más relevantes se encuentran las siguientes:

- ✓ La recolección y uso de documentos existentes para analizar los datos y ofrecer resultados lógicos.
- ✓ Recolecta los datos con un orden lógico, lo que permite encontrar hechos que sucedieron tiempo atrás, encontrar fuentes de investigación y elaborar instrumentos de investigación, etc.
- ✓ Utilizas múltiples procesos como análisis, síntesis y deducción de documentos.
- ✓ Se realiza de forma ordenada, con una lista de objetivos específicos con el fin de construir nuevos conocimientos.

Según el autor (Fidias G. Arias (2012)), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (pag.7). Por consiguiente esta investigación, se orientó hacia un diseño de campo y documental ya que los datos fueron extraídos directamente de la realidad sin manipular ninguna variable en su ambiente natural, de la estación radio base que pertenece a Corporación Digitel.

Radio base la cual está ubicada en la universidad José Antonio Páez y nos apoyamos en la investigación documental. De este modo, para obtener mayor conocimiento relacionado con el tema del sistema de energía renovable y sistema fotovoltaico, los cuales utilizamos libros, revistas y documentos electrónicos que nos llevaron a una mayor comprensión al tema de la investigación.

### **3.4 Nivel de la investigación**

El nivel de la investigación es descriptiva según el autor (Fidias G. Arias (2012) define la investigación descriptiva como “comprender la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o proceso de los fenómenos”. El enfoque se hace sobre las conclusiones denominarte sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce y funciona en el presente”.

Mediante esta investigación, nos ayuda a evaluar y describir las diferentes características paso a paso de la problemática planteada sobre la propuesta de un sistema de energía renovable alternativa (fotovoltaico) para la celda (Digitel) ubicada en el edificio 4 de la infraestructura UJAP.

### **3.5 Población y Muestra**

#### **3.5.1 Población**

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Se define tradicionalmente la población como “el conjunto de todos los individuos (objetos, personas, eventos, etc.) en los que se desea estudiar el fenómeno. Éstos deben reunir las características de lo que es objeto de estudio” (Latorre, Rincón y Arnal, 2003). El individuo, en esta acepción, hace referencia a cada uno de los elementos de los que se obtiene la información. Los individuos pueden ser personas, objetos o acontecimientos. En la investigación la población es finita ya que está conformada por sistema se respaldó de energía renovable.

#### **3.5.2 La Muestra**

La muestra es la que puede determinar la problemática ya que es capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso. Según Tamayo, T. Y Tamayo, M (1997), afirma que la muestra “es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico” (p.38). También se puede definir

Tamayo y Tamayo (2006), define la muestra como: "el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinados caracteres en totalidad de una población universo, o colectivo partiendo de la observación de una fracción de la población considerada" (p.176). Referido al proyecto en estudio la población fue descrita como finita ya que está representado sistema de respaldo de Energía Renovable fotovoltaico.

### **3.6 Técnica e instrumento de recolección de datos**

#### **3.6.1 Técnicas de Recolección de Datos**

Arias (2016), refiere que “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas de obtener información” (p.53). Según Hernández, Fernández y Baptista, (2015) “la observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conductas manifiestas” (p. 309). De igual forma Méndez, (1995) señala que la observación se hace “mediante formularios, los cuales tienen aplicación a aquellos problemas que se pueden investigar por métodos de observación, análisis de fuentes documentales y demás sistemas de conocimiento” (p.145).

Tipos de Observación. Según explicación de Palella y Martins, (2017: 122).

- ✓ Observación directa. La observación es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar
- ✓ Observación indirecta. La observación es indirecta cuando el investigador entra en conocimiento del hecho o fenómeno a través de las observaciones realizadas anteriormente por otra persona. Cuando se utilizan libros, revistas, informes, grabaciones, fotografías, relacionadas con lo que se está investigando, los cuales han sido obtenidos o elaborados por personas que antes se ocuparon de lo mismo.

La entrevista. Según Palella y Martins, (2017: 119) es una técnica que permite obtener datos mediante un diálogo que se realiza entre dos personas cara a cara: el

entrevistador “investigador” y el entrevistado; la intención es obtener información que posea este último, para la investigación se utilizara la técnica de observación directa tomando datos directamente del lugar donde acontece el hecho en estudio.

Que sería la estación radio base ubicada en la universidad UJAP y utilizando la técnica de la entrevista semiestructurada se entablará un diálogo con el trabajador de Digitel el Ing. Freddy Villalba encargado en la operación y mantenimiento de la radio base para recolectar la información necesaria para la realización del proyecto del sistema de energía renovable fotovoltaico.

Entrevista semiestructurada Las preguntas de las entrevistas semiestructuradas se preparan antes de programar la entrevista, lo que da tiempo al investigador para preparar y analizar las preguntas. En cierta medida es flexible, al mismo tiempo que mantiene las directrices de la investigación.

### **3.6.2 Instrumentos de recolección de datos**

Instrumento de recolección de datos. Para Palella y Martins, (2017: 125), es cualquier recurso del cual pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. En cada instrumento concreto pueden distinguirse dos aspectos diferentes: una forma y un contenido.

Según Tamayo y Tamayo (2012) como “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 69).). Los instrumentos son fundamentales para llevar a cabo las técnicas elegidas por los investigadores ya que esta representa el cuerpo que contendrá toda la información recabada. En lo referente a la investigación se utilizará cualquier medio que sirva para registrar información necesaria para el proyecto como computadoras, lista de cotejos revisión documental, reportes gráficos.

### **3.7 Validez y Confiabilidad**

La validez y confiabilidad reflejan la manera en que el instrumento se ajusta a las necesidades de la investigación (Hurtado, 2012). La validez hace referencia a la capacidad de un instrumento para cuantificar de forma significativa y adecuada el rasgo para cuya medición ha sido diseñado. Es decir, que mida la característica (o evento) para el cual fue diseñado y no otra similar.

La validez y confiabilidad son: “constructos” inherentes a la investigación, desde la perspectiva positivista, con el fin de otorgarle a los instrumentos y a la información recabada, exactitud y consistencia necesarias para efectuar las generalizaciones de los hallazgos, derivadas del análisis de las variables en estudio” (Hidalgo, 2005).

### **3.8 Fases de la investigación**

Las etapas o fases de la investigación hacen referencia al orden lógico y sistemático en el que se ejecutará el proyecto de investigación. Según Palella y Martins (2012a), las fases para desarrollar un proyecto factible son: Diagnóstico, Factibilidad, Diseño de la propuesta, Ejecución de la propuesta y Evaluación de la propuesta” (pág. 162), por ende, las fases de la investigación indican cada uno de los pasos y procedimientos que debe seguir toda investigación si está enfocada en un proyecto factible.

#### **Fase I: Diagnóstico de la situación actual del sistema de respaldo de energía en la celda de Digitel en el edificio 4 de la UJAP**

En esta fase se realizará un estudio diagnóstico mediante la observación directa sobre la situación del apartado energético en la radio base ubicada en el edificio 4 de UJAP para el análisis del estudio de cargas. La fase diagnóstica, según Hurtado y Toro (2007b): señalan que “es la etapa en la cual se identificará el problema, se recogerán y procesarán todas las informaciones referentes a él” (pág. 148). Por lo tanto, se estableció el problema y de allí se originó la propuesta

## **Fase II: Determinación del estudio de cargas eléctricas y requerimientos básicos de la celda de telecomunicaciones.**

En esta fase del proyecto se realizará un estudio de las cargas de los equipos que conforman la radio base y sus requerimientos básicos para diseñar el sistema fotovoltaico que mejor se adapte a las necesidades y tenga la capacidad de cubrir el consumo eléctrico de la celda de telefonía.

## **Fase III: Selección de los componentes o elementos más adecuados según los cálculos previos para su utilización en el Diseño**

En esta fase del proyecto se realiza una revisión para clasificar los componentes, elementos y materiales necesarios para la adecuada utilización en el sistema de energía renovable (fotovoltaico) elegido para este proyecto según la fase 2.

## **Fase IV: Simular el sistema fotovoltaico para la radio base de Digitel mediante un software.**

En esta fase del proyecto, con el software PVsyst diseñaremos el sistema de energía renovable (fotovoltaico) con los elementos y componentes seleccionados en la fase anterior. Se plantea una alternativa de solución a las necesidades y problemáticas, con relación del modelo, objetivos, métodos, acciones y recursos.

## **Fase V: Evaluación la factibilidad social, técnica y operativa, las repercusiones ambientales de las propuesta y estudio de costos**

En esta última fase se hace un evaluó para saber qué tan factible es realizar el proyecto planteado en esta investigación. A lo anterior antes expuesto, también es necesario definir o precisar si el proyecto es factible desde el punto de vista económico, Operativo , técnico y ambiental donde también serán analizados los factores tales como las ventajas y desventajas que nos llevan a su implementación de un sistema de energía renovable (fotovoltaico). Con relación al estudio de la factibilidad Palella y Martins (2012b), comentan que esa fase el investigador debe determinar si los recursos y la

tecnología para ejecución del diseño están disponibles, es decir, demostrar que es posible producirlo, que no existe impedimento alguno en el abastecimiento de los insumos necesarios para su producción y demostrar que es económicamente rentable llevar a cabo el proyecto (pág. 26)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Diagnóstico de la situación actual del sistema de respaldo de energía en la celda de Digitel en el edificio 4 de la UJAP

Se realizó un diagnóstico mediante la observación directa en el techo del edificio 4 de la universidad José Antonio Páez al sistema de energía de la radio base de Digitel en el cual se observó que esta estación tiene un sistema de alimentación ETP 48200 B6D1(Figura 13) es un sistema de alimentación integrados de CA/CC con un rendimiento excelente, como alta eficiencia energética, gestión inteligente de la batería, El sistema configura 50A de módulos rectificadores de 1U de altura y proporciona hasta 400 A de corriente de salida, tiene capacidad para 8 rectificadores con una potencia de salida de 3000w cada uno. Esta unidad actualmente posee 5 rectificadores modelos R4850G de los cuales 3 están en funcionamiento y dos inoperativos se pueden observar en la (Figura 13)



Figura 13.ETP 4800 B6D1 (Sinclair G 2022)

Como respaldo de energía posee dos arreglos de baterías en serie-paralelos con las siguientes características.

- Capacidad de 48 V 200 Ah
- Capacidad de 48 V 300 Ah

Sin embargo, como se vio en la figura 1, en el planteamiento del problema ambos arreglos se encuentran sulfatados y no aptos para su uso por lo tanto se encuentran inoperativos aunado a ello este sistema no posee grupos electrógenos, quedando dependiente al 100% de la energía eléctrica nacional, el cual por la problemática planteada sabemos no es confiable para mantener al equipo las 24 horas del día debido a las incontables cortes eléctricos.

Para una empresa de telecomunicaciones la meta es mantener un servicio a sus usuarios las 24 horas del día y los 365 días del año por esto se planteó un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica como uso alternativo a fin de alimentar la celda de telefonía de Digitel ubicada en el techo del edificio 4

## **4.2 Determinación del estudio de cargas eléctricas y requerimientos básicos para la celda fotovoltaica.**

### **4.2.1 Determinación del estudio de cargas eléctricas**

En la visita guiada a la radio base de Digitel ubicada en la UJAP se tomó nota de los equipos que conforman esta radio base con lo cual se realizó el estudio de cargas (Tabla 1)

**Tabla 1.** Estudio de cargas (Sinclair G 2022)

Equipos	#	Función	Carga (W)	hora de consumo (h)	Carga total (Wh/d)
Huawei BBU3900	2	Unidad de banda base	400	24	9600
Huawei RRU 3926 2g	3	Unidad de radio remoto	500	24	12000
Huawei RRU 3926 3g	3	Unidad de radio remoto	800	24	19200
Huawei EMUA	1	Sistema de vigilancia	100	24	2400
Huawei Rtn 910	1	Unidad de microondas	200	24	4800
Ericsson BB 6630	1	Unidad de banda base digital	125	24	3000
Ericsson RRU 2219	3	Unidad de radio	800	24	19200
Fan	2	Disipador de calor	60	24	1440
Bombilla	1	Alumbrado	25	12	300

En las tablas se puede notar la alta demanda de carga que solicita la utilización de estos equipos debido a que se requiere que estén las 24 horas del día operativas, con la sumatoria de todas las cargas de los equipos tenemos:

**Tabla 2.** Carga pico total diaria (Sinclair G 2022)

<b>Carga total diaria(Wh/d)</b>	<b>71940</b>
---------------------------------	--------------

#### 4.2.2 Requerimientos básicos para la celda de telecomunicaciones

Los requerimientos básicos para un diseño de celdas fotovoltaicas fueron seleccionados de acuerdo a la entrevista realizada con el Ing. Freddy Villa

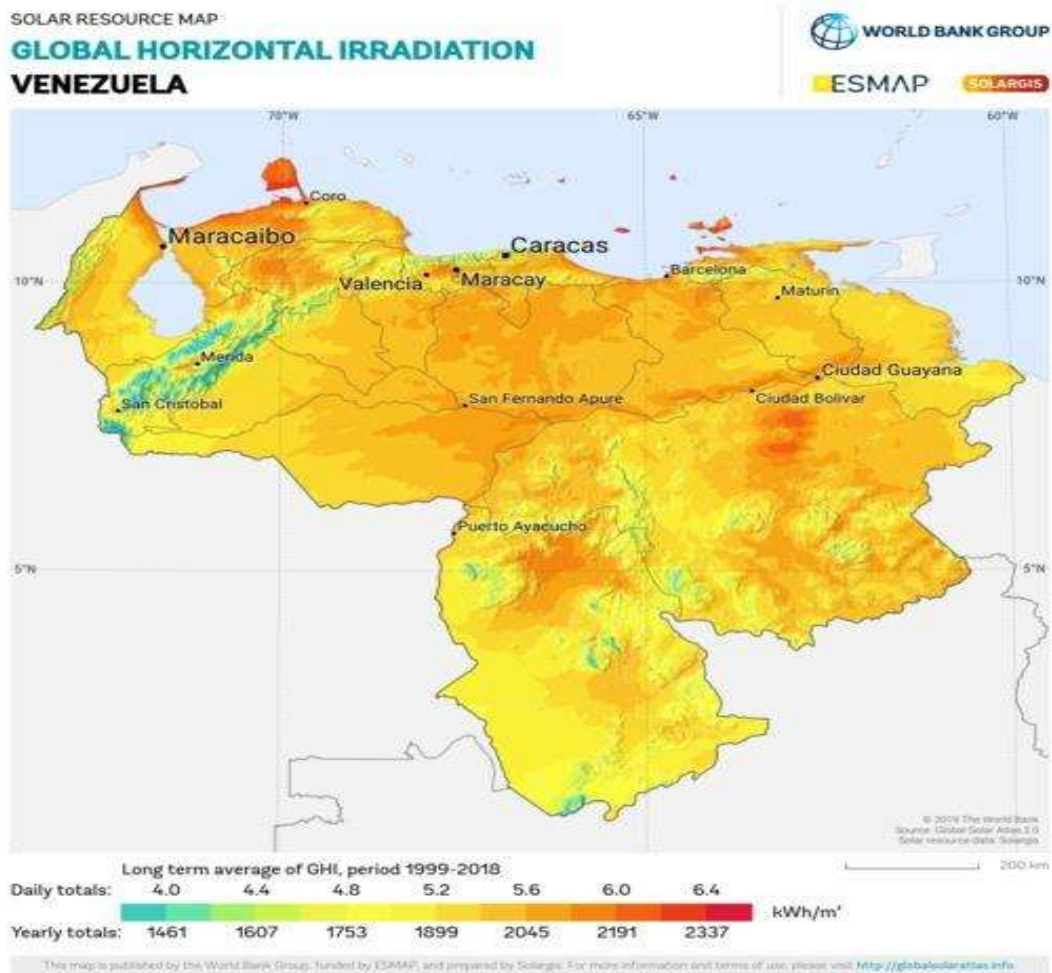
**Tabla 3.** Entrevista con el Ing. Freddy Villalba

#	Preguntas	Respuestas
1	¿ El sistema de alimentación eléctrica de la radiobase opera a corriente alterna o continua?	Usa ambas ac para alimentar el rectificador y el rectificador entrega dc a los equipos ya que todos los equipos funcionan con dc, la carga crítica es DC
2	¿Cuáles son los requerimientos básicos de energía para abastecer la celda de telecomunicaciones ?	Si es Dc 48v y si se alimenta en Ac 220v en algunos casos se usan rectificadores que trabajan también con 110v ac
3	¿Sabe usted que es un sistema fotovoltaico?.	Si, es un conjunto de equipos que sirven para aprovechar la energía solar y convertirla en electricidad.
4	¿Digitel posee antecedentes usando energía renovable?	Si, ya ha hecho dos proyectos, uno en Cuyagua y otro en los roques
5	¿Cree usted que la red eléctrica nacional es suficiente para el abastecimiento óptimo de la radio base las 24h del día?	No
6	¿A qué área de San Diego proporciona cobertura la radio base?	Un radio aproximado de 3 a 4 km
7	¿La Corporación Digitel proporciona cobertura dedicada mediante esta radiobase?	No
8	El rectificador R4850G del sistema posee una salida máxima de 3 kW ¿Cuántos se necesitan activos para abastecer a la radiobase?	Actualmente el sistema dispone de 3 operativos, pero con uno es suficiente para abarcar la carga del sistema
9	¿Cree usted que las energías renovables son el futuro para las telecomunicaciones?	Si pero en los sitios de difícil acceso terrestre
10	¿La corporación Digitel planea actualizar los equipos de la radio base a corto plazo?	Desconozco esta información

### **4.3 Selección de los componentes o elementos más adecuados según los cálculos para su utilización en el diseño fotovoltaico.**

#### **4.3.1 Coordenadas geográficas e irradiación solar**

Debido a la ubicación de Venezuela en la zona intertropical junto al mar Caribe en una excepcional posición geográfica en el planeta al encontrarse en el hemisferio norte, está totalmente estructurada en el territorio continental americano. El Estado Carabobo es una de las 24 entidades federales de Venezuela ubicada en el centro norte costero de Venezuela, el país cuenta con valores de radiación solar relativamente aceptables, los cuales expresados en forma de mapas de potencial se presentan en la Figura 14, donde los máximos de radiación pueden alcanzar valores de hasta unos  $6,5 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$  de irradiación en las zonas costeras



**Figura 14.** Irradiación en Venezuela 1999-2018(<https://solargis.com/es>)

Mediante el uso de la página web <https://pvwatts.nrel.gov/index.php> perteneciente al NREL es un laboratorio nacional de la oficina de eficiencia energética y energía renovable del departamento de Energía de EE. UU, lo dirige Alliance for Sustainable Energy, LLC. Posee una base de datos llamada NSRDB es una colección completa en serie de valores horarios y semestrales de datos meteorológicos de los últimos años y las tres medidas más comunes de radiación solar: irradiación horizontal global, normal directa y horizontal. Con la cual se logró determinar mediante latitud y longitud del edificio 4 de la universidad José Antonio Páez, obtenidas a través de la aplicación de Google Maps, cuyos resultados se pueden observar en la figuras 15 y 16.

**Figura 15.**Coordenadas geográficas del edificio 4 de la UJAP (Google Maps)

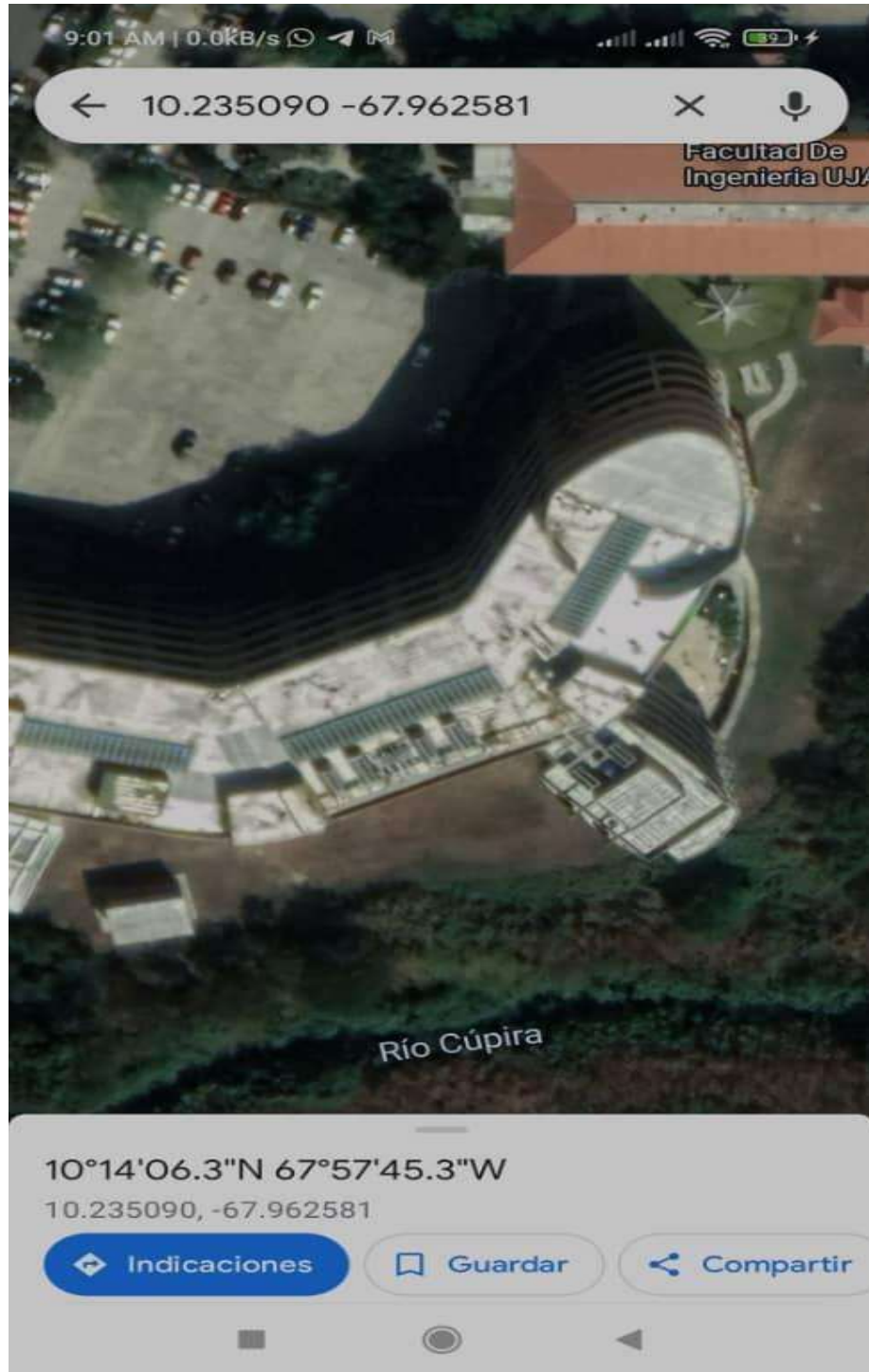
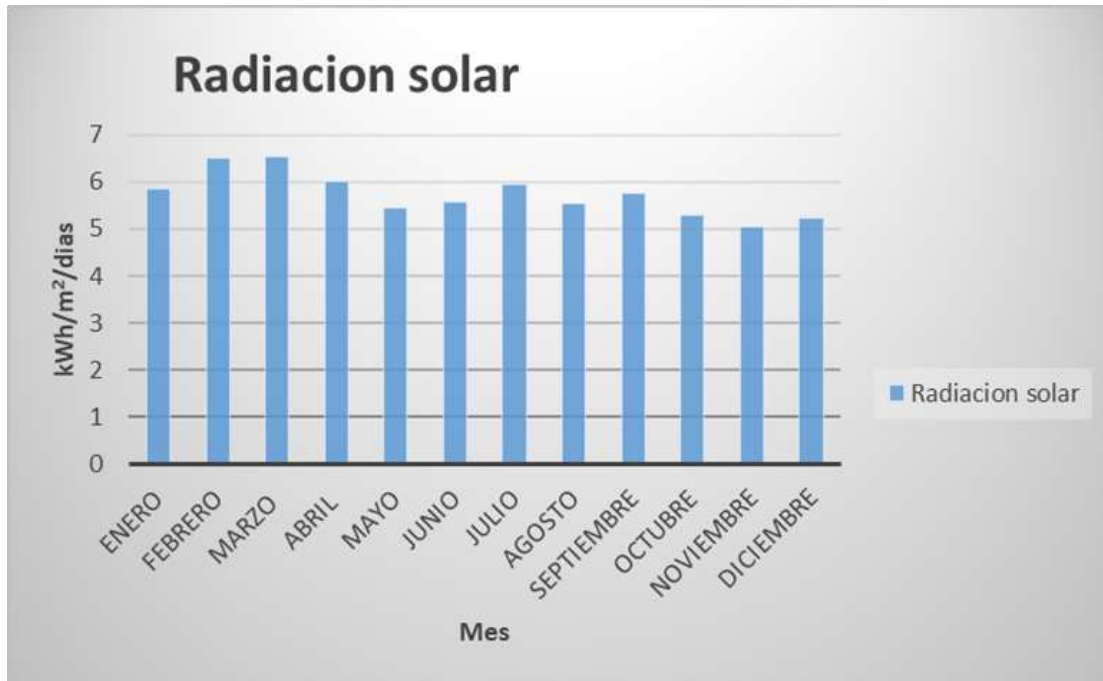


Figura 16. Gráficas de la radiación solar en el edificio 4 de la UJAP

(<https://pvwatts.nrel.gov/index.php>)



Se puede contemplar que el menor valor de irradiación solar en el año se presenta en el mes de Noviembre con 5.04 (kWh/m<sup>2</sup>/días ) según datos promediados de los últimos años para mayor eficiencia de los sistemas utilizaremos este valor mínimo para los cálculos en este diseño.

#### 4.3.2 Paneles solares

##### 4.3.2.1 Cálculo de números de paneles

Para realizar los cálculos y establecer el número de módulos (placas o paneles solares) en función de las condiciones de radiación más desfavorables, se seleccionó el modelo de panel Deep Blue 3.0 JMA54S30 390/415 MR JA Solar Mono (ver figura 17), cuyas características y especificaciones se presentan en el Anexo A. es un módulo monocristalino de 405 W-24 V y 108 células (6x18) , Son uno de los fabricantes líderes de la industria fotovoltaica mundial certificados en calidad-precio. Las placas solares

de JA Solar cuentan con 12 años de garantía de producto y 25 años de garantía de potencia lineal Módulos de gran calidad y resistencia, fabricado en silicio monocristalino con marco de aluminio anodizado. Se seleccionó dicho modelo de panel solar porque posee las características ideales para este proyecto ya que se dispone de un espacio limitado

**Figura 17. Panel solar Deep Blue 3.0 JMA54S30 390/415 MR JA SOLAR**

(<https://www.jasolar.com/uploadfile/2021/1116/20211116092635179.pdf>)



Para futuros cálculos usaremos las especificaciones técnicas del fabricante del panel en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Tabla de las especificaciones técnicas del panel elegido (Sinclair G 2022)

V <sub>co</sub>	37.23 V
I <sub>cc</sub>	13.87 A
V <sub>mp</sub>	31.21 V
I <sub>mp</sub>	12.98 A

La fórmula para calcular el número de paneles es la siguiente primero debemos calcular la potencia pico a instalar:

$$P_p \text{ Instalar} = \frac{(Carga \text{ total pico}(Wh/dia))}{(HSP * Eficiencia * F.d)}$$

Debemos calcular la HSP (hora sol picó):

$$HSP = \frac{Radiación \text{ Solar}}{Radiación \text{ Acem}} = \frac{5.04 \text{ kWh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 5.04 \text{ h}$$

$$P_p \text{ Instalar} = \frac{72000 \text{ Wh/d}}{5.04H * 0.9 * 0.9} = 17636.68 \text{ Wp}$$

El resultado lo dividimos sobre la potencia de cada panel para calcular los números de paneles a utilizar:

$$\#Panel = \frac{176363.68 \text{ Wp}}{405W} = 43.54 \text{ Paneles} \approx 44 \text{ Paneles}$$

Una vez hechos los cálculos realizaremos el arreglo que mejor se adapte a nuestras necesidades, en este caso optamos por un arreglo de 2 paneles en serie 22 en paralelos ya que este panel es de 24 V y para consumos mayores de 4 kW se recomienda un arreglo de 48V. Entonces la selección de los módulo y arreglos queda como se observa en la tabla 5.

**Tabla 5.** Selección de los modelos y arreglos para el diseño (Sinclair G 2022)

Selección del modulo Fotovoltaico	
	JMA54S30
Modelo	390/415 M
Vco	37.23
Icc	13.87
Vmp	31.21
I mp	12.98
Eficiencia	0.9
Factor de derateo	0.9
Potencia a instalar de paneles	17636.68
Cantidad mínima	43.54
Cantidad corregida (a un arreglo adecuado)	44
Paneles en Serie	2
Paneles en Paralelo	22

#### 4.3.2.2 Cálculo del área requerida para la instalación de los paneles solares y su ubicación

El modelo de paneles solares marca Ja Solar JMA54S30 posee las siguientes dimensiones especificadas en su datasheet:

- Largo: 172.4 cm
- Ancho: 113.4 cm

Como los paneles son rectangulares se usa la siguiente fórmula para calcular su área:

$$\text{Área} = \text{Largo} * \text{Ancho}$$

$$\text{Área} = 172.4 \text{ cm} * 113.6 \text{ cm} = 19584.64 \text{ cm}^2$$

Que vendrían siendo 2.58 m<sup>2</sup>, por lo tanto, el área requerida para la instalación de los paneles fotovoltaicos se especifica en la tabla 6.

**Tabla 6.** Área requerida para la instalación de paneles (Sinclair G 2022)

Area	#Paneles	Area total
1.96m <sup>2</sup>	44	86.24m <sup>2</sup>

Para la ubicación de los paneles solares se dispone de un área de 164 m<sup>2</sup> sobre el techo de la escuela de odontología, cuyos datos se obtuvieron mediante cálculos directos en la visita guiada a través de una cinta métrica, en el cual se midió de manera rectangular un ancho de 8 m y una altura de 22 m. La disposición propuesta de los paneles sobre el techo de la escuela se puede observar en la siguiente, donde se observa

que no existen objetos o edificaciones que proyecten sombras sobre el arreglo fotovoltaico figura 18.



**Figura 18.** Ubicación designada para los paneles solares según los cálculos (Drone valencia)

#### **4.3.3 Selección del controlador de carga**

Para seleccionar el controlador MPPT necesitaremos unos datos mínimos el cual se calcula con la información de los fabricantes del panel y el arreglo del diseño

$$P_{max} = \text{Panel en serie} * V_{mp} * \text{Panel en paralelo} * I_{mp}$$

$$P_{max} = 2 * 31,21 * 22 * 12.98 = 17824.6552 W$$

$$I_{max} = I_{cc} * \text{Panel en paralelo} * 1.2$$

$$I_{max} = 13,87 * 22 * 1.2 = 366.167 A$$

$$V_{max} = V_{co} * \text{Paneles en serie}$$

$$V_{max} = 37.23 * 2 = 74.46 V$$

Como no hay controladores de carga comerciales para esta corriente máxima se debe realizar un arreglo dependiendo del tipo de controlador. Debido a esto se seleccionó el modelo de controlador de carga MPPT BlueSolar 150/100 (ver figura 19), cuyas características y especificaciones se pueden apreciar en el Anexo J, el cual por poseer un amperaje nominal de 100 A, permite realizar una distribución adecuada de toda la energía que se va a almacenar en los acumuladores



**Figura 19.** Controlador de carga MPPT 150/100

(<https://www.victronenergy.com/es/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-150-70-up-to-150-100-VE.Can-ES.pdf>)

Usaremos 6 controladores conectados en paralelo para satisfacer el amperaje máximo dando un total controladores MPPT 150/100

**Tabla 7.** Número de controladores para el sistema

P <sub>max</sub> (W)	V <sub>max</sub> (V)	I <sub>max</sub> (A)	#Controladores
17824.655	74.46	366.167	6

#### 4.3.4 Capacidad y número de acumuladores de energía del sistema

Para determinar el número de acumuladores es necesario conocer la carga diaria de corriente.

$$Carga\ de\ corriente\ diaria = \frac{72000\ Wh}{48\ v} = 1500\ Ah$$

Luego se procede a determinar la carga diaria corregida con el factor de corrección.

$$Carga\ diaria\ corregida = Carga\ de\ corriente\ diaria * factor\ de\ corrección$$

$$Carga\ diaria\ corregida = 1500\ Ah * 1.2 = 1800\ Ah$$

Una vez calculada la Carga diaria corregida se calcula la capacidad nominal mediante los días de energía que requiere el diseño. Para telecomunicaciones se recomienda 2 días de autonomía para prever cualquier imprevisto con el clima.

$$Capacidad\ Nominal = Carga\ diaria\ corregida * Dias\ de\ autonomia$$

$$Capacidad\ Nominal = 1800\ Ah * 2 = 3600\ Ah$$

Una vez realizado el cálculo de la capacidad nominal, se debe elegir la batería a trabajar, ya que la profundidad de descargas son dadas por las especificaciones técnicas del fabricante de la batería en este caso usaremos una batería monoblock

Batería solar de plomo monoblock de 12 V 260 A, Las baterías monoblock son utilizadas en multitud de sectores entre los que destaca el sector fotovoltaico, pues cuentan con una larga vida útil, trabajan en las condiciones más críticas, no emiten gases y requieren poco mantenimiento.



**Figura 20.** Batería Marca Formula Solar 260Ah 12V(<http://www.daisabaterias.es/wp-content/uploads/2012/01/Catalogo-Baterias-Solar-Web.pdf>)

$$\text{Capacidad Corregida} = \frac{\text{Capacidad Nominal}}{\text{Prof de descarga}}$$

$$\text{Capacidad Corregida} = \frac{3600}{0.8} = 4500\text{Ah}$$

$$\#Baterías = \frac{\text{Capacidad corregida}}{\text{Capacidad de la batería}}$$

$$\#Baterías = \frac{4500\text{Ah}}{260\text{Ah}} = 17.30 \approx 18 \text{ Baterías en paralelo}$$

Para lograr un voltaje de 48 V que es el necesario para el sistema, se deben agregar 4 baterías en series de 12 V del mismo amperaje. Quedando un total de 72 baterías en un tramo de 18 en paralelos y 4 en serie

**Tablas 8.** Arreglo de baterías (Sinclair G 2022)

Carga de corriente diaria	1500Ah
Carga de corriente diaria corregida	1800Ah
Carga nominal 2 dias	3600Ah
Capacidad corregida	4500Ah
#Baterias en paralelo	18
#Baterias en serie	4
#Baterias totales	72
Dias de autonomia	2

#### 4.3.5 Cálculo de inclinación y orientación.

Para poder conseguir un  $\beta$  (Ángulo de inclinación del panel) adecuado debemos considerar la ubicación geográfica es por esto que la siguiente ecuación es a base de datos estadísticos de radiación anual en distintos sitios y distintos ángulos de inclinación, en este caso a una latitud de  $10.23^\circ$  podemos calcular su inclinación mediante la siguiente fórmula

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |\phi|$$

Donde:

$$\phi = \text{la latitud}$$
$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * 10.23^\circ = 10.75^\circ$$

Por lo tanto se observa que el estudio hecho por NREL4 y Sandia National Laboratory donde los datos recopilados confirman esta regla generala mejor orientación de recolección de energía durante todo el año para una matriz fotovoltaica fija es el azimut de 0 ° (sur) y un ángulo de inclinación igual a la latitud. Por lo tanto los paneles irán orientados mirando hacia el sur con un ángulo de inclinación de 10.75°.Para lograr instalar los paneles en la inclinación sugerida, estos deben ser montados sobre una estructura fijas

#### **4.4 Simulación del sistema fotovoltaico para la radio base de Digitel mediante un software**

En esta fase se procedió a simular con los cálculos previos realizados en el trabajo investigativo para comprobar su validez, Dicho software elegido fue PVsyst 7.2



Project: Sistema fotovoltaico Para la radiobase de Digitel

Variant: Nueva variante de simulación

**PVsyst V7.2.18**

VC0, Simulation date:  
27/09/22 15:24  
with v7.2.18

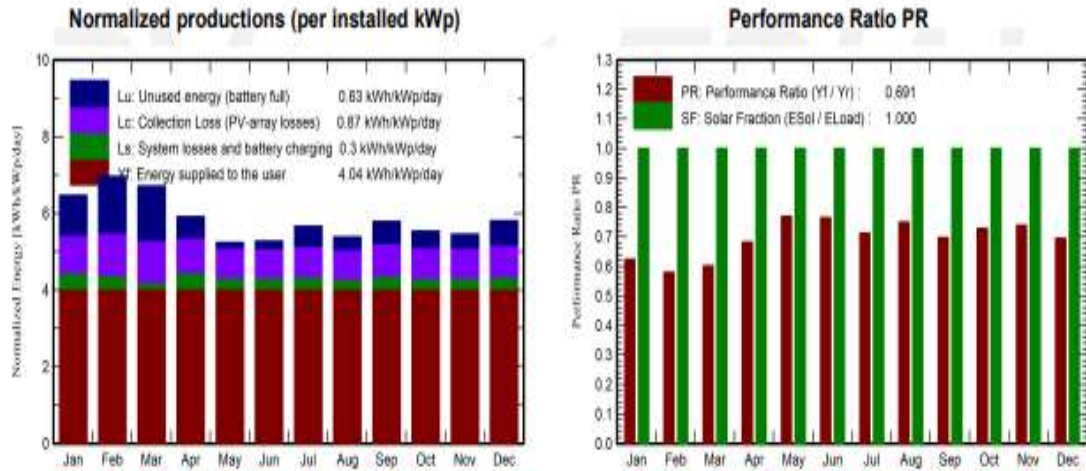
**General parameters**

<b>Stand alone system</b>		<b>Stand alone system with batteries</b>	
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Sheds configuration</b>	<b>Models used</b>
<b>Orientation</b>		No 3D scene defined	Transposition Perez
Fixed plane			Diffuse Imported
Tilt/Azimuth	10 / 0 °		Circumsolar separate
<b>User's needs</b>			
Daily household consumers			
Constant over the year			
Average	72 kWh/Day		

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Battery</b>	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	JAM72-S10-405-PR	Model	PVX-2580L
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, sealed, AGM
Unit Nom. Power	405 Wp	Nb. of units	18 in parallel x 4 in series
Number of PV modules	44 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	17.82 kWp	Stored energy	165.2 kWh
Modules	22 Strings x 2 in series	<b>Battery Pack Characteristics</b>	
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Voltage	48 V
Pmpp	16.26 kWp	Nominal Capacity	4302 Ah (C10)
U mpp	75 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	217 A		
<b>Controller</b>		<b>Battery Management control</b>	
Manufacturer	Generic	Threshold commands as	Battery voltage
Model	SmartSolar MPPT 150/100 48V	Charging	53.6 / 50.1 V
Nb. units	6 units	Corresp. SOC	0.90 / 0.75
Technology	MPPT converter	Discharging	45.9 / 48.9 V
Temp coeff.	-2.7 mV/°C/Elem.	Corresp. SOC	0.13 / 0.45
<b>Converter</b>			
Maxi and EURO efficiencies	98.0 / 96.0 %		
<b>Total PV power</b>			
Nominal (STC)	18 kWp		
Total	44 modules		
Module area	88.3 m²		

**Figura 21.** Parámetros generales simulados y Características del arreglo FV (PVsyst)



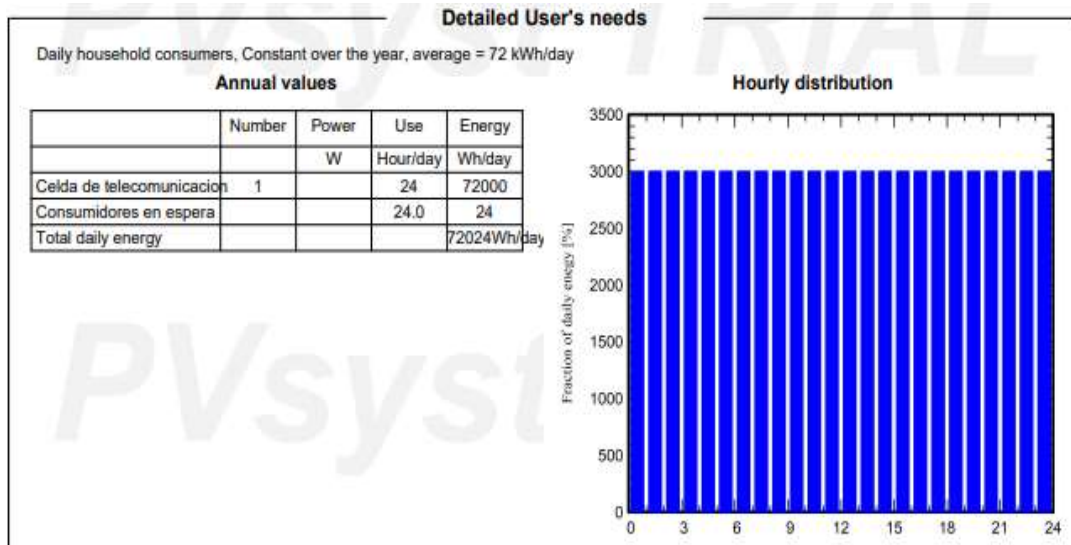
#### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	181.3	195.3	2957	571.3	0.000	2233	2233	1.000
February	182.0	190.3	2849	732.2	0.000	2017	2017	1.000
March	202.5	203.2	3025	775.5	0.000	2233	2233	1.000
April	180.1	172.7	2606	294.8	0.000	2161	2161	1.000
May	169.3	157.4	2385	75.5	0.000	2233	2233	1.000
June	167.2	153.4	2345	108.7	0.000	2161	2161	1.000
July	184.9	170.2	2614	287.2	0.000	2233	2233	1.000
August	171.5	161.7	2482	179.5	0.000	2233	2233	1.000
September	172.6	168.8	2568	303.4	0.000	2161	2161	1.000
October	164.4	167.1	2542	236.6	0.000	2233	2233	1.000
November	151.2	159.0	2429	190.0	0.000	2161	2161	1.000
December	162.4	175.1	2675	346.8	0.000	2233	2233	1.000
Year	2089.3	2074.3	31478	4101.5	0.000	26289	26289	1.000

#### Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	E_User	Energy supplied to the user
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Load	Energy need of the user (Load)
E_Avail	Available Solar Energy	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)
EUnused	Unused energy (battery full)		
E_Miss	Missing energy		

**Figura 22.** Resultados de los balances principales (PVsyst)



**Figura 23.** Necesidades del usuario y la producción del día anuales (PVsyst)

Según los datos simulados podemos determinar que los cálculos hechos y los equipos seleccionados son viables y cumplen con los parámetros para el abastecimiento de la radio base las 24 horas del día al año, ya que posee una distribución diaria promedio de 72 kW/día que se necesitan.

#### **4.5 Evaluación la factibilidad social, técnica y operativa, las repercusiones ambientales de la propuesta y el estudio de costos**

##### **4.5.1 Estudio de costos**

Para el estudio de costos, se decidió realizar un cálculo de los principales equipos necesarios para el sistema fotovoltaico basado en dólares (\$), ya que la mayoría son equipos importados y para que dichos costos puedan permanecer estables o tener una variación discreta en el tiempo.

**Tabla 9.**Inversión para el sistema fotovoltaico (Sinclair G 2022)

Equipo	Cantidad	Costo individual	Costo total por equipos
Panel solar JAM54S30 390-415MR	44	180\$	8000\$
Bateria Formula STAR Modelo FS260 Solar	72	300	21600\$
Controlador de carga MPPT 150/100	6	120\$	720\$
Caseta para baterias y controladores	1	400\$	400\$
Estructuras para los paneles	1	600\$	600\$
<b>Costo total(\$)</b>		<b>31320</b>	

**Tabla 10.**Retorno de inversión primer año (Sinclair G 2022)

Primer Año	Promedio kWh/M	Costo \$0.20/kWh
Enero	2232	446.4
Febrero	2016	403.2
Marzo	2232	446.4
Abril	2160	432
Mayo	2232	446.4
Junio	2160	432
Julio	2232	446.4
Agosto	2232	446.4
Septiembre	2160	432
Octubre	2232	446.4
Noviembre	2160	432
Diciembre	2232	446.4
<b>Total</b>	<b>26280 kWh/año</b>	<b>5256 \$/año</b>

Como se puede observar se estaría ahorrando en promedio 5.256 \$ al año con el costo del kWh en Venezuela que se encuentra en este momento a 0.20 \$/kWh obteniendo así un retorno de inversión en 7 años lo cual es rentable ya que este sistema está diseñado para tener una vida útil entre 20 a 25 años. Se requiere una gran cantidad de inversión inicial debido a la gran cantidad de energía que se necesita para tener un abastecimiento de 2 días de autonomía con baterías pero aun así resulta más rentable a largo mediano-plazo con respecto a otras alternativas de generación con combustibles fósiles

#### **4.5.2 Factibilidad social**

Como se mencionó en este presente trabajo de investigación, las incontables fallas del servicio eléctrico nacional ponen en evidencia la importancia de un sistema de energía alternativo para las telecomunicaciones del país. Es por esto que este trabajo de grado se enfoca directamente en satisfacer las necesidades en materia de energía a la radio base ubicada en el techo de la escuela de odontología, y como su implementación repercutirá en mejoras significativas en la calidad de vida en materia de comunicaciones de todos los habitantes de sus alrededores que poseen el servicio de Corporación Digitel. En consecuencia, el presente trabajo de grado puede ser considerado como un proyecto social, ya que la misma busca generar mejoras en la calidad de vida de un entorno en este caso de la universidad y sus alrededores.

Las telecomunicaciones son un servicio indispensable para la vida del hombre. ya que dependemos totalmente para poder vivir mejor y realizar todas nuestras actividades laborales, ya que ahora el trabajo desde casa es muy común. Las deficiencias con el servicio de energía eléctrica actual en Venezuela trae consecuencias para las personas del sector de la universidad ya que este equipo no posee de sistema de energía de respaldo. De allí nace la importancia de trabajar en proyectos que busquen brindar soluciones a las necesidades de las personas en materias de energía para el mejoramiento de los sistemas de telecomunicaciones en este caso de Digitel.

Con la implementación del presente trabajo de investigación se verían beneficiado todos los usuarios de Digitel de la zona, La universidad y Digitel se verían beneficiados también, debido a que este sistema es una innovación tecnológica que atraería a los medio de comunicaciones a nivel nacional ya que pocas empresas de telecomunicaciones en el país cuentan con este sistema.

El proyecto cumple con todos los objetivos planteados, por lo tanto, es una solución que servirá de gran ayuda a Corporación Digitel para su mantenimiento continuo del servicio, brindando más seguridad y viabilidad a sus usuarios.

Los equipos y materiales para realizar el diseño requieren de un mantenimiento mínimo, y si son instalados en condiciones de trabajo óptimas, los mismos cuentan con una vida útil bastante grande.

#### **4.5.3 Factibilidad Operativa**

La viabilidad operativa de este trabajo de grado, consiste en el diseño de un sistema de telecomunicaciones para la radio base ubicada en el techo de la escuela de odontología, el cual este diseño mejora la calidad del servicio que ofrece la Corporación Digitel en los alrededores de la zona de la universidad. El trabajo de grado cumple con la viabilidad operativa, ya que habrá una mejor eficiencia del servicio, si Digitel decide implementar este proyecto. En este trabajo de grado para dar cumplimiento al objetivo principal y en cuanto a la factibilidad operativa se determinaron los siguientes factores:

- Análisis de la carga eléctrica de la celda de telecomunicaciones
- Apoyo del ingeniero encargado de la operación y mantenimiento de la celda de telecomunicaciones
- Disposición del área calculada
- La gran capacidad de radiación solar que posee Venezuela

#### **4.5.4 Factibilidad Técnica**

La factibilidad técnica del presente diseño el cual trata de un sistema fotovoltaico para la radio base ubicada en la UJAP es viable ya que consta de un sistema completamente tecnológico independiente del servicio eléctrico nacional, por lo que este es mucho más óptimo y eficiente gracias al clima promedio de Venezuela. Es por esto que los usuarios de Corporación Digitel de la zona constaran de un mejor servicio.

Con este diseño se creará una mejor calidad de vida en los usuarios, ya que proporcionar con un servicio de telecomunicación las 24 horas del día es de gran importancia para su uso cotidiano. Es por esto que la factibilidad técnica es muy importante ya que depende de la funcionalidad y calidad del servicio para mejorar la calidad de comunicación de la zona.

#### **4.5.4 Repercusiones ambientales.**

Este sistema genera impactos positivos sobre el medio ambiente ya que nos brinda la posibilidad de dejar de ser dependiente de combustibles fósiles para generar energía eléctrica ,además de que poseen una vida útil de hasta 20 años lo que significa que se renovarán menos veces lo cual contribuyen a menos desperdicios, contribuyen al ambiente debido a que reducen el número de emisiones de co2 mejorando la calidad de oxígeno, esto quiere decir que al utilizar placas solares respiraremos un aire más puro y reduciremos las enfermedades cardio-respiratorias causadas por la contaminación, no solo en personas sino también en animales, con el avance de la tecnología se producen placas solares que usan una menor proporción de minerales como el silicio.

Esto quiere decir que no hay que hacer una excavación tan intensiva para la producción de otras fuentes de energía. Pero para que sea factible a nivel ambiental sin repercusión negativas se debe concientizar y educar a las personas que realizan este sistema fotovoltaico ya que tanto las baterías y los módulos al alcanzar su vida útil sino se reciclan de manera adecuada pueden generar un impacto ambiental significativo. Por ello un correcto reciclaje y gestión de residuos de las placas solares y baterías es clave para un mejor cuidado del medioambiente.

## CONCLUSIONES

Se realizó el cálculo y análisis del consumo energético de la radio base donde se implementará el sistema, el cual es la base fundamental en el diseño del proyecto. Se consultaron diferentes catálogos de los equipos básicos necesarios para un sistema fotovoltaico, tomando en cuenta, marca, precio/Watts, y certificados. Se investigó sobre las mejores orientaciones de los paneles solares según su ubicación geográfica, con el objetivo del mayor aprovechamiento de la radiación solar, cuyo resultado concluyente, mostró que la mejor opción es orientarlos hacia el sur con una inclinación de  $10^\circ$  con respecto a la horizontal. Se realizaron los distintos cálculos para encontrar el mejor arreglo fotovoltaico en la zona, el panel solar tiene una producción máxima que se alcanza únicamente en condiciones ideales, ya que en la realidad existen pérdidas ocasionadas por multitud de factores como: la mala orientación e inclinación de los módulos, sombras sobre los mismos, o polvo y suciedad acumulados. La eficiencia energética que tiene un panel fotovoltaico es influenciada por la temperatura de trabajo a la cual es sometido el panel, en otras palabras, la eficiencia disminuye con el aumento de la temperatura de trabajo del panel.

La factibilidad de proyecto no solo se basa en la parte económica, que a pesar de su elevada inversión inicial, es un proyecto basado en los beneficios que este representa para la Corporación Digital y sus usuarios en el área de la universidad y sus alrededores. La realización del proyecto sería un paso enorme hacia el futuro, en distintos ámbitos como puede ser en lo ambiental y lo social, ya que se trata de la utilización de una energía alterna y limpia, además de que se sabe que el abastecimiento eléctrico mediante la quema de combustible, es limitado porque no es un recurso renovable y cada vez se vuelve más codiciado por todos los países, en cambio la fuente de energía de estos sistemas es el sol, el cual es considerado un recurso renovable. El sistema fotovoltaico provee, como mecanismo, el acceso a los medios de telecomunicaciones comunicación como teléfono, internet, etc de manera ininterrumpida reduciendo el

aislamiento social ayudando a la globalización y dando la posibilidad de interrelacionarse e identificarse con situaciones actuales y de importancia económica, social, ambiental y política en nuestro territorio nacional. El mantenimiento preventivo es indispensable en un sistema fotovoltaico, debido a que como ya se expuso, existe una estrecha relación entre la eficiencia de un panel fotovoltaico y su mantenimiento

Por último, la realización de éste proyecto tendría un gran impacto en lo social, ya que se demostraría que sí se puede trabajar con energías limpias, lo cual pudiera abrir el camino a distintas organizaciones, y empresas para el desarrollo de éste tipo de energía, lo cual se traduciría en un importante avance tecnológico en el país.

## **RECOMENDACIONES**

No conectar al sistema fotovoltaico equipos de gran potencia que no hayan sido considerados en el diseño sin consultar un especialista, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar un mal funcionamiento

Realizar un estudio para utilizar el sistema fotovoltaico de manera interconectada con la red eléctrica con el fin de reducir la dependencia de tantos acumuladores de energía

Promover, educar y generar conciencia ecológica, mostrando los beneficios que conlleva la utilización de los sistemas de generación de energías alternativas, sin la utilización de combustibles fósiles.

Se recomienda realizar mantenimientos a los equipos los paneles de manera anual para supervisar y reducir cualquier tipo de sombras

Llevar a cabo un plan de mantenimiento para conservar la eficiencia del sistema y prolongar la vida útil de los equipos.

No se debe poner nada encima de las baterías. No manipular sus bornes con las manos.

Es muy importante que la instalación de energía solar cuente con las protecciones adecuadas

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2006). Proyecto de investigación: introducción a la metodología científica. (5<sup>a</sup> ed.). Caracas, Venezuela. Editorial: Episteme, C.A.
- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación introducción a la metodología científica. (6<sup>a</sup> ed.). Caracas, Venezuela. Editorial: Episteme, C.A.
- Editorial etece. (2021) Generación Eléctrica. <https://concepto.de/generacion-electrica/>
- Estrada, C. Arancibia, C. (2010). Las energías renovables: La energía solar y sus implicaciones. Revista Digital Universitaria, Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art96/>
- García, A. (2018), En su trabajo de grado titulado 'La Energía solar Fotovoltaica como alternativa de mitigación del cambio climático y sus impactos en el ambiente'
- Hernández, Fernández, Baptista (2006). Metodología de la investigación. (4<sup>a</sup> ed.). México Editorial: Mc. Graw Hill.
- Hernández, Fernández, Baptista (2014). Metodología de la investigación. (ª ed.). México Editorial: Mc. Graw Hill.
- Hurtado, I y Toro, J (2007). Paradigmas y Métodos de Investigación en Tiempos de Cambios. 1ª Edición. Caracas, Venezuela: Libros de "El Nacional". Editorial CEC, S.A.
- Guevara, M(2020) Debates IESA. <http://www.debatesiesa.com/el-colapso-electrico-de-venezuela-y-los-desafios-para-superarlo/>
- Mijares, H. y García, L. (2007). Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado. Valencia, Venezuela.

Sáenz, D. (2016), En su trabajo de grado titulado 'Implementación de sistema de energía híbrido en nodos de telecomunicaciones para mejorar la disponibilidad y eficiencia de la red

Silberschatz, A; Korth,H; y Sudarshan, S. (2002). "Fundamentos de Bases de Datos". Cuarta Edición. Editorial McGraw Hill

Tamayo, y Tamayo (2003). El Proceso de la Investigación Científica. (3ª ed.). D F, México. Editorial: Limusa S.A.

Tamayo, y Tamayo (2012). El Proceso de la Investigación Científica. (4ª ed.). D F, México. Editorial: Limusa S.A.

Oriol Planas(2021) Ley de ohm. <https://solar-energia.net/electricidad/leyes/ley-de-ohm>

Ortiz, S. (2018), En su trabajo de grado titulado 'Evaluación técnica y económica de la implementación del sistema fotovoltaico para la electrificación de radio remoto

Palella, S y Martins, F (2012). "Metodología de la Investigación Cuantitativa". Venezuela. Editorial: Once, C.A.

Pereira, M. (2015). Las energías renovables ¿Es posible hablar de un derecho energético ambiental? Elementos para una discusión. Jurídicas CUC, 11(1), 221-242. <http://dx.doi.org/10.17981/juridcuc.11.1.2015.10>

Nationalgeographic (2010) Energía Solar <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-solar>

Raül Serrano (2017) Paneles solares <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>

# ANEXO

## Anexo A. Especificaciones JAM54S30 390-415 MR

MECHANICAL DIAGRAMS		SPECIFICATIONS																			
		<table border="1"> <tr> <td>Cell</td> <td>Mono</td> </tr> <tr> <td>Weight</td> <td>21.5kg±3%</td> </tr> <tr> <td>Dimensions</td> <td>1722±2mm×1134±2mm×30±1mm</td> </tr> <tr> <td>Cable Cross Section Size</td> <td>4mm<sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)</td> </tr> <tr> <td>No. of cells</td> <td>108(6x18)</td> </tr> <tr> <td>Junction Box</td> <td>IP68, 3 diodes</td> </tr> <tr> <td>Connector</td> <td>QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)</td> </tr> <tr> <td>Cable Length (Including Connector)</td> <td>Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)</td> </tr> <tr> <td>Packaging Configuration</td> <td>36pcs/Pallet, 936pcs/40ft Container</td> </tr> </table>		Cell	Mono	Weight	21.5kg±3%	Dimensions	1722±2mm×1134±2mm×30±1mm	Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)	No. of cells	108(6x18)	Junction Box	IP68, 3 diodes	Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)	Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)	Packaging Configuration	36pcs/Pallet, 936pcs/40ft Container
Cell	Mono																				
Weight	21.5kg±3%																				
Dimensions	1722±2mm×1134±2mm×30±1mm																				
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)																				
No. of cells	108(6x18)																				
Junction Box	IP68, 3 diodes																				
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)																				
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)																				
Packaging Configuration	36pcs/Pallet, 936pcs/40ft Container																				

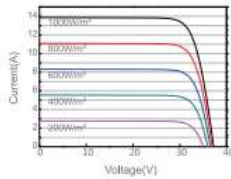
ELECTRICAL PARAMETERS AT STC						
TYPE	JAM54S30 -390/MR	JAM54S30 -395/MR	JAM54S30 -400/MR	JAM54S30 -405/MR	JAM54S30 -410/MR	JAM54S30 -415/MR
Rated Maximum Power(P <sub>max</sub> ) [W]	390	395	400	405	410	415
Open Circuit Voltage(V <sub>oc</sub> ) [V]	36.85	36.68	37.07	37.33	37.92	37.46
Maximum Power Voltage(V <sub>mp</sub> ) [V]	30.84	30.84	31.01	31.21	31.48	31.81
Short Circuit Current(I <sub>sc</sub> ) [A]	13.61	13.70	13.79	13.87	13.85	14.02
Maximum Power Current(I <sub>mp</sub> ) [A]	12.73	12.81	12.90	12.99	13.04	13.13
Module Efficiency [%]	20.0	20.2	20.5	20.7	21.0	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub> (α <sub>Isc</sub> )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub> (α <sub>Voc</sub> )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub> (α <sub>Pmp</sub> )	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

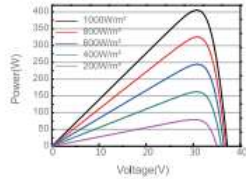
ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT						OPERATING CONDITIONS	
TYPE	JAM54S30 -390/MR	JAM54S30 -395/MR	JAM54S30 -400/MR	JAM54S30 -405/MR	JAM54S30 -410/MR	JAM54S30 -415/MR	
Rated Max. Power(P <sub>max</sub> ) [W]	384	391	398	405	410	414	Maximum System Voltage 1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(V <sub>oc</sub> ) [V]	34.62	34.70	34.98	35.12	35.23	35.37	Operating Temperature -40°C~+85°C
Max Power Voltage(V <sub>mp</sub> ) [V]	28.87	29.08	29.28	29.47	29.72	29.89	Maximum Series Fuse Rating 35A
Short Circuit Current(I <sub>sc</sub> ) [A]	10.89	10.88	11.03	11.10	11.16	11.22	Maximum Short Circuit Power 5400W(1100V) 5400W(1000V)
Max Power Current(I <sub>mp</sub> ) [A]	10.18	10.25	10.33	10.38	10.43	10.50	NOCT 48±2°C
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G						Safety Class Class II
							Fire Performance IIT, Type 1

### CHARACTERISTICS

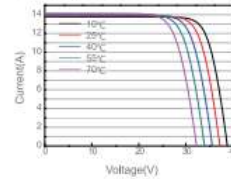
Current-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



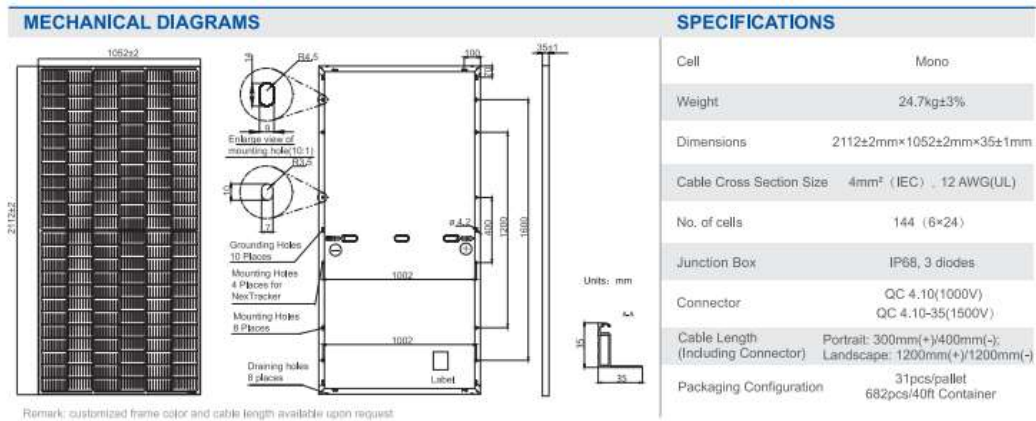
Power-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



Current-Voltage Curve JAM54S30-405/MR



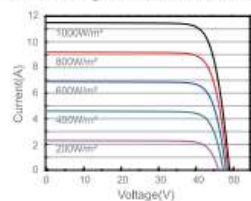
## Anexo B. Especificaciones del panel solar JAM72S20 445-470 MR



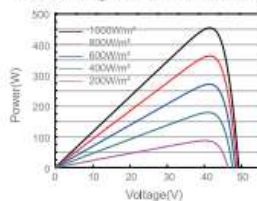
ELECTRICAL PARAMETERS AT STC						
TYPE	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	JAM72S20 -470/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	445	450	455	460	465	470
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15	50.31
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43	42.69
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.32	11.36	11.41	11.45	11.49	11.53
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96	11.01
Module Efficiency [%]	20.0	20.3	20.5	20.7	20.9	21.2
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )				+0.04%/°C		
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )				-0.272%/°C		
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )				-0.350%/°C		
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.						
ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT						
TYPE	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	JAM72S20 -470/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	336	340	344	348	352	355
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.65	46.90	47.15	47.38	47.61	47.84
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.95	39.19	39.44	39.68	39.90	40.10
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.20	9.25	9.29	9.33	9.38	9.42
Max Power Current(Imp) [A]	8.64	8.68	8.72	8.76	8.81	8.86
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					
*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 1800Pa while Maximum Static Load, Back is 1800Pa.						

OPERATING CONDITIONS	
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse Rating	20A
Maximum Static Load, Front*	5400Pa(112 lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load, Back*	2400Pa(50 lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2°C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

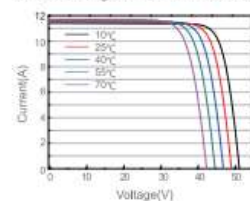
Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



## Anexo C. Especificaciones panel Ja solar JAM60S08

MECHANICAL DIAGRAMS	SPECIFICATIONS														
	<table border="1"> <tr> <td>Cell</td> <td>Mono</td> </tr> <tr> <td>Weight</td> <td>18.5kg±3%</td> </tr> <tr> <td>Dimensions</td> <td>1678mm×991mm×35mm</td> </tr> <tr> <td>Cable Cross Section Size</td> <td>4mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>No. of cells</td> <td>120(6x20)</td> </tr> <tr> <td>Connector</td> <td>PV-ZH202 PV-KBT4/6II(female), PV-KST4/6II(male) QC4.10 Helios H4 H4 UTX</td> </tr> <tr> <td>Country of Manufacturer</td> <td>China/Vietnam</td> </tr> </table>	Cell	Mono	Weight	18.5kg±3%	Dimensions	1678mm×991mm×35mm	Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup>	No. of cells	120(6x20)	Connector	PV-ZH202 PV-KBT4/6II(female), PV-KST4/6II(male) QC4.10 Helios H4 H4 UTX	Country of Manufacturer	China/Vietnam
Cell	Mono														
Weight	18.5kg±3%														
Dimensions	1678mm×991mm×35mm														
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup>														
No. of cells	120(6x20)														
Connector	PV-ZH202 PV-KBT4/6II(female), PV-KST4/6II(male) QC4.10 Helios H4 H4 UTX														
Country of Manufacturer	China/Vietnam														

### ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM60S08-310 /PR/1000V	JAM60S08-315 /PR/1000V	JAM60S08-320 /PR/1000V	JAM60S08-325 /PR/1000V	JAM60S08-330 /PR/1000V
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	310	315	320	325	330
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	39.61	39.93	40.22	40.56	40.84
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	32.78	33.07	33.34	33.65	33.91
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.03	10.10	10.16	10.22	10.29
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.46	9.53	9.60	9.66	9.74
Module Efficiency [%]	18.6	18.9	19.2	19.5	19.8
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0.051%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0.269%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0.360%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G				

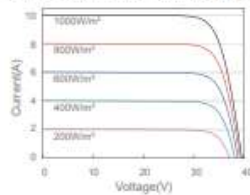
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

### ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

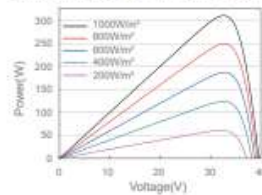
TYPE	JAM60S08-310/PR/1000V	JAM60S08-315/PR/1000V	JAM60S08-320/PR/1000V	JAM60S08-325/PR/1000V	JAM60S08-330/PR/1000V	OPERATING CONDITIONS
Rated Max Power(Pmax) [W]	229	233	237	241	244	Maximum System Voltage 1000V DC(IEC)
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	36.61	36.93	37.15	37.38	37.65	Operating Temperature -40°C~+85°C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	32.77	33.06	33.31	33.54	33.82	Maximum Series Fuse 20A
Short Circuit Current(Isc) [A]	8.02	8.08	8.14	8.20	8.25	Maximum Static Load,Front 3600Pa, 1.5
Max Power Current(Imp) [A]	7.00	7.05	7.11	7.17	7.22	Maximum Static Load,Back 1600Pa, 1.5
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					NOCT 45±2°C
						Application Class Class A

### CHARACTERISTICS

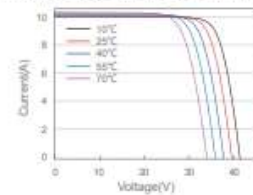
Current-Voltage Curve JAM60S08-310/PR/1000V



Power-Voltage Curve JAM60S08-310/PR/1000V



Current-Voltage Curve JAM60S08-310/PR/1000V



## Anexo D. Especificaciones para batería Formula Star



Formula Star son baterías de Plomo-ácido abiertas para almacenar energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos.

### INFORMACIÓN DE DISEÑO

- Placas y separadores especiales.
- Larga vida en ciclos de carga y descarga.
- Reducido consumo de agua.
- Menor sensibilidad a las sobrecargas imprevistas.
- Reducida auto-descarga.
- Mayor tensión de descarga mediante conexiones interiores más cortas.
- Material plástico con alta resistencia a los impactos fortuitos
- Baterías estacionarias especialmente diseñadas para instalaciones fotovoltaicas



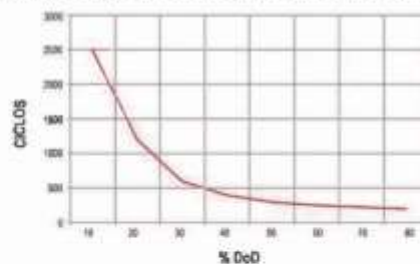
### APLICACIONES

- Casas, campers, barcos, estaciones de montaña
- Iluminación en calles y parques
- Semáforos y señales de tráfico
- Estaciones de medida, estaciones de bombeo, etc

### DATOS TÉCNICOS (TEMPERATURA REFERENCIA 25°C)

Modelo	V	Capacidad C100 (Ah)	Dimensiones (mm)		
			Largo	Ancho	Alto
FORMULA STAR FB 76 SOLAR	12	86	242	175	190
FORMULA STAR FB 88 SOLAR	12	80	274	175	190
FORMULA STAR FB 118 SOLAR	12	105	300	175	190
FORMULA STAR FB 166 SOLAR	12	165	513	189	223
FORMULA STAR FB 206 SOLAR	12	195	513	223	223
FORMULA STAR FB 248 SOLAR	12	240	513	274	239
FORMULA STAR FB 260 SOLAR	12	260	518	276	242

### NÚMERO DE CICLOS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE DESCARGA



### OPERACIÓN

- Curvas de carga: WUa, IUa, IUoU y IUoU.
- La batería debe ser recargada al 100% al menos cada 1-4 semanas.
- No descargar la batería por encima del 80%.
- El trabajo en flotación a tensiones muy altas puede suponer un consumo excesivo de agua.

## Anexo E. Especificaciones para MPPT 150/100

Controlador de carga SmartSolar con puerto VE.Can	150/70 VE.Can	150/95 VE.Can	150/100 VE.Can (también disponible sin Bluetooth)
Tensión de la batería	Selección automática 12/24/48 V (36 V manual)		
Corriente de carga nominal	70 A	85 A	100 A
Potencia PV nominal, 12 V 1A3E	1000 W	1200 W	1400 W
Potencia PV nominal, 24 V 1A3E	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia PV nominal, 36 V 1A3E	3000 W	3600 W	4300 W
Potencia PV nominal, 48 V 1A3E	4000 W	4900 W	5800 W
Máxima corriente de corto circuito (V <sub>OC</sub> ) <sup>1)</sup>	30 A (máx. 30 A por conector MCA)	70 A (máx. 30 A por conector MCA)	
Tensión máxima del circuito abierto PV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en amarras y funcionando al máximo		
Eficiencia máxima	98%		
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V Valores predeterminados: 1,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (regulable con selector giratorio, pantalla, VE Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (regulable con selector giratorio, pantalla, VE Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "floatación"	Valores predeterminados: 16,2 V / 32,4 V / 48,6 V / 64,8 V (regulable)		
Tensión de carga de "recarga"	Algoritmo de carga adaptativa multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario		
Compensación de temperatura	-10 mV / -32 mV / -64 mV / °C		
Protección	Polaridad inversa PV/Cortocircuito de salida/sobretensión		
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)		
Humedad	95%, sin condensación		
Altitud máxima	5.000 m (potencia nominal completa hasta los 2.000 m)		
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados		
Grado de contaminación	IP23		
Comunicación de datos	VE.Can, VE Direct y Bluetooth		
Interruptor on/off remoto	Si conector físico		
Rede programable	DPST, Capacidad nominal CC: 240 VCA / 4 A Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC		
Funcionamiento en paralelo	Si funcionamiento en paralelo sincronizado con VE.Can (máx. 25 unidades) o Bluetooth (máx. 10 unidades)		
<b>CARGA</b>			
Color	Azul (RAL 5012)		
Terminales PV <sup>2)</sup>	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MCA (modelos MCA)	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MCA (modelos MCA)	
Bornes de la batería	35mm <sup>2</sup> / AWG2		
Grado de protección:	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)		
Peso	3 kg	4,3 kg	
Dimensiones (al x an x pr) en mm:	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelo MCA: 215 x 250 x 95 mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MCA: 246 x 295 x 103	
<b>NOTAS</b>			
Seguridad	ENIEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		
<b>TENSIONES GARANTIZADAS</b>			
Datos guardados	Tensión, corriente y temperatura de la batería, estado de corriente de salida de carga, tensión PV y corriente PV.		
Momento de guardar los datos de tensión:	4s		
<sup>1)</sup> Si se conecta más potencia PV, el controlador limitará la entrada de potencia. <sup>2)</sup> La tensión PV debe exceder Vbat + 5 V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión PV mínima será de Vbat + 1 V. <sup>3)</sup> Un sistema PV con una corriente de cortocircuito más alta podrá dañar el controlador. Modelos MCA: se podrán reutilizar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares. Corriente máxima por conector MCA: 30 A (los conectores MCA están conectados en paralelo a un transformador MPPT)			



Con VE.Can o Bluetooth, pueden conectarse en cadena hasta 25 o hasta 10 controladores de carga respectivamente para carga sincronizada y conectarse a su vez a un Color Control GX o a otro dispositivo GX. Cada Controlador puede supervisarse por separado, por ejemplo en un Color Control GX, en el sitio web VRM (VE.Can) o en un smartphone o iPad (Bluetooth).

## Controladores de carga SmartSolar con interfaz VE.Can

MPPT 150/70 VE.Can hasta MPPT 150/100 VE.Can



Controlador de carga SmartSolar  
MPPT 150/100-Tr-VE.Can  
con pantalla conectable opcional



Controlador de carga SmartSolar  
MPPT 150/100-Tr-VE.Can sin pantalla



Sensor Bluetooth:  
Smart Battery Sense



Sensor Bluetooth:  
Monitor de baterías BMV-712 Smart



Detección Bluetooth: SmartShunt

### Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30 %, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10 % en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo. El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98 %.

### Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

### Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

### Bluetooth Smart Integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

Sensor de temperatura interno y sensor externo opcional de tensión, temperatura y corriente de la batería via Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense, un monitor de baterías BMV-712 Smart o un SmartShunt para comunicar la tensión y la temperatura de la batería (y la corriente, en caso de un BMV-712 o SmartShunt) a uno o más controladores de carga SmartSolar.

### Función de recuperación de baterías completamente descargadas

Empezará a cargar incluso si la batería está descargada hasta cero voltios.

Se reconectará a una batería de ion litio completamente descargada con función de desconexión interna.

### VE.Can: la solución de controlador múltiple

Se pueden sincronizar hasta 25 unidades con VE.Can y hasta 10 unidades con Bluetooth.

### VE.Direct o VE.Can

Para una conexión de datos con cable a un panel Color Control GX, otros productos GX, un PC u otros dispositivos.

### On/Off remoto

Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

### Relé programable

Puede programarse para programar una alarma, u otros eventos.

### Opcional: Pantalla LCD conectable SmartSolar

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.



Pantalla conectable SmartSolar



## Anexo F. Cuestionario realizado a expertos en el área de telecomunicaciones.



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES**  
**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA**  
**RENOVABLE ALTERNATIVA (FOTOVOLTAICO) PARA**  
**LA CELDA (DIGITEL) UBICADA EN EL EDIF 4 DE LA**  
**INFRAESTRUCTURA UJAP**

**Encuestador: Gabriel Sinclair.**

**Introducción:** En el presente trabajo de investigación realizaremos una propuesta de un sistema de energía renovable alternativa (fotovoltaico) para la celda de telecomunicaciones de Digitel ubicada en el edif 4 de la infraestructura UJAP, lo cual queremos dejar en evidencia lo importancia del uso de energías alternativas para la protección del medio ambiente y para garantizar la continuidad del servicio en las redes de telecomunicaciones utilizando un sistema de energía renovable. Esta investigación está estructurada en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez,

### **Evaluación**

**Instructivo:** En este cuestionario las preguntas van enfocadas a la propuesta de un sistema de energía renovable para telecomunicaciones, con la intención de adquirir más información sobre esta radio base de la Corporación Digitel en estudio, ya que es necesaria para llevar a cabo la investigación, por lo tanto, las preguntas serán de tipo abierta donde el entrevistado compartirá su conocimiento con el entrevistador

1. ¿El sistema de alimentación eléctrica de la radio base opera a corriente alterna o continua?
2. ¿Cuáles son los requerimientos básicos de energía para abastecer la celda de telecomunicaciones?
3. ¿Sabe usted que es un sistema fotovoltaico?
4. ¿Digitel posee antecedentes usando energía renovable?
5. El rectificador R4850G del sistema posee una salida máxima de 3 kW ¿Cuántos se necesitan activos para abastecer a la radio base?
6. ¿Cree usted que las energías renovables son el futuro para las telecomunicaciones?
7. ¿Cree usted que la red eléctrica nacional es suficiente para el abastecimiento óptimo de la radio base las 24h del día?
8. ¿A qué área de San Diego proporciona cobertura la radio base?
9. ¿La corporación Digitel planea actualizar los equipos de la radio base a corto plazo?
10. ¿La Corporación Digitel proporciona cobertura dedicada mediante esta radio base?

**Anexo G:** Validación del instrumento de investigación el cual es una encuesta realizada a expertos en el área de telecomunicaciones.

**Validación del instrumento**

**I. Datos generales:**

- a. **Apellidos y nombres:** Suescun Rondón July
- b. **Cargos en la institución donde labora:** Asesor y Tutor de Trabajos de Grado, Docente
- c. **Nombre del instrumento a evaluar:** Cuestionario

**II. Aspectos de validación:**

Criterio	Indicadores	Inaceptable		Medianamente aceptable		Aceptable	
		0	1	2	3	4	5
Coherencia	El instrumento presenta coherencia con el problema de investigación y los objetivos planteados						X
Relación con objetivos	El instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación.						X
Claridad	La redacción de los ítems es clara y apropiada para cada dimensión.						X
Comprensión	En general, el instrumento permite un						X

	manejo ágil de la información.						
Organización	Existe una organización lógica.						X
Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos suficientes						X
Cumplimiento	Las preguntas permiten cumplir con los objetivos planteados, obteniendo la información requerida						X

**III. Opinión de aplicabilidad**

- a. El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- b. El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

 Si

**IV. Promedio de valoración: 5**

**Correo:** Jully.unitec1964@gmail.com

**Teléfono:** 0414-9402620

**Fecha:** 21-09-2022



Firma

**Anexo H.** Área estudiada en la visita Guiada







