



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y**  
**COMUICACIONES**

**Tema:**

**SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO PARA RESPALDO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DEL MUNICIPIO DEL CANTÓN SIGCHOS**

Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente,  
presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y comunicaciones.

AUTOR: Paúl Hernán Analuisa Jiménez

TUTOR: Ing. M.Sc. Juan Pablo Pallo

Ambato - Ecuador

Noviembre - 2011

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: **SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO PARA RESPALDO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DEL MUNICIPIO DEL CANTÓN SIGCHOS**, de señor Paúl Hernán Analuisa Jiménez, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 57 del Capítulo IV, del Reglamento de Graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato noviembre, 2011

EL TUTOR

-----  
Ing. M.Sc. Juan Pablo Pallo

## AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: **SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO PARA RESPALDO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DEL MUNICIPIO DEL CANTÓN SIGCHOS.**

Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato noviembre, 2011

---

Paúl Hernán Analuisa Jiménez

CC: 180403269-4

## APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Mario García e Ing. Franklin Silva, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado **SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO PARA RESPALDO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DEL MUNICIPIO DEL CANTÓN SIGCHOS**, presentado por el señor Paúl Hernán Analuisa Jiménez de acuerdo al Art. 57 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal del tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. M.Sc. Oswaldo Paredes

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mario García

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Franklin Silva

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Ómnis gloria tua | Canticum |  
vultus tuus |  
Nihil est |  
vultus tuus |  
Ómnis gloria tua |  
vultus tuus |

et |



## ÍNDICE GENERAL

<b>PRELIMINARES</b>	<b>Pág.</b>
Carátula.....	i
Aprobación del tutor o director.....	ii
Autoría.....	iii
Aprobación de la comisión calificadora.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas.....	xvi
Resumen Ejecutivo.....	xvii
Introducción.....	xix
<b>CAPÍTULO I: TEMA</b>	
1. Planteamiento del problema.....	1
1.1. Contextualización.....	1
1.2. Análisis crítico.....	2
1.3. Prognosis.....	3
1.4. Formulación del problema.....	3
1.4.1. Preguntas directrices.....	3

1.4.2. Delimitación del problema.....	4
1.5. Justificación.....	4
1.6. Objetivos de la investigación.....	4
1.6.1. Objetivo general.....	4
1.6.2. Objetivos específicos.....	5

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes investigativos.....	6
2.2. Fundamentación legal.....	6
2.3. Fundamentación teórica.....	7
2.3.1 Marco conceptual de la variable dependiente.....	7
2.3.2 El sol.....	7
2.3.2.1 Composición y estructura del sol.....	7
2.3.2.2 Recolección de energía del sol.....	9
2.3.3 Energía Solar.....	9
2.3.3.1 Transformación natural de la energía solar.....	10
2.3.3.2 Energía Fotovoltaica.....	10
2.3.3.3 Historia de los sistemas fotovoltaicos.....	11
2.3.3.4 Componentes de un sistema fotovoltaico.....	12
2.3.3.5 Montaje de un sistema fotovoltaico.....	14
2.3.3.6 Características de los sistemas fotovoltaicos.....	15
2.3.3.7 Producción de energía de un sistema fotovoltaico.....	16
2.3.3.8 Costos de un sistema fotovoltaico.....	17
2.3.3.9 Mantenimiento de un sistema fotovoltaico.....	17
2.3.4 Celdas fotovoltaicas.....	18



2.3.4.1 El silicio.....	18
2.3.4.2 Ventajas de las celdas fotovoltaicas.....	19
2.3.4.3 Célula de silicio monocristalino.....	20
2.3.4.4 Células de silicio multicristalino.....	21
2.3.4.5 Células de silicio amorfas.....	23
2.3.4.6 Los paneles fotovoltaicos.....	23
2.3.4.7 Configuración de los paneles fotovoltaicos.....	24
2.3.5 Marco teórico de la variable dependiente.....	24
2.3.6 Energía.....	24
2.3.7 Sistemas de energía.....	26
2.3.7.1 Energía hidráulica.....	26
2.3.7.2 Energía solar térmica.....	26
2.3.7.3 Energía fotovoltaica.....	27
2.3.7.4 Energía eólica.....	28
2.3.7.5 Energía térmica.....	30
2.3.7.6 Centrales nucleares.....	31
2.3.8 Energía eléctrica.....	32
2.3.8.1 Generación de energía eléctrica.....	33
2.3.8.2 Central eléctrica.....	34
2.3.8.3 Centrales hidroeléctricas.....	36
2.3.8.4 Red de energía eléctrica.....	39
2.3.8.5 Fallos del sistema eléctrico.....	41

2.3.8.6 Regulación del Voltaje.....	41
2.3.8.7 Pérdidas durante el transporte.....	42
2.4. Hipótesis.....	43
2.5. Determinación variables.....	43
2.5.1. Variable independiente.....	43
2.5.2. Variable dependiente.....	43
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	
3.1. Enfoque.....	44
3.2. Modalidad básica de la investigación.....	44
3.2.1. Investigación de campo.....	44
3.2.2. Investigación bibliográfica.....	44
3.3. Niveles de investigación.....	44
3.5. Población y muestra.....	45
3.5.1. Población.....	45
3.5.2. Muestra.....	45
3.6. Recolección de información.....	45
3.6.1. Plan para la recolección de información.....	45
3.7. Procesamiento y análisis de la información.....	46
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	
4.1 Recopilación de la Información.....	47
4.2 Análisis e Interpretación de la Información Recopilada.....	47

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones.....	62
5.2 Recomendaciones.....	63

## **CAPÍTULO VI: PROPUESTA**

6.1 Datos Informativos.....	64
6.2 Antecedentes de la Propuesta.....	64
6.3 Justificación.....	65
6.4 Objetivos.....	66
6.4.1 Objetivo general.....	66
6.4.2 Objetivos específicos.....	66
6.5 Análisis de factibilidad.....	67
6.6 Fundamentación.....	68
6.6.1 Descripción de los módulos solares.....	68
6.6.2 Potencia.....	69
6.6.3 Punto caliente.....	69
6.6.4 Colocación de los paneles.....	70
6.6.4.1 La orientación.....	71
6.6.4.2 Ubicación de los paneles fotovoltaicos.....	72
6.6.5 Soportes para módulos.....	73
6.6.5.1 Soportes fijos.....	73
6.6.5.2 Soportes ajustables.....	73

6.6.5.3 Soportes automáticos.....	74	
6.6.6 Separación entre filas.....	75	
6.6.7 Construcción de una celda fotovoltaica.....	76	
6.6.8 Tipos de módulos fotovoltaicos.....	76	
6.6.9 Conversión radiación - electricidad.....	77	
6.6.10 Características de voltaje y corriente.....	78	
6.6.11 Intensidad de radiación.....	81	
6.6.12 Temperatura de las células solares.....	82	
6.6.13 Número de células por modulo.....	82	
6.6.14 Influencia de la temperatura.....	83	
6.6.15 Baterías.....	.....	83
6.6.15.1 Capacidad de las baterías.....	84	
6.6.15.2 Eficiencia de carga.....	85	
6.6.15.3 Autodescarga.....	85	
6.6.15.4 Profundidad de descarga.....	85	
6.6.15.5 Estanterías para baterías.....	88	
6.6.15.6 Fusible de baterías.....	90	
6.6.16 Regulador de voltaje.....	90	
6.6.17 Inversor de voltaje.....	93	
6.6.17.1 Clasificación de inversores según el tipo de onda.....	94	
6.6.17.2 Conexión de paneles fotovoltaicos al inversor.....	96	
6.6.18 Centros de carga o tableros eléctricos.....	97	

6.6.19 Cables de conexión.....	97
6.6.19.1 Aspectos de cableado.....	98
6.6.19.2 Alambres y cables.....	98
6.6.20 Protecciones.....	99
6.6.20.1 Características básicas de los fusibles.....	100
6.6.21 Fusibles para aplicaciones fotovoltaicas.....	101
6.6.22 Ecuaciones para el diseño fotovoltaico.....	104
6.7 Metodología.....	116
6.7.1 Situación actual de la institución.....	117
6.7.2 Ubicación geográfica del proyecto.....	118
6.7.3 Cálculos.....	123
6.7.3.1 Demanda total.....	123
6.7.3.2 Demanda del sistema en Amperios Hora.....	129
6.7.3.3 Dimensionamiento del sistema de acumulación.....	130
6.7.3.4 Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos.....	132
6.7.3.5 Distancia entre modulos.....	135
6.7.3.6 Dimensionamiento del regulador.....	136
6.7.3.7 Dimensionamiento del inversor.....	137
6.7.3.8 Dimensionamiento de conductores.....	138
6.7.3.9 Calculo de corriente por sección.....	138
6.7.3.10 Área del cable por cada sección.....	139
6.7.3.11 Dimensionamiento de protecciones.....	143

6.7.4 Diagramas de ubicación y conexión del sistema.....	147
6.7.4.1 Ubicación del sistema.....	147
6.7.4.2 Conexión de los módulos fotovoltaicos.....	150
6.7.4.3 Configuración y conexión de las baterías.....	151
6.7.4.4 Conexión del inversor.....	152
6.7.4.5 Diagrama de ubicación de protecciones.....	153
6.7.5 Análisis costos beneficio.....	154
6.7.5.1 Costos del proyecto.....	154
6.7.5.2 Costos iniciales del proyecto.....	155
6.7.5.3 Costos de operación y mantenimiento.....	156
6.7.5.4 Costos de reposición de partes y piezas.....	156
6.7.6 Manual de mantenimiento del sistema.....	156
6.7.6.1 Mantenimiento del arreglo de módulos.....	157
6.7.6.2 Mantenimiento de la batería.....	159
6.7.6.3 Mantenimiento del controlador de carga.....	160
6.7.6.4 Mantenimiento al inversor o convertidor CD/CA.....	161
6.7.6.5 Mantenimiento de equipos consumidores y cableados...	161
 <b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
7.1 Conclusiones.....	163
7.2 Recomendaciones.....	164
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	166
<b>GLOSARIO.....</b>	168

ANEXOS.....	170
-------------	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II	Pág.
Figura 2.1 La energía en las profundidades de la corteza terrestre.....	8
Figura 2.2 Componentes de un sistema fotovoltaico.....	13
Figura 2.3 Célula fotovoltaica.....	19
Figura 2.4 Célula de silicio monocristalino.....	21
Figura 2.5 Silicio Policristalino – multicristalino.....	22
Figura 2.6 Célula de silicio multicristalino.....	22
Figura 2.7 Paneles fotovoltaicos.....	23
Figura 2.8 Transformación de la energía solar a térmica.....	27
Figura 2.9 Transformación de la energía solar en eléctrica.....	28
Figura 2.10 Central eólica.....	29
Figura 2.11 Generación de energía térmica.....	30
Figura 2.12 Generación de energía nuclear.....	31
Figura 2.13 Componentes de un generador eléctrico básico.....	33
Figura 2.14 Esquema de una central eléctrica.....	35
Figura 2.15 Turbina de una central hidroeléctrica.....	36
Figura 2.16 Áreas de una central hidroeléctrica.....	37

Figura 2.17 Generación y transporte de energía Hidroeléctrica.....	38
--	----

#### **CAPÍTULO IV**

Figura 4.1 Resultados de conformidad con la red pública de energía.....	48
---	----

Figura 4.2 Resultados sobre la manifestación de cortes de energía.....	50
--	----

Figura 4.3 Resultados acerca de la pérdida de información durante los cortes de energía.....	51
--	----

Figura 4.4 Resultados sobre existencia de respaldo energético.....	53
--	----

Figura 4.5 Resultados de conformidad con el sistema de respaldo implantado	54
--	----

Figura 4.6 Resultados sobre el posible cambio del sistema de respaldo.....	56
--	----

Figura 4.7 Resultados sobre selección de sistemas de respaldo.....	57
--	----

Figura 4.8 Resultados sobre la vulnerabilidad del departamento financiero.....	59
--	----

Figura 4.9. Resultados sobre el tiempo de funcionamiento del sistema.....	60
---	----

#### **CAPÍTULO VI**

Figura 6.1 Colocación de los paneles.....	70
---	----

Figura 6.2 Orientación de los módulos.....	72
--	----

Figura 6.3 Construcción de una celda solar.....	76
---	----

Figura 6.4 Tipos de módulos solares.....	77
--	----

Figura 6.5 Conversión de Radiación – Electricidad.....	78
--	----

Figura 6.6.a Efecto de la potencia recibida.....	79
--	----

Figura 6.6.b Efecto de la temperatura.....	79
--	----

Figura 6.7 Estantería típica para un banco de baterías.....	89
---	----

Figura 6.8 Tipos de ondas producidas por inversores.....	94
--	----



Figura 6.9 Todos los módulos conectados a un solo inversor.....	96
Figura 6.10 Inversores independientes para cada serie de módulos fotovoltaicos	96
Figura 6.11 Conexión módulo por inversor.....	97
Figura 6.12 Alambre y cable conductor.....	99
Figura 6.13 Fusible con cartucho cilíndrico.....	100
Figura 6.14 Colocación de diversas protecciones en la instalación.....	101
Figura 6.15 Fusible fotovoltaico de bajas corrientes.....	103
Figura 6.16 Diagrama de bloques del sistema fotovoltaico.....	117
Figura 6.17 Mapa de distribución del promedio anual de irradiación solar global diaria sobre un plano horizontal en América del Sur (MJ/m <sup>2</sup> día).....	119
Figura 6.18 Irradiación solar sobre la provincia de Cotopaxi.....	120
Figura 6.19 Irradiación mensual.....	122
Figura 6.20 Separación entre los módulos.....	136
Figura 6.21 Terraza del Edificio del municipio.....	148
Figura 6.22 Ubicación de los módulos y el equipamiento.....	149
Figura 6.23 Conexión de los módulos fotovoltaicos.....	150
Figura 6.24 Conexión de las baterías.....	151
Figura 6.25 Conexión del regulador de carga hacia el inversor.....	152
Figura 6.26 Diagrama de ubicación de las protecciones.....	153
Figura 6.27 Limpieza de los módulos fotovoltaicos.....	157
Figura 6.28 Inspección de conexiones en los módulos.....	158
Figura 6.29 Llenado del nivel del electrolito.....	159

Figura 6.30 Inspección del voltaje en el arreglo de baterías.....	160
Figura 6.31 Siempre consulte y trabaje con instituciones especializadas en el montaje y mantenimiento de los sistemas solares fotovoltaicos.....	162

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
Tabla 4.1. Datos de conformidad con la red de suministro eléctrico.....	48
Tabla 4.2. Datos de los cortes de energía.....	49
Tabla 4.3. Datos de pérdidas de información durante los cortes de energía.....	51
Tabla 4.4. Datos sobre existencia de sistemas de respaldo energético.....	52
Tabla 4.5. Datos de conformidad con el sistema de respaldo.....	54
Tabla 4.6. Datos sobre el cambio del sistema de respaldo.....	55
Tabla 4.7. Datos de preferencia en sistemas de respaldo.....	57
Tabla 4.8. Datos para la selección de departamentos más vulnerables.....	58
Tabla 4.9. Datos del tiempo de funcionamiento del sistema.....	60
<b>CAPÍTULO VI</b>	
Tabla 6.1 Tabla de rendimiento por cada equipo y total.....	105
Tabla 6.2 Caídas de tensión por cada tramo.....	113
Tabla 6.3 Ubicación geográfica del proyecto.....	118
Tabla 6.4 Equipamiento informático y entradas de corriente AC de cada oficina	124
Tabla 6.5 Equipamiento informático y consumo de potencia AC de cada oficina	125
Tabla 6.6 Consumo de potencia AC al día.....	127
Tabla 6.7 Cálculos necesarios para la demanda del sistema.....	129
Tabla 6.8 Cálculos para el banco de baterías.....	130
Tabla 6.9 Cálculos para los módulos fotovoltaicos.....	132

Tabla 6.10 Cálculos para el regulador.....	136
Tabla 6.11 Cálculos para el inversor.....	137
Tabla 6.12 Distancias entre equipos.....	138
Tabla 6.13 Cálculo de sección del cable.....	139
Tabla 6.14 Resumen de ecuaciones.....	145
Tabla 6.15 Resumen de cálculos.....	147
Tabla 6.16 Detalles de costos del proyecto.....	155

## RESUMEN EJECUTIVO

El hablar de energías limpias es un sinónimo de desarrollo tecnológico y preocupación por los recursos naturales existentes. Las principales potencias a nivel mundial cuentan con la producción de energía fotovoltaica consiguiendo una gran capacidad energética sobre los demás países no desarrollados, además transmiten un ejemplo de cuidado y respeto sobre el medio ambiente. Según indicadores internacionales existen grandes granjas solares en el centro de Europa y Estados Unidos, las cuales son capaces de abastecer de suministro energético a ciudades completas dando como resultado la explotación de un recurso casi inagotable y sobre todo mejorando la calidad de vida de los habitantes hacia un considerable periodo de tiempo. Todo esto sin considerar la capacidad económica que genera este recurso, ya que no necesita de mayor mantenimiento y cuidado.

El Municipio del Cantón Sigchos es una entidad pública que está al servicio de sus habitantes para una mejora continua de la ciudad. El proyecto pretende incentivar la utilización de nuevas tecnologías energéticas inagotables, en este caso la energía solar que ha venido desarrollándose en forma gradual en nuestro país, encaminándose al sector industrial y sobre todo al sector domiciliario. En el área domiciliar se busca no solo la comodidad y el ahorro que ofrecen los paneles solares, sino también integrar zonas rurales que no disponen de servicio eléctrico alguno, se prevé que para años venideros la utilización de celdas fotovoltaica pueda cubrir el 50% poblaciones rurales sin energía eléctrica.

En el primer capítulo se describe el problema de los cortes de energía frecuentes en épocas de estiaje que existen en el Municipio del Cantón, para lo cual se propone un diseño energético de respaldo que tendría su base de funcionamiento la energía brindada por el sol, de esta manera se cubriría el problema existente en diferentes áreas del edificio.

En el segundo capítulo se tiene el respaldo teórico necesario para empezar a investigar, en donde se abordan temas como la Energía, sus formas y clases, las energías limpias, los paneles solares, sus características, formas de funcionamiento, la energía hidroeléctrica y como llega a los hogares.

El tercer capítulo muestra el marco metodológico, el enfoque que se obtuvo dando un proceso de investigación en la población que en nuestro caso son las personas que trabajan en el edificio del Municipio, para así determinar si la solución a la propuesta es la más correcta e indicada.

El cuarto capítulo nos enfrenta al análisis e interpretación de resultados después de haber encuestado a un porcentaje del personal que labora en el Municipio.

El quinto capítulo recoge las conclusiones logradas a partir del análisis de los resultados de la investigación, además algunas recomendaciones para dar mejoras al problema planteado.

El capítulo seis es la parte fundamental de este trabajo de investigación ya que es la propuesta donde se observa las metodologías a utilizar y se enfoca en las alternativas de solución al problema planteado.

El capítulo siete contiene las conclusiones y recomendaciones acerca del proyecto elaborado sobre un sistema de energía fotovoltaico y su utilización como sistema de respaldo energético.

## INTRODUCCIÓN

Un mundo globalizado demanda mayor capacidad energética y que satisfaga el respeto por el medio ambiente. En los países más desarrollados, las inversiones en nuevas fuentes de energía han crecido en forma significativa y muy por encima de otros sectores. No obstante, el conocimiento sobre energías limpias de la mayoría de la sociedad es muy limitado. Las inversiones en la investigación de energía fotovoltaica han aumentado en América Latina pero de forma reducida en los últimos años, lo que contrasta con el incremento de los esfuerzos investigadores en esta área en países como España, Alemania, Japón o Estados Unidos. Por ello uno de los objetivos de este trabajo de investigación es la concientización de la sociedad y los beneficios socio-económicos que puede proporcionar la energía solar.

La energía fotovoltaica tiene como intención final respaldar o sustituir las formas de creación de energía convencionales, alcanzando algunos sectores en cualquiera de las aplicaciones que está tenga. En el contexto de desarrollo social, donde mejora la calidad de vida de una población, brindando servicio eléctrico a zonas donde no llegan las redes hidroeléctricas debido a la distancia y la difícil accesibilidad de los pueblos.

Por otro lado hay que destacar que las energías limpias como la fotovoltaica ofrecen grandes beneficios económicos, ya que como en el caso de zonas desérticas pueden ser convertidas en grandes centrales de energía fotovoltaica que pueden generar potencias en el orden de los Megavatios los cuales pueden ser comercializados para dar servicio energético a ciudades completas y generar riqueza para sus propietarios, esto no sin antes considerar la inversión que conlleva.

Estos ejemplos, entre otros muchos, demuestran que existe una buena oportunidad para que el Ecuador tenga ciertas igualdades en condiciones con respecto a otros países. Se puede afirmar, sin ninguna duda, que la energía solar es una tecnología asentada que se encuentra en la vanguardia de la integración de los más modernos avances energéticos.

Los indicadores confirman que la revolución energética se desarrolla a pasos agigantados en un mercado donde este recurso es el motor de funcionamiento de la humanidad para un futuro próximo.



## **CAPÍTULO I**

### **TEMA**

#### **1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

##### **1.1 CONTEXTUALIZACIÓN.**

En la actualidad a nivel mundial se genera gran cantidad de energía hidroeléctrica sobre todo en países cuya extensión geográfica, y situación económica es potencialmente grande, estos países a más de contener gran cantidad de cuencas hídricas, poseen la tecnología y los recursos necesarios para explotar este tipo de energía. Gracias a la cooperación de varios países tanto desarrollados como en vías de desarrollo la energía hidroeléctrica está siendo desplazada hacia un segundo plano debido al aprovechamiento de nuevas formas de energía como las generadas por el sol y los vientos cuya sustentabilidad genera enorme interés ante un acelerado crecimiento poblacional.

La mayor cantidad de producción energética del país está siendo desperdiciada, lo cual ha traído consigo graves consecuencias sobre todo en épocas de estiaje en donde el suministro de energía eléctrica no da abasto a las necesidades de los usuarios, para ello se están desarrollando proyectos hidroeléctricos en todo el país, los cuales necesitarán de largos periodos de tiempo para entrar en funcionamiento, a demás se tienen centrales térmicas que contribuyen al suministro de energía. Estos proyectos, algunos en desarrollo y otros ya en operación demandan una gran cantidad de recursos ya sea para su construcción o para su posterior mantenimiento, sin contar con los impactos ecológicos que estos representan.

En la provincia de Cotopaxi es notable un incremento de la población lo que ha provocado la expansión tanto de áreas urbanas como de áreas rurales, esto conlleva a una creciente demanda de suministro energético que no ha sido proveído para en un futuro dar abasto a una mayor cantidad de usuarios, esto sumado al aumento de

infraestructura industrial ha causado que el flujo hidroeléctrico no sea distribuido equitativamente.

El Municipio del cantón Sigchos está siendo enormemente afectado durante los cortes de energía eléctrica que se dan paso en épocas de estiaje en donde este recurso es escaso y provoca la paralización y la pérdida de recursos técnicos, además la masiva utilización de energía eléctrica en cada una de sus oficinas y departamentos afecta el problema.

## **1.2 ANÁLISIS CRÍTICO.**

El inadecuado sistema de distribución de energía en el edificio del Municipio del Cantón Sigchos profundiza aun más el problema existente, dando como consecuencia un gran consumo del recurso energético.

El desaprovechamiento de fuentes de energía alternativas como es la energía solar, ha causado la existencia de un déficit de energía eléctrica sobretodo en épocas de estiaje o sequía.

El desconocimiento de las personas a cerca de la cantidad de potencia que consume un electrodoméstico, ha hecho que los usuarios sigan utilizando más aparatos eléctricos y electrónicos en forma desconsiderada, produciendo sobrecargas de energía, alto consumo y planillas con costos elevados. Esto se produce por la falta de información sobre sistemas tecnológicos como las células fotovoltaicas, generadores eólicos y otros.

### **1.3 PROGNOSIS.**

El no tener un sistema de respaldo de energía eléctrica que suministre éste recurso durante cortes energéticos, podría producir la avería o daño de transformadores, aparatos eléctricos y electrónicos que con frecuencia se hace uso en el edificio, es decir que no se podría hacer uso de materiales de oficina como computadoras y otros dando lugar a pérdidas de información y retrasos con las consiguientes molestias que puede acarrear el problema.

Por otro lado está él que este tipo de energía que depende de situaciones climatológicas para su normal funcionamiento puede dar lugar a un desabastecimiento en épocas de estiaje suspendiendo las actividades administrativas en el municipio de Sigchos, lo que daría origen a reclamos de los usuarios por el servicio ineficiente en los trámites. Por lo que es necesaria la elaboración de un sistema que suministre energía fotovoltaica a todo el edificio del Municipio del Cantón Sigchos.

### **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Qué incidencia tiene un sistema de energía fotovoltaico para el respaldo de energía eléctrica en el edificio del Municipio del Cantón Sigchos?

#### **1.4.1 Preguntas Directrices.**

- ¿Es necesario elaborar un estudio acerca de las células fotovoltaicas y sus tipos de configuración para las necesidades del proyecto?
- ¿Cuáles serán las áreas del edificio más propensas a daños o pérdidas de información durante los cortes de energía?
- ¿Cuáles son los tipos de respaldo de energía eléctrica más eficiente para el Municipio de Sigchos?
- ¿Cuál es el beneficio de crear un sistema de energía fotovoltaico para el edificio del Municipio del Cantón Sigchos?

#### **1.4.2 Delimitación Del Problema.**

El análisis y estudio de este proyecto se aplicará al edificio del Municipio del cantón Sigchos, situado en la ciudad del mismo nombre perteneciente a la Provincia del Cotopaxi, y se desarrollará desde el mes de septiembre del 2010.

#### **1.5 JUSTIFICACIÓN.**

El desarrollo de la presente investigación es de suma importancia debido al enorme problema que se suscita cuando no existe suministro eléctrico en el edificio del Municipio antes mencionado, los problemas van desde averías en los equipos de suministro y distribución de energía, daños en los sistemas eléctricos y electrónicos los cuales tienen que ser reparados o a su vez reemplazados esto ha causado grandes pérdidas económicas y sin tomar en cuenta las pérdidas de información en el edificio.

La inexistencia de electricidad también paraliza las actividades ya que no se puede dar servicio a los pobladores y si se lo hace es en condiciones inapropiadas, esto genera grandes retrasos y malestar por parte de los usuarios y de quienes dependen del Municipio del Cantón Sigchos.

Los sistemas de seguridad también son afectados durante los cortes energéticos dejando al edificio vulnerable e indefenso ante la delincuencia.

Por último el contar con sistema de respaldo alternativos como las plantas generadoras provoca gastos adicionales como el combustible, a demás de la contaminación del aire y la contaminación ruidosa, todos estos problemas hacen que sea estudiado un nuevo sistema energético el cual sea duradero y no contamine.

#### **1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **1.6.1 Objetivo General.**

Diseñar un sistema de energía fotovoltaico para respaldo de energía eléctrica al edificio del Municipio del Cantón Sigchos.

### **1.6.2 Objetivos Específicos.**

Elaborar un estudio acerca de las células fotovoltaicas y sus tipos de configuración tomando en cuenta las necesidades del proyecto

Investigar cuales son las áreas o departamentos más vulnerables a daños o pérdidas de información durante los cortes energéticos dentro del edificio.

Investigar acerca de los tipos de respaldo de energía eléctrica y su periodo de funcionamiento.

Diseñar un sistema de energía fotovoltaico utilizando paneles solares.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.**

Después de realizada la investigación en los archivos de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, se puede dar a conocer que no existe ningún proyecto similar al tema de investigación propuesto.

#### **2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.**

En vista del crecimiento longitudinal y poblacional de la parroquia Sigchos se crea el Cantón que lleva el mismo nombre, dando lugar a la creación del municipio del Cantón Sigchos mediante registro oficial el 7 de agosto de 1992 en el plenario de las comisiones legislativas, cabe resaltar que la municipalidad funcionaba en una casa arrendada situada en las calles Rodrigo Iturralde y Juan Sagativelsa, Luego en el año 1997 se construye el edificio de la municipalidad del cantón Sigchos, el cual empieza a funcionar en el año 1999, en la actualidad el Municipio del Cantón Sigchos cuenta con diversas áreas y departamentos, Departamento de obras públicas, Departamento de planificación, Departamento financiero, Departamento de desarrollo comunitario, administración general, Centro de salud municipal, colegio municipal y cuerpo de bomberos.

Desde su fundación hasta el día de hoy esta honorable institución ha venido brindando servicio a la colectividad para su desarrollo y bienestar.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

Para empezar a tomar algunos de los subtemas más importantes en la tesis propuesta debemos conocer la variable dependiente a estudiar, es por esto que empezamos hablar sobre el sol su definición, importancia, aplicaciones y algunas ilustraciones que nos darán una idea más profunda acerca del tema desarrollado.

### **2.3.1 Marco conceptual de la variable independiente**

#### **2.3.2 El Sol.**

“El sol es una estrella que, por el efecto gravitacional de su masa, domina el sistema planetario que incluye a la Tierra. Mediante la radiación de su energía electromagnética, aporta directa o indirectamente toda la energía que mantiene la vida en la Tierra, porque todo el alimento y el combustible proceden en última instancia de las plantas que utilizan la energía de la luz del Sol

A causa de su proximidad a la Tierra y como es una estrella típica, el Sol es un recurso extraordinario para el estudio de los fenómenos estelares. No se ha estudiado ninguna otra estrella con tanto detalle. La estrella más cercana al Sol está a 4,3 años luz ( $4 \times 10^{13}$  km); para observar los rasgos de su superficie comparables a los que se pueden ver de forma habitual en el Sol, se necesitaría un telescopio de casi 30 km de diámetro. Además, un telescopio así tendría que ser colocado en el espacio para evitar distorsiones causadas por la atmósfera de la Tierra

#### **2.3.2.1 Composición y estructura del sol.**

La cantidad total de energía emitida por el Sol en forma de radiación es bastante constante, y no varía más que unas pocas décimas de un 1% en varios días. Esta energía se genera en las profundidades del Sol como indica la figura 2.1 Al igual que la mayoría de las estrellas, el Sol se compone sobre todo de hidrógeno (71%); también contiene helio (27%) y otros elementos más pesados (2%). Cerca del centro del Sol, la temperatura es de casi 16.000.000 K y la densidad es 150 veces la del

agua. Bajo estas condiciones, los núcleos de los átomos de hidrógeno individuales actúan entre sí, experimentando la fusión nuclear. El resultado neto de estos procesos es que cuatro núcleos de hidrógeno se combinan para formar un núcleo de helio, y la energía surge en forma de radiaciones gamma. Una enorme cantidad de núcleos reacciona cada segundo, generando una energía equivalente a la que se produciría por la explosión de 100.000 millones de bombas de hidrógeno de un megatón por segundo. La ‘combustión’ nuclear del hidrógeno en el centro del Sol se extiende a un 25% del radio solar.

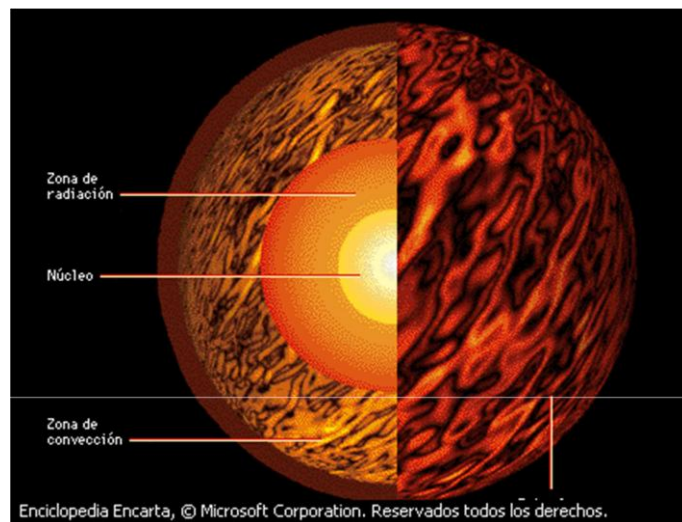


Figura 2.1. “Energía en las profundidades de la corteza terrestre”  
Fuente: [http://www.fisicanet.com.ar/astronomia/sistema\\_solar/ap14\\_sol.php](http://www.fisicanet.com.ar/astronomia/sistema_solar/ap14_sol.php)

La energía producida de esta forma es transportada a la mayor parte de la superficie solar por radiación. Sin embargo, más cerca de la superficie, en la zona de convección que ocupa el último tercio del radio solar, la energía es transportada por la mezcla turbulenta de gases. La fotosfera es la superficie superior de la zona de convección.



Se pueden ver pruebas de la turbulencia en la zona de convección observando la fotosfera y la atmósfera situada encima de ella<sup>1</sup>”.

Las células turbulentas de la fotosfera le confieren una apariencia irregular y heterogénea. Este modelo, conocido como granulación solar, lo provoca la turbulencia en los niveles más altos de la zona de convección. Cada gránulo mide unos 2.000 km de ancho. Aunque el modelo de granulación siempre está presente, los gránulos individuales solamente duran unos 10 minutos. También se presenta un modelo de convección mucho mayor, provocado por la turbulencia que se extiende en las profundidades de la zona de convección. Este modelo de sobregranulación contiene células que duran un día y tienen 30.000 km de ancho como media.

### **2.3.2.2 Recolección de energía del sol.**

“La recogida directa de energía solar requiere dispositivos artificiales llamados colectores solares, diseñados para recoger energía, a veces después de concentrar los rayos del Sol. La energía, una vez recogida, se emplea en procesos térmicos o fotoeléctricos, o fotovoltaicos. En los procesos térmicos, la energía solar se utiliza para calentar un gas o un líquido que luego se almacena o se distribuye. En los procesos fotovoltaicos, la energía solar se convierte en energía eléctrica sin ningún dispositivo mecánico intermedio. Los colectores solares pueden ser de dos tipos principales: los de placa plana y los de concentración.

### **2.3.3 Energía Solar.**

El sol, la estrella que por el efecto gravitacional de su masa, domina el sistema planetario que incluye a la Tierra. Mediante la radiación de su energía electromagnética, aporta directa o indirectamente toda la energía que mantiene la vida en la Tierra, porque todo el alimento y el combustible proceden en última instancia de las plantas que utilizan la energía de la luz del Sol.

---

<sup>1</sup> <http://www.astromia.com/solar/sol.htm>; Hace referencia a la cantidad de energía solar que recibe la tierra

Energía solar, energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es  $1,37 \times 10^6 \text{ erg/s/cm}^2$ , o unas  $2 \text{ cal/min/cm}^2$ .”<sup>2</sup>

### **2.3.3.1 Transformación natural de la energía solar.**

La recogida natural de energía solar se produce en la atmósfera, los océanos y las plantas de la Tierra. Las interacciones de la energía del Sol, el movimiento de los mares y la atmósfera, por ejemplo, producen vientos, utilizados durante siglos para hacer girar los molinos. Los sistemas modernos de energía eólica utilizan hélices fuertes, ligeras, resistentes a la intemperie y con diseño aerodinámico que, cuando se unen a generadores, producen electricidad para usos locales y especializados o para alimentar la red eléctrica de una región o comunidad.

Casi el 30% de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera se consume en el ciclo del agua, que produce la lluvia y la energía potencial de las corrientes de montaña y de los ríos. La energía que generan estas aguas en movimiento al pasar por las turbinas modernas se llama energía hidroeléctrica.

### **2.3.3.2 Energía fotovoltaica.**

“Los sistemas de producción de electricidad denominados sistemas fotovoltaicos posibilitan la transformación de la energía que contiene la radiación solar en energía eléctrica. Estos sistemas se caracterizan por un grado de autonomía respecto al clima, lugar geográfico y otras condiciones que pocas fuentes energéticas pueden alcanzar.

---

<sup>2</sup> <http://www.solarviews.com/span/sun.htm>; hace referencia al proceso de transformación de la energía solar en energía eléctrica.

Las localizaciones geográficas caracterizadas por recibir un alto nivel de radiación solar son las más propicias para su utilización.

Frente a las energías convencionales, la energía solar fotovoltaica presenta la característica de ser una fuente ilimitada de energía, por tratarse de energía renovable. Se caracteriza además por su carácter "ubicuo", pudiendo ser aprovechada en cualquier parte de la superficie del planeta (aunque, obviamente, no con la misma intensidad en todos los lugares ni en todo momento). Esta ubicuidad posibilita un amplio rango de aplicaciones (limitado apenas por la potencia necesaria).

Las fuentes de energía tienen impactos medioambientales inevitables. Cada vez son más claros estos efectos en el planeta. Lluvia ácida, efecto invernadero, residuos radioactivos, accidentes nucleares...La conciencia mayor que existe - debido a que se conoce cada día más - con respecto a estos efectos nocivos y la mayor sensibilidad social - que se han generado específicamente gracias a los movimientos ecológicos, etc. - son factores que hacen que esta posibilidad sea una alternativa cada vez más viable y atractiva frente a otras fuentes de energía. Esto no es una teoría. Un ejemplo ilustrador es el caso de EE.UU que ha destinado la mayor parte de su presupuesto para investigaciones energéticas a proyectos relacionados con la energía fotovoltaica. Si se sigue este nivel de investigación y esta cantidad de proyectos, es claro que la energía fotovoltaica jugará un rol clave en la generación de energía en Estados Unidos, especialmente en sus zonas más cálidas, como es por ejemplo Florida (que es uno de los lugares en Estados Unidos donde más estudios con respecto a este tipo de energía se han realizado)”<sup>3</sup>.

### **2.3.3.3 Historia de los sistemas fotovoltaicos.**

Las investigaciones iniciales en este campo se enfocaron al desarrollo de productos para aplicaciones espaciales, siendo su primera utilización exitosa en la fabricación

---

<sup>3</sup> <http://www.energia.inf.cu/iee-mep/WWW/www.conae.gob.mx/renovables/fotovoltaica.html>; Hace referencia a la historia de los sistemas solares fotovoltaicos

de satélites artificiales. Sus características principales las hicieron ideales para el suministro de energía en el espacio exterior.

Las celdas fueron comercializadas por primera vez en 1955. Pero sólo a comienzos de los ochenta, comenzaron a establecerse compañías fotovoltaicas. Fue en esta década también que en Estados Unidos, el National Renewable Energy Laboratory (NREL) estableció los métodos y estándares de prueba y funcionamiento para los módulos fotovoltaicos. Estas actividades ayudaron a las compañías a reducir sus costos y mejorar su funcionamiento, eficiencia y confiabilidad.

#### **2.3.3.4 Componentes de sistemas fotovoltaicos.**

“Los componentes de un sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considere y de las características de la instalación. Para el caso de un sistema autónomo, los componentes necesarios para que funcione correctamente y tenga una elevada fiabilidad son: Placas fotovoltaicas, acumuladores, eléctricos, regulador de carga e inversor, como se observa en la figura 2.2. En cambio, las instalaciones conectadas a la red de distribución eléctrica se caracterizan por no incorporar acumuladores, ya que la energía que se envía a la red no necesita acumularse.

El principal elemento de una instalación fotovoltaica son las placas solares. Un conjunto de paneles fotovoltaicos que puedan captar el sol es la parte de la instalación a la que se le llama generador. Estas placas son las que producen electricidad en forma de corriente continua. La utilización de acumuladores está motivada por el hecho de que la intensidad solar varía a lo largo del día y del año y así varía también la producción de electricidad del sistema. Sin embargo, las necesidades del hombre no varían en ese mismo orden, y por tanto, necesita acumular energía de manera constante para cuando no la tenga disponible. Con este fin se utilizan generalmente acumuladores eléctricos, ya que es el sistema más económico y eficiente de que se dispone. Esto es un factor importante ya que siempre existe el riesgo de quedarse sin energía después de varios días de mal tiempo.

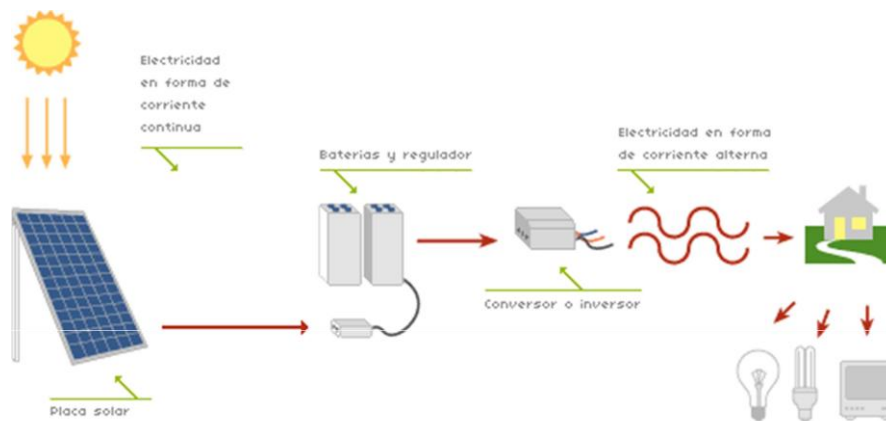


Figura 2.2 Componentes de un sistema fotovoltaico

En el caso de las instalaciones fotovoltaicas autónomas, existe un regulador de carga que protege a los acumuladores de carga contra la sobrecarga y la descarga. Si se da sobrecarga, pone las placas en cortocircuito de manera tal que la corriente se vaya hacia los acumuladores; en cuanto a la descarga excesiva corta automáticamente el suministro cuando la cantidad de energía eléctrica del acumulador se pone por debajo de un nivel mínimo de seguridad. Un buen sistema regulador permite aprovechar al máximo la energía (permitiendo que el sistema trabaje siempre en su punto máximo de eficiencia), proteger las baterías y alargar la vida de un sistema. Además, las instalaciones fotovoltaicas autónomas tienen convertidores que permiten transformar la corriente continua en corriente alterna.

Veamos un par de elementos más: Inversor y equipos de iluminación. Los equipos de iluminación deben ser de elevado rendimiento y de bajo consumo; lámparas electrónicas, fluorescentes, lámparas de vapor de Sodio, etc. Un equipo fluorescente soporta mejor que una lámpara incandescente las variaciones de la tensión continua de alimentación. Una variación de la tensión de un 20% puede destruir la lámpara incandescente, pero ser soportada perfectamente por un equipo fluorescente<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> <http://www.soliclima.es/aplicaciones/1-fotovoltaica/101-fotovoltaica-aislada.html>; Hace referencia a los elementos que conforman un sistema fotovoltaico

La mayoría de los electrodomésticos convencionales necesitan, para funcionar, corriente alterna a 220V y 50 Hz de frecuencia. Para poder disponer de este tipo de corriente hay que añadir a la instalación un inversor que permita transformar la corriente continua a corriente alterna (de 12 ó 24 V a 220V y 50Hz de frecuencia, que es lo que, como ya dijimos, permite que funcionen los equipos en la casa que son para lo cual se necesita la energía).

El otro tipo de sistemas fotovoltaicos - aquellos conectados a la red eléctrica - no tienen ni reguladores ni acumuladores. Se utilizan onduladores de corriente que permiten adecuar la corriente alterna a la de la red.

#### **2.3.3.5 Montaje de un sistema fotovoltaico.**

“En el hemisferio sur, los paneles se montan orientados hacia el norte geográfico con una inclinación con respecto al horizonte que corresponde al ángulo indicado para obtener la máxima ganancia durante el invierno.

Los paneles pueden montarse sobre el techo de una casa o sobre cualquier estructura adecuada. El lugar que se escoja, debe estar libre de cualquier sombra por pequeña que esta sea. Esto disminuiría ostensiblemente el rendimiento del panel.

Como regla general, se orientan los paneles de manera tal que la superficie colectora se encuentre perpendicular al sol del mediodía para el mes en el cual se desea la máxima ganancia.

Los paneles deben montarse con una distancia mínima de cualquier superficie de aproximadamente 5 cm. para permitir la adecuada circulación del aire por su lado inferior, lo que evitará que se caliente en exceso y esto disminuya su rendimiento.

Para que un sistema fotovoltaico realmente pueda prestar un servicio confiable durante toda su vida útil, es necesario darle una gran importancia al correcto montaje

del sistema. Cualquier defecto puede inducir a una reducción ostensible de su eficiencia y de su vida útil, que normalmente debiera ser de entre 20 y 30 años”<sup>5</sup>.

#### **2.3.3.6 Características de los sistemas fotovoltaicos.**

##### **Simplicidad**

Son livianos y pequeños. Sus dimensiones son muy reducidas y se pueden instalar fácilmente sobre el tejado de las viviendas, entre otros lugares.

##### **Eficiencia**

Ausencia de partes móviles (es por esto y por el hecho de que se limpian por la lluvia que...)

No exigen mantenimiento.

Si aumentan las exigencias de consumo, basta con aumentar el número de paneles sin necesidad de intervención de especialistas.

##### **Inalterables al paso del tiempo**

Una vez hecha la inversión inicial, no se originan gastos posteriores. El consumo de energía eléctrica es gratuito.

Resistentes a las condiciones climatológicas más adversas: Lluvia, nieve, viento, etc.

No contaminan (ni siquiera acústicamente, ya que no producen ningún ruido).

Se dice que no produce desechos, residuos ni basura ni olores, ni vapores, ni ningún tipo de impacto ambiental. La verdad es que me cuesta creer de que sea tan así...

No "descompone el paisaje" con torres, postes o líneas eléctricas.

La electricidad que se obtiene es de forma de corriente continua y generalmente a bajo voltaje, con lo que se evitan los accidentes tan peligrosos que ocurren actualmente con las líneas eléctricas.

No consumen combustible

---

<sup>5</sup> [http://www.infowarehouse.com.ve/pugoz/ingelect/ingelect\\_energiafotovoltaica.pdf](http://www.infowarehouse.com.ve/pugoz/ingelect/ingelect_energiafotovoltaica.pdf); Se refiere a las características y propiedades de un sistema fotovoltaico.

No necesitan radiación solar directa (funcionan también en días nublados).

La electricidad se produce en el mismo lugar donde se consume. No necesita transformadores, canalizaciones subterráneas ni redes de distribución a través de las calles.

Escasos y nuevos

Caro en costos (precisamente por la característica anterior)

Aplicación hasta el momento reducida

Aplicación potencial (posibilidades) enorme

### **2.3.3.7 Producción de energía de un sistema fotovoltaico.**

La cantidad de energía eléctrica producida de un sistema fotovoltaico depende básicamente de la eficiencia de los módulos y de la irradiación solar, o de la radiación solar incidente.

La radiación solar incidente en la tierra tiene un valor variable en función de la distancia entre la Tierra y el Sol, o de la latitud de la localidad donde están instalados los módulos fotovoltaicos. También es importante la inclinación de los módulos: una correcta inclinación influye mucho en la cantidad de energía solar captada y por lo tanto en la cantidad de energía eléctrica producida.

La presencia de la atmósfera, finalmente, implica una serie de fenómenos sobre la radiación incidente, entre los cuales el efecto de filtro que reduce considerablemente la intensidad de la radiación en el suelo y la fragmentación de la luz.

Se calcula aproximadamente que un metro cuadrado de módulos fotovoltaicos de buena calidad, puede producir de media 180 KWh al año (0,35 KWh al día en periodo invernal y 0,65 KWh. al día en periodo estival).



### **2.3.3.8 Costos de un sistema fotovoltaico.**

Un sistema fotovoltaico requiere un fuerte desembolso de capital inicial, pero luego los gastos de gestión y de mantenimiento son muy reducidos.

El análisis de todos los aspectos económicos relativos a un sistema fotovoltaico es muy complejo. En especial, cada aplicación tiene que ser evaluada en su específico contexto, teniendo en cuenta sobre todo la energía eléctrica producida, la duración del sistema, las dificultades de conexión a la red eléctrica, los incentivos disponibles, etc.

En algunos casos la inversión inicial se amortiza rápidamente, ya que el costo de la conexión a la red eléctrica sería superior al de la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

Pero en la mayoría de los casos un sistema fotovoltaico tiene un costo por KW instalado mucho mayor que el costo del KW de un sistema de gran escala de la red eléctrica. Por lo tanto, lo que puede hacer compensar la instalación de un sistema fotovoltaico son los incentivos públicos en las zonas urbanas, o bien, en los casos de instalaciones aisladas del sistema eléctrico, el costo unitario de un sistema fotovoltaico se hace conveniente al evitar el costo de una línea de alta tensión o alternativamente el traslado de combustible.

### **2.3.3.9 Mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.**

El fotovoltaico es un sistema estático, esto es, sin partes mecánicas en movimiento

El generador fotovoltaico generalmente no requiere mantenimiento, excepto una limpieza periódica con un paño mojado de la superficie anterior de los módulos. Esta limpieza sirve para devolver la transparencia original al cristal que puede haberse reducido por culpa de capas de polvo

El regulador de carga no requiere ningún mantenimiento

Si la batería de acumulación es del tipo de Plomo-ácido no sellada, debe controlarse el nivel del líquido una vez al año. Hace falta también mantener una buena limpieza de los contactos entre los bornes y los terminales de los cables de conexión, aplicando periódicamente una capa de vaselina. Hay que instalar la batería en lugares suficientemente sombreados y ventilados

Debe controlarse periódicamente que los cables de conexión entre el generador fotovoltaico, la batería y el regulador estén en perfecto estado, así como que posibles causas accidentales no provoquen incisiones en el aislante externo

### **2.3.4 Celdas fotovoltaicas.**

“Una célula o celda está hecha de materiales semiconductores, en especial de silicio, el mismo que se emplea en la industria de la microelectrónica. Se emplea una delgada rejilla semiconductor para poder originar un campo eléctrico, positivo en un lado y negativo en el otro, claro está; cuando la energía proveniente de los rayos solares llega a la celda fotovoltaica, los electrones son golpeados y sacados de los átomos del material semiconductor. Su Rendimiento varía entre el 8, 12 y 15 % de la luminosidad recibida. Su durabilidad está entre los 20 y 30 años.

#### **2.3.4.1 El silicio.**

El Silicio es todavía el material más popular para la fabricación de la mayoría de las células solares para aplicaciones comerciales porque es abundante en la naturaleza. Para ser útil en las células solares, debe ser refinado al 99.9999% de pureza. La estructura molecular de una celda individual de silicio es uniforme, lo que es ideal para una eficiente transferencia de electrones. Para hacer una celda fotovoltaica efectiva, se le agregan “impurezas” (dopado) para que se convierta en tipo-n o tipo-p. Una segunda manera mucho más económica lo constituye el silicio semicristalino, que consiste de varios cristales más pequeños conocidos como “semillas”. Son estas barreras lo que impide la circulación o pasaje de electrones y los estimulan a

recombinarse con las “lagunas”. Hay un compromiso entre el costo y la reducción de potencia. Para crear las diferentes capas semiconductoras, el silicio se deben introducir impurezas, sea con un elemento que posea un electrón en demasía (sobrante) o por defecto (faltante). Juntando las capas `n` y `p` se crea la juntura que provoca que el material genere electricidad cuando se encuentra frente a una fuente de luz.

Hay celdas con otros compuestos y con mayor rendimiento en potencia con costos aún altos. Una célula tiene un tamaño aproximado de 10 cm.x 10cm. 100 cm<sup>2</sup> como indica la figura 2.3 y a demás genera una potencia de entre 1.5 a 2 watts.

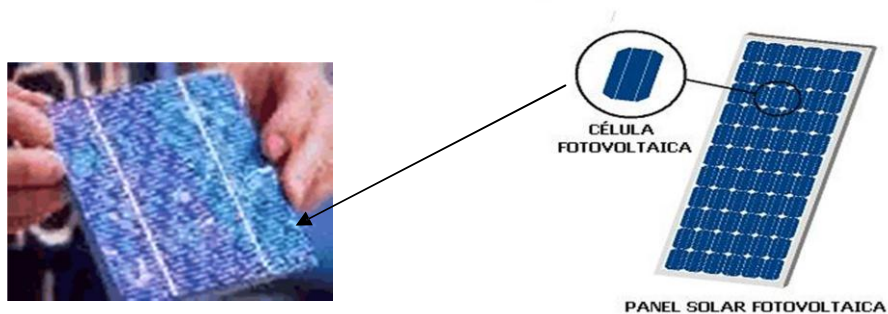


Figura 2.3. Célula fotovoltaica.

Una celda fotovoltaica tiene como función primordial convertir la energía captada por el sol en electricidad a un nivel atómico; muchas de ellas cuentan con una propiedad conocida como efecto fotoeléctrico lo cual hace que los fotones de luz sean absorbidos para luego irradiar electrones; cuando dichos electrones libres son capturados el resultado que obtenemos es una corriente eléctrica que luego, mediante su conversión, es empleada como electricidad.

#### **2.3.4.2 Ventajas de las celdas fotovoltaicas.**

No contamina: No produce emisiones de CO<sub>2</sub> ni de otros gases contaminantes a la atmósfera.

No consume combustibles.

No genera residuos

No produce ruidos

Es inagotable

Su instalación es simple

Requiere poco mantenimiento

Tienen una vida larga (los paneles solares duran aproximadamente 30 años)

Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.

No existe una dependencia de los países productores de combustibles.

Instalación en zonas rurales → desarrollo tecnologías propias.

Se utiliza en lugar de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general

Venta de excedentes de electricidad a una compañía eléctrica.

Tolera aumentar la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.

El inconveniente, principal es su elevado costo. Una instalación que cubriera las necesidades de una familia podría costar más de 2000,00 dólares lo que la hace cara para uso doméstico.

Tres son las tecnologías disponibles en células fotovoltaicas, todas altamente confiables. Dos de estas tecnologías requieren cristal de silicio, sea mono-cristalino o policristalino. La tercera tecnología utiliza delgadas películas de silicio “amorfo” impurificado”<sup>6</sup>.

#### **2.3.4.3 Célula de silicio monocristalino.**

Son celdas formadas por un solo tipo de cristal. Son bastante caras y difíciles de conseguir. Son escasas. Consiguen muy buenos rendimientos - mejores que cualquier

---

<sup>6</sup> <http://knol.google.com/k/celdas-solares-caseras#>; referente a las ventajas de las celdas fotovoltaicas

otro tipo de célula - superiores al 30%, en la figura 2.4 se puede observar una célula de silicio monocristalino.

Ventajas:

Buen rendimiento de 14% al 16% y hasta 30%.

Buena relación  $Wp\ m^2$  (~150  $WC/m^2$ , lo que ahorra espacio en caso necesario

Número de fabricantes elevado.

Inconvenientes:

Coste elevado

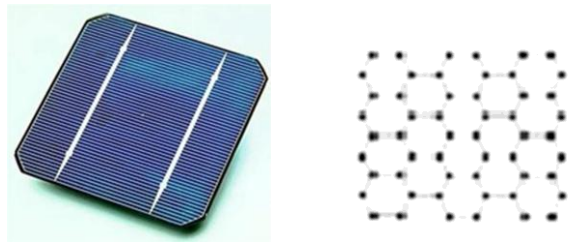


Figura 2.4. "Célula de silicio monocristalino".

Fuente: <http://sustainable-tech.inf.um.es/informacion.html>

#### 2.3.4.4 Células de silicio multicristalino.

"Son de Silicio, mezclado con Arsenio y Galio, por lo cual su configuración cristalina es irregular como se puede observar en la figura 2.5 y figura 2.6, Son más sencillas de conseguir y tienen un rendimiento menor que las anteriores, pero nada despreciables, de un 15% aproximadamente"<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> [http://www.eere.energy.gov/solar/pv\\_systems.html](http://www.eere.energy.gov/solar/pv_systems.html); Se refiere al multicristalino de células fotovoltaicas.



Figura 2.5. Silicio Policristalino - multicristalino

No duran tanto tiempo como las anteriores, pero son perfectas para lugares en los que las condiciones ambientales hagan que, por muy duradera que sea la célula, se rompa igual. La alta montaña o el desierto son ejemplos.

#### Ventajas:

Células cuadradas que permite un mejor funcionamiento en un módulo,

Eficiencia de conversión óptima, alrededor de  $100 \text{ Wp/m}^2$ , pero un poco menor que en el monocristalino

Lingote más barato de producir que el monocristalino.

#### Inconveniente

Bajo rendimiento en condiciones de iluminación baja.



Figura 2.6. Célula de silicio multicristalino.

#### 2.3.4.5 Células de silicio Amorfas.

Baja durabilidad, pero bajo costo". Son las más baratas, pero las menos duraderas y rendidoras. Su eficiencia es de un 6% y tiende a cero con su envejecimiento. Proporcionan una cantidad de energía muy baja. Se construyen a base de evaporar encima de un cristal el material semiconductor o foto reactivo y colocar un par de electrodos en cada una de las unidades correspondientes.

#### 2.3.4.6 Los paneles fotovoltaicos.

“Para producir mayor cantidad de energía, las celdas fotovoltaicas se agrupan e interconectan configurando así los Paneles Fotovoltaicos, apreciados en la figura 2.7 Constructivamente constan de un marco perimetral y un vidrio resistente que deja pasar los rayos protegiendo las celdas. La Potencia generada por un panel esta en relación directa a su superficie. Generalmente se los construye de acuerdo a su potencia: 5 a 150 watts. Tensión operativa; 12 V pudiendo ser conectados en serie ó paralelo.

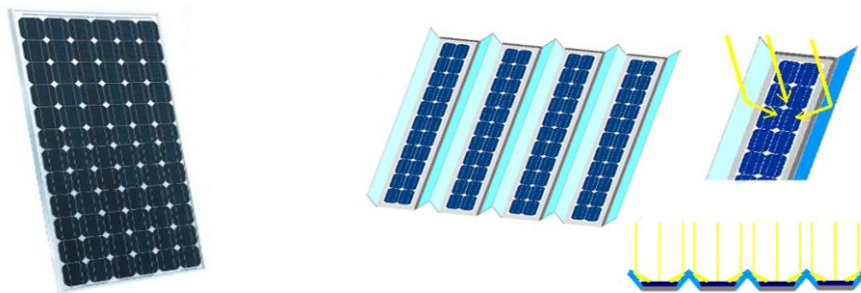


Figura 2.7. Paneles fotovoltaicos.

Su uso principal se da para instalaciones aisladas a la red, en las cuales la llegada de la red eléctrica general se hace complicada o imposible.

### **2.3.4.7 Configuración de los paneles fotovoltaicos.**

Cuando la disponibilidad de espacio es escasa se deben colocar los paneles de determinadas maneras para optimizar al máximo el espacio existente:

Configuración Paralelo – Es la forma más común de conexión. Las ventajas son que permite caudales grandes con un buen rendimiento, el número de paneles que se pueden colocar estará limitado, indicando el fabricante este número máximo. Nunca será más de 10.

Configuración Serie – El caudal que pasa por todos los colectores es el mismo, permite secciones más pequeñas de tubo.

Configuración serie-paralelo – Se combinan las dos disposiciones anteriores, la principal ventaja es que se reducen los inconvenientes de cada una de las conexiones anteriores”<sup>8</sup>.

### **2.3.5 Marco conceptual de la variable dependiente.**

#### **2.3.6 Energía.**

“Energía, capacidad de un sistema físico para realizar trabajo. La materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. La radiación electromagnética posee energía que depende de su frecuencia y, por tanto, de su longitud de onda. Esta energía se comunica a la materia cuando absorbe radiación y se recibe de la materia cuando emite radiación. La energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética, mientras que la relacionada con la posición es la energía potencial. Por ejemplo, un péndulo que oscila tiene una energía potencial máxima en los extremos de su recorrido; en todas las posiciones intermedias tiene energía cinética y potencial en proporciones diversas. La energía se manifiesta en varias formas, entre ellas la energía mecánica, térmica,

---

<sup>8</sup> <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>; Se refiere a las generalidades y configuraciones de los paneles fotovoltaicos.



química, eléctrica, radiante o atómica. Todas las formas de energía pueden convertirse en otras formas mediante los procesos adecuados. En el proceso de transformación puede perderse o ganarse una forma de energía, pero la suma total permanece constante.

Un peso suspendido de una cuerda tiene energía potencial debido a su posición, puesto que puede realizar trabajo al caer. Una batería eléctrica tiene energía potencial en forma química. Un trozo de magnesio también tiene energía potencial en forma química, que se transforma en calor y luz si se inflama. Al disparar un fusil, la energía potencial de la pólvora se transforma en la energía cinética del proyectil. La energía cinética del rotor de una dinamo o alternador se convierte en energía eléctrica mediante la inducción electromagnética. Esta energía eléctrica puede a su vez almacenarse como energía potencial de las cargas eléctricas en un condensador o una batería, disiparse en forma de calor o emplearse para realizar trabajo en un dispositivo eléctrico. Todas las formas de energía tienden a transformarse en calor, que es la forma más degradada de la energía. En los dispositivos mecánicos la energía no empleada para realizar trabajo útil se disipa como calor de rozamiento, y las pérdidas de los circuitos eléctricos se producen fundamentalmente en forma de calor.

Las observaciones empíricas del siglo XIX llevaron a la conclusión de que aunque la energía puede transformarse no se puede crear ni destruir. Este concepto, conocido como principio de conservación de la energía, constituye uno de los principios básicos de la mecánica clásica. Al igual que el principio de conservación de la materia, sólo se cumple en fenómenos que implican velocidades bajas en comparación con la velocidad de la luz. Cuando las velocidades se empiezan a aproximar a la de la luz, como ocurre en las reacciones nucleares, la materia puede transformarse en energía y viceversa. En la física moderna se unifican ambos conceptos, la conservación de la energía y de la masa”<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> <http://www.solarco.cl/fotovoltaica2.htm>; Referente a las generalidades e historia de la energía y el trabajo.

### **2.3.7 Sistemas de energía.**

“Existen diversos y complicados sistemas de energía cuya rentabilidad y operación dependen del lugar y de la cantidad de energía que requieren generar, en la actualidad de tienen nuevos sistemas de energía los cuales son presentados a continuación

#### **2.3.7.1 Energía hidráulica.**

La energía potencial acumulada en los saltos de agua puede ser transformada en energía eléctrica. Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía de los ríos para poner en funcionamiento unas turbinas que mueven un generador eléctrico. En España se utiliza un 15 % de esta energía para producir electricidad, el problema de este tipo de energía es que depende de las condiciones climatológicas.

#### **2.3.7.2 Energía solar térmica.**

Se trata de recoger la energía del sol a través de paneles solares y convertirla en calor como indica la figura 2.8. La cual puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a hogares, hoteles, colegios o fábricas. También, se podrá conseguir refrigeración durante las épocas cálidas. En agricultura se pueden conseguir otro tipo de aplicaciones como invernaderos solares que favorecieran las mejoras de las cosechas en calidad y cantidad, los secaderos agrícolas que consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar, y plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible. Con este tipo de energía se podría reducir más del 25 % del consumo de energía convencional en viviendas de nueva construcción con la consiguiente reducción de quema de combustibles fósiles y deterioro ambiental. La obtención de agua caliente supone en torno al 28% del consumo de energía en las viviendas y que éstas, a su vez, demandan algo más del 12% de la energía en España

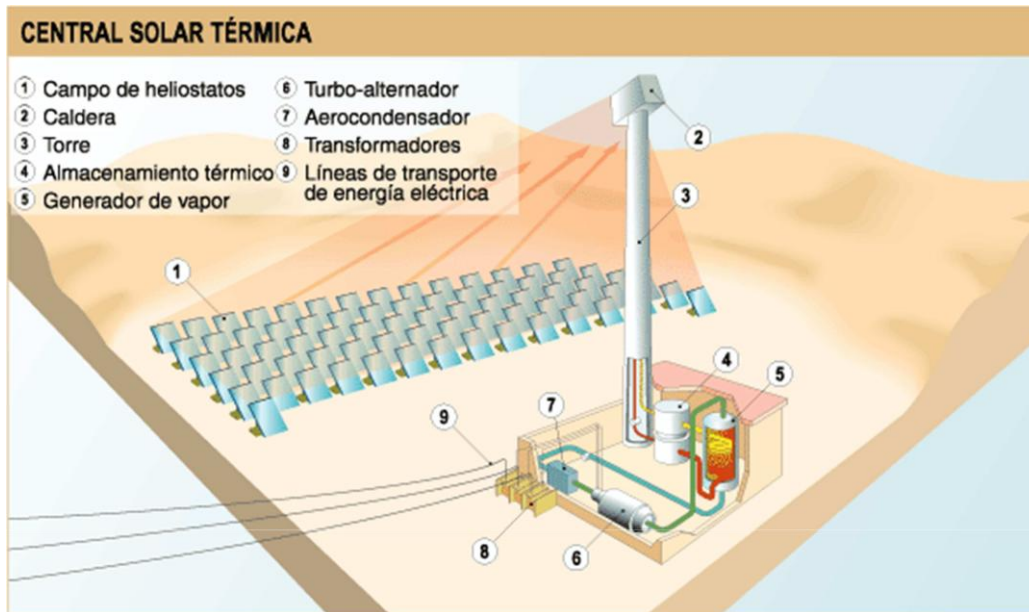


Figura 2.8 Transformación de la energía solar a térmica

### 2.3.7.3 Energía Fotovoltaica.

En las centrales fotovoltaicas se transforman en energía eléctrica mediante paneles de células fotovoltaicas como indica la figura 2.9.

Al igual que ocurre con la energía eólica, también existen centrales aisladas.

Las aplicaciones de la energía solar son muy variadas: desde alimentación de pequeñas calculadoras de bolsillo hasta el uso en automoción y astronáutica.

Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar.

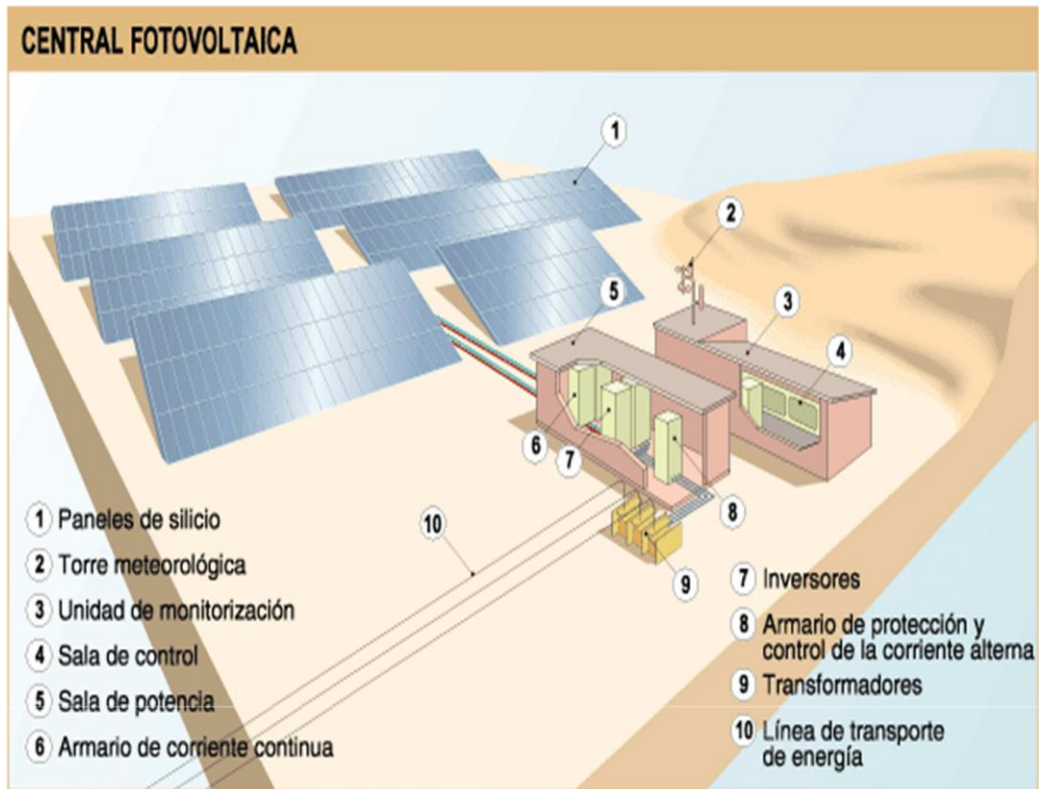


Figura 2.9 Transformación de la energía solar en eléctrica

#### 2.3.7.4 Energía eólica.

La energía eólica es la energía obtenida de la fuerza del viento, es decir, mediante la utilización de la energía cinética generada por las corrientes de aire. Se obtiene a través de una turbinas eólicas son las que convierten la energía cinética del viento en electricidad por medio de aspas o hélices que hacen girar un eje central conectado, a través de una serie engranajes a un generador eléctrico como se indica en la figura 2.10.

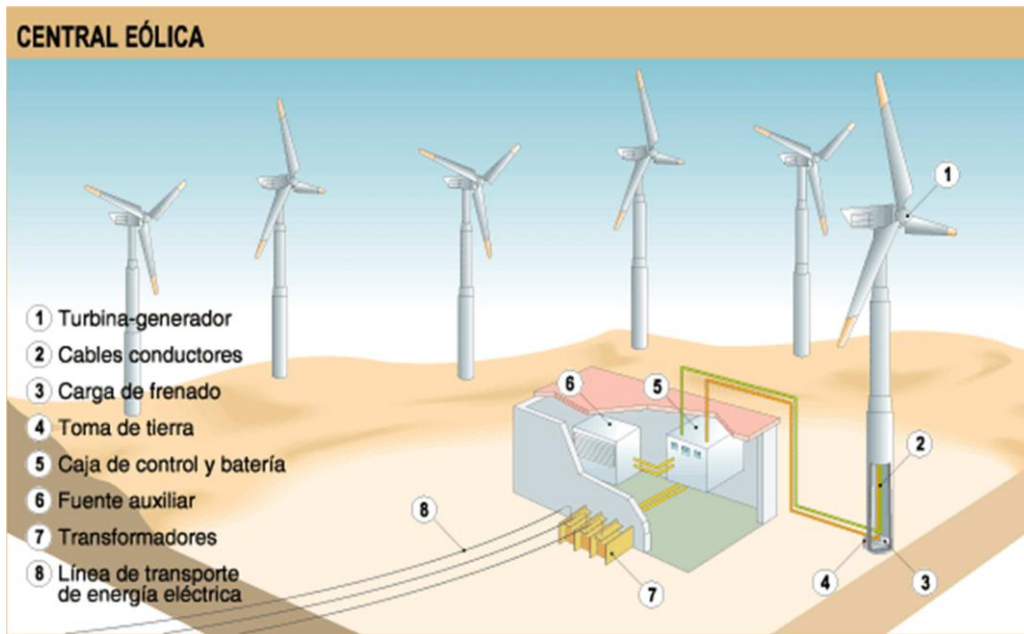


Figura 2.10 Central eólica.

El aerogenerador es un generador de corriente eléctrica a partir de la energía cinética del viento, es una energía limpia y también la menos costosa de producir, lo que explica el fuerte entusiasmo por esta tecnología.

Ventajas de la energía eólica:

- Es una fuente de energía segura y renovable.
- No produce emisiones a la atmósfera ni genera residuos, salvo los de la fabricación de los equipos y el aceite de los engranajes.
- Se trata de instalaciones móviles, cuya desmantelación permite recuperar totalmente la zona.
- Rápido tiempo de construcción (inferior a 6 meses).
- Beneficio económico para los municipios afectados.
- Su instalación es compatible con otros muchos usos del suelo.
- Se crean puestos de trabajo

Desventajas de la energía eólica:

Impacto visual: su instalación genera una alta modificación del paisaje.

Impacto sobre la avifauna: principalmente por el choque de las aves contra las palas, efectos desconocidos sobre modificación de los comportamientos habituales de migración y anidación.

Impacto sonoro: el roce de las palas con el aire produce un ruido constante, la casa más cercana deberá estar al menos a 200 m. (43dB(A))

Posibilidad de zona arqueológicamente interesante.

### 2.3.7.5 Energía Térmica.

En estas centrales, la energía mecánica, necesaria para mover las turbinas que están conectadas al rotor del generador, proviene de la energía térmica (debida al movimiento de moléculas) contenida en el vapor de agua a presión, resultado del calentamiento del agua en una gran caldera como vemos en la figura 2.11.

El combustible que se utiliza para producir vapor de agua determina el tipo de central térmica: de petróleo (fuel), de gas natural o de carbón.

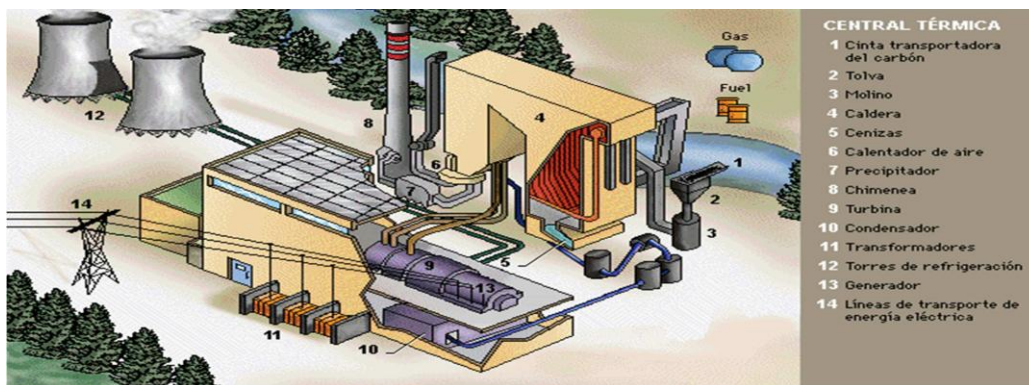


Figura 2.11 Generación de energía térmica

El proceso, en términos generales, es el siguiente: se utiliza uno de los combustibles citados para calentar el agua. A continuación, el vapor de agua producido se bombea

a alta presión para que alcance una temperatura de 600 ° C. Acto seguido, entra en una turbina a través de un sistema de tuberías, hace girar la turbina y produce energía mecánica, la cual se transforma en energía eléctrica por medio de un generador que está acoplado a la turbina.

### 2.3.7.6 Centrales Nucleares.

Se trata de centrales térmicas en las que la caldera ha sido sustituida por un reactor nuclear. Este, por reacciones de fisión (rotura) de los núcleos atómicos del combustible nuclear, generalmente uranio enriquecido (isótopo de uranio, 235 y 238), libera el calor necesario para calentar el agua y transformarla en el vapor que moverá las turbinas de un generador ver figura 2.12.

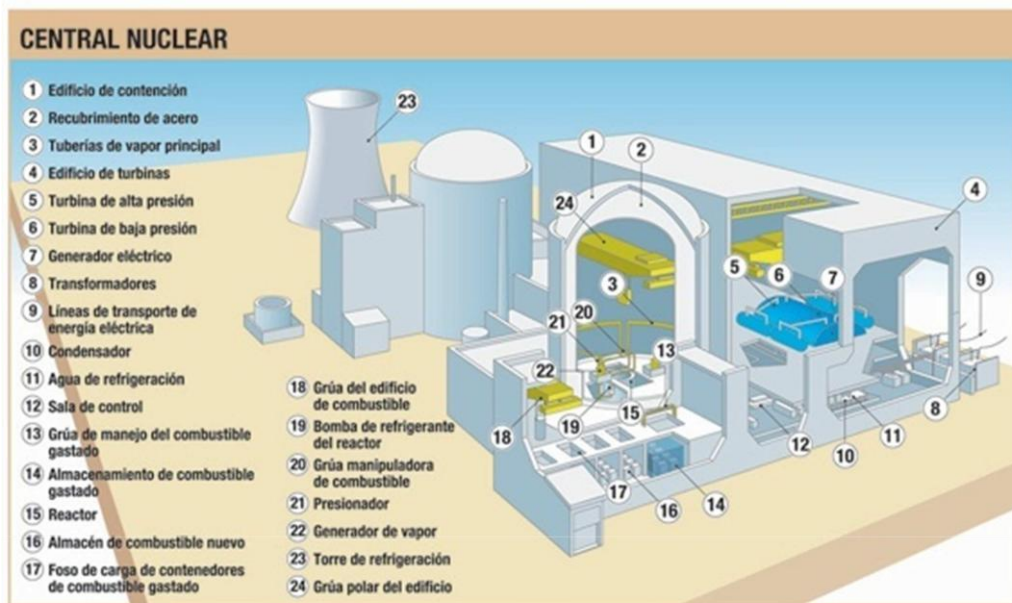


Figura 2.12. Generación de energía Nuclear

La ventaja principal de las centrales nucleares es su rentabilidad en la producción de energía; sin embargo, sus inconvenientes primordiales son la gestión y

almacenamiento de los residuos radiactivos, así como el riesgo que para la población conlleva los posibles accidentes nucleares.

La principal ventaja de las energías alternativas es que, al ser energías renovables contribuyen en minimizar el calentamiento global. Si nos centramos en las ventajas sociales y económicas que nos incumben de una manera mucho más directa son mayores que los beneficios que nos aportan las energías convencionales. El desarrollo de este tipo de energía puede reforzar la competitividad general de la industria y tener efectos positivos y tangibles en el desarrollo regional, la cohesión económica y social, y el empleo<sup>10</sup>

### **2.3.8 Energía eléctrica.**

Desde que Nikola Tesla descubrió la corriente alterna y la forma de producirla en los alternadores, se ha llevado a cabo una inmensa actividad tecnológica para llevar la energía eléctrica a todos los lugares habitados del mundo, hoy en día se han construido sofisticadas redes de transporte y sistemas de distribución. Sin embargo, el aprovechamiento ha sido y sigue siendo muy desigual en todo el planeta. Así, los países industrializados o del Primer mundo son grandes consumidores de energía eléctrica, mientras que los países del llamado Tercer mundo apenas disfrutan de sus ventajas.

La energía eléctrica es la producción de electricidad por medio de un generador que gira en un campo electromagnético. El generador produce una energía que es igual a la potencia (W) multiplicada por el tiempo de funcionamiento. La energía eléctrica se mide en vatios por hora (Wh); 1.000 Wh=1 kWh. (un kilowatio).

---

<sup>10</sup> <http://erenovable.com/2011/02/26/tipos-de-energias-renovables-resumen/>; Se refiere a los distintos tipos de energía existentes y explotados en el mundo



### 2.3.8.1 Generación de energía eléctrica.

La generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Estas constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico.

La energía eléctrica se produce en los aparatos llamados generadores o alternadores.

Un generador consta, en su forma más simple de:

Una espira que gira impulsada por algún medio externo.

Un campo magnético uniforme, creado por un imán, en el seno del cual gira la espira anterior, observado en la figura 2.13

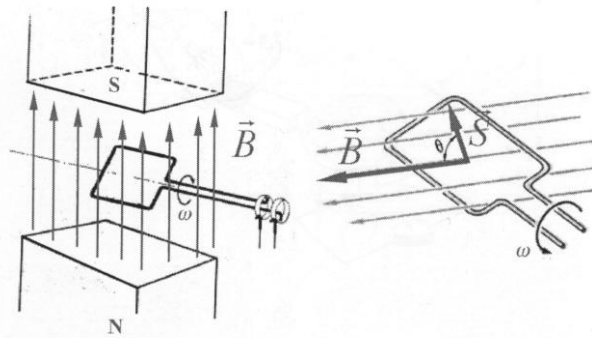


Figura 2.13. Componentes de un generador eléctrico básico

A medida que la espira gira, el flujo magnético a través de ella cambia con el tiempo, induciéndose una fuerza electromotriz, y si existe un circuito externo, circulará una corriente eléctrica.

Para que un generador funcione, hace falta una fuente externa de energía (hidráulica, térmica, nuclear, etc.) que haga que la bobina gire con una frecuencia deseada.

La demanda de energía eléctrica de una ciudad, región o país tiene una variación a lo largo del día. Esta variación es función de muchos factores, entre los que destacan: tipos de industrias existentes en la zona y turnos que realizan en su producción, climatología extremas de frío o calor, tipo de electrodomésticos que se utilizan más frecuentemente, tipo de calentador de agua que haya instalado en los hogares, la estación del año y la hora del día en que se considera la demanda. La generación de energía eléctrica debe seguir la curva de demanda y, a medida que aumenta la potencia demandada, se debe incrementar la potencia suministrada. Esto conlleva el tener que iniciar la generación con unidades adicionales, ubicadas en la misma central o en centrales reservadas para estos períodos. En general los sistemas de generación se diferencian por el periodo del ciclo en el que está planificado que sean utilizados; se consideran de base la nuclear y la eólica, de valle la termoeléctrica de combustibles fósiles, y de pico la hidroeléctrica principalmente (los combustibles fósiles y la hidroeléctrica también pueden usarse como base si es necesario).

Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada, las centrales generadoras se clasifican en termoeléctricas, hidroeléctricas, nucleares, eólicas, solares termoeléctricas, solares fotovoltaicas y mareomotrices. La mayor parte de la energía eléctrica generada a nivel mundial proviene de los tres primeros tipos de centrales reseñados. Todas estas centrales, excepto las fotovoltaicas, tienen en común el elemento generador, constituido por un alternador, movido mediante una turbina que será distinta dependiendo del tipo de energía primaria utilizada.

#### **2.3.8.2 Central eléctrica.**

Una central eléctrica es una instalación capaz de convertir la energía mecánica, obtenida mediante otras fuentes de energía primaria, en energía eléctrica.

Podemos considerar en la figura 2.14 el esquema de una central eléctrica:

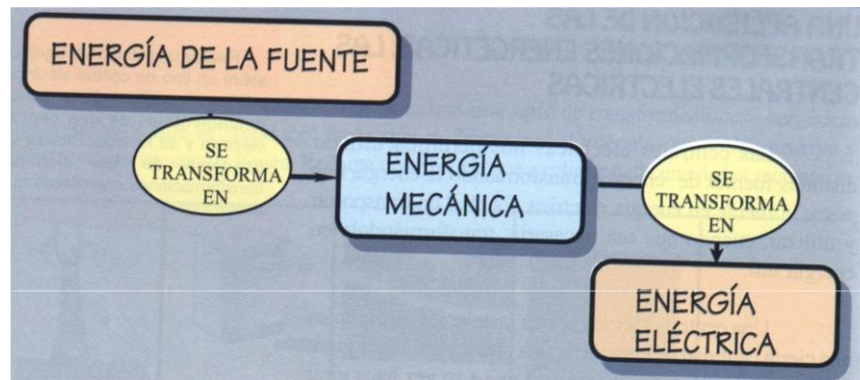


Figura 2.14. Esquema de una central eléctrica

En general, la energía mecánica procede de la transformación de la energía potencial del agua almacenada en un embalse; de la energía térmica suministrada al agua mediante la combustión del carbón, gas natural, o fuel, o a través de la energía de fisión del uranio.

Para realizar la conversión de energía mecánica en eléctrica, se emplean unos generadores, más complicados que los que acabamos de ver en la pregunta anterior, que constan de dos piezas fundamentales:

El estator: Armadura metálica, que permanece en reposo, cubierta en su interior por unos hilos de cobre, que forman diversos circuitos.

El rotor: Está en el interior del estator y gira accionado por la turbina. Está formado en su parte interior por un eje, y en su parte más externa por unos circuitos, que se transforman en electroimanes cuando se les aplica una pequeña cantidad de corriente.

Cuando el rotor gira a gran velocidad, debido a la energía mecánica aplicada en las turbinas, se produce unas corrientes en los hilos de cobre del interior del estator. Estas corrientes proporcionan al generador la denominada fuerza electromotriz, capaz de producir energía eléctrica a cualquier sistema conectado a él.

Como hemos visto la turbina es la encargada de mover el rotor del generador y producir la corriente eléctrica. La turbina a su vez es accionada por la energía mecánica del vapor de agua a presión o por un chorro de agua.

Todas las centrales eléctricas constan de un sistema de "**turbina-generador**" cuyo funcionamiento básico es, en todas ellas, muy parecido, variando de unas a otras la forma en que se acciona la turbina, o sea, dicho de otro modo en que fuente de energía primaria se utiliza, para convertir la energía contenida en ella en energía eléctrica.

### 2.3.8.3 Centrales hidroeléctricas.

“En este tipo de centrales se aprovecha la energía potencial debida a la altura del agua para, haciéndola caer, convertirla en energía cinética ver figura 2.16. Esta energía moverá los álabes (paletas curvas véase la figura 2.15) de una turbina situada al pie de la presa, cuyo eje está conectado al rotor de un generador, el cual se encarga de transformarla en energía eléctrica”<sup>11</sup>.



Figura 2.15. Turbina de una central hidroeléctrica

---

<sup>11</sup><http://jaimevp.tripod.com/Electricidad/energi01.HTM>; Se refiere a la función de una central hidroeléctrica

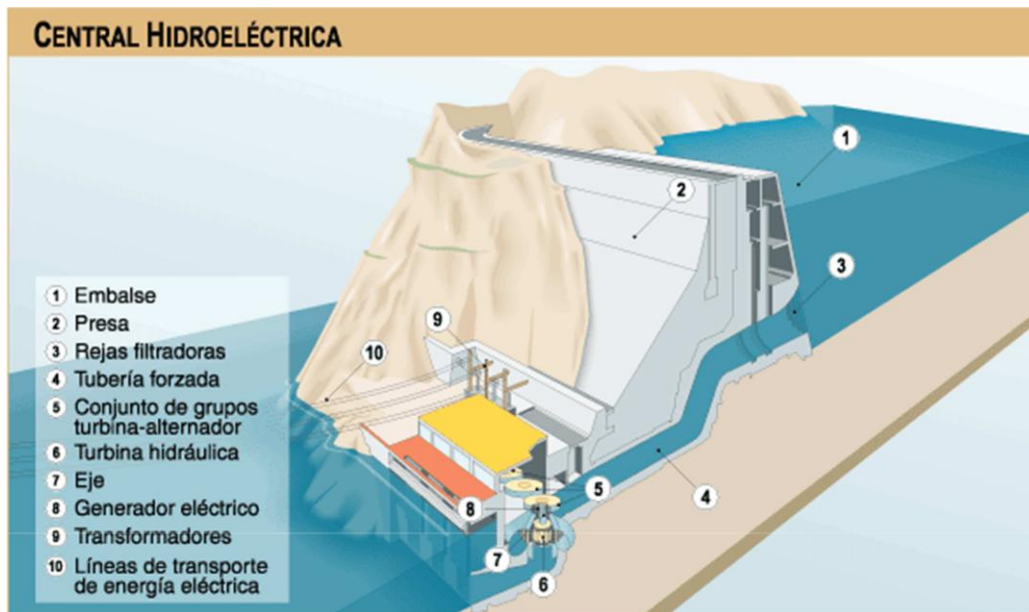


Figura 2.16. “Áreas de una central hidroeléctrica”

Fuente: <http://lourdes98.wordpress.com/2009/08/01/imagenes-electricas/>

Las instalaciones eléctricas también permiten utilizar la energía hidroeléctrica a mucha distancia del lugar donde se genera. Estas instalaciones suelen utilizar corriente alterna, ya que es fácil reducir o elevar el voltaje con transformadores. De esta manera, cada parte del sistema puede funcionar con el voltaje apropiado. Las instalaciones eléctricas tienen seis elementos principales:

La central eléctrica

Los transformadores, que elevan el voltaje de la energía eléctrica generada a las altas tensiones utilizadas en las líneas de transporte

Las líneas de transporte

Las subestaciones donde la señal baja su voltaje para adecuarse a las líneas de distribución

Las líneas de distribución

Los transformadores que bajan el voltaje al valor utilizado por los consumidores.

En una instalación normal, los generadores de la central eléctrica suministran voltajes de 26.000 voltios; voltajes superiores no son adecuados por las dificultades que presenta su aislamiento y por el riesgo de cortocircuitos y sus consecuencias. Este voltaje se eleva mediante transformadores a tensiones entre 138.000 y 765.000 voltios para la línea de transporte primaria (cuanto más alta es la tensión en la línea, menor es la corriente y menores son las pérdidas, ya que éstas son proporcionales al cuadrado de la intensidad de corriente). En la subestación, el voltaje se transforma en tensiones entre 69.000 y 138.000 voltios para que sea posible transferir la electricidad al sistema de distribución. La tensión se baja de nuevo con transformadores en cada punto de distribución. La industria pesada suele trabajar a 33.000 voltios (33 kilovoltios), y los trenes eléctricos requieren de 15 a 25 kilovoltios. Para su suministro a los consumidores se baja más la tensión: la industria suele trabajar a tensiones entre 380 y 415 voltios, y las viviendas reciben entre 220 y 240 voltios en algunos países y entre 110 y 125 en otros como podemos ver en la figura 2.17

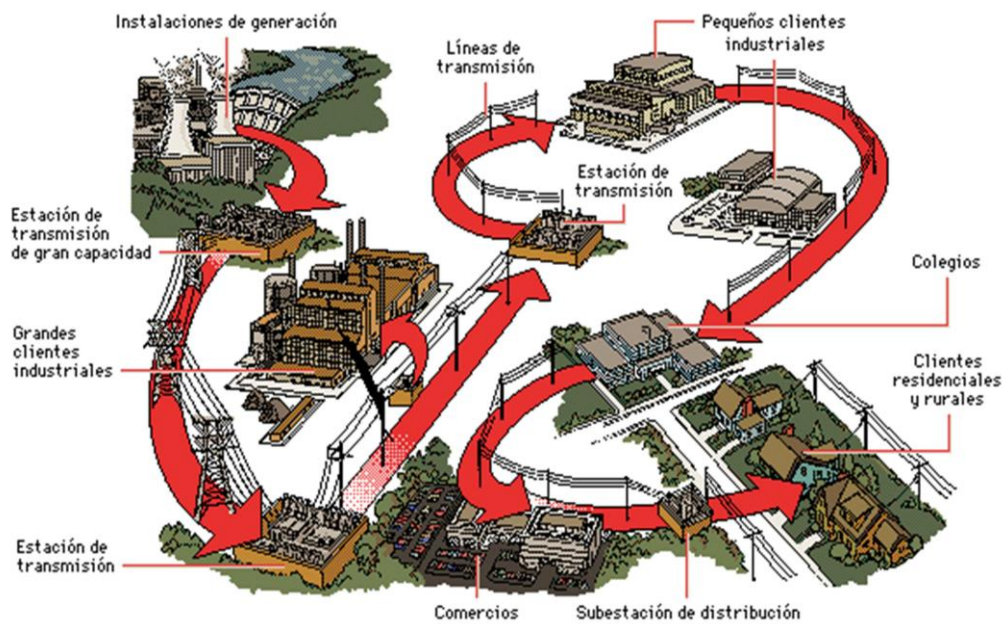


Figura 2.17. Generación y transporte de energía hidroeléctrica

#### **2.3.8.4 Red de energía eléctrica.**

“En una central hidroeléctrica, el agua que cae de una presa hace girar turbinas que impulsan generadores eléctricos. La electricidad se transporta a una estación de transmisión, donde un transformador convierte la corriente de baja tensión en una corriente de alta tensión. La electricidad se transporta por cables de alta tensión a las estaciones de distribución, donde se reduce la tensión mediante transformadores hasta niveles adecuados para los usuarios. Las líneas primarias pueden transmitir electricidad con tensiones de hasta 500.000 voltios o más. Las líneas secundarias que van a las viviendas tienen tensiones de 220 o 110 voltios.

El desarrollo actual de los rectificadores de estado sólido para alta tensión hace posible una conversión económica de alta tensión de corriente alterna a alta tensión de corriente continua para la distribución de electricidad. Esto evita las pérdidas inductivas y capacitivas que se producen en la transmisión de corriente alterna.

La estación central de una instalación eléctrica consta de una máquina motriz, como una turbina de combustión, que mueve un generador eléctrico. La mayor parte de la energía eléctrica del mundo se genera en centrales térmicas alimentadas con carbón, aceite, energía nuclear o gas; una pequeña parte se genera en centrales hidroeléctricas, diesel o provistas de otros sistemas de combustión interna.

Las líneas de conducción se pueden diferenciar según su función secundaria en líneas de transporte (altos voltajes) y líneas de distribución (bajos voltajes). Las primeras se identifican a primera vista por el tamaño de las torres o apoyos, la distancia entre conductores, las largas series de platillos de que constan los aisladores y la existencia de una línea superior de cable más fino que es la línea de tierra. Las líneas de distribución, también denominadas terciarias, son las últimas existentes antes de llegar la electricidad al usuario, y reciben aquella denominación por tratarse de las que distribuyen la electricidad al último eslabón de la cadena.

Las líneas de conducción de alta tensión suelen estar formadas por cables de cobre, aluminio o acero recubierto de aluminio o cobre. Estos cables están suspendidos de postes o pilones, altas torres de acero, mediante una sucesión de aislantes de porcelana. Gracias a la utilización de cables de acero recubierto y altas torres, la distancia entre éstas puede ser mayor, lo que reduce el coste del tendido de las líneas de conducción; las más modernas, con tendido en línea recta, se construyen con menos de cuatro torres por kilómetro. En algunas zonas, las líneas de alta tensión se cuelgan de postes de madera; para las líneas de distribución, a menor tensión, suelen ser postes de madera, más adecuados que las torres de acero. En las ciudades y otras áreas donde los cables aéreos son peligrosos se utilizan cables aislados subterráneos. Algunos cables tienen el centro hueco para que circule aceite a baja presión. El aceite proporciona una protección temporal contra el agua, que podría producir fugas en el cable. Se utilizan con frecuencia tubos rellenos con muchos cables y aceite a alta presión (unas 15 atmósferas) para la transmisión de tensiones de hasta 345 kilovoltios.

Cualquier sistema de distribución de electricidad requiere una serie de equipos suplementarios para proteger los generadores, transformadores y las propias líneas de conducción. Suelen incluir dispositivos diseñados para regular la tensión que se proporciona a los usuarios y corregir el factor de potencia del sistema.

Los cortacircuitos se utilizan para proteger todos los elementos de la instalación contra cortocircuitos y sobrecargas y para realizar las operaciones de conmutación ordinarias. Estos cortacircuitos son grandes interruptores que se activan de modo automático cuando ocurre un cortocircuito o cuando una circunstancia anómala produce una subida repentina de la corriente. En el momento en el que este dispositivo interrumpe la corriente se forma un arco eléctrico entre sus terminales. Para evitar este arco, los grandes cortacircuitos, como los utilizados para proteger los generadores y las secciones de las líneas de conducción primarias, están sumergidos en un líquido aislante, por lo general aceite. También se utilizan campos magnéticos para romper el arco. En tiendas, fábricas y viviendas se utilizan pequeños



cortacircuitos diferenciales. Los aparatos eléctricos también incorporan unos cortacircuitos llamados fusibles, consistentes en un alambre de una aleación de bajo punto de fusión; el fusible se introduce en el circuito y se funde si la corriente aumenta por encima de un valor predeterminado.

#### **2.3.8.5 Fallos del sistema eléctrico.**

En muchas zonas del mundo las instalaciones locales o nacionales están conectadas formando una red. Esta red de conexiones permite que la electricidad generada en un área se comparta con otras zonas. Cada empresa aumenta su capacidad de reserva y comparte el riesgo de apagones.

Estas redes son enormes y complejos sistemas compuestos y operados por grupos diversos. Representan una ventaja económica pero aumentan el riesgo de un apagón generalizado, ya que si un pequeño cortocircuito se produce en una zona, por sobrecarga en las zonas cercanas se puede transmitir en cadena a todo el país. Muchos hospitales, edificios públicos, centros comerciales y otras instalaciones que dependen de la energía eléctrica tienen sus propios generadores para eliminar el riesgo de apagones.

#### **2.3.8.6 Regulación del voltaje.**

Las largas líneas de conducción presentan inductancia, capacitancia y resistencia al paso de la corriente eléctrica. El efecto de la inductancia y de la capacitancia de la línea es la variación de la tensión si varía la corriente, por lo que la tensión suministrada varía con la carga acoplada. Se utilizan muchos tipos de dispositivos para regular esta variación no deseada. La regulación de la tensión se consigue con reguladores de la inducción y motores síncronos de tres fases, también llamados condensadores síncronos. Ambos varían los valores eficaces de la inductancia y la capacitancia en el circuito de transmisión. Ya que la inductancia y la capacitancia tienden a anularse entre sí, cuando la carga del circuito tiene mayor reactancia

inductiva que capacitiva (lo que suele ocurrir en las grandes instalaciones) la potencia suministrada para una tensión y corriente determinadas es menor que si las dos son iguales. La relación entre esas dos cantidades de potencia se llama factor de potencia. Como las pérdidas en las líneas de conducción son proporcionales a la intensidad de corriente, se aumenta la capacitancia para que el factor de potencia tenga un valor lo más cercano posible a 1. Por esta razón se suelen instalar grandes condensadores en los sistemas de transmisión de electricidad.

### **2.3.8.7 Pérdidas durante el transporte.**

La energía se va perdiendo desde la central eléctrica hasta cada hogar de la ciudad por:

Resistividad: Que provoca que la corriente eléctrica no llegue con la misma intensidad debido a la oposición que presenta el conductor al paso de la corriente. La resistencia que ofrece el cable depende de su:

Diámetro o área de la sección transversal. La conductividad disminuye al disminuir el grosor del cable (a mayor diámetro, menor número del cable)

Material con que está hecho

Longitud. La conductividad de un cable es inversamente proporcional a la longitud y la resistencia es directamente proporcional a la longitud.

Cambios de temperatura que sufre. Al paso de la corriente, la resistividad se ve incrementada ligeramente al aumentar su temperatura.

Capacitancia: Porque a medida que se transfiera más carga al conductor, el potencial del conductor se vuelve más alto, lo que hace más difícil transferirle más carga. El conductor tiene una capacitancia determinada para almacenar

carga que depende del tamaño y forma del conductor, así como de su medio circundante”<sup>12</sup>.

## **2.4 HIPÓTESIS.**

El diseño de un sistema de energía fotovoltaico proveerá de respaldo de energía eléctrica en el edificio del Municipio del Cantón Sigchos.

## **2.5 DETERMINACIÓN DE VARIABLES.**

### **2.5.1 Variable independiente.**

Sistema de energía fotovoltaico

### **2.5.2 Variable dependiente.**

Respaldo de energía eléctrica en el Municipio del Cantón Sigchos.

---

<sup>12</sup> <http://descubrimientos-famosos.blogspot.com/2011/07/generacion-y-transporte-de-electricidad.html>; referente al proceso que realiza una central hidroeléctrica, así como también su transporte y distribución.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE.**

El presente proyecto se enfocó en el paradigma cuali-cuantitativo porque fue necesario analizar y contextualizar el problema, además es importante conocer la información que la población le proporcione acerca del problema, a fin de que el investigador pueda tomar decisiones a futuro.

#### **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **3.2.1 Investigación de Campo.**

Se realizó la investigación de campo para conocer a fondo cual es el principal problema del edificio del Municipio del cantón Sigchos a fin de obtener información fuente para la solución del problema.

##### **3.2.2 Investigación bibliográfica.**

La investigación bibliográfica proporcionó al investigador criterios y conocimientos ya analizados y estudiados por personas involucradas con temas relacionados con el problema propuesto, a demás brindó conocimientos sobre nuevas alternativas tecnológicas, que contribuyan a mejorar u optimizar el sistema energético ya existente.

#### **3.3 NIVELES DE INVESTIGACIÓN.**

La investigación se inició en el nivel exploratorio ya que el investigador ubicó el problema dentro del contexto en el que se produce, consecuentemente se pasó al nivel

descriptivo que es en donde se pudo conocer las características sobresalientes del problema, por último el nivel explicativo permitió comprobar de forma experimental la hipótesis formulada con anterioridad, así como también se descubrió las causas y los efectos que producen el problema, este nivel nos permitió proyectarse hacia a una solución particular.

### **3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.**

#### **3.5.1 Población.**

La totalidad de elementos a investigar en la población es de 50 personas, las cuales trabajan en diferentes áreas del edificio y por consiguiente están involucradas de manera directa o indirecta en el problema.

#### **3.5.2 Muestra.**

Debido a que el número de integrantes de la población no es extenso se puede decir que toda la población pasa a ser la muestra.

### **3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.**

#### **3.6.1 Plan para la recolección de información.**

La recolección de información se realizó mediante la aplicación de encuestas, las mismas que estuvieron dirigidas a todas las personas que conforman la administración, así como también al personal que hace uso diario de las instalaciones del edificio del Municipio del Cantón Sigchos.

Para realizar una recolección eficaz de la información se recurrió a la siguiente estrategia.

Elaboración de las encuestas.

Definir a los trabajadores directamente afectados para ser encuestados.

Aplicar la encuesta.

Recopilar la Información.

La encuesta realizada con el personal administrativo fue franca y concreta, nos brindo toda la información que se deseaba encontrar.

### **3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.**

Luego de realizada la encuesta se procederá se seguirán los siguientes pasos.

Revisión crítica de la información.

Realizar las tabulaciones

Organizar la información

Graficar y registrar la información.

Ya obtenidos los resultados de la encuesta y la recolección de datos se puede llegar a comprobar la hipótesis planteada y además permite establecer conclusiones y recomendaciones que darán la pauta para realizar de manera eficiente el diseño del sistema de energía Fotovoltaico.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 Recopilación de la Información.**

Los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación fueron tabulados según la encuesta realizada a al personal administrativo del Municipio del cantón Sigchos, cuyos datos fueron analizados de forma sistemática e interpretada estadísticamente para obtener conclusiones válidas. Se ha utilizado la herramienta Microsoft Office Excel, para realizar los respectivos gráficos, en los cuales se detalla el porcentaje de cada ítem en relación a las respuestas.

Al final de cada uno de los gráficos, se realiza el análisis e interpretación respectiva de acuerdo a los resultados obtenidos, de esta forma se puede tener una mejor visualización de la problemática investigada.

La muestra involucrada con el problema fue de 50 personas que laboran en distintos departamentos del edificio, los cuales facilitaron los datos obtenidos.

#### **4.2. Análisis e interpretación de la información recopilada.**

Una vez realizada la encuesta al personal de labores se obtuvieron los siguientes resultados, lo que servirá de base para comenzar a realizar el diseño del sistema de energía fotovoltaico de respaldo.

**Pregunta1.-** ¿Se siente conforme con la red pública de energía eléctrica?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	14	28%
NO	7	14%
A veces	29	58%
TOTAL	50	100%

Tabla 4.1. Datos de conformidad con la red de suministro eléctrico.

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa

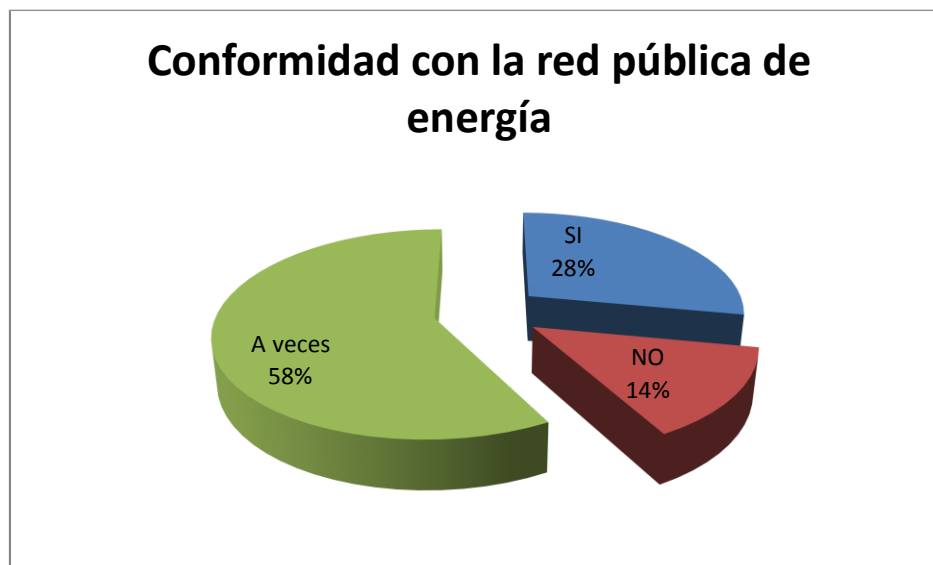


Figura 4.1 Resultados de conformidad con la red pública de energía

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa.



### **Análisis e interpretación:**

Un 58% del personal encuestado manifiesta que el servicio de suministro eléctrico es regular pero que podría mejorarse, Un 28% del personal está de acuerdo con que la empresa eléctrica si brinda un buen servicio, mientras que El 14% de trabajadores está insatisfecho con el servicio de energía eléctrica convencional porque no es totalmente confiable y seguro.

Según los datos obtenidos los trabajadores a veces se sienten conformes con el sistema de suministro eléctrico, dado que existen algunas fallas en el sistema y este podría ser mejorado para brindar un buen servicio.

**Pregunta2.-** ¿Ha tenido cortes de suministro de energía en épocas secas?

<b>DETALLE</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>SI</b>	31	62%
<b>NO</b>	0	0%
<b>A veces</b>	19	38%
<b>TOTAL</b>	50	100%

Tabla 4.2. Datos de los cortes de energía.  
Fuente: Encuesta Personal Administrativo.  
Elaborado: Paul Analuisa

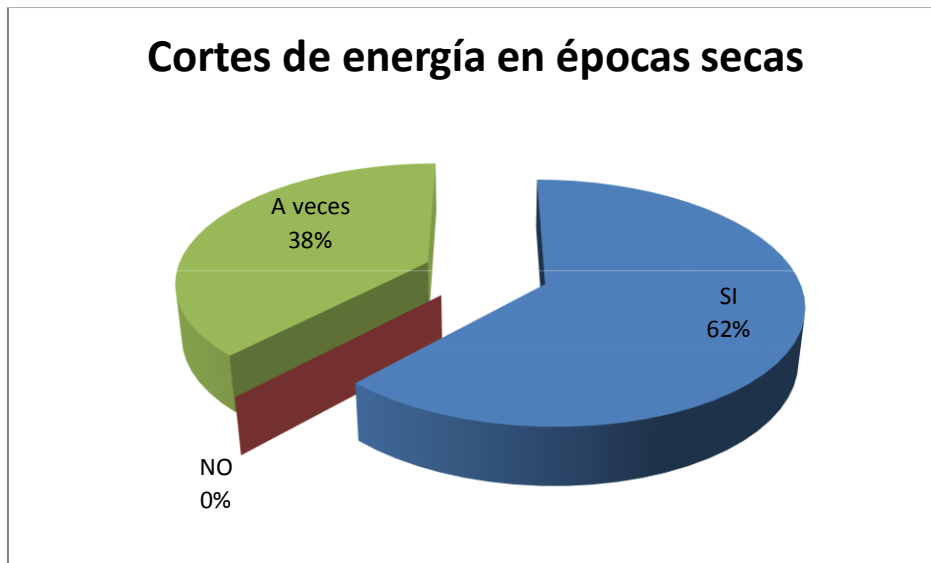


Figura 4.2 Resultados sobre la manifestación de cortes de energía.

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa.

**Análisis e interpretación:**

El 62% de los encuestados ha tenido cortes de energía eléctrica en épocas de sequía, el 38% ha sufrido cortes de energía eléctrica en las épocas secas pero dentro de lo normal.

La mayoría de los encuestados ha tenido razonamientos de energía eléctrica en épocas secas, lo cual conlleva a que existan posibles daños tanto físicos como informáticos en los departamentos o áreas de trabajo donde laboran.

**Pregunta3.-** ¿Ha tenido pérdidas de información y por consiguiente retrasos cuando se dan cortes de energía?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	31	62%
NO	11	22%
A VECES	8	16%
TOTAL	50	100%

Tabla 4.3. Datos de pérdidas de información durante los cortes de energía.  
 Fuente: Encuesta Personal Administrativo.  
 Elaborado: Paul Analuisa

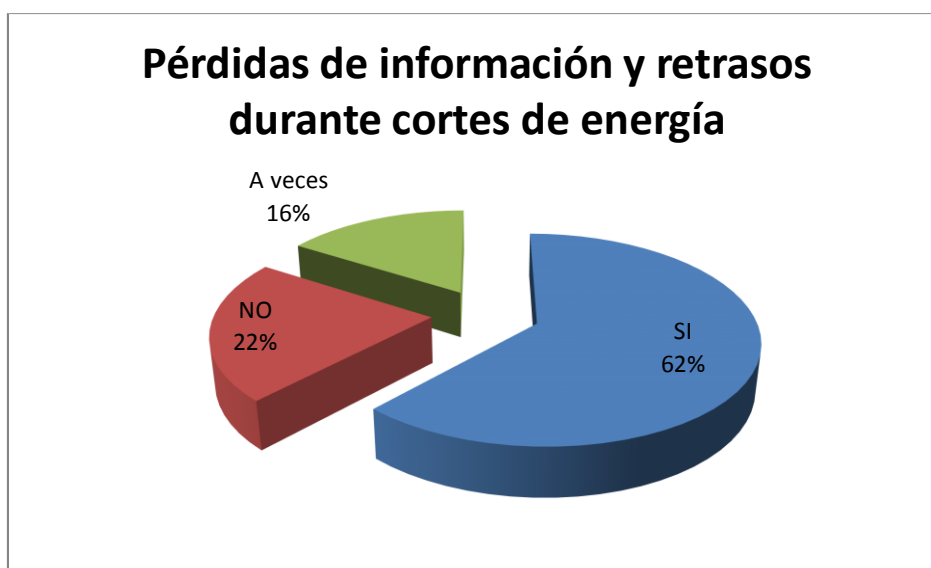


Figura 4.3 Resultados acerca de la perdida de información durante los cortes de energía.  
 Fuente: Encuesta Personal Administrativo.  
 Elaborado: Paul Analuisa.

### **Análisis e interpretación:**

Un 62% de los encuestados ha tenido daños en sus equipos debido a cortes de energía, el 22% de los encuestados no ha tenido ningún daño en sus aparatos electrónicos durante los cortes en la red, mientras que un 16% solo ha tenido daños en sus equipos en algunas ocasiones.

Es claro que la mayoría de personas tienen un grave problema cuando se dan los cortes energéticos, ya que los equipos sobre todo informáticos sufren averías y esto incide en una pérdida económica por parte de la empresa.

**Pregunta4.-** ¿El lugar donde labora cuenta con un sistema energético de respaldo?

<b>DETALLE</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>SI</b>	38	76%
<b>NO</b>	0	0%
<b>NO SÉ</b>	12	24%
<b>TOTAL</b>	50	100%

Tabla 4.4. Datos sobre existencia de sistemas de respaldo energético

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa.

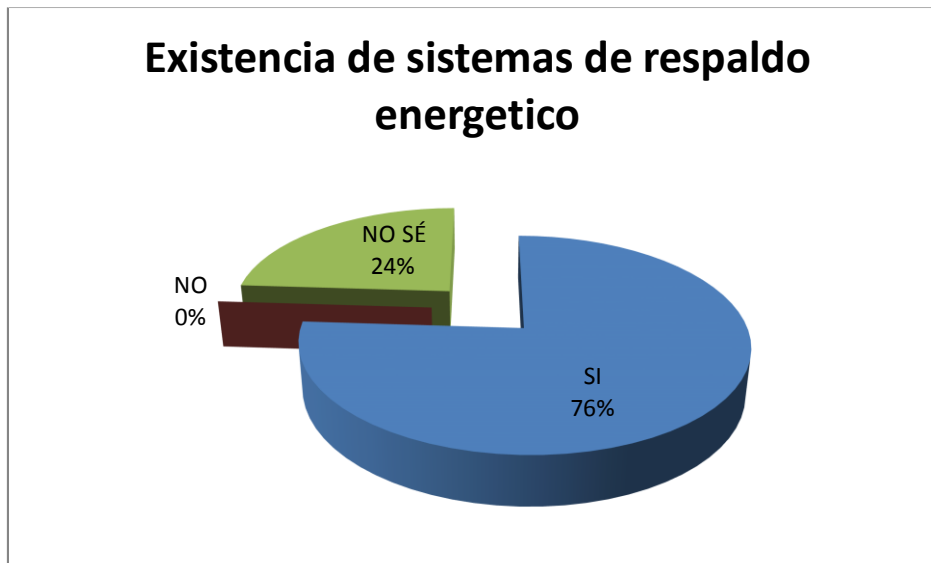


Figura 4.4 Resultados sobre existencia de respaldo energético.  
 Fuente: Encuesta Personal Administrativo.  
 Elaborado: Paúl Analuisa.

**Análisis e interpretación:**

El 76% de los encuestados concuerda con que tienen conocimiento que el municipio posee un sistema energético de respaldo el cual entra en funcionamiento durante los cortes energéticos en la red pública. De acuerdo con lo manifestado por el personal el sistema de respaldo utilizado por la institución es un generador impulsado por combustible fósil.

Mientras que un tercio de toda la población encuestada no sabe si el municipio cuenta o no con un sistema de respaldo, cabe resaltar que a este personal nunca se le informó cual será el procedimiento a seguir un caso de una paralización en sus labores por causa de cortes de energía.

**Pregunta5.-** ¿Está conforme con el sistema energético de respaldo que maneja su institución?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	2	4%
NO	48	96%
TOTAL	50	100%

Tabla 4.5. Datos de conformidad con el sistema de respaldo.

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa



Figura 4.5 Resultados de conformidad con el sistema de respaldo implantado.

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa.

**Análisis e interpretación:**

Gracias a los efectos nocivos tanto para el ambiente como para la salud humana el 64% de los encuestados no está satisfecho con el actual sistema de respaldo, ya que

su ruidoso funcionamiento y la limitada cantidad de energía que suministra al edificio lo convierten en una herramienta en proceso de discontinuación.

El 2% de los encuestados está conforme con el sistema utilizado, creyendo conveniente solamente hacer una mejoras al sistema, cabe resaltar que este grupo de encuestados no conocen otras formas de generar energía, lo que significa que la electricidad generada de forma hidráulica hoy en día es la más utilizada y por ende no se toma conciencia de las enormes cantidades de energía desperdiciadas en estos días.

**Pregunta6.-** ¿Le gustaría cambiar el sistema de respaldo que actualmente utiliza?

<b>DETALLE</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>SI</b>	40	80%
<b>NO</b>	2	4%
<b>TAL VEZ</b>	8	6%
<b>TOTAL</b>	50	100%

Tabla 4.6. Datos sobre el cambio del sistema de respaldo.

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa

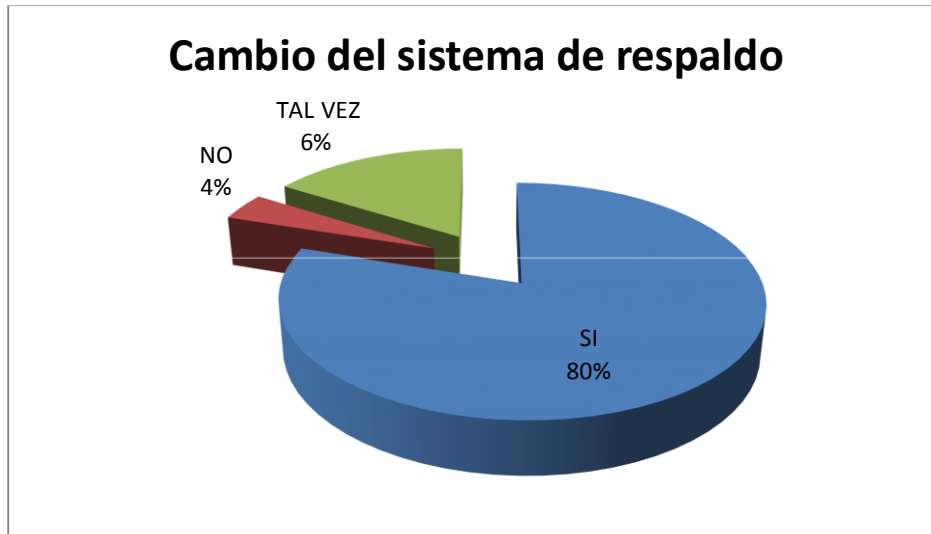


Figura 4.6 Resultados sobre el posible cambio del sistema de respaldo.  
 Fuente: Encuesta personal administrativo.  
 Elaborado: Paul Analuisa.

**Análisis e interpretación:**

El 80% de la población encuestada está de acuerdo en cambiar el sistema de generación de energía impulsado por un motor a diesel, por una propuesta diferente, la cual esté de acuerdo con las necesidades del área de trabajo donde se llevará a cabo el proyecto de una forma segura, eficiente y sobretodo limpia. El 6% de los encuestados tienen sus dudas acerca de un nuevo método de generación de energía, debido a la falta de información que persiste no solo en su lugar de trabajo sino también en la vida cotidiana. Y tan solo un 2% no está de acuerdo con el cambio del sistema de respaldo ya que a ellos no les afecta la forma de generar energía en caso de un corte en la red.



**Pregunta7.**-De los siguientes ¿Cuál sistema de respaldo le gustaría que se maneje en la Institución donde labora?

DETALLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Sistema eólico	13	26%
Sistema solar fotovoltaico	35	70%
Sistema con generador a diesel	2	4%
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.7. Datos de preferencia en sistemas de respaldo.

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa

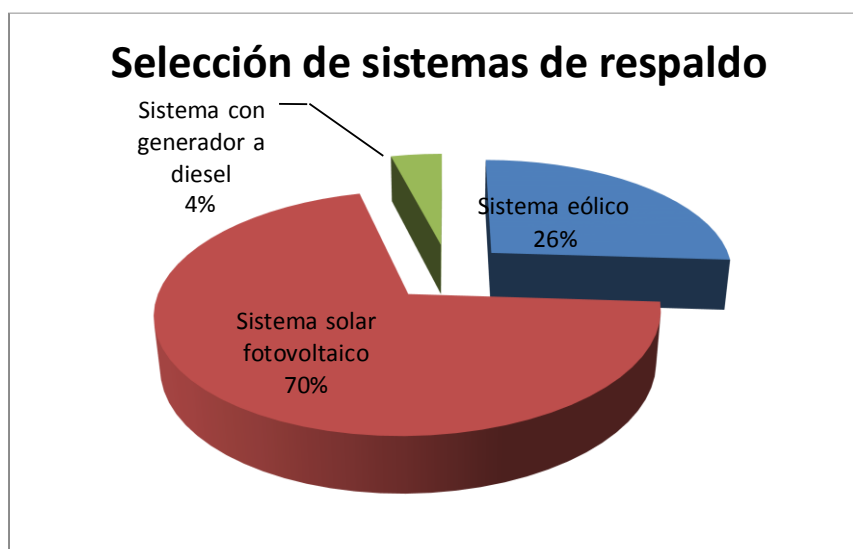


Figura 4.7 Resultados sobre selección de sistemas de respaldo.

Fuente: Encuesta personal administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa.

### **Análisis e interpretación:**

El 26% de los encuestados piensa que un sistema impulsado por corrientes de aire podría ser posible sobre todo en ciertas épocas del año donde la fuerza de los vientos aumenta y esto sería aprovechado por la situación geográfica del cantón Sigchos.

Un 70% optan por un sistema de respaldo activado por rayos solares porque la radiación del sol es más fuerte en las épocas secas y es en donde sería mejor la producción de este tipo de energía. Coincidentalmente en la época seca es donde se da paso la mayoría de corte de energía debido a que no existe suficiente cantidad de agua para abastecer a las centrales hidroeléctricas.

Y tan solo un 4% de los encuestados prefieren un sistema de generación a diesel aduciendo que los cortes de energía solamente son por unas pocas horas y no se necesita de mayores cantidades de energía.

**Pregunta8.-** ¿Está de acuerdo con el criterio de que el área más sensible y propensa a daños es el departamento financiero?

<b>DETALLE</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>SI</b>	38	76%
<b>NO</b>	12	24%
<b>TOTAL</b>	50	100%

Tabla 4.8. Datos para la selección de departamentos más vulnerables.

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa

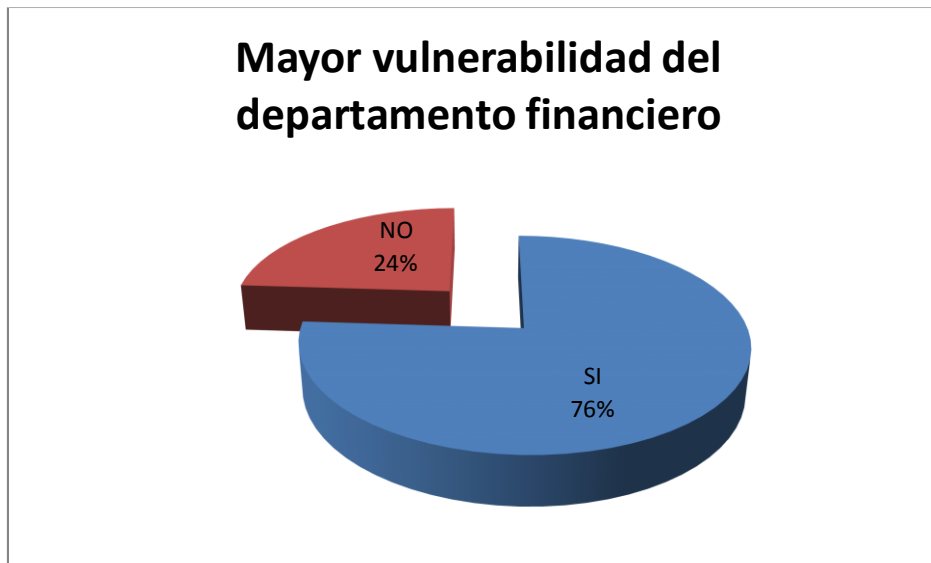


Figura 4.8. Resultados sobre la vulnerabilidad del departamento financiero.

Fuente: Encuesta personal administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa.

#### **Análisis e interpretación:**

La mayor cantidad de información acerca de cada uno de las habitantes y sus contribuciones se encuentran los computadores del área financiera, a de más de la atención al público que brinda todos los días está también el hecho de que es un área donde se manejan los recursos económicos del Municipio. Todo esto hace que el 76% de los encuestados esté de acuerdo con que el departamento Financiero es el área más importante del edificio y por consiguiente en donde debería ser aplicado el análisis que conlleva este proyecto.

El 24% piensa que existen otras áreas más importantes que también merecen ser estudiadas como por ejemplo: la Alcaldía, el Departamento de Obras Públicas y otros.

**Pregunta9.-** ¿Cuánto tiempo desearía que funcione su nuevo sistema de respaldo?

<b>DETALLE</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>De 1-5 horas</b>	5	10%
<b>Un día de labores</b>	30	60%
<b>Dos días de labores</b>	15	30%
<b>TOTAL</b>	50	100%

Tabla 4.9. Datos del tiempo de funcionamiento del sistema.

Fuente: Encuesta Personal Administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa

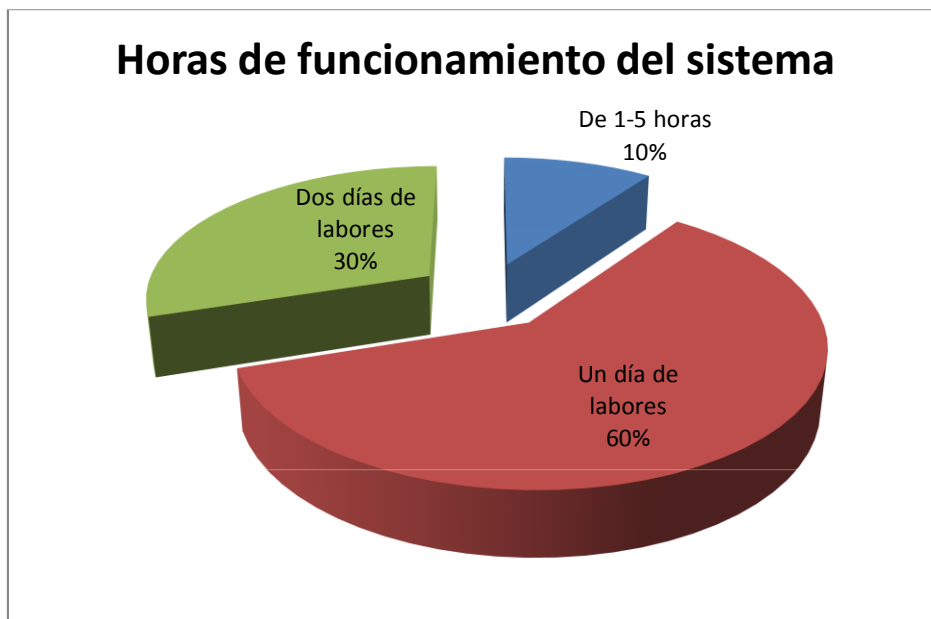


Figura 4.9 Resultados sobre el tiempo de funcionamiento del sistema.

Fuente: Encuesta personal administrativo.

Elaborado: Paul Analuisa.

**Análisis e interpretación:**

El 60% del personal encuestado manifiesta que el sistema debe brindar respaldo un día completo de labores aduciendo que pueden existir mas cortes de energía durante las labores que se suscitan en el edificio, esto podría acarrear más problemas y retrasos en la institución.

Un 30% de los encuestados piensa que el abastecimiento del sistema de respaldo debería darse durante dos días para evitar nuevos racionamientos de energía y sobre todo para precautelar el estado físico de los equipos informáticos.

Y tan solo un 10% de los encuestados manifiesta que sería suficiente con brindar respaldo nada más que unas horas que posiblemente sea la duración de los apagones en el edificio.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones:**

De lo observado durante un periodo de 30 días y según datos obtenidos se puede determinar las siguientes conclusiones:

Un diseño adecuado del sistema de energía fotovoltaico para brindar respaldo de energía eléctrica permitirá desarrollar de manera más eficiente y segura las actividades laborales que desempeñan los trabajadores en el departamento financiero del Municipio del Cantón Sigchos.

De acuerdo con los datos obtenidos el departamento Financiero es el que ha tenido más inconvenientes con los cortes energéticos por lo tanto es el área más vulnerable y en donde debe centralizarse la solución al problema.

El personal administrativo desea conocer nuevas y limpias formas de crear energía sobre todo la creada en base a la irradiación solar, por sus ventajas y funcionamiento no contaminantes.

Las nuevas fuentes de energía estudiadas en este proyecto promueven la optimización de recursos ya existentes e inagotables, sin embargo no posee el apoyo suficiente para ser desarrollada e implantada.

## **5.2 Recomendaciones:**

El Municipio debe dar mayor información al personal administrativo y laboral acerca de cual es el procedimiento a seguir en caso de cortes de energía.

Un correcto análisis del sistema de respaldo energético requerido permite la posibilidad de que el sistema se ponga en funcionamiento en un futuro próximo.

Promover el desarrollo sustentable de nuevas formas tecnológicas de energía las cuales puedan ser explotadas a futuro en la Institución.

Se recomienda estudiar la situación geográfica y climatológica del lugar donde se va a desarrollar el proyecto, para evitar el funcionamiento erróneo del sistema de respaldo.

## CAPÍTULO VI

### LA PROPUESTA

#### 6.1 Datos Informativos.

**Tema de la propuesta:** Diseño de un sistema de respaldo de energía fotovoltaica para suministrar electricidad durante cortes de energía, al sistema computacional del departamento financiero del edificio del Municipio del Cantón Sigchos.

**Grupo de Meta:** Elaborado para el personal que labora en el departamento de obras Publicas, departamento financiero y alcaldía del Municipio del Cantón Sigchos.

**Cobertura:** El Municipio del cantón Sigchos está ubicado en las calles Rodrigo Iturralde y pasaje 14 de noviembre en la Provincia de Cotopaxi Ecuador.

**Tutor:** Ingeniero M.Sc. Juan Pablo Pallo.

**Autor:** Paul Hernán Analuisa Jiménez

#### 6.2 Antecedentes de la propuesta.

Después de recolectar información y revisar los antecedentes del problema investigado, se concluye que el personal que labora diariamente en la Institución que es objeto de investigación no está satisfecha con el sistema energético de respaldo que poseen actualmente debido a la limitada cantidad de energía que este suministra, sumado a ello están varios factores como la contaminación y lo costoso que resulta mantener este sistema en funcionamiento.



Concluida la investigación, una de las alternativas de solución al problema planteado es elaborar el diseño de un sistema energético de respaldo que suministre electricidad al sistema computacional del departamento financiero del edificio en cuyo sitio es eminentemente necesario la restauración inmediata del fluido eléctrico, debido al manejo constante del sistema informático, atención al público y recaudación de impuestos que se realiza en esta área.

Este sistema nos presenta una excelente oportunidad para aprovechar una de las más grandes y duraderas fuentes de energía limpia que existe en el planeta, y que hoy presta su beneficio para producir energía eléctrica al edificio del Municipio del Cantón Sigchos.

El sistema fotovoltaico es un instrumento electrónico-eléctrico con avances tecnológicos que al ser correctamente dimensionado previo a las necesidades del edificio nos permita dar un avance significativo en la aplicación de nuevas fuentes de energía para que el personal que allí labora pueda ejercer su trabajo de forma normal y continúa.

### **6.3 Justificación.**

Uno de los argumentos que permiten el desarrollo de esta propuesta es como la energía a base de los paneles solares está creciendo de forma rápida en el manejo e implementación de formas de energía no contaminante lo cual trae consigo un cambio en el modo y calidad de vida de los hogares en consecuencia se necesita de personal altamente calificado para la implantación, manipulación y control de este tipo de energía.

Por otra parte está el beneficio económico que conlleva poner en marcha el funcionamiento de células fotovoltaicas para la generación de electricidad ya que la inversión se realiza una sola vez y los beneficios son a mediano y largo plazo, sin contar con la potencia de sobra que puede generar el usuario la cual puede ser puesta a la venta a la empresa productora de energía hidroeléctrica.

Quizá el beneficio más importante se encuentra en las mismas características de los paneles fotovoltaicos debido a que no necesita un motor ruidoso para generar electricidad, por consiguiente no hace uso de combustibles de ningún tipo. Además su tiempo de funcionamiento diario el cual puede ser incrementado a horarios nocturnos gracias al acople de acumuladores de energía, brindando más confianza durante su uso y menos contaminación al medio.

A nivel mundial el uso de caldas fotovoltaicas no solo como un avance tecnológico sino también con fines de lucro. Países de primer mundo ponen en funcionamiento gran número de paneles solares llamados granjas solares las cuales son capaces de generar potencias en el orden de los megavatios los cuales son usados para suministrar energía limpia a ciudades completas, esto impulsa al desarrollo e investigación de estas formas de energía todavía no explotadas en su totalidad en nuestro país.

## **6.4 Objetivos**

### **6.4.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de energía en base a paneles solares que pueda suministrar respaldo de electricidad a al departamento financiero del Municipio del Cantón Sigchos durante los cortes de energéticos en la red.

### **6.4.2 Objetivos específicos**

Elaborar un estudio acerca del nivel de potencia que actualmente consume el edificio.

Realizar los cálculos pertinentes de voltaje, corriente, potencia y dimensionamiento de cableado para el diseño del sistema.

Aplicar los métodos necesarios para acoplar los paneles según la corriente y voltaje necesarios para el proyecto.

Realizar un estudio acerca del costo beneficio que conlleva diseñar este sistema energético.

Analizar el tiempo de funcionamiento del sistema durante un corte de energía.

### **6.5 Análisis de Factibilidad.**

La situación del Municipio de Sigchos es que cuentan con un sistema de respaldo energético impulsado por combustible fósil, el cual causa contaminación medioambiental y sonora, a demás de su deficiente y limitada capacidad de producción de electricidad lo cual no permite que las actividades se desarrollen con normalidad durante los cortes de energía que se dan paso en épocas de estiaje en donde el recurso hídrico, fuente principal para la generación de este tipo de energía es escasa.

Para mejorar la situación actual se pretende implementar un sistema que recete los rayos solares y luego estos sean procesados mediante una combinación de materiales en donde los fotones de luz serán transformados en un flujo de electrones conocido comúnmente como corriente eléctrica, obviamente esta corriente será mínima pero en conjunto con otros dispositivos se la puede transformar un una corriente capaz de alimentar aparatos eléctricos y electrónicos. A demás al tener conocimiento de este tipo de sistema el personal que labora en el Municipio podrá aplicarlo en su vida cotidiana.

Según los estudios realizados, en el departamento Financiero ha existido varios casos de daños a los equipos informáticos y sistemas de iluminación, lo que conlleva a eminentes pérdidas económicas para el Municipio sumado a esto están los retrasos que provoca un corte de energía en el edificio.

Los usuarios de este nuevo sistema tendrían conocimiento acerca de nuevas formas de generar energía y permitirían a mediano o corto plazo el desarrollo o puesta en marcha del proyecto de investigación, lo cual se convertiría en una realidad palpable y sobre todo de gran beneficio para la Institución.

En esta propuesta se trata de dar a conocer cuáles son los beneficios de los rayos solares y como estos pueden ser utilizados para mejorar un sistema energético ya

existente, a demás, de ser procesados convenientemente pueden convertirse no solo en ahorro energético sino también son capaces de generar ingresos, es por esto que con este análisis apoyaremos al sector que impulsa las nuevas fuentes de energía optimizando recursos y aprovechando la situación geográfica del sector en donde se realiza el estudio.

## **6.6 Fundamentación.**

Para la fundamentación teórica en la que se va a sustentar la propuesta se debe establecer un análisis de configuración y estudio de sistemas de paneles solares domiciliarios. Luego se precede a explicar acerca de los reguladores de energía, los inversores, los acumuladores de energía y por último el cableado.

### **6.6.1 Descripción de los módulos solares.**

“Los módulos o panes fotovoltaicos están conformados básicamente por las denominadas celdas fotovoltaicas que es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales.

Las células son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. El silicio se encuentra abundantemente en todo el mundo porque es un componente mineral de la arena. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de las celdas fotovoltaicas.

Una celda fotovoltaica tiene un tamaño de 10 por 10 centímetros y produce alrededor de un vatio a plena luz del día. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos consta de 36 celdas fotovoltaicas”<sup>13</sup>.

### **6.6.2 Potencia.**

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación. La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas.

En el mercado, se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia desde 5 Wp; de potencia media por ejemplo 55 Wp; y de alta potencia hasta 160 Wp. En aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp. La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años.

### **6.6.3 Punto caliente.**

Es un fenómeno que consiste básicamente en que algunas células pueden llegar a convertirse en cargas y disipar la energía generada por las demás. Se dice que existe un punto caliente en un panel cuando una de sus células o paneles de un conjunto de estos, reduce su generación por estar, por ejemplo, averiado o bajo sombra.

---

<sup>13</sup> <http://www.portalsolar.com/energía-solar-paneles-solares.html>; Se refiere a composición de los módulos fotovoltaicos.

En estas condiciones el reajuste de tensiones que se origina puede dar lugar a una corriente superior a la foto corriente de la célula, invirtiendo por tanto su papel de elemento generador a consumidor de energía. Esta corriente origina un calentamiento de la célula que puede llegar a deteriorarla, e incluso cortar definitivamente el paso de corriente inutilizando el panel o conjunto de estos en serie.

Para evitar este problema se suele colocar diodos de paso en paralelo con grupos de células asociadas en serie. Esto proporciona un paso a la corriente que proviene de los otros grupos de células y limita la máxima potencia a disipar por la célula a la generada únicamente por las que componen su grupo. La necesidad de instalar estos diodos depende, además de la dispersión de los parámetros mencionados, del voltaje del panel y de la resistencia paralela de los módulos. Estos dispositivos son siempre necesarios si dicho voltaje es superior a 24 voltios.

#### **6.6.4 Colocación de los paneles.**

Los captadores solares se sitúan hacia mediodía, en un lugar libre de sombras, con una inclinación según la latitud de su ubicación.

Cada captador ocupa poco más de 2 m<sup>2</sup> y un acumulador tiene un diámetro de 0,5 - 0,6 mts

Los captadores solares normalmente van en la cubierta como indica la figura 6.1, pero también se pueden instalar en una terraza, una pared o al suelo



Figura 6.1 Colocación de los Paneles

#### **6.6.4.1 La orientación.**

“Uno de los elementos auxiliares importantes de un sistema fotovoltaico va a ser la estructura que soporta los paneles. Esta habrá de proporcionar tanto un buen anclaje de los mismos haciéndolos resistentes a la acción de los elementos atmosféricos, como una orientación y un ángulo de inclinación idóneos para el mejor aprovechamiento de la radiación.

La orientación de los paneles siempre será al sur (en el hemisferio norte), al ser la única posición donde aprovechásemos de un modo más completo a lo largo del año la radiación emitida por el sol. Solo en circunstancias especiales o por el efecto de sombras creadas por otros objetos, se podría variar dicha orientación hacia el este. La energía que procede del sol llega al panel, depende fundamentalmente del ángulo de inclinación que forma con la horizontal como indica la figura 6.2.

Este ángulo puede adoptar una o varias posiciones a lo largo del año. La potencia máxima se recibe cuando el panel esta perpendicular a la dirección del sol (para recibir un flujo máximo de radiación directa). Para un panel fijo, la mejor potencia promedio por el año se recibe generalmente si el ángulo de inclinación es igual a una latitud de  $10^\circ$  a  $15^\circ$ . Si se necesita más potencia en una cierta temporada, se adapta un ángulo. En ciertos casos, se puede montar el panel de manera ajustable, orientándolo cada mes para mejor potencia. En zona ecuatorial, se necesita mantener un ángulo mínimo  $> 10^\circ$  para que el polvo no se acumula sobre el panel”<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> <http://oretano.iele-ab.uclm.es/~arodenas/Solar/componentes.htm>; Se refiere al direccionamiento de los módulos fotovoltaicos

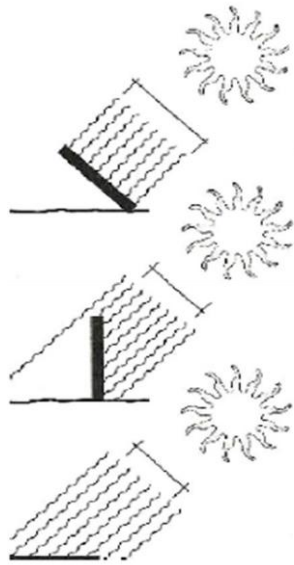


Figura 6.2 Orientación de los módulos

#### **6.6.4.2 Ubicación de los paneles fotovoltaicos.**

En ciertos casos, con el fin de mejorar el rendimiento del sistema de captación, puede dotarse de movimiento a los soportes, denominándose a este tipo de sistemas de soporte, sistemas con seguimiento.

Estas pueden ser:

A ras de suelo

Elevados

En mástil

En pared

En tejado



### **6.6.5 Soportes para módulos.**

“Los módulos fotovoltaicos necesitan ser colocados sobre soportes rígidos, lo que permite mantener el ángulo de inclinación óptimo, aún cuando soplen vientos fuertes o caigan nevadas. Existen tres tipos:

El soporte fijo

El soporte ajustable

El soporte automático

#### **6.6.5.1 Soportes fijos.**

Estos soportes son usados en lugares donde la latitud permite elegir un ángulo de inclinación fijo (latitud más  $15^\circ$ ) cuyo valor incrementa las horas de generación durante el invierno, cuando el consumo nocturno aumenta, y disminuye la eficiencia de colección durante el verano, cuando los días son más largos.

#### **6.6.5.2 Soportes ajustables.**

Las diferencias de diseño y costo entre un soporte fijo y otro ajustable son mínimas, y por ello estos últimos son los más usados. Si se puede construir, la diferencia de costo se anula. Los soportes comerciales están hechos de aluminio, a veces anodizado, a fin de evitar la formación de óxido, y usan ferretería de acero inoxidable para evitar su deterioro por efecto galvánico.

El lector puede substituir el aluminio por madera o por tiras metálicas en ángulo (pre-perforadas), las que facilitan tanto la construcción como el ajuste del ángulo de

inclinación. La madera simplifica el problema de la elección de la ferretería, y si se la pinta o barniza puede durar varios años sin problemas.

NOTA: Los cables de salida del (o los) paneles deben tener suficiente “juego” como para permitir el ajuste del ángulo de inclinación dos veces por año. Tenga en cuenta al diseñar su soporte la rigidez requerida para soportar, sin problemas, la máxima velocidad del viento. Recuerde que la superficie de colección es equivalente a la vela de un barco.

#### **6.6.5.3 Soportes automáticos.**

Este tipo de soporte permite seguir la trayectoria del sol, durante todo el año, desde el amanecer al atardecer. Existen dos tipos:

Seguidor Pasivo.- Este tipo se lo conoce como pasivo porque su único movimiento, de este a oeste (movimiento acimutal) no consume energía eléctrica. El desplazamiento acimutal se consigue usando el calor del sol, el que, altera la distribución del peso entre los lados que miran al este y oeste. Al comienzo del día, el seguidor tiene la posición que corresponde al de la noche anterior, y necesita ser “despertado” por el sol saliente para exponer los paneles hacia esa dirección.

A partir de ese momento el calor del sol y el sombreado de los tanques permiten que el seguidor siga el movimiento acimutal con relativa precisión. El tiempo de despertado se alarga en climas fríos y para la versión diseñada para vientos fuertes. Estas unidades tienen amortiguadores para minimizar la acción del viento. El ángulo de inclinación se ajusta manualmente.

Seguidor activo.- Este diseño se ofrece en dos versiones: seguidor de un eje y seguidor de dos ejes. Algunos modelos son exclusivamente diseñados para seguir el movimiento acimutal y permiten, como en el anterior, un ajuste manual del ángulo de inclinación. Otros modelos ofrecen la opción de poder incorporar el movimiento de inclinación a posterior. Por último, los modelos más elaborados incorporan los dos movimientos automáticos.

Esta variedad de modelos permite abaratar los costos cuando no se necesita seguir la altura del sol con precisión. A diferencia del modelo pasivo, los activos utilizan pequeños motores eléctricos (24V), los que están comandados por una unidad de control que actúa respondiendo a la información recogida por el correspondiente sensor. Para llevar a cabo el movimiento toman un mínimo de energía (5 Wh/día), ya sea del banco de batería, o de los paneles, según el modelo usado”<sup>15</sup>.

#### **6.6.6 Separación entre filas.**

La separación entre filas de paneles afecta, por un lado, a la energía producida por el generador, a mayor separación, menores sombras y mayor energía, y por otro lado, al coste del sistema a mayor separación mayor ocupación de terreno y mayor longitud del cableado por lo que cabe definir una separación óptima, con aquella que conduce al mejor compromiso entre coste y energía.

---

<sup>15</sup> [www.electroinstalador.com/revista/pdf.php?num=56&pag=24](http://www.electroinstalador.com/revista/pdf.php?num=56&pag=24); Artículo referente al soporte donde se ubican los módulos fotovoltaicos.

### 6.6.7 Construcción de una celda fotovoltaica.

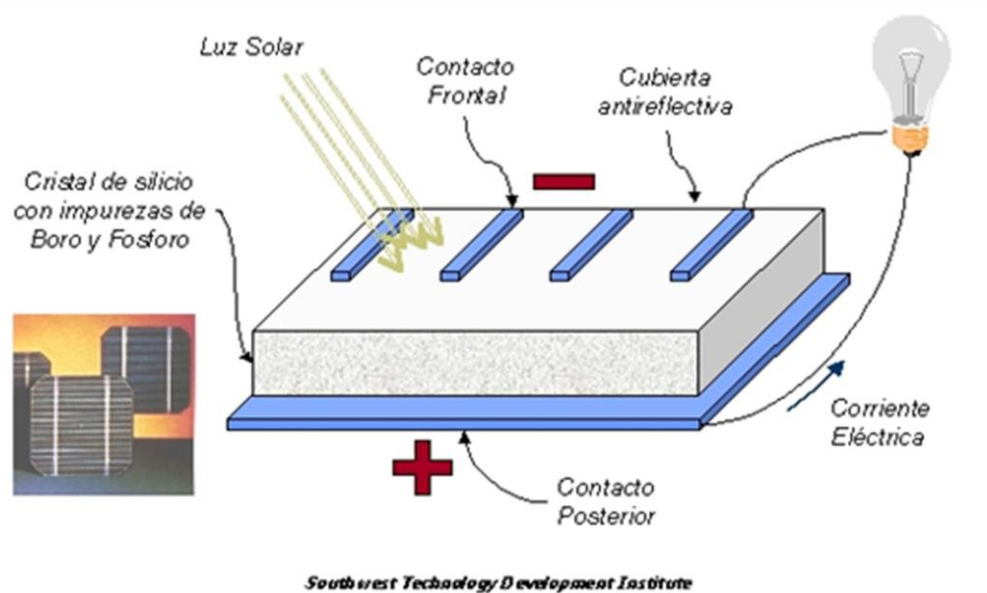


Figura 6.3 “Construcción de la Celda Solar”

Fuente: <http://www.electricidad-gratuita.com/produccion-celda-fvh-fv4.html>

### 6.6.8 Tipos de módulos fotovoltaicos

Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. En la figura 6.4 observamos los tipos de módulos solares según el material empleado para su fabricación.

Módulos de silicio monocristalino.- son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.

Módulos de silicio policristalino.- son ligeramente más baratos que los módulos de silicio monocristalino, aunque su eficiencia es menor.

Módulos de silicio amorfo.- tienen menor eficiencia que los 2 anteriores, pero un precio mucho menor. Además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared.

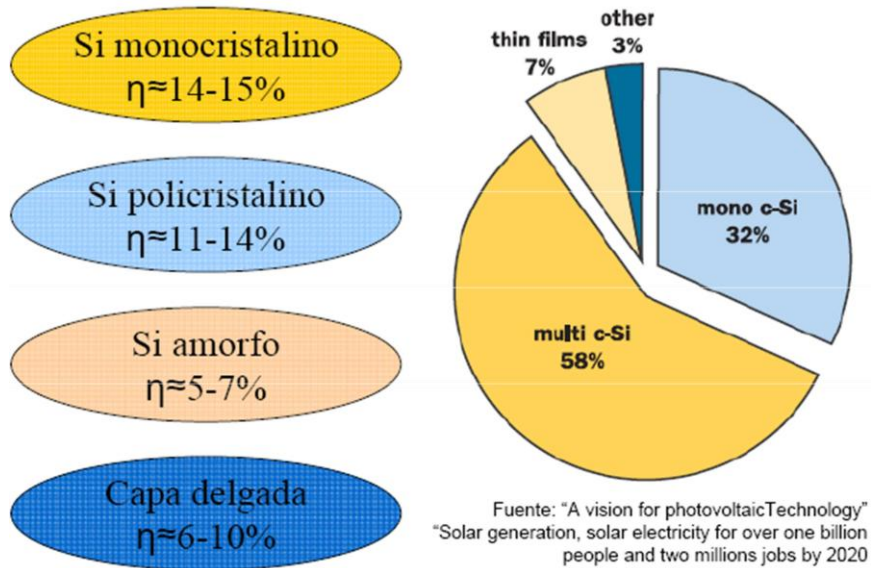


Figura 6.4 Tipos de módulos Solares

### 6.6.9 Conversión radiación - electricidad.

“Las radiaciones solares inciden sobre la superficie de un cristal semiconductor, llamada célula solar, y produce en forma directa una corriente eléctrica por efecto fotovoltaico ver la figura6.5.

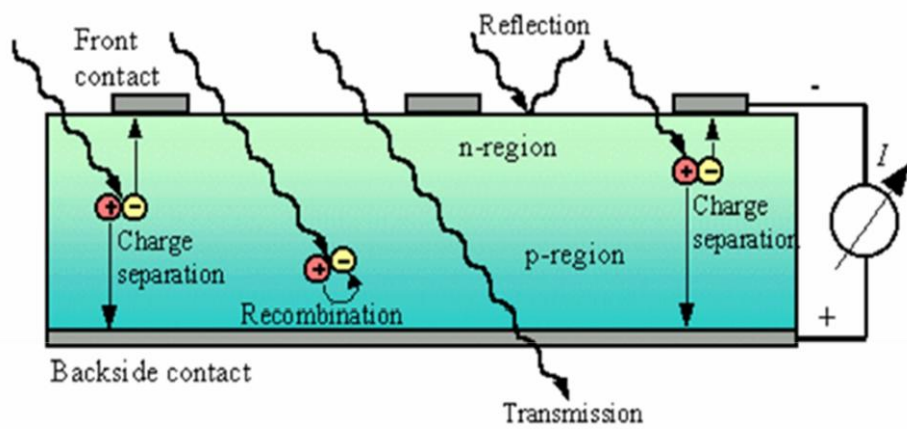
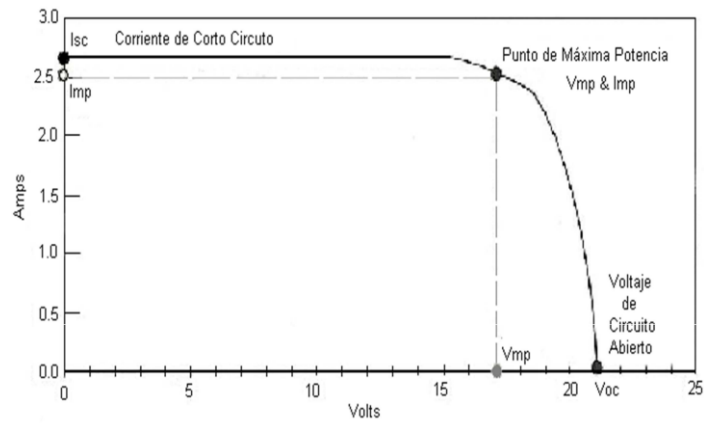


Figura 6.5 Conversión de Radiación - Electricidad

### 6.6.10 Características de corriente – voltaje (i-v).

El comportamiento y las características eléctricas del módulo fotovoltaico están determinados por la curva tensión-intensidad (V-I) del panel, indicadas en las figuras 6.6 a y b.



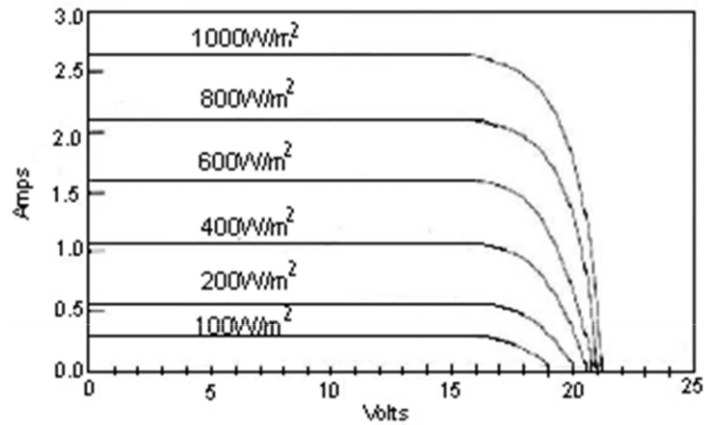


Figura 6.6 a Efecto de la potencia recibida

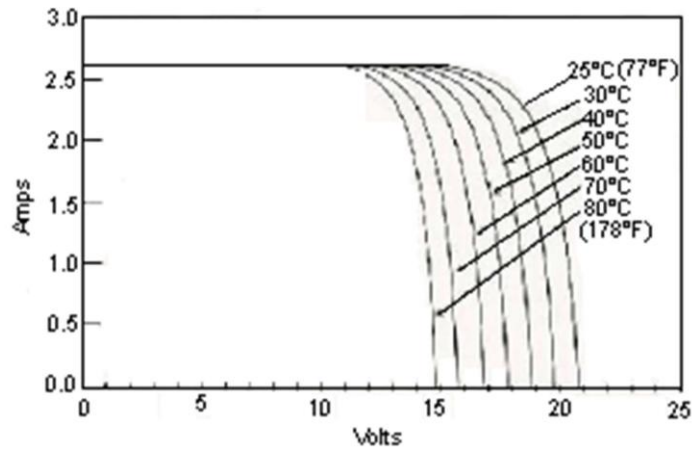


Figura 6.6.b Efecto de la temperatura

También son importantes otros parámetros de dicha curva, estos son:

La potencia máxima o potencia pico del módulo ( $P_{m\acute{a}xG}$ ).

La corriente de cortocircuito ( $I_{scG}$ ), que se obtiene al cortocircuitar los terminales del panel ( $V=0$ ) que al recibir la radiación solar, la intensidad que circularía por el panel es de corriente máxima.

La tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ), que se obtiene de dejar los terminales del panel en circuito abierto ( $I=0$ ), entre ellos aparece al recibir la radiación una tensión que será máxima.

Si se conecta una cierta carga al panel, el punto de trabajo vendrá determinado por la corriente  $I$  y la tensión  $V$  existentes en el circuito. Estos habrán de ser menores que los  $I_{sc}$  y  $V_{oc}$  definidos anteriormente. La potencia  $P$  que el panel entrega a la carga está determinada por  $P=V.I$ . A su valor más alto se le llama potencia máxima o potencia pico. Los valores de la corriente y de la tensión correspondiente a este punto se conocen respectivamente como:

Intensidad cuando la potencia es máxima o corriente en el punto de máxima potencia ( $I_{Pmáx}$ )

La tensión cuando la potencia también es máxima o tensión en el punto de máxima potencia ( $V_{Pmáx}$ )

Corriente de corto circuito, depende de la potencia recibida.

Tensión de circuito abierto, depende de la temperatura.

Potencia máxima: cambia con ambos.

Dichos parámetros se obtienen en unas condiciones estándares de medida de uso universal las cuales son las siguientes:



a) **Irradiación:**  $1 \text{ KW/m}^2$

Distribución espectral de la radiación incidente: AM 1.5 (AM→ Masa de Aire 844 W/m<sup>2</sup>)

Incidencia normal

b) **Temperatura de la célula:** 25°C

Otro parámetro que debe ser suministrado es la TONC o Temperatura de Operación Nominal de la Célula, y dicho parámetro se define como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a las siguientes condiciones de operación:

Una vez conocidos estos parámetros, podemos determinar cómo afectan diferentes factores a los módulos fotovoltaicos<sup>16</sup>.

#### **6.6.11 Intensidad de radiación.**

La intensidad aumenta con la radiación, permaneciendo más o menos constante el voltaje. Es importante conocer este efecto, ya que los valores de la radiación cambian a lo largo de todo el día, en función del ángulo del sol con el horizonte, por lo que es importante la adecuada colocación de los paneles, existiendo la posibilidad de cambiar su posición a lo largo del tiempo, bien según la hora del día o la estación del año. Un mediodía a pleno sol equivale a una radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$ . Cuando el cielo está cubierto, la radiación apenas alcanza los  $100 \text{ W/m}^2$ .

---

<sup>16</sup> [http://www.isofoton.com/technical/material/pdf/productos/fotovoltaica/modulos/Manual-instalacion-modulos-fotovoltaicos\\_esp.pdf](http://www.isofoton.com/technical/material/pdf/productos/fotovoltaica/modulos/Manual-instalacion-modulos-fotovoltaicos_esp.pdf); Se refiere a las características y comportamiento del panel

### **6.6.12 Temperatura de las células solares.**

La exposición al sol de las células provoca su calentamiento, lo que lleva cambios en la producción de electricidad. Una radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  es capaz de calentar una célula unos  $30^\circ\text{C}$  por encima de la temperatura del aire circundante, a medida que aumenta la temperatura, la tensión generada es menor, por lo que es recomendable montar los paneles de tal manera que estén bien aireados, y en el caso de que sea usual alcanzar altas temperaturas, plantearse la posibilidad de instalar paneles con un mayor número de células.

Este factor condiciona enormemente el diseño de los sistemas de concentración, ya que las temperaturas que se alcanzan son muy elevadas, por lo que las células deben estar diseñadas para trabajar en ese rango de temperatura.

### **6.6.13 Número de células por módulo.**

El número de células por módulo afecta principalmente al voltaje puesto que, cada una de ellas produce  $0,4\text{V}$ , es decir que el Voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) del módulo aumenta en esa proporción. Un panel solar fotovoltaico se diseña para trabajar a una tensión nominal  $V_{np}$ , procurando que los valores de  $V_{Pm\acute{a}x}$  en las condiciones de iluminación y temperatura más frecuentes coincidan con  $V_{np}$ .

Los parámetros bajo los que operan los paneles fotovoltaicos para una determinada localización hacen que la característica de voltaje DC de salida varíe dentro de un margen considerable a lo largo de todo el año. La radiación y la temperatura ambiente experimentan además otro tipo de variación debidos a factores diurnos y estacionarios.

#### 6.6.14 Influencia de la temperatura.

Al aumentar la temperatura:

Aumenta ligeramente la Intensidad de cortocircuito.

Disminuye la tensión de circuito abierto, aproximadamente en:  $-2,3 \text{ mV}/^\circ\text{C}$

El rendimiento decrece.

El Factor de Forma disminuye.

Para determinar el factor de forma se tiene la ecuación:

$$= \text{---} \times \text{---}$$

Donde:

$I_{MP}$ ;  $V_{MP}$  = Corriente y voltaje máximo pico

$V_{OC}$  = Voltaje de circuito abierto

$I_{SC}$  = Corriente de cortocircuito

#### 6.6.15 Baterías.

“Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos. Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.

Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza intensamente durante la noche para hacer funcionar tanto lámparas o bombillas así como un televisor o radio, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.

Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuado para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que pueden producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar). Por ejemplo, durante el encendido de un televisor o durante el arranque de una bomba o motor eléctrico.

#### **6.6.15.1 Capacidad de las baterías.**

Es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular, es decir, para un determinado tiempo de descarga, por ejemplo una batería de 130Ah es capaz de suministrar 130A en una hora o 13A

en diez horas. Para acumuladores fotovoltaicos es usual referirse a tiempos de descarga de 100 horas.

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar. También al igual que para módulos solares puede definirse el voltaje de circuito abierto y el voltaje en carga. Las baterías tienen un voltaje nominal que suele ser de 2, 6, 12, 24V, aunque siempre varíe durante los distintos procesos de operación. Es importante el voltaje de carga, que es la tensión necesaria para vencer la resistencia que opone el acumulador a ser cargado.

#### **6.6.15.2 Eficiencia de carga.**

Es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser remplazada para la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.

#### **6.6.15.3 Autodescarga.**

Es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse, es decir pierde su capacidad de entregar energía.

#### **6.6.15.4 Profundidad de descarga.**

Se denomina profundidad de descarga al valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado en una descarga. Como ejemplo, si tenemos una batería de 100Ah y la sometemos a una descarga de 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%.

A partir de la profundidad de descarga podemos encontrarnos con descargas superficiales (de menos del 20%) o profundas (hasta 80%). Ambas pueden

relacionarse con ciclos diarios y anuales. Es necesario recalcar que cuanto menos profundos sean los ciclos de carga/descarga, mayor será la duración del acumulador.

También es importante saber que, para la mayoría de los tipos de baterías, un acumulador que queda totalmente descargado, puede quedar dañado seriamente y perder gran parte de su capacidad de carga. Todos estos parámetros característicos de los acumuladores pueden variar sensiblemente con las condiciones ambientales, tal como ocurría en los módulos fotovoltaicos. En diferentes fases de desarrollo se encuentran baterías de distintos tipos, algunos de los cuales son:

Plomo ácido (Pb-ácido)

Níquel-Cadmio (Ni-Cd)

Níquel-Zinc (Ni-Zn)

Zn-Cloro (Zn-Cl<sub>2</sub>)

De todas ellas más del 90% del mercado corresponde a las baterías de plomo ácido, que, en general, y siempre que pueda realizarse un mantenimiento, son las que mejor se adaptan a los sistemas de generación fotovoltaica. Dentro de las de plomo ácido se encuentran las de Plomo Calcio (Pb-Ca) y las de Plomo-Antimonio (Pb-Sb). Las primeras tienen a su favor una menor auto descarga, así como un mantenimiento más limitado, mientras que las de Pb-Sb de tipo abierto y tubular se deterioran menos con la sucesión de ciclos y presentan mejores propiedades para niveles de baja carga.

Este segundo tipo de baterías soporta grandes descargas y siempre tienen, atendiendo a las condiciones de uso, una vida media de diez o quince años. Por su implantación a nivel comercial tiene también cierta importancia los acumuladores de Níquel-Cadmio, que entre otras ventajas frente a las de plomo ácido presentan la posibilidad de ser empleados sin elemento regulador, la posibilidad de permanecer largo tiempo con bajo estado de carga, la estabilidad en la tensión suministrada y un

mantenimiento mucho más espaciado en el tiempo. Sin embargo, su coste se cuadruplica y su baja capacidad a régimen de descarga lenta, desaconseja su uso en gran parte de las aplicaciones fotovoltaicas.

Todas estas baterías pueden presentarse en forma sellada, conocidas como libres de mantenimiento o sin mantenimiento, lo que es beneficioso para algunas aplicaciones. No obstante, presentan una duración muy limitada frente a los acumuladores abiertos, no existen en el mercado acumuladores estancos de alta capacidad y son más caros que los abiertos. El resto de baterías no presenta en la actualidad características que hagan recomendable su empleo en sistemas de electrificación fotovoltaica”<sup>17</sup>.

En relación a las baterías deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

Instalar las baterías en lugares ventilados, evitando la presencia de llamas cerca de las mismas.

Ajustar el nivel del electrolito hasta la altura recomendada por el fabricante, utilizando siempre agua destilada, nunca agua del grifo y teniendo especial precaución para no tocarlo ni derramarlo.

Una vez conectadas las baterías, los bornes deben cubrirse con vaselina.

No utilizar las baterías del sistema fotovoltaico para arrancar vehículos.

No debe utilizarse conjuntamente baterías de distintos tipos cuando no estén preparadas para ello.

Con el fin de prevenir posibles cortocircuitos debe respetarse la polaridad, las herramientas deben estar adecuadamente protegidas y las baterías o los

---

<sup>17</sup> [http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria\\_29.html](http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria_29.html); se refiere a las características y funcionamiento de las baterías.

terminales deben estar cubiertos para prevenir cortocircuitos accidentales por caída de objetos.

Las baterías deben estar colocadas por encima del nivel del suelo.

#### **6.6.15.5 Estanterías para baterías.**

Cuando el número de baterías crece, la caja es reemplazada por una estantería. Si usa baterías de electrolito líquido verifique que la separación entre estantes es lo suficientemente amplia como para permitir el uso de un densímetro.

Independientemente del tipo de batería a usarse, asegúrese que tiene suficiente espacio entre estantes para poder ajustar o cambiar los cables de baterías. Recuerde que en sistemas de mayor carga el conexionado entre baterías suele requerir un cableado serie-paralelo para alcanzar el voltaje y corriente demandado por la carga.

La estantería comercial usa metales (hierro o aluminio), los que son tratados contra la acción corrosiva del electrolito, ver la figura 6.7, lo que encarece el costo de los mismos. El uso de la madera abarata este costo, pero la protección contra la acción destructiva del ácido del electrolito es inevitable. Para controlar escapes o pequeños derrames, colocar las baterías dentro de bandejas plásticas, como las usadas con el mismo fin en los automotores. De ser posible, use baterías selladas, las que simplifican el problema.





Figura 6.7 Estantería típica para un banco de baterías

NOTA: Instalaciones que tengan un número elevado de baterías necesitarán un cobertizo de protección, el que debe tener aislación ambiental y ventilación al exterior, si ésta es requerida.

En sistemas de una o dos baterías el control de carga puede compartir el mismo recinto que el de las baterías si se usan las selladas. De lo contrario, es conveniente proteger el control de carga (CdC) dividiendo la caja en dos secciones. Ambas soluciones simplifican el cableado entre el CdC y el banco de baterías.

Cuando el sistema fotovoltaico (FV) es más complejo (inversor, protector por bajo voltaje de entrada, llaves interruptoras, Centros de Distribución de carga con varias entradas, así como elementos de monitoreo) es conveniente el uso de una caja comercial, con protección ambiental, la que está especialmente diseñada para simplificar el montaje y la interconexión de estos componentes. Para facilitar el acceso, esta caja suele ser ubicada en una zona de la casa habitación que normalmente se la utiliza para almacenaje.

#### **6.6.15.6 Fusible de baterías.**

Dado que un cortocircuito accidental a la salida del banco de reserva se traduce en una corriente de miles de amperes durante varios segundos, por razones de seguridad se debe incorporar un fusible en serie. Niveles tan elevados para la corriente de carga requieren que el fusible de batería sea capaz de interrumpir el circuito sin que se fundan sus contactos o su sostén.

#### **6.6.16 Regulador de voltaje.**

“Para un funcionamiento satisfactorio de la instalación en la unión de los paneles solares con la batería ha de instalarse un sistema de regulación de carga. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de los paneles autorregulados. El regulador tiene como regulación fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima.

Si, una vez que se ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inicia en la batería procesos de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligroso y, en cualquier caso, acortaría sensiblemente la vida de la misma.

Otra función del regulador es la prevención de la sobre descarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, siendo éste un fenómeno, que como ya se ha dicho, puede provocar una sensible disminución en la capacidad de carga de la batería en sucesivos ciclos. Algunos reguladores incorporan una alarma sonora o luminosa previa a la desconexión para que el usuario pueda tomar medidas adecuadas, como reducción del consumo, u otras.

Los reguladores más modernos integran las funciones de prevención de la sobrecarga y las sobredescargas en un mismo equipo, que además suministra información del estado de carga de la batería, la tensión existente en la misma y van provistos de sistemas de protección tales como fusibles, diodos, etc., para prevenir daños en los equipos debidos a excesivas cargas puntuales. Estos reguladores también pueden incorporar sistemas que sustituyan a los diodos encargados de impedir el flujo de electricidad de la batería a los paneles solares en la oscuridad, con un costo energético mucho menor.

También es interesante incorporar modelos de regulación que introducen modos de carga “en flotación”, lo cual permite una carga más completa de las baterías y un mejor aprovechamiento de la energía de los paneles. Las características eléctricas que definen un regulador son su tensión nominal y la intensidad máxima que es capaz de disipar.

Por otra parte en el mercado existentes diversos tipos de reguladores, con prestaciones muy distintas. En general, la mayoría de los reguladores están provistos de diferentes sistemas de medida (voltímetros, contadores) y de alarmas luminosas o sonoras para prevención de sobre cargas o descargas excesivas, incorporando además otras funciones para conocer en todo momento el estado de la instalación.

En ciertos casos, existe la posibilidad de conexión en el regulador un ordenador con el fin de conocer la evolución de la instalación. Los reguladores están diseñados para interrumpir el servicio de la instalación cuando así sea necesario, contándose con rearme automático (el propio regulador reanuda el suministro una vez solucionado el problema que originó la parada), o rearme manual. En ciertos casos (cuando la desconexión se produce por descarga excesiva de las baterías, por ejemplo), ciertos reguladores no permiten el rearme hasta que se alcance de nuevo el nivel mínimo de funcionamiento.

La complejidad o el grado de sofisticación de los reguladores aumentan a medida que aumenta el tamaño global de la instalación, existiendo una relación también entre las prestaciones del aparato y su precio final. También existen en el mercado, según se dijo anteriormente, y como un intento de reducir el costo de los sistemas fotovoltaicos, los paneles autorregulados.

Están diseñados para trabajar directamente conectados al subsistema de acumulación y adaptan automáticamente por si mismos la energía generada una vez que la acumulación ha alcanzado su grado de carga determinado.

Es decir, no incorpora ningún elemento especial de regulación y saca provecho de la adaptación natural entre las curvas características del panel y del acumulador en relación a la tensión. Los sistemas autorregulables son apropiados en instalaciones pequeñas y remotas, de mantenimiento difícil y en situaciones en que la captación se ha dimensionado de manera que es difícil que se produzcan sobrecargas.

El regulador debe colocarse en un lugar fácilmente accesible de forma que resulte cómodo utilizar los elementos de control del estado de la instalación que normalmente acompañan a este elemento. Es necesario que se realice una comprobación del calibrado de la tensión de salida, operación muy sencilla que dependiendo del tipo de regulador realizará el instalador<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga-indicaciones.html>; Artículo referente a las características y el funcionamiento del regulador de voltaje.

### **6.6.17 Inversor de voltaje.**

“Proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita. Los inversores son dispositivos que hacen la transferencia de energía de corriente continua (DC) a energía de corriente alterna (AC) según sea la necesidad, pudiendo ser esta monofásicos o trifásicos.

Algunos aparatos eléctricos, como lámparas, radios y televisores funcionan a 12 voltios (V) de corriente directa, y por lo tanto pueden ser energizados a través de una batería cuyo voltaje se mantiene relativamente constante alrededor de 12V. Por otra parte, hay lámparas, radios y televisores que necesitan 120V ó 110V de corriente alterna para funcionar.

Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 Voltios por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforme a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa de 12V de la batería en corriente alterna de 120V. Algunas de las características que se deben tener presente son las siguientes:

Demanda total de potencia de CA.

Forma de onda de salida del inversor.

Tensión de entrada y salida.

Protección de sobretensión.

Factor de potencia.

Modularidad<sup>19</sup>.

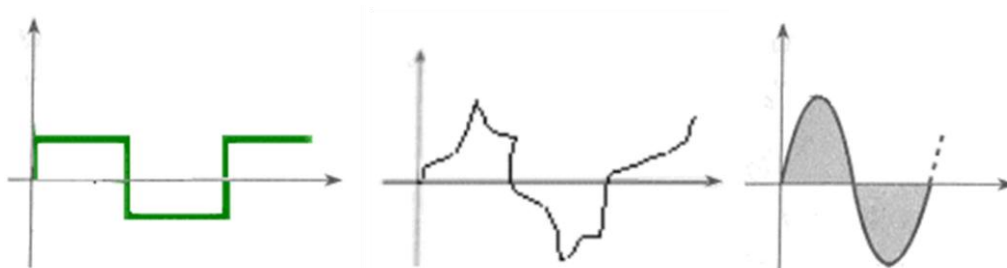
### 6.6.17.1 Clasificación de inversores según el tipo de onda.

Onda cuadrada.

Sinusoidal modificada.

Sinusoidal.

A continuación en la figura 6.8 se presentan los tipos de ondas producidas por inversores.



Onda Cuadrada

Onda Sinusoidal Modificada.

Onda Sinusoidal.

Figura 6.8 Tipos de ondas producidas por inversores

Un inversor viene caracterizado principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar a la del generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada).

---

<sup>19</sup> <http://es.scribd.com/doc/52482205/6/El-Inversor>; Artículo relacionado a las características y funcionamiento del inversor.

“La eficiencia del inversor varía en función de la potencia consumida por la carga. Esta variación es necesario conocerla, sobre todo si la carga en alterna es variable a fin de que el punto de trabajo del equipo se ajuste lo mejor posible a un valor promedio especificado. Se puede considerar la eficiencia al 70% de la carga como un parámetro de eficiencia significativo del inversor, debiendo de estar por encima del 70% cuando la tensión de entrada al inversor es de 24V y por encima del 80% cuando es del 110V. Otros aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores son:

Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga. No todos los inversores existentes en el mercado cumplen estas características. Sin embargo, es cada vez más sencillo equipos específicamente diseñados para cubrir plenamente estas aplicaciones.

Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.

Incorporar rearme y desconexión automáticas cuando no se esté empleando ningún equipo de corriente alterna.

Admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 200% de su potencia máxima.

Cumplir con los requisitos, que para instalaciones de 220V. CA. establece el Reglamento de baja tensión.

En cualquier caso la definición del inversor a utilizar debe realizarse en función de las características de la carga. En función de esta última se podrá acudir a equipos más o menos complejos. Se recomienda acudir a inversores diseñados específicamente para aplicaciones fotovoltaicas. Por otra parte, existen en el mercado tipos muy diferentes de inversores, con grados de complejidad y prestaciones muy variables. Según el tipo de cargas que vaya a alimentar, es posible a inversores muy simples, de onda

cuadrada o si así se requiere, inversores de señal senoidal, más o menos sofisticados”<sup>20</sup>.

### 6.6.17.2 Conexión de paneles fotovoltaicos al inversor.

El modo de conexión de módulos fotovoltaicos al inversor puede realizarse principalmente de tres maneras:

Un número de paneles fotovoltaicos conectados entre sí está conectado a un inversor central que convierte la corriente continua en alterna ver la figura 6.9. Las potencias con que se trabaja en este caso son del orden de centenas de kW.

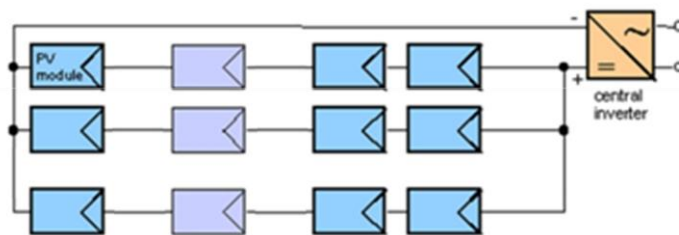


Figura 6.9 Todos los módulos conectados a un solo inversor

Cada línea de módulos fotovoltaicos conectados en serie a un solo inversor, como indica la figura 6.10.

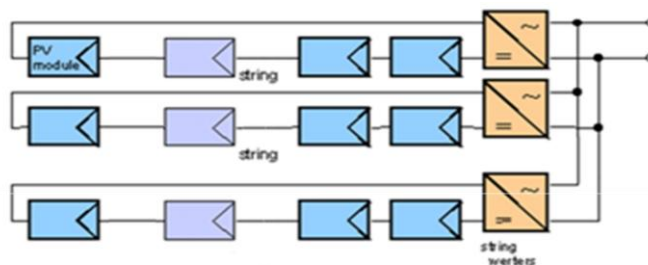


Figura 6.10 Inversores independientes para cada serie de módulos fotovoltaicos

<sup>20</sup> <http://www.bfisolar.es/Dossier-204.htm>; Se refiere a la configuración de inversores



Un inversor para cada modulo fotovoltaico consiste la última posibilidad para la conexión de los paneles como indica la figura 6.11.

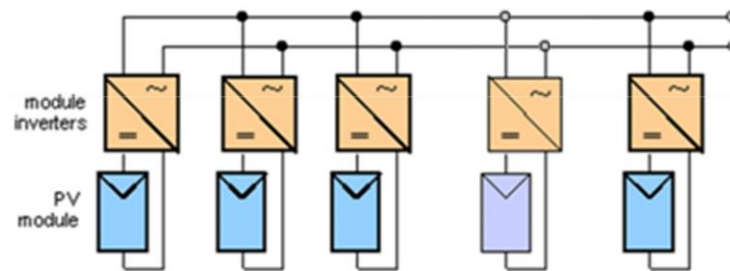


Figura 6.11 Conexión módulo por inversor.

Antes de producir electricidad, la fabricación, la instalación de los sistemas, el desmantelamiento y el reciclaje al final de la vida útil, necesitaron una cierta cantidad de energía que debe ser devuelta antes de considerar la electricidad fotovoltaica renovable y limpia.

Aunque no sea un problema para la comunidad científica y la industria del fotovoltaico, rumores persisten considerando el estatuto renovable de esta energía. Hasta se le asocia un impacto negativo sobre el medio ambiente.

#### **6.6.18 Centros de carga o tableros eléctricos.**

Los equipos y aparatos eléctricos se conectan en circuitos, directamente a un tablero de breakers o centro de carga. Es posible emplear fusibles. Los breakers y fusibles cumplen la función de proteger a los aparatos eléctricos de sobrecargas o sobrevoltajes en los circuitos evitando el daño de los aparatos.

#### **6.6.19 Cables de conexión.**

La selección de los cables de conexión en un sistema fotovoltaico, es importante porque:

El nivel de la corriente de carga es elevado.

Estos cables están expuestos a condiciones ambientales extremas (calor, frío, humedad, rayos ultra-violetas, etc.), y, en algunos casos, al ataque de roedores.

La caída de voltaje entre la entrada y la salida debe mantenerse baja (entre un 3 y un 4% del valor nominal).

Cuando se vinculan los paneles fotovoltaicos al bloque de carga, la corriente no puede ser dividida, de manera que por estos cables circulará la corriente total del sistema, incluyendo las pérdidas.

#### **6.6.19.1 Aspectos del cableado.**

El análisis del cableado de un sistema FV comprende dos aspectos diferentes:

Las características físicas del conductor (metal usado, longitud, y superficie de la sección conductora).

El tipo de aislación requerida por las condiciones de uso.

Las características físicas definen la resistencia eléctrica y mecánica del conductor, los diámetros para varios tipos, así como la variación de la resistencia cuando aumenta la temperatura de trabajo.

El tipo de aislación contempla, para las condiciones ambientales en donde el cable va a ser usado, cual es el material aislante más adecuado.

#### **6.6.19.2 Alambres y cables**

Cuando se tiene un solo conductor, se habla del alambre de conducción, cuando se tienen varios alambres retorcidos (o paralelos), se habla del cable de conducción

como indica la figura 6.12. Por ejemplo el típico cable a tierra nunca lleva aislación. La figura muestra un alambre y un cable, ambos con aislación exterior.

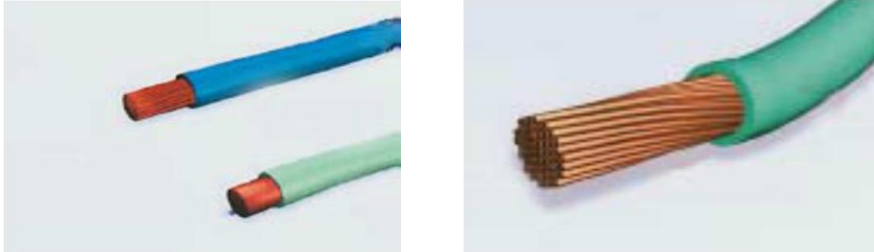


Figura 6.12 Alambre y cable conductor

#### **6.6.20 Protecciones.**

Los reglamentos exigen que todo circuito debe estar protegido contra sobrecargas (sobrecargas, cortocircuitos).

El fusible es un elemento de protección contra las sobrecargas que dependiendo del tipo de curva que éste posea protegerá contra sobrecargas y cortocircuitos o solamente contra cortocircuitos.

El principio del fusible está basado en que al ser construido mediante una aleación metálica al circular una corriente elevada o sobrecarga que exceda el valor predeterminado del fusible se funde interrumpiendo el circuito protegiéndolo aguas abajo del mismo.

Actualmente los hilos o pletinas de los fusibles están construidos con cobre o aleación de plata (o por ejemplo Cu, Mn12, Ni) encerrados en un cartucho cilíndrico cerámico relleno de arena de cuarzo (aunque pueden

constituir varios hilos o pletinas en paralelo), se construyen así porque al fundir el hilo del fusible se crea un arco que es absorbido por la arena de cuarzo y además evita

las dispersión del hilo fundido al exterior, a este tipo de fusibles se les llama cartuchos fusibles ver figura 6.13.



Figura 6.13 Fusible con cartucho cilíndrico

Existen muchos tipos de fusibles sus características variarán en función de qué protejan; cables, motores, semiconductores, etc.

#### 6.6.20.1 Características básicas de los fusibles.

a) **Tensión nominal:** tensión para la que ha sido previsto su funcionamiento, los valores más habituales son: 250, 400, 500 y 600 v en baja tensión, también existen fusibles para alta tensión, aunque en el rango de la media tensión.

b) **Intensidad nominal:** es la intensidad que puede soportar indefinidamente, sin sufrir ningún deterioro los componentes de dicho elemento. Los valores habituales son: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 35, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250A.

c) **Intensidad de fusión y de no fusión del fusible:** la intensidad de fusión es la intensidad a la cual el fabricante asegura su fusión. La intensidad de no fusión es la máxima intensidad del fusible que el fusible es capaz de soportar con la seguridad de no fundir, entre la diferencia de estos valores se crea un banda de dispersión en la cual no puede asegurarse la fusión del fusible.

d) **Curva de fusión:** indican el tiempo de desconexión en función de la corriente para un fusible concreto.

e) **El poder de corte:** es la máxima corriente en valor eficaz que puede interrumpir un fusible.

Existen muchos tipos de fusibles pero tomaremos en cuenta solo los utilizados en instalaciones fotovoltaicas

### 6.6.21 Fusibles para aplicaciones Fotovoltaicas.

“La instalación se complementa con las correspondientes protecciones contra las sobretensiones transitorias, tanto en la parte de continua como en la de alterna, diversos seccionadores que permiten cortar algunas secciones de la instalación para tareas de mantenimiento y protección<sup>21</sup>, como indica la figura 6.14.

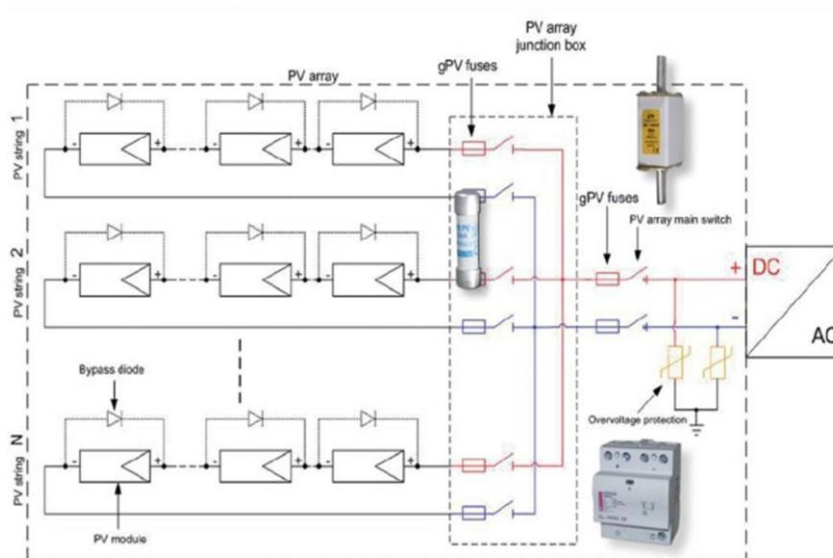


Figura 6.14 Colocación de diversas protecciones en la instalación

<sup>21</sup> <http://www.directindustry.es/prod/mersen/fusibles-para-aplicaciones-fotovoltaicas-17272-585861.html>; Se refiere a la aplicación de los fusibles fotovoltaicos.

“El material instalado en la parte de corriente alterna, es el normalmente utilizado en las instalaciones de baja tensión, sin embargo, es en la parte de corriente continua donde debido a las especiales condiciones de trabajo se han tenido que desarrollar materiales y componentes específicos para este tipo de instalaciones, desde cables hasta protectores de sobretensiones, seccionadores y lógicamente unos fusibles de protección adecuados.

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos en la parte de corriente continua  
En la parte de corriente continua las condiciones de trabajo tienen unas peculiaridades que hacen que la protección sea mucho más compleja:

Corriente continua (DC): Es más difícil la interrupción de la corriente continua que la alterna. El hecho de que no pase por cero dificulta la extinción del arco en el interior del fusible (especialmente con corrientes débiles). La constante detiempo a considerar en la práctica es muy baja (del orden de  $L/R \approx 1 \text{ ms}$ ) ya que la única inductancia del circuito es prácticamente la de los cables.

Valores elevados de tensión: Con la finalidad de aumentar la potencia de las instalaciones y mejorar el rendimiento del sistema, se trabaja a tensiones elevadas (cerca de 900 V DC). Esto además posibilita que los inversores puedan trabajar sin transformador lo que redundará en un mejor rendimiento y en una reducción de costes.

Corrientes de defecto débiles: Las células fotovoltaicas cuando son cortocircuitadas aportan bajas corrientes de defecto, por lo que los fusibles para esta aplicación (PV) como muestra la figura 6.15 deben ser capaces de interrumpir sobrecorrientes débiles. Estas condiciones, sumadas a que es corriente continua y con valores de de tensión elevados hacen que el fusible deba trabajar en condiciones muy difíciles.



Figura 6.15 Fusible fotovoltaico de bajas corrientes

Variación constante de corriente: Los ciclos día/noche y el paso de nubes hacen que la corriente varíe continuamente a través de los fusibles, generando continuos calentamientos y enfriamientos que producen stress térmico y mecánico en los materiales, especialmente en el elemento de fusión.

Si el fusible no está preparado para ello, se produce un envejecimiento prematuro que provoca la fusión intempestiva del mismo, con la consiguiente desconexión del grupo de módulos, la pérdida de potencia generada y la necesidad de intervenir para la reposición del mismo, con los perjuicios económicos que se derivan.

Por todos estos motivos, no deben utilizarse fusibles de uso general gG en la parte de DC, ya que no cumplen los requisitos para estas instalaciones y en caso de defecto no pueden interrumpir la corriente de forma segura, con resultados catastróficos para el resto de la instalación y para las personas<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> [http://www.df-sa.es/es/blog/labels/protecci=C3=B3n\\_de\\_instalaciones\\_fotovoltaicas.html](http://www.df-sa.es/es/blog/labels/protecci=C3=B3n_de_instalaciones_fotovoltaicas.html); Se refiere a los lugares del sistema fotovoltaico en donde se deben colocar las protecciones

### 6.6.22 Ecuaciones para el diseño fotovoltaico.

#### a) Estimación de pérdidas

Para el cálculo de las pérdidas se debe tomar el valor de rendimiento de cada uno de los componentes del sistema.

- a.  $\eta_T(\%)$  es el rendimiento de operación, que tiene en cuenta las pérdidas debidas a que la temperatura de operación de las células es unos 20 °C mayor que las condiciones estándar<sup>23</sup>. Generalmente se considera como un 90%.
- b.  $\eta_B(\%)$  es el rendimiento del sistema de acumulación, es el rendimiento farádico<sup>24</sup> de la batería donde es considerado un 90%
- c.  $\eta_R(\%)$  Es el rendimiento del regulador. Donde por diversos factores el rendimiento no puede ser el 100% así que se tomara como rendimiento el 90%.
- d.  $\eta_C(\%)$  Es el rendimiento de los conductores, tomando en cuenta el porcentaje de caída de voltaje calculado.

$$\eta_C = (1 - \% \text{caída de tensión})^2$$

se promedia a una caída de tensión del 3%

$$\% = 1 - \%$$

$$\% = 1 - 0.02$$

$$\% = 94.09\%$$

- e.  $\eta_O(\%)$  Es el rendimiento por otros factores (polvo, edad, suciedad, etc), también conocido como factor de seguridad y es igual a 1.15, en porcentaje va a ser igual a:

$$1_{\#1.15} = 0.86956 = 86.96\%$$

---

<sup>23</sup> Condiciones estándar: temperatura a 25 °C, irradiación a 1000W/m<sup>2</sup>

<sup>24</sup> Relación entre la corriente extraída y la corriente necesaria para establecer el estado de carga inicial



$$\& \% = 0.8696 \times 100$$

$$\& \% = 86.96\%$$

A continuación presentamos en la tabla 6.1 los valores y cálculo de rendimiento total para el sistema fotovoltaico

Rendimiento	Asignación	Porcentaje
Rendimiento por perdidas de temperatura	$\eta_T$	96.00%
Rendimiento por perdidas en los acumuladores	$\eta_B$	96.00%
Rendimiento por perdidas en el regulador	$\eta_R$	97.00%
Rendimiento por perdidas de en los conductores	$\eta_C$	96.09%
Rendimiento por perdidas de otros factores	$\eta_O$	95.96%
	$\eta_{Total}$	82.42%

Tabla 6.1 Tabla de rendimiento por cada equipo y total

Para el cálculo del rendimiento total utilizaremos la siguiente formula, cuyos datos están expuestos en la tabla anterior.

$$\eta_{Total} = \eta_T * \eta_B * \eta_R * \eta_C * \eta_O (\%) = 82.42\%$$

#### b) Demanda de potencia

$$\text{Demanda total} = C_E + (C_E * F_s) \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

$C_E$  = Consumo de energía

$F_s$  = Factor de seguridad ( $F_s = 0.10$ )

**c) Demanda del sistema en amperios hora (Ah).**

En la tabla 6.7 se muestran los datos necesarios, así como también los cálculos para la demanda del sistema:

$$C = P_{*+} + -_ \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

$P_{*+}$  → Potencia en corriente alterna

$-_$  → Potencia en corriente directa

**Para calcular los Amperios en hora ( $I_h$ ) utilizaremos la siguiente fórmula:**

$$I = \frac{-012342}{5678290407 ; ; :8012} \leq h? \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

Voltaje del sistema= es el voltaje de los módulos fotovoltaicos (24Vdc)

Demanda= potencia en Wattios que consume el departamento financiero

**Para calcular los Amperios efectivos en hora ( $I_{hE}$ ) se utilizará la fórmula:**

$$I_{hE} = \frac{A_B}{CD40EF242G;63407 ; ; :8012} \leq h? \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

Degradación del sistema= pérdidas del sistema

**Para el cálculo de carga total en amperios hora ( $Total_{Ic}$ ) se utilizará la fórmula:**

$$H \quad I_{AG} = \frac{A_{BJ}}{CDF0:0FK2 LM8MF2} \leq h? \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

Reserva futura= factor de seguridad

**d) Dimensionamiento del sistema de acumulación.**

Para el cálculo del banco de baterías se utilizará los datos especificados en la tabla 6.8, los cuales también deberán ser calculados.

**Para el cálculo Total de amperios requeridos / hora (Total<sub>IR</sub>) se requiere la fórmula:**

$$H \quad I_{AN} = H \quad I_A * \mu_P \leq h? \text{ Ecuación (6)}$$

Donde:

D<sub>A</sub>= Días de Autonomía.

**Para el cálculo Capacidad del banco de baterías (C<sub>BB</sub>) se requiere la fórmula:**

$$Q_Q = \frac{R6827_{ST}}{4} \leq h? \text{ Ecuación (7)}$$

Donde:

PdD= profundidad de descarga

**Para el cálculo Número de baterías (N<sub>B</sub>) se tendrá la fórmula:**

$$U_Q = \frac{VV}{A_{WV}} \mu \text{ Ecuación (8)}$$

Donde:

I<sub>NB</sub>=Corriente nominal de la batería

**Para el cálculo Baterías por cada serie (B<sub>C/S</sub>) se tendrá la fórmula:**

$$Y_{G/:} = \frac{5678[90 \ 407 \ ;;8012 -}{5678290 \ 40 \ 72 \ \backslash 280F;2} \mu \text{ Ecuación (9)}$$

**Para el cálculo Total de baterías a utilizar (Total<sub>B</sub>) se tendrá la fórmula:**

$$H \quad I_Q = Y_{G/:} * U_Q \mu \text{ Ecuación (10)}$$

Donde:

B<sub>C/S</sub>= baterías reueridas por cada serie(arreglo)

N<sub>B</sub>= Número de baterías

**Para el cálculo Total de corriente en cada grupo de baterías ( ] ^ \_ ` a\_b\_c );** debido a las necesidades del sistema se optó por realizar una configuración serie paralelo lo cual significa que las baterías estarán conectadas en 2 series de 10 paralelos y se usará la fórmula:

$$H \quad I_{AQ} = U_Q * Q \leq h? \text{ Ecuación (11)}$$

Donde:

$I_B$  = Corriente de la batería (dado por el fabricante)

**e) Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos.**

En la tabla 6.9 podemos encontrar los datos necesarios para el dimensionamiento de los módulos, también en la parte inferior podemos encontrar los cálculos realizados para evaluar los módulos.

**Cálculo de los Amperios máximos suministrados al día** ( $I_{max}$ ), para encontrar la corriente que captan los módulos fotovoltaicos se deberá realizar el cálculo utilizando los datos del mes en el que exista más baja radiación solar, con esto garantizaremos el funcionamiento correcto del sistema, y se utilizará la fórmula:

$$I_{max} = \frac{E_{total}}{G_d \times 24 \times 3600} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

$G_d$  = Radiación solar diaria (en el peor mes del año)

$E_{Total}$  = Energía total consumida por el departamento financiero

**Cálculo de Amperios Total al día**, debido a las pérdidas tanto del regulador, el acumulador y los demás componentes del sistema la corriente máxima al día debe ser multiplicada por 1.21 el cual representa un factor de seguridad, y se requiere la fórmula:

$$I_{total} = I_{max} \times 1.21 \quad \text{Ecuación (13)}$$

**Para el cálculo de Número de módulos calculado ( $r_{st}$ ) se requiere la fórmula:**

$$U = \frac{A_{total}}{A_{module}} \times \frac{568290}{5678290} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde:

→ Corriente pico del panel<sup>25</sup>

Voltaje nominal del módulo= dado por el fabricante

**Para calcular Módulos por serie<sup>26</sup> ( $S_n$ ) se requiere la fórmula:**

$$S_n = \frac{I_{p,panel}}{I_{F027}} \mu \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

$N_{...}$  → Número de series (agrupación de módulos fotovoltaicos)

**Para calcular Total módulos a instalar ( $N_{total}$ ) se requiere la fórmula:**

$$N_{total} = S_n \cdot N_{series} \quad \text{Ecuación (16)}$$

Donde:

$S_n$  → Los módulos conectados en serie reales

**Para calcular Total potencia del arreglo ( $P_{total}$ ) se requiere la fórmula:**

$$P_{total} = N_{total} \cdot P_{p,panel} \quad \text{Ecuación (17)}$$

Donde:

$P_{p,panel}$  → Potencia pico del panel

**Para calcular Producción del Arreglo / día ( $E_{día}$ ) se requiere la fórmula:**

$$E_{día} = P_{total} \cdot h_{día} \quad \text{Ecuación (18)}$$

Donde:

$G_d$ = radiación solar diaria

**Para calcular Producción Arreglo / mes ( $E_{mes}$ ) se requiere la fórmula:**

$$E_{mes} = E_{día} \cdot 30 \quad \text{Ecuación (19)}$$

<sup>25</sup> Corriente pico del panel indicada por el fabricante

<sup>26</sup> Módulos por serie: se indica al número de módulos agrupados en serie o paralelo según la necesidad.

**Para calcular Área del arreglo ( $A_{parr}$ ) se requiere la fórmula:**

$$A_{parr} = I_{sc} \cdot h \cdot H \quad \text{Ecuación (20)}$$

**f) Distancia entre módulos.**

Cabe resaltar que se debe calcular la distancia a la que se situarán los módulos uno de tras de otro para no opacar la radiación del sol. Para ello se necesitaran los siguientes datos y la fórmula correspondiente.

$$D = \frac{P_{max} \cdot \cos(\alpha)}{I_{sc} \cdot \cos(\beta)} \quad \text{Ecuación (21)}$$

Donde:

Altura de inclinación= inclinación del panel fotovoltaico

**g) Dimensionamiento del regulador.**

Para el cálculo de la corriente que debe soportar el regulador se hará uso de los datos proporcionados en la tabla 6.10, donde también se encuentra el valor de la corriente nominal del regulador.

Para hallar la corriente total del sistema se debe prevenir un aumento en los niveles de voltaje e intensidad que suministran los módulos fotovoltaicos, situación que puede darse debido a condiciones climatológicas, para ello tomaremos un factor de 1.25 de aumento de los mismos.

**Calculo de la Capacidad del regulador ( $C_R$ ),** se especifica que la capacidad del regulador establece el flujo de corriente solamente para una de las conexiones en paralelo, es decir que por cada grupo se utilizará un regulador de carga. Esto se visualizará posteriormente en el diseño de la circuitería y conexiones.

$$N = \frac{C_R}{I_{sc} \cdot 1.25} \quad \text{Ecuación (22)}$$

Donde:

$P_{pv}$  → Potencia pico del panel<sup>27</sup>

$V_{in}$  = voltaje del sistema.

#### **h) Dimensionamiento del inversor.**

A continuación en la tabla 6.11 se muestra los datos requeridos para el dimensionamiento del inversor.

**Cálculo de potencia nominal del inversor ( $P_{Inv}$ )** debe ser igual a la carga instalada más un 25% por razones obvias de seguridad, se utilizará la fórmula:

$$P_{Inv} = Fac_{seg} * P_{inst} \quad \text{Ecuación (23)}$$

Donde:

$Fac_{seg}$  = Factor de seguridad (25%)

$P_{inst}$  = Potencia instalada

#### **i) Dimensionamiento de conductores.**

Para el dimensionamiento de los conductores es necesario la longitud requerida por cada tramo entre los equipos, para ello utilizaremos los datos obtenidos en la investigación de campo, los cuales se presentan en la tabla 6.12 a continuación.

**Para el cálculo de la corriente entre la batería y el inversor ( $I_{B@N}$ ) se usará la fórmula:**

$$I_{B@N} = \frac{P_{inv}}{V_{in}} \quad \text{Ecuación (24)}$$

<sup>27</sup> La potencia pico del panel viene indicada por el fabricante

Donde:

-  $P$  → Potencia instantánea

Voltaje DC= voltaje de salida de las baterías(48Vdc)

**Para el cálculo de la corriente entre el inversor y el breaker AC**

**(  $I_{AC}$  ) se usará la fórmula:**

$$I_{AC} = \frac{P}{V_{DC}} \quad \text{Ecuación (25)}$$

Para el cálculo de los conductores se establecen los siguientes parámetros.

**Para el cálculo de la Caída de Tensión ( $\Delta V$ ) se utilizará la fórmula:**

$$\Delta V = R \cdot I \cdot L \cdot \% \quad \text{Ecuación (26)}$$

Donde:

$R$  → Resistividad del Cobre =  $0,01754 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

$I$  → Intensidad en Amperios

$L$  → Longitud o distancia del Cable en metros

**Para el cálculo de la Sección del conductor en corriente alterna ( $S_p$ ) se utilizará la fórmula:**

$$S_p = \frac{I \cdot L \cdot \%}{k \cdot V} \quad \text{Ecuación (27)}$$

Donde:

$k$  → Conductividad del Cobre =  $56 \text{ m} \cdot \Omega \cdot \text{mm}^2$

$V$  → Tensión a la que trabaja el Cable en Voltios

$\%$  → es el porcentaje de caída de tensión admisible



**Para el cálculo de la Sección del conductor en corriente continua (E-<sub>cc</sub>) se utilizará la fórmula:**

$$S_c = \frac{9 \cdot \Delta \cdot I \cdot L}{\Delta V} \quad \text{Ecuación (28)}$$

Donde:

$\Delta$  → Caída de voltaje

I → Intensidad en Amperios

L → Longitud o distancia del Cable en metros

En la tabla 6.2 los valores de caídas de tensión en porcentaje, los cuales están divididos en tramos y nos serán de gran utilidad para calcular la sección del cable.

TRAMO DEL SISTEMA	CAÍDA DE TENSIÓN (% DE VN)
Módulo – módulo	1%
Módulo – regulador	3%
Regulador - Baterías	1%
Baterías - Inversor	1%
Inversor – Breaker AC	5%

Tabla 6.2 Caídas de tensión por cada tramo

**Para el cálculo de la sección del conductor**, en la tabla 6.13 se indican los valores calculados en el dimensionamiento de los conductores, el valor de la sección del conductor está calculado en milímetros cuadrados que a su vez han sido transformados a valores AWG cuya tabla se encuentra en el **AnexoB**. Los cálculos deberán estar acorde con las normativas utilizadas en el montaje de sistemas fotovoltaicos.

Para el cálculo de Caída de tensión entre módulos ( $\Delta i_{dof@a^Ddof@a^}$ ) se utilizará la fórmula:

$$\Delta i_{dof@a^Ddof@a^} = \frac{\Delta \%}{100\%} * \text{¿ ?}$$

Para el cálculo de la Sección de cable entre módulos ( $E_{dof@a^Ddof@a^}$ ) se utilizará la fórmula:

$$E_{dof@a^Ddof@a^} = \frac{2 * \phi *}{56 * \Delta} \langle \langle \langle ?$$

Para el cálculo de Caída de tensión entre el módulo y el regulador ( $\Delta i_{dof@a^D\% \cdot \text{a} \text{ f}^{\%}}$ ) se utilizará la fórmula:

$$\Delta i_{dof@a^D\% \cdot \text{a} \text{ f}^{\%}} = \frac{\Delta \%}{100\%} * \text{¿ ?}$$

Para el cálculo de la Sección de cable entre el módulo y el regulador ( $E_{dof@a^D\% \cdot \text{a} \text{ f}^{\%}}$ ) se utilizará la fórmula:

$$E_{dof@a^D\% \cdot \text{a} \text{ f}^{\%}} = \frac{2 * \phi *}{56 * \Delta} \langle \langle \langle ?$$

Para el cálculo de Caída de tensión entre la batería y el regulador ( $\Delta i_{a \text{ } \cdot \text{ } \text{D} \cdot \text{ } \text{a} \text{ f}^{\%}}$ ) se utilizará la fórmula:

$$\Delta i_{a \text{ } \cdot \text{ } \text{D} \cdot \text{ } \text{a} \text{ f}^{\%}} = \frac{\Delta \%}{100\%} * \text{¿ ?}$$

Para el cálculo de la Sección de cable entre la batería y el regulador ( $E_{a \text{ } \cdot \text{ } \text{D} \cdot \text{ } \text{a} \text{ f}^{\%}}$ ) se utilizará la fórmula:

$$E_{a \text{ } \cdot \text{ } \text{D} \cdot \text{ } \text{a} \text{ f}^{\%}} = \frac{2 * \phi *}{56 * \Delta} \langle \langle \langle ?$$

Para el cálculo de Caída de tensión entre la batería y el inversor ( $\Delta i_{a-bat}$ ) se utilizará la fórmula:

$$\Delta i_{a-bat} = \frac{\Delta \%}{100\%} * I_{N} ?$$

Para el cálculo de la Sección de cable entre la batería y el inversor ( $E_{a-bat}$ ) se utilizará la fórmula:

$$E_{a-bat} = \frac{2 * \phi * I_{N}}{56 * \Delta} < C C ?$$

Para el cálculo de Caída de tensión entre el inversor el breaker de alterna ( $\Delta i_{g-breaker}$ ) se utilizará la fórmula:

$$\Delta i_{g-breaker} = \frac{\Delta \%}{100\%} * I_{N} ?$$

Para el cálculo de la Sección de cable entre el inversor el breaker de alterna ( $E_{g-breaker}$ ) se utilizará la fórmula:

$$E_{g-breaker} = \frac{2 * \phi * I_{N}}{56 * \Delta} < C C ?$$

#### j) Dimensionamiento de protecciones.

Protecciones del módulo al regulador, las cuales se realizarán de la siguiente manera.

Para calcular Corriente del conductor ( $I_{c}$ ) se requiere la fórmula:

$$I_{c} = 125\% * I_{N} \text{ Ecuación (29)}$$

Donde:

$I_{N}$ = Corriente nominal

Factor de seguridad=125%

**Para calcular Corriente del fusible ( -) se requiere la fórmula:**

$$I_f = 125\% * I_c \quad \text{Ecuación (30)}$$

Donde:

$I_c$ = Corriente conductor

Factor de seguridad=125%

### **6.7 Metodología.**

Según la explicación del subtema anterior en donde se encuentran los fundamentos teóricos que servirán de base a la propuesta se puede empezar a desarrollar el tema, en este apartado hablaremos sobre el dimensionamiento de equipos y el diseño del sistema fotovoltaico los cuales serán necesarios para satisfacer los objetivos planteados. Adicionalmente se explicaran el funcionamiento y la razón por la cual dichos equipos fueron dimensionados.

Para poder realizar el análisis, dimensionamiento y diseño del sistema fotovoltaico se necesita de un diagrama explicativo es decir, se hará uso de un diagrama de bloques en el cual se representa de forma general como se da inicio al sistema activado por rayos solares, cual es el voltaje que entrega luego de pasar por las celdas o captadores de radiación, seguidamente cuales son los equipos encargados de que el voltaje sea apto para que se pueda conectar al mismo una carga o en el caso de la propuesta un equipo informático. Véase la figura 6.16.

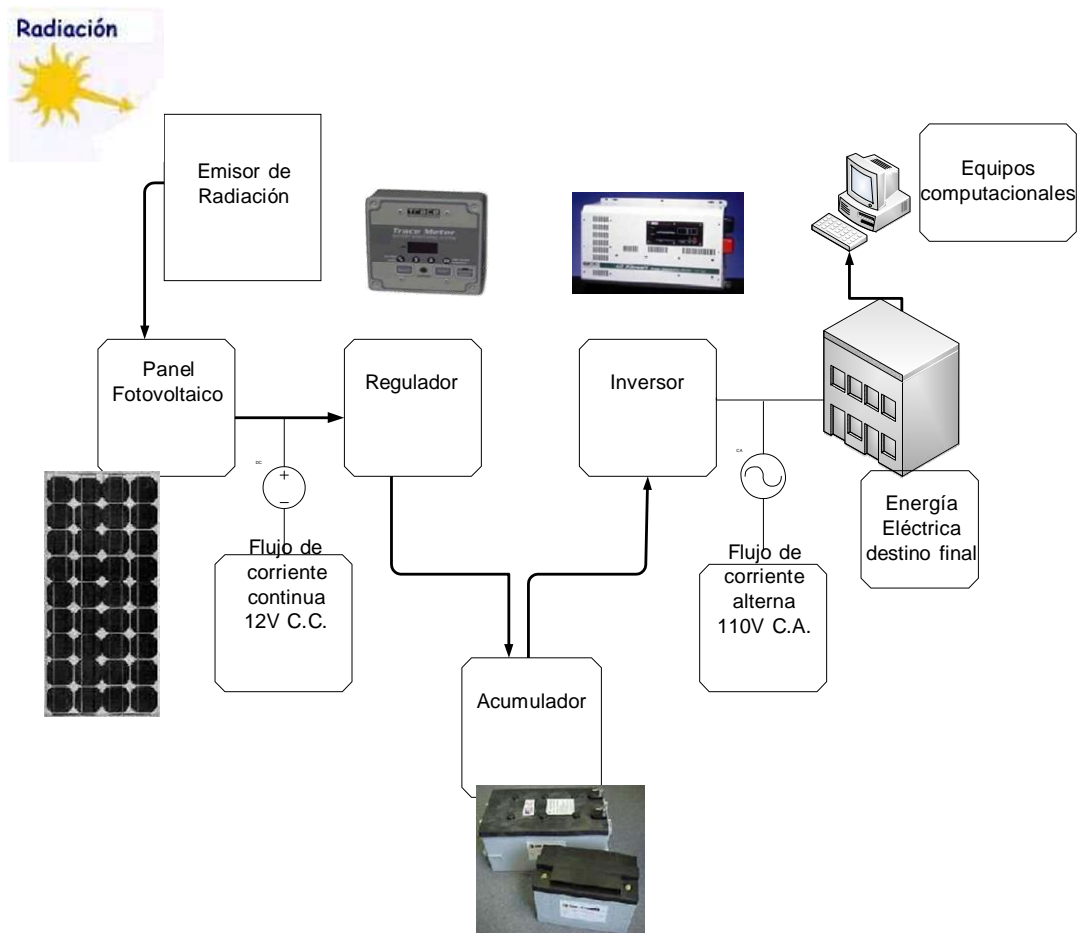


Figura 6.16. Diagrama de bloques del sistema fotovoltaico

### 6.7.1 Situación actual de la Institución.

Tras realizar varias visitas al Municipio del Cantón Sigchos se constató que posee una infraestructura eléctrica bifásica convencional la cual es provista en su totalidad por la EELEPCO S.A. Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi S.A. El ingreso de flujo eléctrico al edificio es de forma aérea desde un poste ubicado en la calle Rodrigo Iturralde y luego le traslada a la planta superior del edificio hasta llegar al los medidor y los breakers ubicados en el primer piso.

Además el Municipio cuenta con un generador a diesel el cual no posee la potencia suficiente para satisfacer las necesidades de los consumidores.

### 6.7.2 Ubicación geográfica del proyecto.

Para localizar de forma exacta el lugar donde se realizará el proyecto utilizaremos la herramienta de software denominada Google Earth en versión Pro debido a su capacidad para generar imágenes en tres dimensiones, con ella localizaremos la longitud y la latitud así como también la elevación a nivel del mar como podemos apreciar en la Tabla 6.3.

Ubicación geográfica		
Latitud	Longitud	Elevación (m)
0°40'4.41"S	78°51'29.06"O	2567
Orientación Sur	Orientación Oeste	Desde el nivel del mar

Tabla 6.3 Ubicación geográfica del proyecto

Según datos obtenidos por el INAMHI la irradiación anual en el país es considerablemente alta debido que el Ecuador se encuentra en la zona central del planeta y los rayos solares impactan casi de forma perpendicular la superficie, en la Figura 6.17 y Figura 6.18 presentamos los mapa de distribución del promedio de irradiación solar diaria por cada metro cuadrado en el Sur de América y en el Ecuador. Dichos datos se encuentran en MJ/m<sup>2</sup> día y Kwh/m<sup>2</sup>.

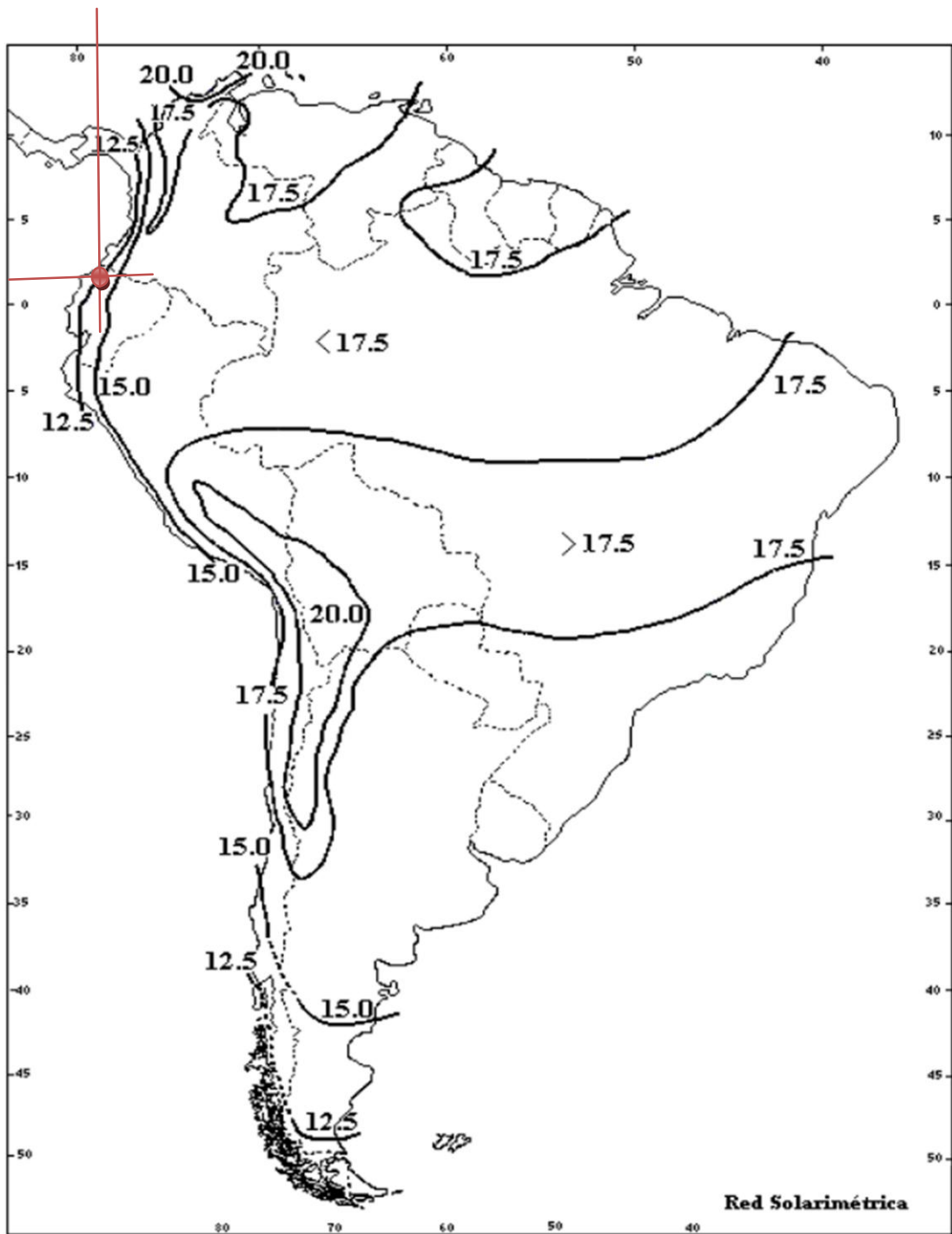


Figura 6.17. Mapa de distribución del promedio anual de irradiación solar global diaria sobre un plano horizontal en América del Sur ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ día}$ )

Irradiación = 12,5 MJ/m<sup>2</sup>

Julio a Kilo Wattio Hora: 1J = 2,78 × 10<sup>-7</sup> kWh

Mientras que en el Ecuador y específicamente sobre el Cantón Sigchos que es el lugar donde se realizó el estudio la radiación es de 4.0 a 4.5 Kwh/m<sup>2</sup>.

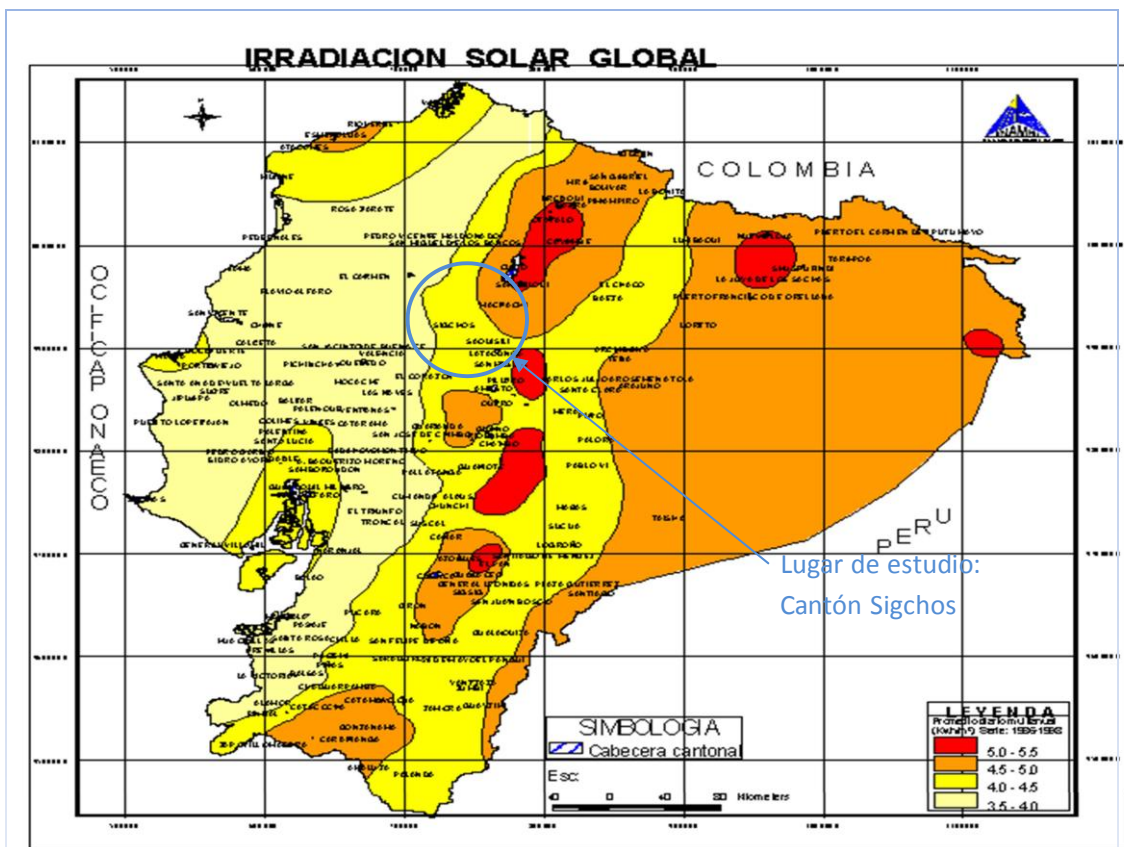


Figura 6.18 Irradiación solar sobre la provincia de Cotacachi<sup>28</sup>

<sup>28</sup> Disponible en <http://www.inamhi.gov.ec/html/inicio.htm>



Los valores obtenidos anteriormente son datos promedio anuales, que refleja el sol por cada metro cuadrado

Con los datos proporcionados por el INAMHI se puede concluir que casi toda la Zona Central de Ecuador posee la misma irradiación motivo por el cual se usará la irradiación de la Ciudad de Ambato como modelo patrón, dando a conocer que existen algunas variaciones en cuanto a la elevación y la temperatura ambiente donde se realiza el proyecto, dichos datos serán tomados en cuenta para cálculos posteriores.

La irradiación se la obtendrá a partir de la herramienta de software denominada RETScreen, la cual posee estos datos pero no de forma completa para todas las provincias como veremos en la figura 6.19 en donde representamos la irradiación para todos los meses del año

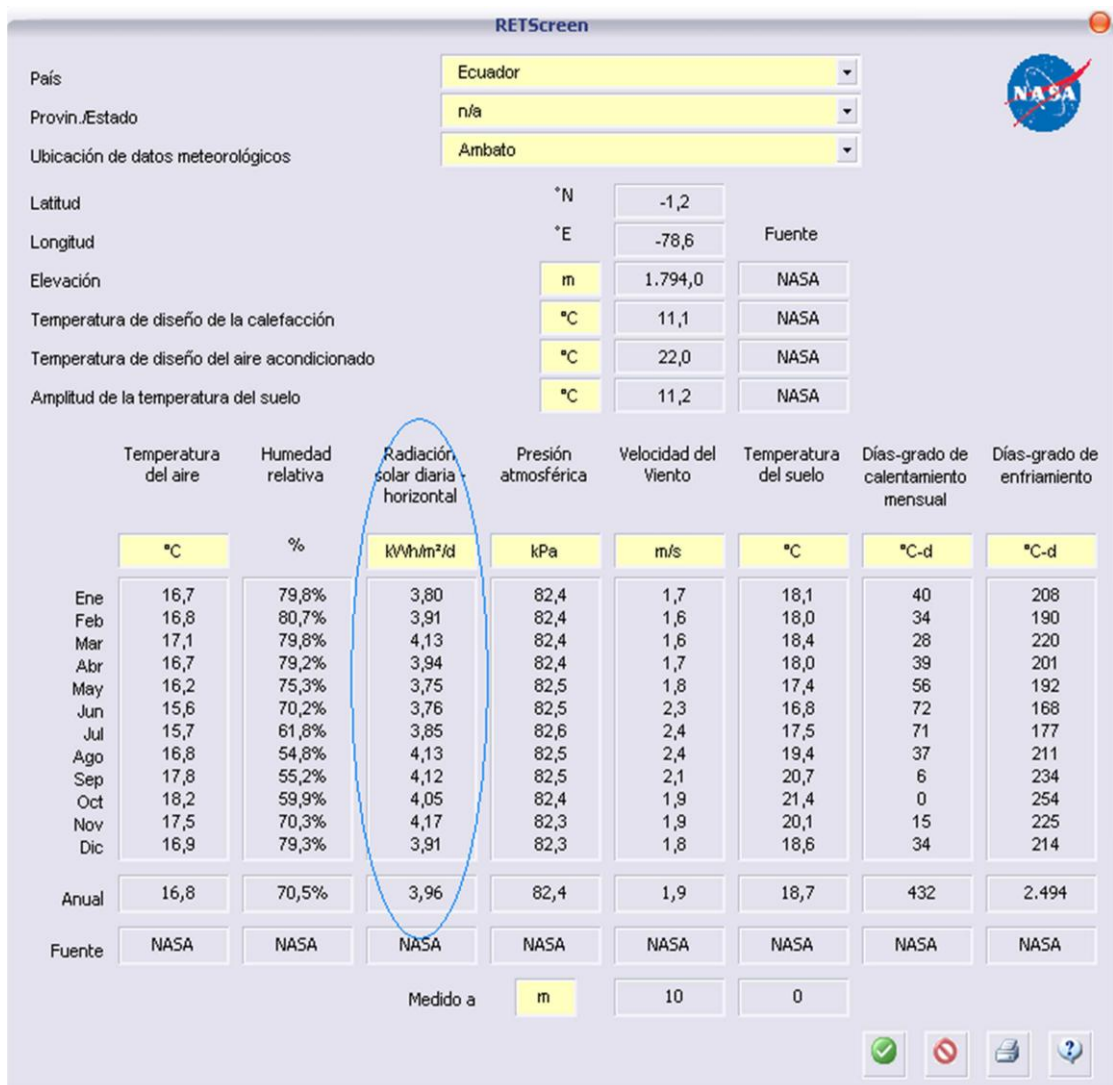


Figura 6.19 Irradiación mensual

Cabe resaltar que el sistema que se va a dimensionar entra en funcionamiento en época de estiaje donde el suministro natural del agua tiende a bajar y por consiguiente el recurso hidroeléctrico es insuficiente. Existe un beneficio para el proyecto en desarrollo ya que por ser épocas de verano existirá mayor irradiación solar y por consiguiente mayor será la producción de energía por parte de los módulos fotovoltaicos. También debemos considerar que el sistema propuesto debe satisfacer las necesidades de potencia del departamento financiero en las peores condiciones para esto se tomará como referencia el mes con la más baja irradiación del año para

realizar el dimensionamiento y los cálculos de voltaje y corriente, de esta forma aseguraremos que el sistema de respaldo funcione en condiciones optimas para todos los meses.

En conclusión se tomará como valor de irradiación el dato del mes de mayo por las condiciones antes mencionadas.

$$G_d = 3.75 \text{Kwh/m}^2$$

Donde:

$G_d \rightarrow$  Irradiación global promedio.

### **6.7.3 Cálculos**

#### **6.7.3.1 Demanda total.**

Según lo observado y los datos obtenidos en las encuestas la solución al problema se centrará en el departamento financiero en el cual se encuentran repartidas diez oficinas que poseen equipamiento informático, y otros aparatos electrónicos que hace uso el personal, cuentan también con sus propias tomas de voltaje las cuales en su totalidad distribuyen corriente alterna AC, dicho equipamiento se da a conocer en la Tabla 6.4.

Departamento financiero				
Dependencia	Número de tomas	Tipo de toma	Equipos utilizados	Horas de uso (horas)
Oficina 1	5	Fase neutro GND	(2)Computador	6
			Impresora	1
Oficina 2	1	Fase neutro GND	Computador	6
			Radio grabadora	6
			Impresora	1
			Sumador	2
Oficina 3	1	Fase neutro GND	Computador	6
			Impresora	1
			Sumador	2
Oficina 4	2	Fase neutro GND	Computador	6
			(2) Impresora	1
Oficina 5	7	Fase neutro GND	Computador	6
			Impresora	1
			Aire acondicionado	6
			Sumador	2
			Cafetera	0.5
			Purificador de agua	0.5
Oficina 6	3	Fase neutro GND	Computador	6
			Copiadora	1
			Impresora	1
			Fax	2
Oficina 7	1	Fase neutro	Computador	6
			(2) Impresora	1

		GND	(2) Sumador	2
Oficina 8	5	Fase neutro GND	Computador	6
			(2) Impresora	1
Oficina 9	2	Fase neutro GND	Computador	6
			Impresora	1
			Sumador	2
Oficina 10	3	Fase neutro GND	(2)Computador	6
			Impresora	1
Total	30		39	1 - 6

Tabla 6.4 Equipamiento informático y entradas de corriente AC de cada oficina

En cuanto al consumo de energía de todos los equipos conectados al área afectada la podemos observar en la siguiente tabla 6.5.

Departamento financiero		
Dependencia	Equipos utilizados	Potencia c/u (wattios)
Oficina 1	(2)Computador	300
	Impresora	70
Oficina 2	Computador	150
	Radio grabadora	14
	Impresora	70
	Sumador	20
Oficina 3	Computador	150
	Impresora	70
	Sumador	20
Oficina 4	Computador	150

	(2) Impresora	70
Oficina 5	Computador	150
	Impresora	70
	Aire acondicionado	1500
	Sumador	20
	Cafetera	650
	Purificador de agua	500
Oficina 6	Computador	150
	Copiadora	1300
	Impresora	70
	Fax	10
Oficina 7	Computador	150
	(2) Impresora	70
	(2) Sumador	20
Oficina 8	Computador	150
	(2) Impresora	70
Oficina 9	Computador	150
	Impresora	70
	Sumador	20
Oficina 10	(2)Computador	300
	Impresora	70
Total	35	6574

Tabla 6.5 Equipamiento informático y consumo de potencia AC de cada oficina

Cabe resaltar que por la importancia de este departamento el diseño del sistema fotovoltaico está enfocado solamente al equipo computacional mas no a otros recursos adicionales que pudiera poseer el encargado de dicha oficina tal es el caso de radio grabadoras, televisores y otros aparatos que son de uso secundarios para la

Institución, además de que la carga consumida por todos estos aparatos electrónicos es muy alta en relación al diseño y principalmente al costo del sistema.

El área consta de computadores cuyo consumo de energía es de 250wattios y equipos de impresión cuya potencia es de 100wattios, todo esto se encuentra detallado en la Tabla 6.6 de consumo energético al día.

Departamento financiero						
Dependencia	Equipos	Cantidad	Potencia c/u (wattios)	Potencia Instalada (wattios)	Horas de uso (horas)	Patencia al dia (Wh/dia)
Oficina 1	Computadora	2	150	300	6	1800
	Impresora	1	70	70	1	70
Oficina 2	Computadora	1	150	150	6	900
	Impresora	1	70	70	1	70
	Sumador	1	20	20	2	40
Oficina 3	Computadora	1	150	150	6	900
	Impresora	1	70	70	1	70
	Sumador	1	20	20	2	40
Oficina 4	Computadora	1	150	150	6	900
	Impresora	1	70	70	1	70
Oficina 5	Computadora	1	150	150	6	900
	Impresora	1	70	70	1	70
Oficina 6	Computadora	1	150	150	6	900
	Fax	1	10	10	6	60
Oficina 7	Computadora	1	150	150	6	900
	Impresora	1	70	70	1	70
Oficina 8	Computadora	1	150	150	6	900
	Impresora	1	70	70	1	70
Oficina 9	Computadora	1	150	150	6	900

	Impresora	1	70	70	1	70
	Sumador	1	20	20	2	40
Oficina 10	Computadora	2	150	300	6	1800
	Impresora	1	70	70	1	70
Total		23	2200	2500	1 - 6	11610

Tabla 6.6 Consumo de potencia AC al día

Debido al autoconsumo del inversor se añadirá un 10% al consumo diario de los equipos

**Datos:**

$C_E$  en corriente alterna (AC)=11610Wh/día

$C_E$  en corriente directa (DC)  $E_{DC}$ = 0Wh/día

Carga instalada

$C_{inst}$ = 2500W

**Cálculo:**

Demanda total= $C_E + (C_E * F_s)$  Según Ecuación (1)

$$\text{Demanda total} = 11610 \text{Wh/día} + (11610 \text{Wh/día} * 0.10)$$

$$\text{Demanda total} = (11610 + 1161) \text{ Kwh Demanda total}$$

$$= 12,771 \text{Kwh}$$

En conclusión a los datos y análisis realizados:

La demanda de energía en corriente alterna (AC)

$E_{AC}$ = 12771 Wh/día



### 6.7.3.2 Demanda del sistema en amperios hora (Ah).

Cálculo	Unidad	Resultado
Demanda DC+AC	Wh/d	12771
Amperios Hora(I <sub>h</sub> )	Ah	532.12
Amperios efectivos(I <sub>hE</sub> )	Ah	591.24
Total (Ah) carga(Total <sub>IC</sub> )	Ah	656.93

Tabla 6.7 Cálculos necesarios para la demanda del sistema

#### Datos:

V<sub>dc</sub>=24V

Degradación del sistema=10%

Reserva futura=10%

P<sub>AC</sub>=12771 Wh/día

P<sub>DC</sub>=0

#### Cálculos:

$$C = P_{AC} \cdot h_{\#} + P_{DC} \cdot h_{\#} \quad \text{Según Ecuación (2)}$$

$$C = 12771 \cdot h_{\#} + 0$$

$$C = 12771 \cdot h_{\#}$$

$$h_{\#} = \frac{C}{12771} \quad \text{Según (3)}$$

$$I = \frac{12771 \text{Wh}}{24 \text{V}} \leq h?$$

$$I = 532.12 \leq h?$$

$$I_{@} = \frac{A_B}{\text{CD40EF242G;63 407 ;:;8012}} \leq h? \text{ Según Ecuación (4)}$$

$$I_{@} = \frac{532.12}{1 - 10\%} \leq h?$$

$$I_{@} = 591.24 \leq h?$$

$$H \quad I_{AG} = \frac{A_{BJ}}{\text{CDF0:0FK2 LM8MF2}} \leq h? \quad \text{Según Ecuación (5)}$$

$$H \quad I_{AG} = \frac{591.12}{1 - 10\%} \leq h?$$

$$H \quad I_{AG} = 656.93 \leq h?$$

### 6.7.3.3 Dimensionamiento del sistema de acumulación.

Cálculo	Unidad	Resultado
Total (Ah) Requeridos (Total <sub>IR</sub> )	Ah	656.93
Capacidad Banco Baterías(C <sub>BB</sub> )	Ah	1094.88
Numero de Baterías(N <sub>B</sub> )	U	10
Baterías por cada Serie(N <sub>B/S</sub> )	U	2
Total Baterías(Total <sub>B</sub> )	U	20
Total (Ah) en Baterías(Total <sub>IB</sub> )	Ah	600

Tabla 6.8 Cálculos para el banco de baterías

**Datos:**

$$D_A=1$$

$$PdD= 60.00\%$$

$$I_{NB}=120$$

$$V_B=12$$

$$Total_{IC}=656.93$$

**Calculos:**

$$H \quad I_{AN} = H \quad I_A * \quad \forall_p \leq h? \quad \text{Según Ecuación (6)}$$

$$H \quad I_{AN} = 656.93 * 1 \leq h?$$

$$H \quad I_{AN} = 656.93 \leq h?$$

$$QQ = \frac{R6827_{ST}}{4} \leq h? \quad \text{Según Ecuación (7)}$$

$$QQ = \frac{656.93}{0.60} \leq h?$$

$$QQ = 1094.88 \leq h?$$

$$U_Q = \frac{VV}{A_{WV}} \mu \quad \text{Según Ecuación (8)}$$

$$U_Q = \frac{1094.88}{120} \mu$$

$$U_Q = 9.124 \mu$$

$$Y_{G/:} = \frac{5678[90 407 :::8012 -}{5678290 40 72 \setminus 280F;2} \mu \quad \text{Según Ecuación (9)}$$

$$Y_{G/} = \frac{24}{12} \mu$$

$$Y_{G/} = 2\mu$$

$$H \quad I_Q = Y_{G/} * U_Q \mu \quad \text{Según Ecuación (10)}$$

$$H \quad I_Q = 2 * 10\mu$$

$$H \quad I_Q = 20\mu$$

$$H \quad I_{AQ} = U_Q * q_{<=h?} \quad \text{Según Ecuación (11)}$$

$$H \quad I_{AQ} = 5 * 120_{<=h?}$$

$$H \quad I_{AQ} = 600_{<=h?}$$

#### 6.7.3.4 Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos.

Cálculo	Unidad	Resultado
Número de Módulos Real ( $N_{MR}$ )	u	24
Amperios máximos al día ( $I_{max/día}$ )	Ah	141.9
Amperios Total al día ( $I_{Tmax/día}$ )	A	171.69
Número de Módulos Calculado ( $N_{MC}$ )	u	23.53
Número de series ( $N_S$ )	u	2
Módulos por serie ( $M/s$ )	u	11.76
Total Módulos a Instalar ( $Total_M$ )	u	24
Total Potencia Arreglo ( $Total_{PA}$ )	Wp	4200
Producción Arreglo Día ( $Prod_{A/D}$ )	Wh/día	15750
Producción Arreglo Mes ( $Prod_{A/M}$ )	kWh/mes	472.5
Área Arreglo ( $Área_{Arreglo}$ )	m <sup>2</sup>	30.65

Tabla 6.9 Cálculos para los módulos fotovoltaicos

**Datos:**

$$\text{Total}_{\text{IB}} = 656.93 \text{ Ah}$$

$$E_{\text{IB}} = 90\%$$

$$\text{Gd} = 3.75 \text{ kWh/m}^2\text{día}$$

$$I_{\text{pp}} = 7.42 \text{ A}$$

$$P_{\text{pp}} = 175 \text{ Wp}$$

$$V_{\text{NP}} = 23.6 \text{ Vdc}$$

$$\text{Largo} = 1,29\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 0,99\text{m}$$

**Cálculos:**

$$12h_{\#4;2} = \frac{12771 \text{ w/d} * 1 \text{ Kw/m}}{3.75 \text{ Kw/m} * 24 \text{ V}} \quad \text{Según Ecuación (12)}$$

$$12h_{\#4;2} = \frac{12771 \text{ w/d} * 1 \text{ Kw/m}}{3.75 \text{ Kw/m} * 24 \text{ V}}$$

$$12h_{\#4;2} = 141.9$$

$$R12h_{\#4;2} = 12h_{\#4;2} * 1.21 \quad \text{Según Ecuación (13)}$$

$$R12h_{\#4;2} = 141.9 * 1.21$$

$$R12h_{\#4;2} = 171.69$$

$$U = \frac{A_{iuvw\#xyv}}{A_{zz}} \times \frac{568290 ; :8012}{5678290 3\{1;327 164M76} \quad \text{Según Ecuación (14)}$$

$$U = \frac{171.69A}{7.42A} \times \frac{24}{23.6V}$$

$$U = \frac{4120.56}{175.112}$$

$$U = 23.53\mu$$

$$\sim/ = \frac{\square \epsilon \cdot}{\cdot f} \mu \quad \text{Según Ecuación (15)}$$

$$\sim/ = \frac{23.53}{2} \mu$$

$$\sim/ = 11.76 \mu$$

$$H \quad I = \sim/_{F027} * U \mu \quad \text{Según Ecuación (16)}$$

$$H \quad I = 2 * 12\mu$$

$$H \quad I = 24^1$$

$$H \quad I_p = - * H \quad I \langle W? \quad \text{Según Ecuación (17)}$$

$$H \quad I_p = 175 * 24 \langle \bullet ?$$

$$H \quad I_p = 4200 \langle \bullet ?$$

$$-\check{S} \quad P_{/4;2} = H \quad I_p * \langle_4 \epsilon \bullet h_{\#} \quad \check{Z} \quad \text{Según Ecuación (18)}$$

$$-\check{S} \quad P_{\#4;2} = 4200 * 3.75 \epsilon \bullet h_{\#} \quad \check{Z}$$

$$-\check{S} \quad P_{/4;2} = 15750 \epsilon \bullet h_{\#} \quad \check{Z}$$

$$-S_{P_{\#10}} = -S_{P_{\#4;2}} * 30 \cdot h_{\#} \quad \text{Según Ecuación (19)}$$

$$-S_{P_{\#10}} = 15750 * 30 \cdot h_{\#}$$

$$-S_{P_{\#10}} = 472.5 \cdot h_{\#}$$

$$A_{PFF0E76} = I_{\#} * h * H \quad \text{Según Ecuación (20)}$$

$$= S_{PFF0E76} = 1.29 * 0.99 * 24$$

$$= S_{PFF0E76} = 30.65$$

En conclusión se utilizarán 24 módulos fotovoltaicos agrupados en 2 conexiones paralelas en donde la corriente que fluye a través de cada ramal es 89.04 amperios. Estos dos grupos de módulos en paralelo se conectarán a un regulador de voltaje cada uno.

### 6.7.3.5 Distancia entre módulos.

#### Datos:

Longitud del módulo=1.29m

Angulo de inclinación=10°

Altura de inclinación=0.22m

Latitud=0°

#### Cálculos:

$$= \frac{P_{78MF2} \cdot 40 \cdot 3G7;32G;63}{82E \cdot C^{\circ}D728;8M4^{\circ}} \quad \text{Según Ecuación (21)}$$

0.22

$$= \text{'' } 61^\circ - 0^\circ \text{ <C?}$$



$$= 0.12 \text{ m}$$

La distancia posterior entre módulos indicada en la figura 6.20 debe ser 0.12m pero para evitar inconvenientes tomaremos una distancia de 0.15m, con esto evitaremos que los módulos delanteros no opaquen la radiación a los módulos q se encuentran detrás.

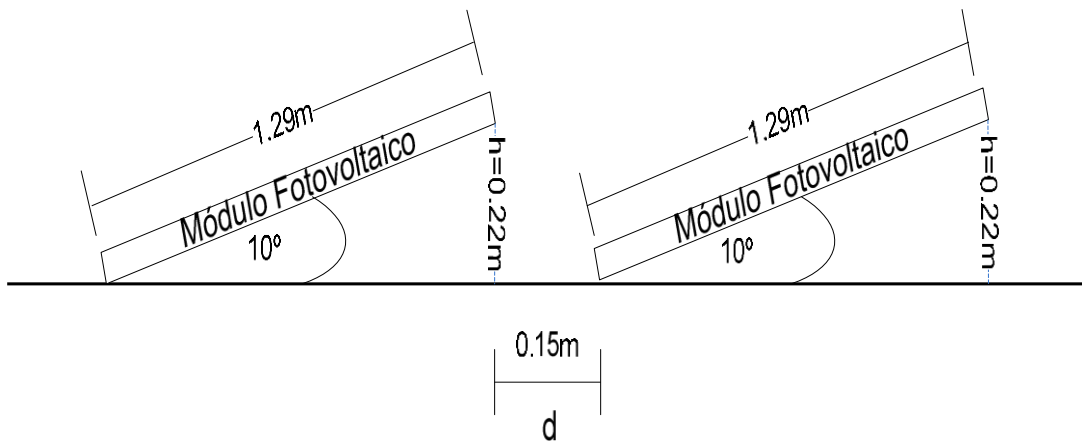


Figura 6.20 Separación entre los módulos.

### 6.7.3.6 Dimensionamiento del regulador.

Cálculo	Unidad	Resultado
Voltaje del sistema( $V_{in}$ )	$V_{DC}$	24
Capacidad del regulador( $C_R$ )	A	109.37

Tabla 6.10 Cálculos para el regulador

#### Datos:

$$P_{pp}=175W$$

$$V_{in}=24V$$

$$Total_M=24u$$

**Cálculos:**

$$N = \frac{C \cdot \dots * R6827 \text{€}}{TM;3} \text{ ¿=?} \quad \text{Según Ecuación (22)}$$

$$N = \frac{1.25 * 175W * 12\mu}{24v} \text{ ¿=?}$$

$$N = 109.37 \text{ ¿=?}$$

**6.7.3.7 Dimensionamiento del inversor.**

Cálculo	Unidad	Resultado
Factor de seguridad	%	25
Potencia del inversor( $P_{inversor}$ )	W	3125

Tabla 6.11 Cálculos para el inversor

**Datos:**

$$P_{inversor} = 2500W$$

$$Fac_{seg} = 1.25$$

**Calculos:**

$$P_{inversor} = Fac_{seg} * P_{inversor} \text{ ¿=?} \quad \text{Según Ecuación (23)}$$

$$P_{inversor} = 1.25 * 2500 \text{ ¿=?}$$

$$P_{inversor} = 3125 \text{ ¿=?}$$

### 6.7.3.8 Dimensionamiento de conductores.

Sección	Unidad	Distancia
Módulo - módulo	m	1
Módulo – regulador	m	2
Regulador – batería	m	2
Batería – inversor	m	2
Inversor – Breaker carga AC	m	18

Tabla 6.12 Distancias entre equipos

### 6.7.3.9 Cálculo de la corriente por sección.

#### Sección módulo - módulo

$$I_{\text{módulo}} = 7.42 \text{ A}$$

#### Sección módulo - regulador

$$I_{\text{módulo-regulador}} = 89.04 \text{ A}$$

#### Sección regulador - baterías

$$I_{\text{regulador-baterías}} = 89.04 \text{ A}$$

#### Sección baterías - inversor

#### Datos:

$$P = 2500 \text{ W}$$

$$V = 24 \text{ V}$$

#### Cálculos:

$$I_{\text{módulo-regulador}} = \frac{2500 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 104.17 \text{ A} \quad \text{Según Ecuación (24)}$$

$$I_{\text{regulador-baterías}} = \frac{2500 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 104.17 \text{ A}$$

$$I_{\text{cable}} = \frac{P_{\text{in}}}{V} = 104.16 \text{ A}$$

### Sección inversor - breaker

#### Datos:

$$P = 2500 \text{ W}$$

$$V = 115 \text{ V}$$

#### Cálculos:

$$I_{\text{cable}} = \frac{P}{V} = \frac{2500 \text{ W}}{115 \text{ V}} = 21.73 \text{ A} \quad \text{Según Ecuación (25)}$$

$$I_{\text{cable}} = \frac{2500 \text{ W}}{115 \text{ V}} = 21.73 \text{ A}$$

$$I_{\text{cable}} = 21.73 \text{ A}$$

### 6.7.3.10 Área del cable por cada sección.

Tramo	Cálculos	
	Módulo – Módulo	Área
AWG		16
Módulo – regulador	Área	8.85 mm <sup>2</sup>
	AWG	7
Regulador – Baterías	Área	26.48 mm <sup>2</sup>
	AWG	4
Baterías – Inversor	Área	31 mm <sup>2</sup>
	AWG	2
Inversor – Breaker AC	Área	2.42 mm <sup>2</sup>
	AWG	16

Tabla 6.13 Cálculo de sección de cable

### Cálculo de las caídas de tensión ( $\Delta i$ ) y sección del cable ( $E$ )

#### Datos:

Distancia = 1m

Caída de tensión = 0.24V

Corriente= 7.42A

#### Cálculos sección módulo - módulo:

$$\Delta i_{\text{dófa}^{\wedge}\text{Ddófa}^{\wedge}} = \frac{\Delta \%}{100\%} * \text{¿ ?}$$

$$\Delta i_{\text{dófa}^{\wedge}\text{Ddófa}^{\wedge}} = \frac{1\%}{100\%} * 24 < ?$$

$$\Delta i_{\text{dófa}^{\wedge}\text{Ddófa}^{\wedge}} = 0.24 < ?$$

$$E_{\text{dófa}^{\wedge}\text{Ddófa}^{\wedge}} = \frac{2 * \phi *}{56 * \Delta} < \text{¿¿ ?}$$

$$E_{\text{dófa}^{\wedge}\text{Ddófa}^{\wedge}} = \frac{2 * 1 * 7.42}{56 * 0.24} < \text{¿¿ ?}$$

$$E_{\text{dófa}^{\wedge}\text{Ddófa}^{\wedge}} = 1.1 < \text{¿¿ ?}$$

#### Datos:

Distancia= 2m

Caída de tensión= 0.72V

Corriente= 89.04A

#### Cálculos Sección módulo - regulador:

$$\Delta i_{\text{dófa}^{\wedge}\text{D}\% \cdot \text{r}\% \text{fa}^{\wedge}} = \frac{\Delta \%}{100\%} * \text{¿ ?}$$

$$\Delta i_{\text{dof@a^D}\cdot\text{a}\text{f}} = \frac{3\%}{100\%} * 24 < ?$$

$$\Delta i_{\text{dof@a^D}\cdot\text{a}\text{f}} = 0.72 < ?$$

$$E_{\text{dof@a^D}\cdot\text{a}\text{f}} = \frac{2 * \phi *}{56 * \Delta} < \text{CC} ?$$

$$E_{\text{dof@a^D}\cdot\text{a}\text{f}} = \frac{2 * 2 * 89.04}{56 * 0.72} < \text{CC} ?$$

$$E_{\text{dof@a^D}\cdot\text{a}\text{f}} = 8.86 < \text{CC} ?$$

**Datos:**

Distancia= 2m

Caída de tensión= 0.24V

Corriente= 89.04 A

**Cálculos sección regulador - baterías:**

$$\Delta i_{\text{a}\cdot\text{f}\text{D}\cdot\text{a}\text{f}} = \frac{\Delta \%}{100\%} * \square ?$$

$$\Delta i_{\text{a}\cdot\text{f}\text{D}\cdot\text{a}\text{f}} = \frac{1\%}{100\%} * 24 < ?$$

$$\Delta i_{\text{a}\cdot\text{f}\text{D}\cdot\text{a}\text{f}} = 0.24 < ?$$

$$E_{\text{a}\cdot\text{f}\text{D}\cdot\text{a}\text{f}} = \frac{2 * \phi *}{56 * \Delta} < \text{CC} ?$$

$$E_{\text{a}\cdot\text{f}\text{D}\cdot\text{a}\text{f}} = \frac{2 * 2 * 89.04}{56 * 0.24} < \text{CC} ?$$

$$E_{\text{a}\cdot\text{f}\text{D}\cdot\text{a}\text{f}} = 26.48 < \text{CC} ?$$

**Datos:**

Distancia= 3m

Caída de tensión= 0.48V

Corriente= 104.16 A

**Cálculos Sección batería - inversor:**

$$\Delta i_{a\text{-}} = \frac{\Delta \%}{100\%} * \text{?} ?$$

$$\Delta i_{a\text{-}} = \frac{1\%}{100\%} * 48 < ?$$

$$\Delta i_{a\text{-}} = 0.48 < ?$$

$$E_{a\text{-}} = \frac{2 * \phi *}{56 * \Delta} < \text{?} ?$$

$$E_{a\text{-}} = \frac{2 * 3 * 104.16}{56 * 0.48} < \text{?} ?$$

$$E_{a\text{-}} = 0.23 < \text{?} ?$$

**Datos:**

Distancia= 18m

Caída de tensión= 5.75V

Corriente= 21.73 A

**Cálculos Sección inversor – breaker AC:**

$$\Delta i_{g\text{-}} = \frac{\Delta \%}{100\%} * \text{?} ?$$

$$\Delta i_{g\text{-}} = \frac{5\%}{100\%} * 115 < ?$$

$$\Delta i_{g\text{-}} = 5.75 < ?$$

$$E_{g-1} = \frac{2 * \phi *}{56 * \Delta} < C C ?$$

$$E_{g-1} = \frac{2 * 18 * 21.73}{56 * 5.75} < C C ?$$

$$E_{g-1} = 2.42 < C C ?$$

### 6.7.3.11 Dimensionamiento de protecciones.

Cálculo de protecciones del módulo al regulador.

$$= 125\% * I_{c} \text{ Según Ecuación (29)}$$

$$= \frac{125\%}{100\%} * \frac{12}{1}$$

$$= 1.25 * \frac{2100}{24}$$

$$= 109.37$$

La capacidad del fusible debe ser igual a 125% la corriente del conductor, por lo tanto.

$$- = 125\% * I_{c} \text{ Según Ecuación (30)}$$

$$- = 1.25 * 109.37$$

$$- = 136.71$$

Lo cual indica según la tabla de capacidad de los fusibles situada en el **Anexo C**, que se debe colocar un fusible de 130 Amperios en cada grupo de 12 módulos fotovoltaicos.

$$Q = 150\% * I_{c} \text{ Según Ecuación (31)}$$

$$Q = \frac{150\%}{100\%} * 109.37$$

$$Q = 164.05$$

En conclusión se utilizarán dos breakers de 160 amperios por cada conjunto de 12 módulos fotovoltaicos.

Para el cálculo de protección del regulador a la batería se va a calcular la capacidad del fusible y del breaker de la siguiente manera.

En este caso por el regulador circula la misma corriente hacia las baterías lo que significa que el fusible y el breaker serán los mismos.



$$\begin{aligned}
 - &= 125\% * C_{i} <=? \\
 - &= \frac{125\%}{100\%} * 109.37 <=? \\
 - &= 136.71 <=?
 \end{aligned}$$

Y para el breaker:

$$\begin{aligned}
 Q &= 150\% * <=? \\
 Q &= \frac{150\%}{100\%} * 109.37 <=? \\
 Q &= 164.05 <=?
 \end{aligned}$$

Para la protección del banco de baterías hacia el inversor se calcula la capacidad de los fusibles y del breaker de la siguiente manera.

Capacidad del fusible:

$$\begin{aligned}
 - &= 125\% * \dot{A} \check{S} \check{S} <=? \\
 \dot{A} &= \frac{125\%}{100\%} * 104.16 <A? \\
 I_{\dot{A}} &= 130.2 <A?
 \end{aligned}$$

Capacidad de corriente del Breaker:

$$\begin{aligned}
 I_{\dot{A}} &= 150\% * I_{+} <A? \\
 I_{\dot{A}} &= \frac{150\%}{100\%} * 104.16 <A? \\
 I_{\dot{A}} &= 156.54 <A?
 \end{aligned}$$

Es decir se utilizarán un fusible de 130 A y un breaker de 160 A

Para la protección del inversor hacia la carga AC se realizará el siguiente procedimiento.

$$\begin{aligned}
 I_{\dot{A}} &= 125\% * \frac{P_{\dot{A}}}{V_{+}} <A? \\
 I_{\dot{A}} &= \frac{125\%}{100\%} * \frac{2500}{115} <A? \\
 I_{\dot{A}} &= 27.17 <A?
 \end{aligned}$$

Debido a que para sobredimensionar en alterna se lo hace con un 250% entonce:

$$I_{\bar{A}} = 250\% * I_{\bar{A}} < A?$$

$$I_{\bar{A}} = \frac{125\%}{100\%} * 27.17 < A?$$

$$I_{\bar{A}} = 67.9 < A?$$

En definitiva se colocará un breaker de 80 Amperios y un fusible de 30Amperios.

Resumen de ecuaciones utilizadas en los cálculos anteriores.

Nº	REFERENCIA	ECUACIÓN
1	$E_T = E_{\text{Total DC}} + E_{\text{Total AC}}$	
2	$\dots = - \dots = + - \dots$	Demanda
3	$I = \frac{\dots}{I \dots}$	Amperios en hora
4	$I_{\text{ef}} = \frac{\dots}{1 - \dots}$	Amperios efectivos en hora
5	$H I_{AG} = \frac{\dots}{1 - \dots}$	Carga total en amperios hora
6	$H I_{AN} = H I_A * P$	Total de amperios requeridos por hora
7	$QQ = \frac{H I_{AN}}{\dots}$	Capacidad del banco de baterías
8	$U_Q = \frac{QQ}{\dots}$	Número de baterías
9	$Y_{G/:} = \frac{I a \dots}{I \dots}$	Baterías por cada serie
10	$H I_Q = Y_{G/:} * U_Q$	Total de baterias a utilizar
11	$H I_{AQ} = U_Q * Q$	Total Corriente de las baterias
12	$12h_{\#4;2} = \frac{E_{R68[7]} * 1 \dots}{\dots}$	Amperios máximos al día
13	$R 12h_{\#4;2} = 12h_{\#4;2} * 1.21$	Total de Amperios al día
14	$U = \frac{R 12h_{\#4;2}}{\dots}$	Número de módulos calculado

15	$\frac{U}{U_{\text{úC}} \check{S}} = \frac{U}{\check{S}}$	Módulos por serie
16	$H \ I = \sim * U_{F027}$	Total módulos a instalar
17	$H \ I_p = - * H \ I$	Total potencia del arreglo
18	$-\check{S}_{P/4;2} = H \ I_p * <_4$	Producción del Arreglo por día
19	$-\check{S}_{P\#10:} = -\check{S}_{P\#4;2} * 30$	Producción Arreglo por mes
20	$A\check{S}_{PFF0E76} = I \ \check{S}'' * h * H \ I$	Área del arreglo
21	$= \frac{=I \ \check{S} \ I \ \acute{o}}{'' \ 61^\circ - I \ \check{C} \ ^\circ}$	Distancia entre módulos
22	$N = \frac{1.25 * -\check{S}\check{S} * H \ I}{V}$	Capacidad del regulador
23	$-_{A3K} = 1.25 * -;_{3:827242}$	Potencia del inversor
24	$QPR@NAP \ DA\check{S}@N \ N = \frac{-}{I \ \frac{3}{4} \ \check{v}}$	Corriente por sección en DC
25	$A\check{S}@N \ NDQN@Pn@N \ P = \frac{-}{I \ \frac{3}{4} \ =}$	Intensidad por sección en AC
26	$\Delta = - * \check{c} *$	Caída de voltaje
27	$\check{a}_P = \frac{2 * \check{c} * - * 100}{\check{I} * \% *}$	Sección del conductor en corriente alterna
28	$\check{a} = \frac{2 * \check{c} *}{56 * \Delta}$	Sección del conductor en corriente continua
29	$= 125\% * \square$	Corriente del conductor
30	$- = 125\% *$	Corriente del fusible
31	$Q = 150\% *$	Corriente del breaker

Tabla 6.14 Resumen de ecuaciones

**Tabla de resumen de cálculos.**

<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>				
Demanda	12771 wh/día				
Amperios en hora	532,12 Ah				
Amperios efectivos en hora	591,94 Ah				
Carga total en amperios hora	656,93 Ah				
Total amperios requeridos por hora	656,93 Ah				
Capacidad del banco de baterías	1094,88 Ah				
Número de baterías	9,12 u				
Baterías por cada serie	2 u				
Total de baterías a utilizar	20 u				
Total corriente de las baterías	600 Ah				
Amperios máximos al día	141,9 A				
Total de Amperios al día	171,69 A				
Número de módulos calculado	23.53 u				
Módulos por serie	11.76 u				
Total módulos a instalar	24 u				
Total potencia del arreglo	4200 W				
Producción del Arreglo por día	15750 Wh/día				
Producción Arreglo por mes	472,5 kWh/mes				
Área del arreglo	30.65 m <sup>2</sup>				
Distancia entre módulos	0,12 m				
Capacidad del regulador	109.37 A				
Potencia del inversor	3125 W				
Corriente por sección en DC	7,42 A	89,04 A	89,04 A	104,16 A	
Intensidad por sección en AC	21,73 A				
Caída de voltaje	0,24 v	0,72 v	0,24 v	0,48 v	5,75 v
Sección del conductor en corriente continua	1,1 mm <sup>2</sup>	8,86 mm <sup>2</sup>	26,48 mm <sup>2</sup>	0,23 mm <sup>2</sup>	2,42 mm <sup>2</sup>
Corriente del conductor	109,37 A				
Corriente del fusible	136,71 A	136,71 A	130,02 A	27,17 A	
Corriente del breaker	164,05 A	164,05 A	156,54 A	69,70 A	

Tabla 6.15 Resumen de cálculos

#### **6.7.4 Diagramas de ubicación y conexión del sistema.**

##### **6.7.4.1 Ubicación del sistema.**

El sistema estará situado en el tercer piso del edificio del Municipio del Cantón Sigchos, este espacio como podemos ver en la figura 6.21 posee grandes dimensiones tanto para la intalación de los módulos fotovoltaicos como tambien para la instalacion de los equipos que este utiliza.

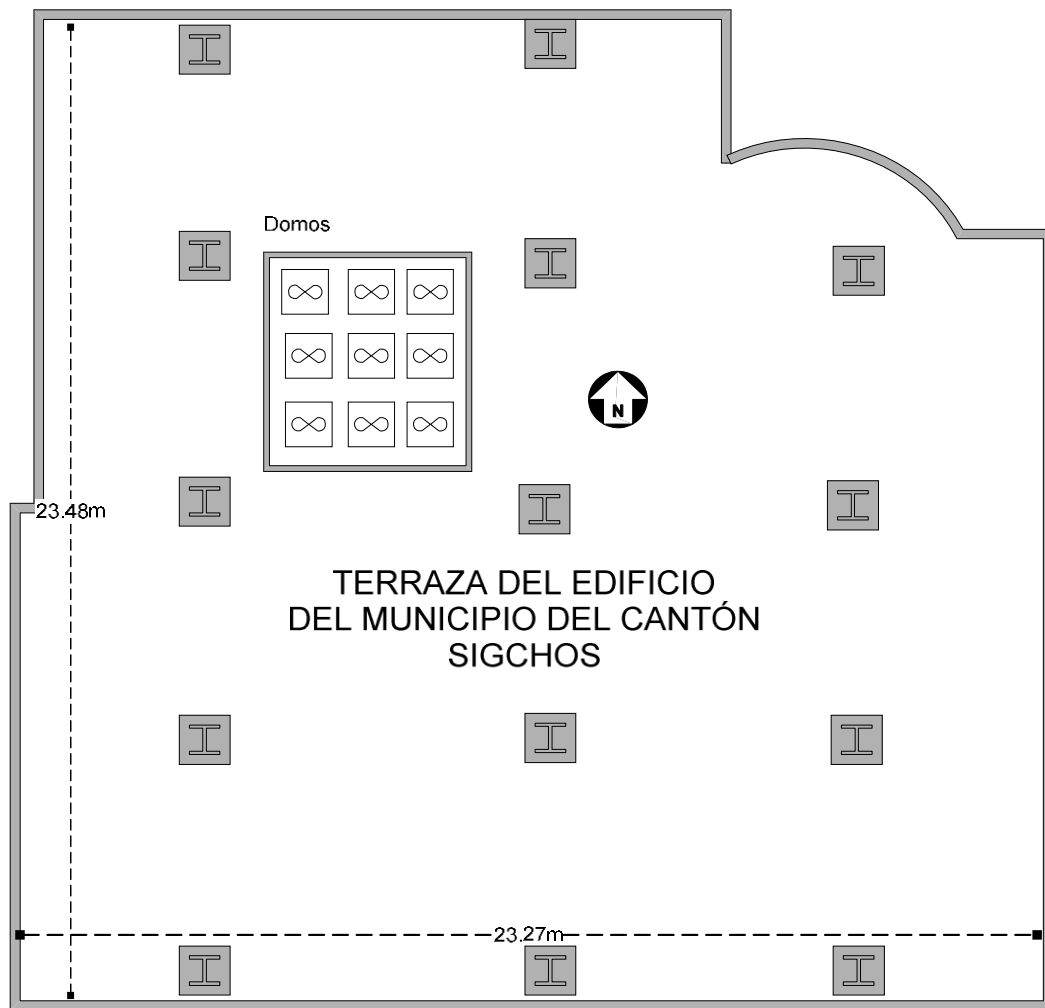


Figura 6.21 Terraza del Edificio del municipio

En la figura 6.22 encontraremos la ubicación y la orientación de los módulos fotovoltaicos la cual será orientada hacia el noreste, en esta figura también encontraremos en donde está situado el cuarto de equipos, así como también el espacio que utilizan.

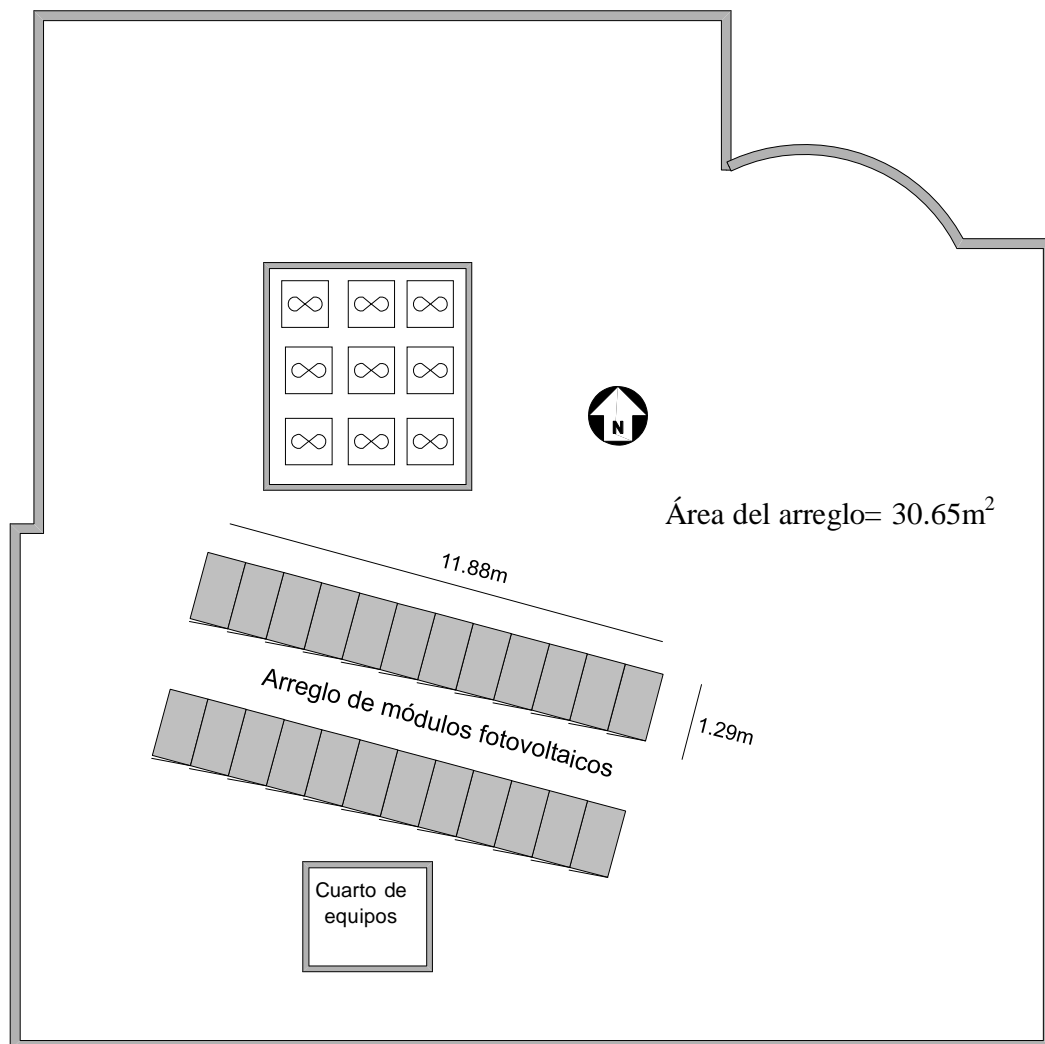


Figura 6.22 Ubicación de los módulos y el equipamiento

Cabe resaltar que por encontrarnos en la zona ecuatorial tórrida no es necesario un ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos debido a que la radiación solar en esta zona es directa, pero según estudios e instalaciones realizadas se toma como una norma el añadir 10 grados de inclinación a la latitud donde se desarrolla el proyecto, esto debido a que los módulos se encuentran al aire libre y pueden acumular polvo o para q exista fluidez en épocas de lluvia y los módulos puedan mantenerse limpios.

### 6.7.4.2 Conexión de los módulos fotovoltaicos.

Según la conexión de la Figura 6.23 aseguraremos que la salida hacia el regulador sea 24v y que la corriente se incremente según las necesidades del proyecto.

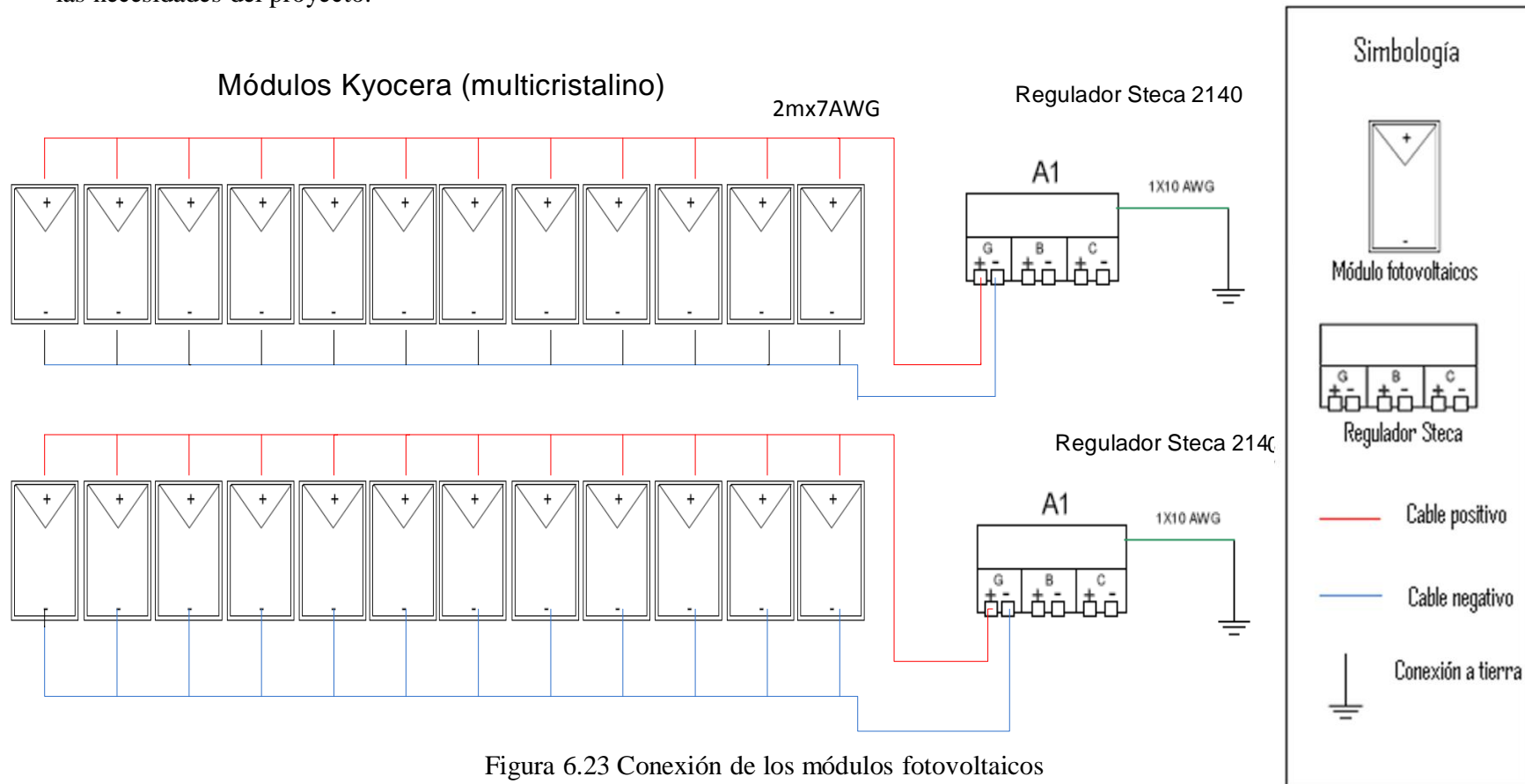


Figura 6.23 Conexión de los módulos fotovoltaicos

### 6.7.4.3 Configuración y conexión de las baterías.

Con la configuración que se indica en la figura 6.24 logramos incrementar el potencial entre las baterías que se encuentran conectadas en serie. E incrementamos la corriente que suministra por su conexión en paralelo.

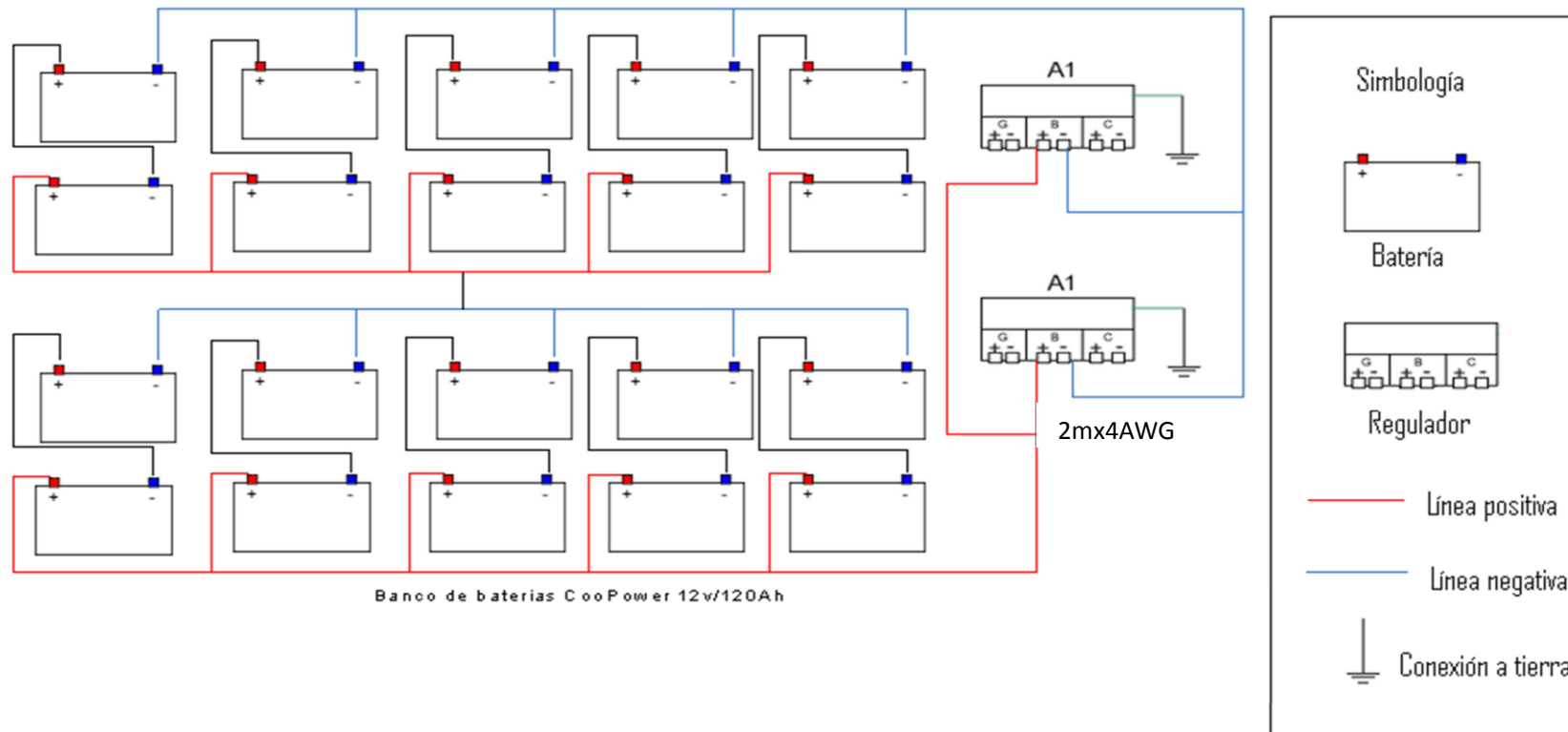


Figura 6.24 Conexión de las baterías



#### 6.7.4 Conexión del regulador de carga hacia el inversor.

En la Figura 6.25 se muestra la conexión del regulador de voltaje hacia el inversor y los equipos que este controlará

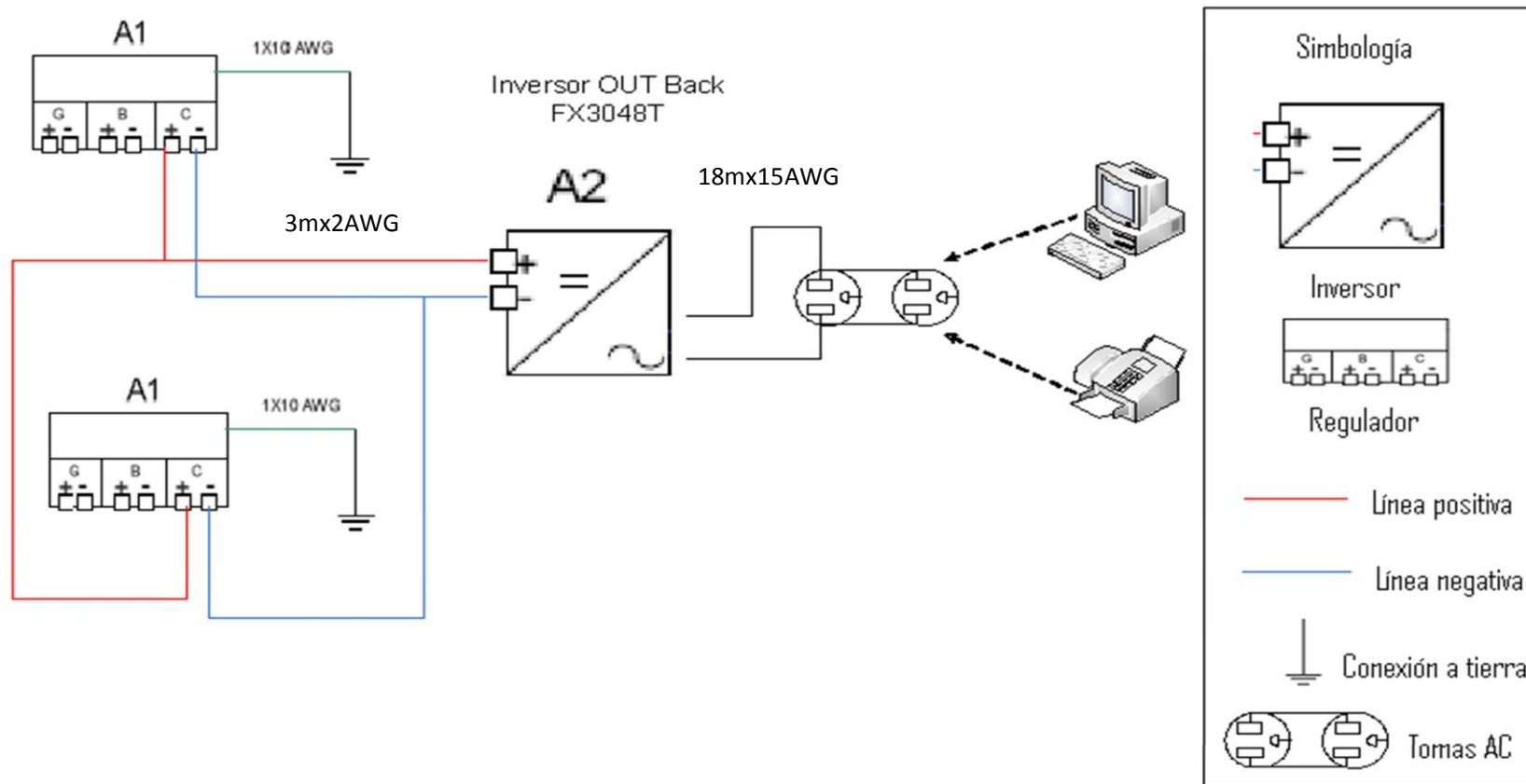


Figura 6.25 Conexión del regulador de carga hacia el inversor

### 6.7.4.5 Diagrama de ubicación de protecciones.

En la figura 6.26 se muestra un diagrama de la ubicación de las protecciones y el tipo de cable a utilizar.

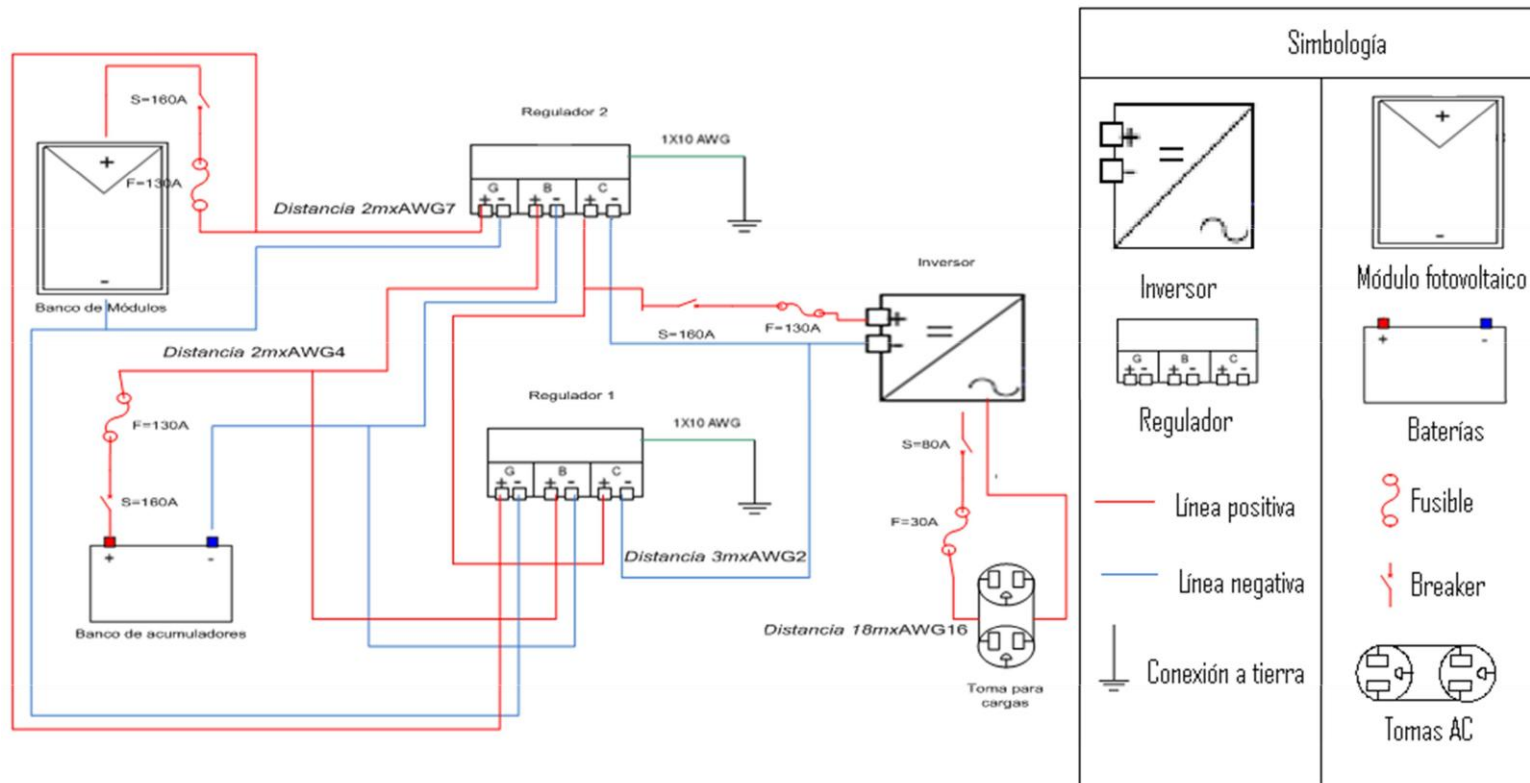


Figura 6.26 Diagrama de ubicación de las protecciones

### **6.7.5 Análisis costos beneficio.**

El costo que representa la instalación de un sistema de respaldo que genera electricidad a partir de irradiación solar y reemplace al sistema suministrado por la red es muy alto, por lo que no resulta económico, se debe tomar en cuenta que cuando se instala un sistema fotovoltaico se convierte en el dueño de una pequeña central que genera electricidad y por lo tanto conlleva asumir los gastos que este representa como los materiales y equipos utilizados, la mano de obra y los costos de mantenimiento y reparación.

En el análisis de costo de un sistema de estas características influyen varios factores que determinan si la inversión es o no rentable, tal es el caso:

La cantidad de radiación que recibe el sistema en el sitio donde será implantado.

Se deberá relacionar el valor de la energía producida, más no el costo de la energía, es decir la calidad de energía producida por una fuente solar no es la misma producida por un generador tradicional debido al impacto ambiental y a su disponibilidad.

La vida útil de un módulo fotovoltaico es de aproximadamente 25 años, los cuales no son una constante relativamente real.

En muchos casos el costo del Kw/h de un sistema fotovoltaico es mayor que el costo de la red de suministro eléctrico, es por ello que la rentabilidad de un sistema de este tipo depende mucho del apoyo e incentivos por parte de entidades del estado u organismos internacionales.

#### **6.7.5.1 Costos del proyecto.**

Para el análisis de costos de un sistema fotovoltaico aislado de la red se toma en cuenta en primer lugar los costos de instalación inicial o de capital y otros costos de funcionamiento que se presentaran posteriormente.

De acuerdo a lo anterior los costos se pueden clasificar en:

Costos iniciales del proyecto

Costos de operación y mantenimiento (incluyendo reparaciones)

Costo de reposición de piezas

#### 6.7.5.2 Costos iniciales del proyecto.

Son los gastos necesarios para que el sistema este en capacidad de suministrar energía; los costos involucrados son, evaluados en la siguiente Tabla 6.16.

Costos de adquisición de equipos

Instalación (mano de obra) y movilización

Capacitación, herramientas y otros.

Recursos materiales	Cantidad	Valor unitario \$	Total \$
Módulo solar75W/24V	24u	978,00	23.472,00
Regulador solar 140Amp/24V	2u	756,00	1.512,00
Baterías 120Ah/12V	20u	348.00	6.960,00
Inversor 48V/115Vac/3000W	1u	3.118,00	3.118,00
Cables	26m	1,80	137,8
Kit de instalación	1	280.00	280.00
Asistencia técnica		650.00	650.00
Estructuras	10x2mud c/u	320.00	3200.00
Conectores	10(dobles)	5,80	160,00
	20(macho)	2,31	
	20(hembra)	1,80	
Traslado y adicionales			350.00
<b>Total</b>			<b>39.839,80</b>

Tabla 6.16 Detalles de costos del proyecto

Como se menciona anteriormente el costo inicial del proyecto es muy elevado por lo que, en el caso de la implantación y funcionamiento del proyecto se puede recurrir a que el financiamiento sea subsidiado el gobierno u organismos internacionales, en el caso del Ecuador se lo puede financiar a través del CONELEC o del Ministerio de Electricidad de Energías Renovables, MEER.

#### **6.7.5.3 Costos de operación y mantenimiento.**

Son los costos donde se incluye el pago de salarios a técnicos, operarios, encargados de mantenimiento, inspección de los sistemas y reparaciones menores.

Estos valores deberán ser asumidos por el usuario posteriormente a la instalación del sistema, por lo que se requiere el cobro de una tarifa para que el sistema sea sustentable.

#### **6.7.5.4 Costos de reposición de partes y piezas.**

Son los costos de reposición de materiales y equipos durante la vida útil del sistema fotovoltaico, es decir se lo realizará paulatinamente después de unos 25 años, aplicando para cada equipo una vida útil y una tasa de escalamiento negativa, debido a la disminución del precio en el tiempo, estos costos son parte de la inversión del proyecto, excluyendo la inversión inicial del proyecto.

Este costo también incluye las reparaciones mayores como el caso de la sustitución de los paneles u otro componente del sistema, este costo también deberá ser incluido en la tarifa que se cobrará a los usuarios.

#### **6.7.6 Manual de mantenimiento del sistema**

Las instalaciones fotovoltaicas requieren un mantenimiento mínimo y sencillo, es recomendable realizar por lo menos tres chequeos en el sistema fotovoltaico por año, así se puede detectar y corregir algunos problemas, antes de que lleguen a una falla total del sistema, puesto que el mantenimiento preventivo es el que evita estos problemas.

El programa de mantenimiento del sistema incluye aspectos estructurales, componentes eléctricos y mecanismos del sistema.

Aunque el sistema es realmente simple debe tomarse en cuenta que se encuentra al aire libre y por consiguiente bajo inclemencias medioambientales durante años.

#### **6.7.6.1 Mantenimiento del arreglo de módulos.**

Los sistemas fotovoltaicos requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles y las células y sus conexiones internas están encapsuladas en varias capas de material protector.

##### **a) Aspectos físicos.**

En la mayoría de los casos, la acción de la lluvia elimina la necesidad de limpieza de los paneles. En caso de ser necesario, simplemente se puede utilizar agua y algún detergente no abrasivo como indica la figura 6.27



Figura 6.27 Limpieza de los módulos fotovoltaicos

Revisar que los módulos no tengan sombras, especialmente entre las 7a.m. y 6p.m. Esto podría requerir la eliminación de obstáculos o cortar arbustos  
Verificar la orientación del arreglo, la orientación de los módulos no debe desviarse más 3° de la prevista.

Inspeccionar que las conexiones estén limpias de corrosión y debidamente sujetas figura 6.28



Figura 6.28 Inspección de conexiones en los módulos

Verificar que todo el sistema esté realmente bien fijo y ajustado.

Para las cajas de conexiones a la intemperie se recomienda se recomienda emplear silicona para evitar la corrosión.

Verifique que la estructura de soporte esté en buenas condiciones. En caso de que esta no se encuentre protegida contra el intemperismo (es decir, que no sea de aluminio, acero inoxidable o galvanizado), dar tratamiento con pintura antióxido.

Inspeccionar los módulos para verificar se existen módulos con celdas desconectadas, rotas o despegadas.

#### **b) Aspectos eléctricos.**

Medir la corriente de corto circuito ( $I_{sc}$ )

Medir el voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ )

### 6.7.6.2 Mantenimiento de la batería.

Es el elemento de la instalación que requiere una mayor atención; de su uso correcto y buen mantenimiento dependerá en gran medida su duración. Las operaciones usuales que deben realizarse son las siguientes:

#### a) Aspectos físicos.

Cada dos meses limpiar el borde de la batería para retirar el polvo o la humedad que pueda tener

Inspeccionar el electrolito de cada vaso, y llenar hasta el nivel indicado para que las placas estén totalmente sumergidas como se observa en la figura 6.29,

No debe rellenarse nunca con ácido sulfúrico

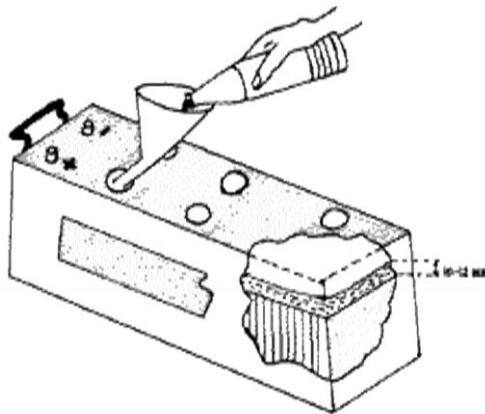


Figura 6.29 Llenado del nivel del electrolito

Inspeccionar terminales en búsqueda de conexiones sueltas y corroídas, engrasar los bordes de las baterías con regularidad.

Inspeccionar películas de líquido en la superficie de las baterías. Puede deberse a la excesiva ebullición del electrolito debido a un problema de regulación.

Verificar la ventilación apropiada del lugar donde se encuentran las baterías.



### **b) Aspectos eléctricos.**

En baterías no selladas verificar la gravedad específica. Determinar el estado de carga utilizando la información del fabricante.

En baterías selladas medir el voltaje a circuito abierto (Voc) de cada celda o bloque de celdas como se indica la figura 6.30 Se debe realizar al final del día cuando la batería haya alcanzado su máximo estado de carga, teniendo en cuenta que se realizara desconectando el SFV.

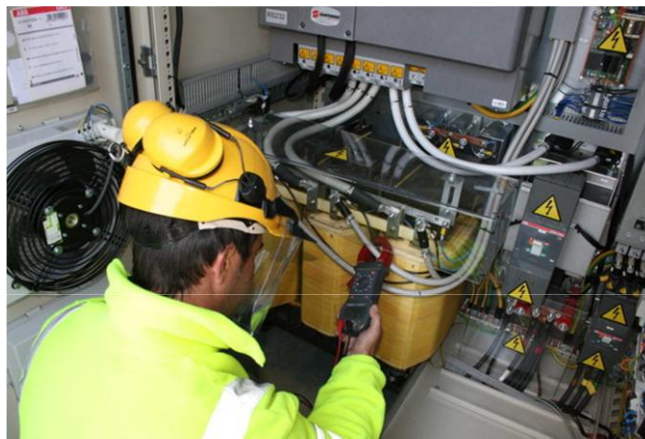


Figura 6.30 Inspección del voltaje en el arreglo de baterías

Si las baterías han de permanecer conectadas medir la corriente de carga o descarga. Emplear la información de fabricante para estimar la carga.

Las baterías que estén almacenadas y se quieran incorporar al sistema, se deberá realizar primero la carga a su máxima capacidad del sistema. Las baterías que estén almacenadas deberán ser recargadas cada seis meses.

### **6.7.6.3 Mantenimiento del controlador de carga.**

Mantenga el controlador de carga colocado en posición correcta, lugar limpio, seco y protegido de los rayos solares.

Chequee el funcionamiento correcto del controlador de carga. Si detecta ruidos anormales, contacte al personal especializado.

Verifique que las conexiones estén correctas y bien apretadas.

Chequee que el fusible de entrada esté en buen estado.

#### **6.7.6.4 Mantenimiento al inversor o convertidor CD/CA.**

Verifique que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca y bien ventilada.

Verifique que el inversor esté protegido de los rayos solares.

Compruebe que el inversor funciona adecuadamente y que no se producen ruidos extraños dentro de él.

#### **6.7.6.5 Mantenimiento de equipos consumidores y cableados.**

El mantenimiento de los equipos consumidores (radios, televisores, refrigeradores, computadoras, etc.), es el mismo que se le hace a éstos cuando funcionan conectados al Sistema Electro-energético Nacional.

En el caso del refrigerador, se ubica en un lugar bien ventilado para garantizar un uso más eficiente y por tanto no debe cambiarlo de lugar sin la consulta del especialista.

Verifique que todos los empalmes y conexiones estén fuertemente apretados para evitar falsos contactos, y protegidos adecuadamente con cinta aislante. Limpie regularmente el tubo fluorescente y la cubierta protectora de las lámparas (en caso que la posea), a fin de obtener un mayor nivel de iluminación.

Revise el estado de sus cables de conexión, los cuales deben estar en perfecto estado para evitar accidentes o cortocircuitos.

Contacte personal autorizado para realizar el reemplazo de piezas o corrección de fallas en el sistema, ver figura 6.31



Figura 6.31 Siempre consulte y trabaje con instituciones especializadas.

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1 Conclusiones**

Para que un sistema fotovoltaico sea viable, productivo y económico; debe existir una relación entre la cantidad de energía a suministrar y el beneficio que se obtendrá de la misma, esto se lograría poniendo en oferta el suministro de energía sobrante, que puede ser comprado por la Empresa Eléctrica Pública.

La inversión realizada en este proyecto es demasiado grande para ser utilizado solamente como un sistema de respaldo, sería más factible una migración total a un sistema fotovoltaico, de esta manera se ahorrarían gastos de energía eléctrica convencional en el Departamento Financiero.

El departamento financiero ha sido seleccionado para el diseño ya que es en donde se desarrollan la parte económica y de atención al cliente, por ende es el lugar más afectado durante un corte de energía, ya que se paralizan las actividades de forma total.

El sistema puede generar electricidad incluso en días con poca luz solar debido a condiciones climáticas, esto es posible gracias las características de los paneles fotovoltaicos.

Se escogió un arreglo serie-paralelo en los paneles fotovoltaicos para mantener el voltaje a 48V y aumentar la corriente a 89Amp, los cuales son condiciones necesarias para que el sistema funcione.

La potencia instantánea máxima del sistema es de 4200W, simulando las peores condiciones del año, con esto se asegura un óptimo funcionamiento del sistema en épocas donde las condiciones sean desfavorables.

Para el dimensionamiento de los equipos se toma en cuenta un factor de seguridad, el cual esta normado a un 25% para evitar posibles daños por sobrecarga, sobre todo en los elementos de protección y en el inversor de voltaje.

Debido a que el sistema solo entra en funcionamiento para cortes de energía en épocas de estiaje se tomo un día de autonomía considerando que para una migración total al sistema fotovoltaico se requieren de 3 a 5 días de autonomía.

El conocimiento sobre fuentes de energía fotovoltaicas permite conocer la realidad del consumo eléctrico y el desperdicio de fuentes de energía convencionales y no renovables en el lugar donde se realizó el proyecto.

## **7.2 Recomendaciones**

Leer detenidamente las especificaciones del fabricante para el dimensionamiento o la ejecución de un proyecto de energía alternativa.

Los datos para el dimensionamiento se deben realizar simulando las peores condiciones para el sistemas, así se asegurar un correcto funcionamiento del sistema.

No conectar al sistema equipos electrodomésticos o de otro tipo que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a los especialistas, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar su mal funcionamiento

No permitir que otros usuarios se conecten a su instalación (no hacer tendederas).

No conectar equipos de potencia superior a la del inversor CD/CA, pues esta sobrecarga puede dañarlo

No utilizar, en sustitución del agua destilada para rellenar la batería de acumulación, agua de río, hervida u otro tipo que no sea la recomendada, ya que esto daña la vida útil de la batería de acumulación

Verificar de forma regular los indicadores lumínicos del controlador de carga y en caso de notar que alguno de ellos no enciende, contacte inmediatamente al personal especializado.

Si alguna lámpara no enciende y el tubo fluorescente no está fundido ni defectuoso, revise tanto el fusible (si lo tiene) como el interruptor. Si alguno está defectuoso, reemplácelo por otro.

Recordar siempre que en los sistemas fotovoltaicos, como la energía es limitada, se hace mucho más necesario el ahorro al máximo. Por tanto, no mantenga luces o equipos encendidos innecesariamente.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

### **Libros.**

#### Energía Solar

CENSOLAR, Energía solar aplicaciones prácticas, Cuarta edición año 2005, Editorial PROGNSA, Barcelona España, 218 págs.

LEMVIGH, Muller, Energía solar térmica manual de instalación, Segunda edición año 2003, Editorial ERA-SOLAR, Buenos Aires Argentina, 175 págs.

#### Sistemas de energía

VIOLARIA, José, Fuentes de energía instalaciones eólicas y solares, Segunda edición año 2008, Editorial PARANINFO, Bogotá Colombia, 276 págs.

LORENZO, Eduardo, Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos, Segunda Edición 1994, Editorial Progensa.

PALZ, Wolfgang, Electricidad solar. Estudio económico de la energía solar, Primera edición 1980. Editorial H. Blume.

### **Lincografía.**

#### El sol

<http://www.solarviews.com/span/sun.htm>

<http://www.astromia.com/solar/sol.htm>

#### Energía Solar

[http://www.oarval.org/section3\\_4sp.htm](http://www.oarval.org/section3_4sp.htm)

<http://www.solarco.cl/fotovoltaica2.htm>

#### Celdas fotovoltaicas

<http://www.instalacionenergiasolar.com/energia/celdas-fotovoltaicas.html>

<http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm#Tiposdepaneles>

<http://www.solartec.org/SVFot.htm>

## Energía

<http://www.electricidadbasica.net/>

[http://www.renova-energia.com/animaciones/corriente\\_alterna.html](http://www.renova-energia.com/animaciones/corriente_alterna.html)

## Sistemas de energía

<http://jaimevp.tripod.com/Electricidad/energi01.HTM>

<http://www.cecua.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/guia/minidraulica.htm>

## Manual de Mantenimiento

<http://www.energiasverdes.com/preguntas-frecuentes/que-mantenimiento-requiere-un-sistema-fotovoltaico.html>

<http://www.electricidad-gratuita.com/mantenimiento-sistemas-solares.html>

<http://www.scribd.com/doc/47468191/Manual-Sistemas-Fotovoltaicos-Fundacion-Maya-Kuxkinal>

## Descripción de los módulos solares

[http://www.corpoema.com/CDenergia/FV\\_Capi8.PDF](http://www.corpoema.com/CDenergia/FV_Capi8.PDF)

[http://www.solorzano.com.mx/jesus/datos/modulo\\_casa.pdf](http://www.solorzano.com.mx/jesus/datos/modulo_casa.pdf)

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo02.htm>

## Baterías

[http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria\\_29.html](http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria_29.html)

<http://www.ies->

[def.upm.es/ISF/programa\\_2002\\_0303/3\\_SistemaFotovoltaico.pdf](def.upm.es/ISF/programa_2002_0303/3_SistemaFotovoltaico.pdf)



## **GLOSARIO**

A → Amperio

CA ó AC → Corriente alterna

CC ó DC → Corriente continua o Corriente Directa

Ah → Amperio - hora

CO → Monóxido de carbono

CO<sub>2</sub> → Dióxido de carbono

CD → Corriente directa

AC → Corriente alterna

J Joule → (0,239 caloría ó  $9,48 \times 10^{-4}$ , unidades térmicas británicas, Btu)

J/s → Joules por segundo

Km/s → Kilómetros por segundo

kW → (1000 vatios) -unidad de potencia  $k W/m^2$  Kilovatios por metro cuadrado

kWh → Kilovatio hora

$kWh/m^2$  → Kilovatio hora por metro cuadrado

M → Mega ( $10^6$ )

$m^2$  → Metro cuadrado

mm → Milímetros

m/s Metros por segundo

MW → Mega vatios

°C → Grados Centígrados

ONG → Organización No Gubernamental PV

→ Fotovoltaico (por sus siglas en inglés) FV

→ Fotovoltaico (por sus siglas en español)

V → Voltios (el monto de “presión” de electricidad)

W → Vatios (la medida de energía eléctrica, Voltios x amperios = vatios)

Wp → Vatios pico

W/m<sup>2</sup> → Vatios por metro cuadrado

P<sub>máx</sub> → Potencia Máxima o Potencia Pico del Módulo

I<sub>sc</sub> → Corriente de Cortocircuito

V<sub>oc</sub> → Tensión de Circuito Abierto

IP<sub>máx</sub> → Intensidad Máxima o Corriente en el Punto de Máxima Potencia

VP<sub>máx</sub> → Tensión Máxima o Tensión en el Punto de Máxima Potencia

TONC → Temperatura de Operación Nominal de la Célula

CdC → Control de Carga

CdD → Centro de Distribución

AMÉXOS

## ANEXO A

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES**

**Encuesta dirigida al personal Administrativo del edificio del Municipio del Cantón  
Sigchos.**

### **Objetivo**

Determinar el requerimiento de un sistema de energía activado por paneles solares el cual podrá brindar suministro de energía eléctrica durante los cortes en la red.

### **Instrucciones**

Marque en el espacio en blanco la respuesta de acuerdo con las necesidades que usted crea convenientes.

**Fecha** \_\_\_\_\_

### **A. SISTEMA REGULAR DE SUMINISTRO DE ENERGÍA.**

1. ¿Se siente conforme con la red pública de energía eléctrica?

SI ( )      NO ( )      A VECES ( )

2. ¿Ha tenido cortes de suministro de energía en épocas secas?

SI ( )      NO ( )      A VECES ( )

3. ¿Ha sufrido pérdidas de información y por consiguiente retrasos cuando se dan cortes de energía?

SI ( )      NO ( )      A VECES ( )

**B. SISTEMA ENERGÉTICO DE RESPALDO**

1. ¿El lugar donde labora cuenta con un sistema energético de respaldo?

SI ( ) NO ( )

¿Qué tipo de respaldo energético utiliza ?-----

2. ¿Está conforme con el sistema energético de respaldo que maneja su institución?

SI ( ) NO ( )

3. ¿Le gustaría cambiar de sistema de respaldo?

SI ( ) NO ( ) TAL VEZ ( )

4. De los siguientes ¿Cuál sistema de respaldo le gustaría que se maneje en su institución?

Sistema eólico ( ) Sistema solar fotovoltaico ( ) Sistema con generador a diesel ( )

5. ¿Está de acuerdo con el criterio de que el área más sensible y propensa a daños es el departamento financiero?

SI ( ) NO ( ) Cual?.....

6. ¿Cuánto tiempo desearía que funcione su nuevo sistema de respaldo?

De 1 a 3 horas ( ) De 1 a 5 horas ( ) un día completo de labores ( )

**Gracias por su colaboración.**

ANEXO B

**Tabla de conversión Área a AWG**

<b>AWG</b>	<b>Diam. mm</b>	<b>Área mm<sup>2</sup></b>		<b>AWG</b>	<b>Diam. mm</b>	<b>Área mm<sup>2</sup></b>
1	7.35	42.40		16	1.29	1.31
2	6.54	33.60		17	1.15	1.04
3	5.86	27.00		18	1.024	0.823
4	5.19	21.20		19	0.912	0.653
5	4.62	16.80		20	0.812	0.519
6	4.11	13.30		21	0.723	0.412
7	3.67	10.60		22	0.644	0.325
8	3.26	8.35		23	0.573	0.259
9	2.91	6.62		24	0.511	0.205
10	2.59	5.27		25	0.455	0.163
11	2.30	4.15		26	0.405	0.128
12	2.05	3.31		27	0.361	0.102
13	1.83	2.63		28	0.321	0.0804
14	1.63	2.08		29	0.286	0.0646
15	1.45	1.65		30	0.255	0.0503

## ANEXO C

**Tabla de capacidad de fusible**

SECCION DEL CONDUCTOR	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	AMPERES	CAPACIDAD DEL FUSIBLE
0,50	0,80	4	---
0,75	0,98	5,5	---
1,00	1,13	7	6
1,50	1,39	9,5	10
2,50	1,78	14	15
4	2,26	20	20
6	2,77	27	25
10	3,57	39	35
16	4,52	56	50
25	5,65	80	80
35	6,67	100	100
50	8,00	130	125
70	9,45	170	160
95	11,05	210	200
120	12,35	230	225
150	13,82	270	260
185	15,35	310	300
240	17,50	380	350

300	19,50	450	430
400	22,60	560	500
500	25,25	660	600
625	28,20	780	700
800	31,90	940	850
1000	35,70	1100	1000



## ANEXO D

Regulador de carga.

## ANEXO E

Inversor.



The OutBack true sinewave inverter/charger is a complete power solution. It incorporates a DC to AC sinewave inverter, battery charger and AC transfer switch housed within a die-cast aluminum chassis. Intelligent multistage battery charging runs your generator less, and prolongs the life of your batteries. Built-in networked communications enables multiple units to be stacked and connected with other OutBack power electronics providing industry leading integration and near infinite application flexibility. The exclusive modular system architecture means that increased power output is just an additional inverter/charger away. Our flagship FX series uses a sealed chassis that can operate in the harshest environmental conditions such as high humidity and corrosive salt air. The VFX series uses a vented chassis with "bug proof" screened openings that allow high output AC power in the hottest of operating conditions.

### Sealed FX

- Sinewave Output
- Intelligent Battery Charging
- Modular Stackable Design
- High Operating Efficiency
- Weather-resistant Sealed Chassis
- Corrosion Resistant Internal Components
- Field Serviceable
- Integrated Network Communications
- Standard 2 Year Limited Warranty

### Vented VFX

- Sinewave Output
- Intelligent Battery Charging
- Modular System Architecture
- High Operating Efficiency
- "Bug Proof" Chassis
- Corrosion Resistant Internal Components



## ANEXO F

### Módulos fotovoltaicos



#### Características

Potencia nominal	175W
Potencia nominal P en STC:	+10/-5%
Tensión máxima de sistema	1000 V
Tensión con potencia nominal	23,6 V
Corriente con potencia nominal	7,42 A
Tensión marcha en vacío	29,2 V
Corriente de cortocircuito	8,09 A
Longitud	1290 mm
Ancho:	990 mm
Altura	36 mm
Peso:	16 kg
Células por módulo:	48
Tecnología celular:	policristalina

Garantía: 10 años al 90% de la potencia y 20 años al 80% de la potencia

## ANEXO G

Baterías