



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERIA ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DEL
SERVICIO ECUATORIANO DE CAPACITACIÓN PROFESIONAL PARA REDUCIR EL
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”

Trabajo de Graduación modalidad TEMI (Trabajo Estructurado de Manera Independiente),
previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Comunicación.

ESTUDIANTE: Elizabeth Paulina Ayala Baño

TUTOR: Ingeniero Carlos Salcedo

Ambato – Ecuador

Enero, 2011

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de graduación o titulación: Trabajo Estructurado de Manera Independiente sobre el tema: "DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DEL SERVICIO ECUATORIANO DE CAPACITACIÓN PROFESIONAL PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA" presentado por Elizabeth Paulina Ayala Baño , 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 trabajo de graduación o titulación e informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con el proceso reglamentario.

Ambato, 08 de Enero del 2011

TUTOR

Ing. Carlos Salcedo

AUTORÍA

El presente trabajo de graduación o titulación Trabajo Estructurado de Manera Independiente Titulado: “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DEL SERVICIO ECUATORIANO DE CAPACITACIÓN PROFESIONAL PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA” Es original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor, y su propiedad intelectual pertenecen al graduando de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 08 de Enero del 2011

Elizabeth Paulina Ayala Baño

C.I. 1803938438

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Julio Cuji y el Ing. Santiago Villacís, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DEL SERVICIO ECUATORIANO DE CAPACITACIÓN PROFESIONAL PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”, presentado por la señorita Elizabeth Paulina Ayala Baño, de acuerdo al Art. 57 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal del tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 08 de Enero del 2011

Ing. Oswaldo Paredes Ochoa, M.Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Julio Cuji , M.Sc.
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Santiago Villacís
DOCENTE CALIFICADOR

Dedicatoria

Mi Proyecto la dedico con todo mi amor y cariño.

A ti Dios

Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida

Por los triunfos y los momentos difíciles

que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mis padres,

A quienes les debo todo en la vida, por el cariño,

la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindaron

para culminar mi carrera profesional

A mis hermanas

Porque siempre he contado con ellas para todo

Por el apoyo y amistad

A ti Javi, mi eterno amor

Paulina Ayala

Agradecimiento

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente por poner en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi familia porque si no fuese por el esfuerzo realizado por ellos, mis estudios de tercer ciclo

no hubiesen sido posibles. A mis padres Ángel y Alicia, A mis hermanas Gaby y Jessy, A mi prima Olguita, por el ánimo, apoyo y alegría que me brindan, me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A ti Javi, por estar junto a mí estos cinco años de conocernos, en los cuales hemos compartido tantas cosas, por tu cariño, comprensión, paciencia y ayuda para que pudiera terminar este proyecto, son evidencia de tu gran amor. ¡Gracias Te Amo!

Al Ing. Carlos Salcedo, tutor de mi proyecto, por su dirección, paciencia, entrega, y valiosos consejos que me permitieron alcanzar los objetivos de este proyecto y a Karen por su ayuda y a pesar de conocernos poco tiempo me ha demostrado que es una excelente amiga.

Al alma Mater, Al SECAP, A los diferentes profesores que por su trato humano, visión y conocimientos aportaron a formarme como persona y profesional.

No tengo letras para seguir dando gracias a las diferentes personas por ayudarme a terminar esta carrera en donde profesores y compañeros dejan parte de su vida, para dar vida a los sueños de niño y que hoy día se pueden hacer realidad. Solo sé que esto es solo el comienzo de una gran historia de virtudes y gracias para mí y mi querida familia.

Muchas gracias.

Paulina Ayala

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PRELIMINARES	Pág.
Carátula.....	i
Aprobación del Tutor.....	ii
Autoría.....	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General de Contenidos.....	vii
Índice de Tablas.....	xii
Índice de Gráficos.....	xiv
Resumen Ejecutivo.....	xviii

Introducción y Antecedentes.....xix

Simbología.....xx

B. TEXTO

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema de Investigación.....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1. Contextualización....	1
1.2.2. Análisis Crítico.....	2
1.2.3. Prognosis.....	3
1.3. Formulación del Problema.....	3
1.4. Preguntas Directrices.....	3
1.5. Delimitación.....	3
1.6. Justificación.....	3
1.7. Objetivos.....	4
1.7.1. Objetivo General.....	4
1.7.2. Objetivo Específicos.....	5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes Investigativos.....	6
2.2.	Fundamentación Legal.....	6
2.3.	Categorías Fundamentales.....	8
2.3.1.	Gráfico de Inclusión Interrelacionados.....	8
2.3.2.	Visión Dialéctica de Conceptualizaciones.....	9
2.3.2.1.	Marco Conceptual de la Variable Independiente.....	9
2.3.2.2.	Marco Conceptual de la Variable Dependiente.....	78
2.4.	Hipótesis.....	105
2.4.1.	Señalamiento de Variables de La Hipótesis.....	105
2.4.1.1.	Variable Independiente.	105
2.4.1.2.	Variable Dependiente.....	105

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1.	Enfoque.....	106
3.2.	Modalidad Básica de La Investigación.....	106
3.2.1.	Investigación de Campo	106
3.2.2.	Investigación Bibliográfica.....	106

3.3	Nivel de La Investigación.....	107
3.4.	Población y Muestra.....	108
3.5	Operacionalización de las Variables.....	108
3.6.	Recolección de Información.....	109
3.7.	Procesamiento y Análisis.....	109

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Análisis de los Resultados.....	110
4.1.1.	Entrevista.....	110
4.1.2.	Situación Actual de La Institución.....	112
4.1.3.	Demanda Total.....	113
4.1.4.	Ubicación Geográfica del Proyecto.....	116
4.1.5.	Radiación Solar Horizontal.....	117
4.1.6.	Irradiación Horizontal Extraterrestre.....	119
4.1.7.	Coeficiente de Corrección (Rb).....	120
4.1.8.	Selección del Panel Fotovoltaico.....	121
4.1.9.	Selección del Acumulador.....	121
4.1.10.	Selección del Regulador de Carga.....	122
4.1.11.	Selección del Inversor.....	122

CAPITULO V

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....123
5.2.	Recomendaciones.....124

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1.	Datos Informativos.....125
6.2	Antecedentes de la Propuesta.....	125
6.3	Justificación.....	125
6.4	Objetivos.....126
6.4.1	Objetivo General.....	126
6.4.2	Objetivo Especificas.....	126
6.5.	Fundamentación.....	126
6.5.1	Datos.....	12
6		
6.5.1.1.	Latitud Del Lugar.....127
6.5.1.2.	Equipos De Consumo.....127
6.5.1.3.	Días De Autonomía (N).....127
6.5.1.4.	Vn, Tensión Nominal De La Instalación.....	127
6.5.1.5.	Datos de Radiación Solar.....	128

6.5.2. Dimensionamiento de Los Dispositivos Del Sistema.....	129
6.5.2.1. Capacidad del Sistema.....	129
6.5.2.2. Banco de Baterías:	130
6.5.2.3. Paneles fotovoltaicos.....	133
6.5.2.4. Controlador de Carga.....	137
6.5.2.5. Inversor.....	139
6.5.2.6. Protecciones y Cableado.....	141
6.5.3. Ubicación del sistema Fotovoltaico.....	145
6.5.4. Diagrama de Conexión.....	148
6.5.5. Propuesta Económica.....	152
6.6. Administrativa.....	154
6.7. Previsiones de la Propuesta.....	155
6.7.1. Manual de Instalación y mantenimiento.....	155
6.7.2. Cambio de lámparas Fluorescente por lámparas de Leds.....	164
6.7.3. Sistema Automático para la conmutación Sistema Fotovoltaico y red Eléctrica.....	165

C. MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía.....166

Anexos.....
....168

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Tabla 1:Caída de tensión máxima en los tramos del sistema76

Tabla2 :Tabla AWG.....78

Tabla 3: Cargos Categoría Residencial.....102

Tabla 4: Cargos Categoría General Baja Tensión.....103

Tabla 5: Cargos Categoría General, Media Tensión.....104

Tabla 6: Cargos Categoría General, Alta Tensión105

CAPITULO III

METODOLOGIA

Tabla 7: Operacionalización de las Variables Variable independiente.....108

Tabla 8: Operacionalización de las Variables Variable Dependiente.....109

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Tabla 9: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Primera planta.....113

Tabla 10: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Primer Piso.....	114
Tabla 11: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Segundo Piso.....	114
Tabla 12: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Tercer Piso.....	114
Tabla 13: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Cuarto Piso.....	115
Tabla 14: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Quinto Piso.....	115
Tabla 15: Resumen del Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Total	115
Tabla 16: Ubicación Geográfica Del Proyecto.....	116
Tabla 17: Irradiación Horizontal Extraterrestre.....	119
Tabla 18: Tabla Coeficiente de corrección (Rb)	120

CAPITULO VI

PROPUESTA

Tabla 19: Radiación Solar para la Ciudad de Ambato.....	128
Tabla 20: Características y funcionamiento CPVD-770(OPzV)	131
Tabla 21: Dimensiones y Peso CPVD-770(OPzV)	132
Tabla 22: Im del Año.....	134
Tabla 23: Características eléctricas típicas BP 7175S.....	135
Tabla 24: Características Mecánicas BP 7175S.....	136

Tabla 25: Características del Regulador FLEXmax 80.....	138
Tabla 26: Características del Inversor SWI 750.....	141
Tabla 27: Sección del Panel al Regulador.....	142
Tabla 28: Sección del Regulador al Acumulador.....	143
Tabla 29: Sección del acumulador al Inversor	143
Tabla 30: Sección del Inversor a la Carga	144
Tabla 31: Presupuesto del Kit de Instalación.....	152
Tabla 32: Presupuesto de los Equipos del sistema.....	152
Tabla 33: Presupuesto Total.....	153
Tabla 34: Recursos Materiales.....	154
Tabla 35: Recursos Humanos.....	155

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Gráfico 1: Variable independiente: Sistema Fotovoltaico.....	8
--	---

Gráfico 2: Variable independiente: Sistema Fotovoltaico.....	9
Gráfico 3: Espectro Solar.....	17
Gráfico 4: Cenit.....	19
Gráfico 5: Tipos de Radiación.....	21
Gráfico 6: Célula Fotovoltaica.....	23
Gráfico 7: Estructura de una célula fotovoltaica.	24
Gráfico 8: Silicio.....	25
Gráfico 9: Captadores Solares planos.....	27
Gráfico 10: espejos parabólicos en concentrador solar	27
Gráfico 11 Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1,000 W/m ² y 25°C.....	30
Gráfico 12 Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de radiación (temperatura constante de 25 °C).....	31
Gráfico 13 Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes temperaturas de operación (irradiancia constante 1,000W/m ²).....	32
Gráfico 14: Panel de Silicio Puro monocristalino.....	35
Gráfico 15: Panel de Silicio Puro Policristalino.....	36
Gráfico 16: Panel de Silicio Amorfo.....	36

Gráfico 17: Panel Tándem.....	37
Gráfico 18: Panel con sistema de concentración.....	38
Gráfico 19: Paneles de formato “teja o baldosa”	39
Gráfico 20: Eclíptica.....	42
Gráfico 21: Latitud Geográfica.....	44
Gráfico 22: Angulo horario.....	46
Gráfico 23: Insolación Global Pronedio del Ecuador	49
Gráfico 24: Batería de plomo-ácido.....	56
Gráfico 25: Baterías de níquel-cadmio.....	59
Gráfico 26: Baterías de litio.....	61
Gráfico 27: Interruptores magnetotérmicos.....	74
Gráfico 28: Interruptor diferencial.....	75
Gráfico 29: Alternador de fábrica textil (Museo de la Ciencia y de la Técnica de Cataluña, Tarrasa).....	87
Gráfico 30: Turbina de una central termoeléctrica.....	88
Gráfico 31: Planta nuclear en Cattenom, Francia	89
Gráfico 32: La central termosolar PS10 de 11MW funcionando en Sevilla, España	89

Gráfico 33: Esquema General de una Central Hidroeléctrica.....	91
Gráfico 34 Esquema General de una Central Hidroeléctrica Pasada	92
Gráfico 35: Pila de hidrógeno. La celda en sí es la estructura cúbica del centro de lamagen.....	94
Gráfico 36: Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico.....	95

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Gráfico 37: Lámparas fluorescentes ubicadas en el SECAP Sede Ambato.....	113
Grafico 38: Ubicación del SECAP.....	116
Gráfico 39: Condiciones de referencia del sitio.....	117

CAPITULO VI

PROPUESTA

Gráfico 40: Dimensiones de CPVD-770(OPzV)	132
Gráfico 41:FLEXmax80..... ...139	139
Gráfico 42: Inversor SWI 750..... 140	140
Gráfico 43: Edificio Administrativo SECAP Sede Ambato..... 145	145
Gráfico 44: Distribución de los equipos dentro del cuarto de Equipos.....	146

Gráfico 45: Distribución del Arreglo y Cuarto de equipos en la terraza.....	147
Gráfico 46: Diagrama Unifilar del sistema.....	148
Gráfico 47: Diagrama de Conexiones de los Paneles.....	149
Gráfico 48: Diagrama de Conexiones del Banco de Baterías.....	150
Gráfico 49: Diagrama de Conexiones del Regulador a la Carga.....	151
Gráfico 50: Ubicación de los módulos.....	155
Gráfico 51: Ubicación de los Controladores y Baterías.....	156
Gráfico 52: Interconexión de Baterías y Controladores.....	157
Gráfico 53: Limpieza de Paneles Fotovoltaicos.....	160
Gráfico 54: Iluminación LED SP90.....	165

RESUMEN EJECUTIVO

El Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional SECAP es una institución pública que tiene como proveedor único de energía eléctrica a la EASA (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte), debido a esto es necesario diseñar un sistema fotovoltaico para proveer de energía eléctrica limpia a la institución.

El sistema fotovoltaico está dirigido a alimentar eléctricamente el área de iluminación del edificio administrativo del SECAP, cuya edificación consta de 6 pisos donde se encuentra el área administrativa, la biblioteca, el bar, algunas aulas, laboratorios de computación y el salón principal.

Median el estudio del área de iluminación se determino que existen 137 lámparas fluorescentes de doble tubo de 40W cada una con un funcionamiento de 3 horas diarias aproximadamente, todo esto nos da como resultado una carga total de 5480W y la energía necesaria es 17800Wh/día.

El diseño del sistema fotovoltaico consta de 46 paneles fotovoltaicos BP Solar 7175 de 175W que serán distribuidos en dos series de 23 paneles cada una, los mismos se colocarán en la terraza del edificio, también consta de 24 baterías Coopower de 2V a 770Ah cuya distribución es de una serie de 24 baterías, el diseño también posee de dos reguladores de carga de marca Flexman 80 y por último se unen a un Inversor Sunway SWI 75 que convertirá el voltaje de 48V a 115V que trabaja la carga.

El trabajo contiene la teoría básica sobre energía fotovoltaica, la descripción general del diseño y la especificación de los componentes principales del sistema fotovoltaico aislado a la red eléctrica, así como el análisis técnico-económico, los resultados obtenidos y las conclusiones.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente siglo se ha convertido en el siglo de las alternativas, debido a la crisis de valores, crisis de paradigmas, crisis ambientales y crisis energéticas; también los nuevos paradigmas o referentes colocan los viejos conocimientos con modernas tecnologías al servicio del hombre, siendo necesario cambiar la posición del hombre dentro de los ecosistemas naturales, ya que nuestro medio ambiente están rebasando sus límites.

La comunidad científica es consciente que transformaciones son necesarias, desarrollando nuevas tecnologías con criterios ambientales y optimizando procesos que garanticen un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, una mayor eficiencia, con beneficios económicos, que contribuyan a la sostenibilidad de los recursos naturales.

Después de las crisis del petróleo de 1973 y 1979, se incrementó el interés por los recursos renovables, especialmente por la madera, biogás a partir de materia orgánica y otras formas de energía como la energía solar.

Existen muchas propuestas en el mundo con esta finalidad, para investigar, desarrollar nuevas tecnologías y optimizar procesos colocando sistemas de cogeneración para aumentar la eficiencia energética, y disminuyendo el impacto ambiental por las emanaciones de sustancias tóxicas a la atmósfera.

Sin embargo, segmentos de población de los países de América Latina fuera de las redes de transmisión de energía eléctrica, no disponen de electricidad o por lo menos no en cantidades suficientes para suplir la demanda, alejado de esta realidad no está nuestro país que en muchas de las regiones no cuenta con la red eléctrica y en la ciudades tampoco tiene sistemas eléctricos que sean soluciones alternativas y ecológicas.

Simbología

Irradiación Solar Diaria Horizontal	Ho
Coefficiente De Corrección De La Irradiación Directa.	Rb
Irradiación Horizontal Extraterrestre Media Mensual	Bodm
Índice De Claridad Para Media Mensual.	Ktm
Fracción Difusa Media.	Kdm
Irradiación Difusa	Hd
.Radiación Global de la Superficie Inclineda	Ht
Coefficiente de Reflexión del Suelo o Albedo	ro
Corriente continúa	DC(A)
Corriente alterna	CA(A)
Energía Necesaria (DC)	E(DC)
Energía Necesaria (AC)	E(CA)
Carga Instalada	CInst
Tensión nominal de la carga	VnC
Potencia de funcionamiento	PC
Voltaje nominal del Sistema	Vn
Degradación del sistema	D
Reserva futura	Rfut
Capacidad necesaria del sistema	Cap
La capacidad efectiva del sistema	CapE
Capacidad Total del sistema	CapT

Profundidad de Descarga de la Bateria	PDD
Amperio Hora Nominal de la Bateria	AHBat
Voltaje nominal de la Bateria	VnBat
Días de autonomía	n
Capacidad del Banco de baterías	CapBat
Número de baterías en serie	Nbs
Número de baterías en paralelo	Nbp
El número total de baterías	NbT
Capacidad total del banco de baterías	CapBatT
Capacidad Total Efectiva del banco de baterías	Cap BatTe
Corriente máxima debe suministrar un campo de paneles	Im
Potencia mínima garantizada del panel	Pp(mim)
Voltaje Nominal del Panel	Vn p
Tensión de Pmax del panel	Vp(max)
Corriente en Pmax del panel	Ip(max)
Corriente de cortocircuito del panel	Isc
Tensión de circuito abierto del panel	Voc
Número de módulos fotovoltaicos en paralelo	Npp
Número de módulos fotovoltaicos en serie	Nps
Número de módulos fotovoltaicos en paralelo	NpT
Potencia que obtenemos del arreglo	Pps
La Capacidad nominal del Regulador	Cap C
Capacidad del inversor	CapInv
Sección del Conductor	S

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.3. Tema de Investigación

“Diseño de un Sistema Fotovoltaico en el Edificio Administrativo del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional para reducir el consumo de Energía Eléctrica”

1.4. Planteamiento del Problema

1.2.1. Contextualización

La humanidad no hace mucho comenzó a tomar conciencia de los problemas ambientales, de sustentabilidad y económicos que conlleva basarse principalmente en la explotación de combustibles fósiles para el consumo de energía.

A partir de la segunda guerra mundial apareció el desarrollo industrial y tecnológico que aumento la explotación de combustibles fósiles en especial los hidrocarburos. Este modelo económico depende su funcionamiento del continuo crecimiento del consumo de energía por el hombre, que exige también una demanda igualmente creciente de energía.

Se sabe que las fuentes de energía fósil no son renovables y es inevitable que después de algunos años la demanda sea tan grande que no se la pueda abastecer y por tanto todo este modelo económico colapsaría.

Actualmente en el mundo no se utiliza correctamente la energía no renovable lo que provoca la indiscriminada explotación del petróleo, gas, carbón y de energía nuclear, sino también provoca la emisión de gases contaminantes y residuales que causan el efecto invernadero y la contaminación ambiental, desequilibrando el ecosistema que nos rodea.

El Ecuador es un país en vías de desarrollo que consume una pequeñísima parte de energía a nivel mundial además es exportador de petróleo, pero actualmente lo está explotando de tal manera que muy pronto sus reservas se terminarán y se presentara una grave crisis económica ya que actualmente la exportación del crudo representa la primera fuente de ingresos para el presupuesto nacional.

Las energías alternativas en especial la fotovoltaica apenas está en auge en el Ecuador, donde sus sistemas principales de energía son los convencionales, contradictoriamente a otros países como Alemania, España que producen anualmente alrededor de 6000MW cada uno de energía eléctrica por medio de fuentes renovables.

El SECAP es una institución del estado que forma, capacita y perfecciona al talento humano de muchos ciudadanos, pero por el momento la institución no cuenta con un sistema alternativo que provea energía eléctrica paraninguna de sus áreas que ayude a reducir el consumo de energía convencional

1.2.2. Análisis Crítico

Cada día las ciudades van creciendo y consumiendo todos los recursos que la naturaleza le puede suministrar, esta falta de conciencia está produciendo un sin número de residuos que hacen insostenible la vida en el planeta.

La “crisis energética en el planeta” conlleva a mirar nuevos horizontes con respecto al desarrollo de variadas formas de energía las mismas que deben ser limpias, sustentables e inagotables y estas son las energías alternativas.

La frecuente escases de agua en las diferentes hidroeléctricas del Ecuador ha causado que las fuentes generadoras no trabajen a su capacidad normal y se produzca una considerable reducción de energía eléctrica lo que conlleva por varios años a los apagones.

1.2.3. Prognosis

Si el Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional continua con el problema de tener únicamente como fuente de energía eléctrica a la EASSA no podrá reducir el consumo de energía eléctrica convencional.

1.3. Formulación del Problema

¿Cuál es el sistema de energía eléctrica utilizado en el SECAP?

1.4. Preguntas Directrices

¿Cómo se provee de Energía eléctrica el SECAP?

¿Cómo se aplica la energía fotovoltaica en la alimentación de sistemas de iluminación?

¿Cómo reducir el consumo de energía eléctrica convencional en la institución?

1.5. Delimitación

EL proyecto de tesis se desarrollará para el sistema de iluminación del edificio administrativo del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional “SECAP” ubicado en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato Parroquia Huachi Loreto en la avenida Bolivariana y El Cóndor, Km 3.5 vía a Baños durante el 2010.

1.8. Justificación

El presente trabajo de tesis es de interés porque; al desarrollar el estudio de un sistema fotovoltaico en el edificio administrativo del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional, se logrará reducir el consumo de energía eléctrica convencional que garantiza planillas con bajos precios y la conservación del medio ambiente.

Es importante la investigación de este tema, pues frente a la gran crisis que hay del combustible a nivel mundial, donde el carbón y el petróleo son recursos finitos y además son altamente contaminantes para el ambiente, se debe desarrollar proyectos con energías renovables, pero deben ser competitivas frente a las otras, pues en el mundo existe un oligopolio en la generación, la producción y la distribución de energía convencionales dirigidas por los grandes países.

Asimismo el Ecuador durante muchos años ha presentado problemas de energía eléctrica debido al estiaje, con este tipo de tecnología este problema no se presentaría debido a que el recurso que necesita para que funcione es la radiación solar que es inagotable, esta es una de las razones porque el gobierno actual está impulsando el desarrollo de sistemas que no contaminen al ambiente, como alternativa en los diseños convencionales de energía eléctrica.

Gracias al desarrollo de este proyecto los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, los estudiantes del SECAP y la comunidad en general tendrán un documento donde se estudiara un sistema de energía fotovoltaica dirigida para una institución de la ciudad de Ambato.

1.9. Objetivos

1.7.1. Objetivo General:

Diseñar un sistema que genere energía eléctrica por medio de Paneles Solares en el edificio administrativo del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional para reducir el consumo de energía eléctrica

1.7.2. Objetivo Específicos:

- Analizar el estado actual del sistema de energía eléctrica del SECAP
- Estudiar la generación de energía eléctrica por medio de la energía solar fotovoltaica en sistemas de iluminación.
- Proponer el diseño de un sistema fotovoltaico para la solución del problema.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

La biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial en sus archivos no cuenta con ningún proyecto sobre Energías Renovables.

En la Escuela Politécnica del Chimborazo se encontró dos tesis donde se describe los procedimientos generalizados sobre la implementación de la energía solar, pero no están dirigidas al tema de este proyecto:

“Diseño y Construcción de un sistema de Generación y Acumulación de Energía Eléctrica con Paneles Solares” de Byron Javier Pico Sánchez.

“Diseño y Construcción de un Inversos Monofásico alimentado con Energía Solar” de Cristian Geovanny Velasco Vásquez.

2.2. Fundamentación Legal

Constitución 2008

La Nueva Constitución Política del Ecuador, contempla disposiciones del Estado sobre el tema ambiental en el Capítulo Primero, Inclusión y Equidad Sección octava,

en el Art. 385 y Art. 386, y en el Capítulo Segundo, Biodiversidad y Recursos Naturales Sección séptima en el Art. 413 y Art. 414

Fuente: Constitución del Ecuador 2008

Ley De Gestión Ambiental.

Ley No. 37. Ro/ 245 De 30 De Julio De 1999.

Para que los objetivos de la constitución se cumplan, es indispensable dictar una normativa jurídica ambiental y una estructura institucional adecuada por lo que expide normas sobre energías alternativas y medio ambiente en el Título I Ámbito Y Principios De La Ley, Art. 1 y Art. 2, y en el Título II Del Desarrollo Sustentable, Art. 7

Fuente: www.derecho-ambiental.org

Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (Secap)



Es una Institución con personería jurídica de derecho público, con autonomía administrativa y financiera, con patrimonio y fondos propios, autogestionarios, especializados y técnicos, adscrita al Ministerio de Trabajo.

Tiene como objetivo fundamental Formar Profesionalmente para el Trabajo a la población económicamente activa o en capacidad de integrarse al mundo laboral, mediante el desarrollo de competencias en el desempeño de un puesto de trabajo, ocupación, profesión o la generación de unidades productivas o de servicios.

Misión

Formar, Capacitar, Perfeccionar, Certificar y Titular Talento Humano comprometido y solidario para el trabajo mediante sistemas flexibles para los diferentes sectores productivos y Grupos de Atención Prioritaria del país, de acuerdo a los avances tecnológicos y demandas de los usuarios de la Formación Profesional.

Visión

Ser la Institución oficial, líder de la Formación Profesional para el Trabajo, que desarrolla su gestión acorde a los cambios económico-sociales y tecnológicos, en relación directa con el plan de desarrollo y políticas de empleo nacionales.

Funciones:

1. Formar aceleradamente mandos medios y mano de obra calificada para la industria.
2. Capacitar profesionalmente a los trabajadores activos en las áreas de su competencia.
3. Formar instructores que estén en capacidad de actuar en los diversos centros de capacitación que funcionen en el país.
4. Colaborar con las empresas que actúan en el área de su competencia en el planeamiento y ejecución de cursos de capacitación profesional para los trabajadores.

Fuente:http://www.secap.gov.ec/secap_autoridades.php

2.3. Categorías Fundamentales

2.31. Gráfico de Inclusión Interrelacionados

Variable independiente: Sistema Fotovoltaico

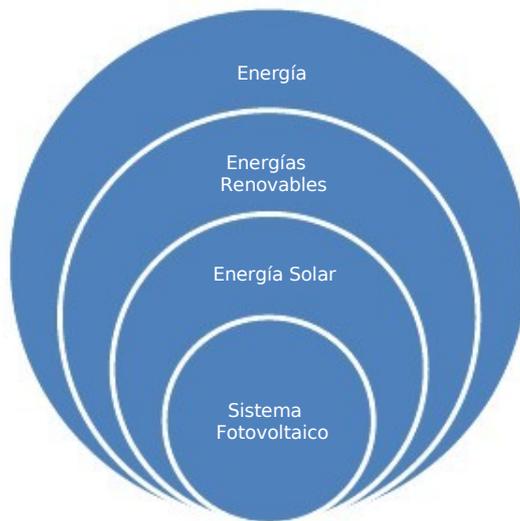


Gráfico 1: Variable independiente: Sistema Fotovoltaico

Realizado: Paulina Ayala

Variable Dependiente: Consumo de Energía Eléctrica

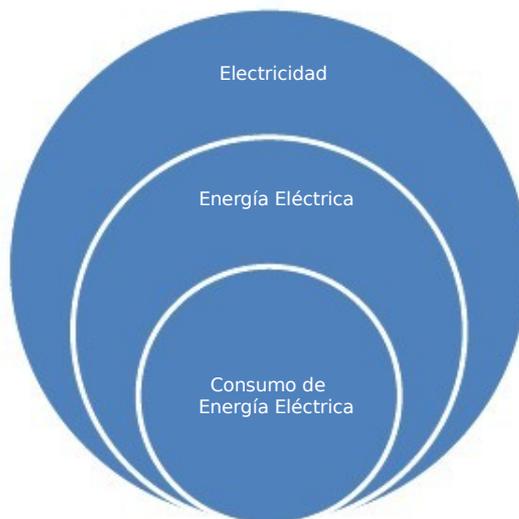


Gráfico 2: Variable independiente: Sistema Fotovoltaico

2.3.2. Visión Dialéctica de Conceptualizaciones

2.3.2.1. Marco Conceptual de la Variable Independiente

Energía

El término energía (del griego ἔνέργεια/energeia, actividad, operación; ἐνεργός/energós=fuerza de acción o fuerza trabajando) tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento.

En física, energía se define como la capacidad para realizar un trabajo, la ley universal de conservación de la energía, indica que la energía ligada a un sistema aislado permanece en el tiempo. No obstante, la teoría de la relatividad especial establece una equivalencia entre masa y energía por la cual todos los cuerpos, por el hecho de estar formados de materia, contienen energía; además, pueden poseer energía adicional que se divide conceptualmente en varios tipos según las propiedades del sistema que se consideren.

La energía desde el punto de vista tecnológico y económico, es un recurso natural primario o derivado, que permite realizar trabajo o servir de subsidiario a actividades económicas independientes de la producción de energía. Como todas las formas de energía una vez convertidas en la forma apropiada son básicamente equivalentes.

En efecto desde que existe el hombre sobre la tierra hasta finales del siglo XVII, el mundo ha vivido la llamada era de la madera, pues este era el principal medio energético, utilizable tanto para necesidades domésticas como para la incipiente industria. También hasta esa época se utilizó la energía eólica en forma de molinos de

viento y en la propulsión de embarcaciones, así como energía hidráulica y en saltos de agua de zonas montañosas,

Al llegar el siglo XIX, con la invención de la máquina de vapor, el carbón sustituye a la madera como combustible debido a su mayor poder calorífico y se entra en la era del carbón, que durará hasta mediados del presente siglo, en la que el carbón es el principal medio energético que hace funcionar barcos, trenes y toda clase de industrias.

A finales del siglo pasado dos nuevas fuentes energéticas hacen su aparición en escena. El petróleo, del cual se obtiene por destilación un líquido claro inflamable que se utiliza para el alumbrado y la electricidad. Con la invención del motor de explosión, el petróleo inicia una rápida carrera ascendente, mientras que la electricidad se adueña del alumbrado y de la industria ligera.

A mediados del presente siglo el consumo de petróleo aumento vertiginosamente, superando al del carbón entrando en la era del petróleo. Hacia mediados de los años cincuenta se produce la introducción de la energía nuclear de fisión, aunque su contribución sobre la totalidad de energía consumida en el mundo es pequeña.

El mundo cada vez necesita de más y más energía y este hecho se ve favorecido por el bajo precio del petróleo que incita a que se consuma y derrocha energía innecesariamente. La situación se trunco en el año 1973, cuando los países productores del petróleo decidieron aumentar enormemente el precio del crudo. Entonces el mundo empezó a pensar en otras energías como la solar, eólica, mareas, en cómo ahorrar energía, etcétera.

Las fuentes de energía

Las fuentes de energía son elaboraciones naturales más o menos complejas de las que el hombre puede extraer energía para realizar un determinado trabajo u obtener alguna utilidad. Por ejemplo el viento, el agua, el sol, etcétera.

Desde la prehistoria, cuando la humanidad descubrió el fuego para calentarse y coser los alimentos, pasando por la Edad Media en la que construía molinos de viento para moler el trigo, hasta la época moderna en la que se puede obtener energía eléctrica fisionando el átomo, el hombre ha buscado incesantemente fuentes de energía de las que sacar algún provecho para nuestros días, han sido los combustibles fósiles; por un lado el carbón para alimentar las máquinas de vapor industriales y de tracción ferrocarril así como los hogares, y por otro, el petróleo y sus derivados en la industria y el transporte

Las fuentes de energía utilizadas en el mundo pueden clasificarse en:

- Primarias
- Secundarias

Energías primarias

Son aquellas fuentes energéticas en las que la energía se obtiene directamente del recurso. Un ejemplo de energía primaria es el carbón ya que la energía (calor) la produce aquel directamente en su combustión, los tipos de energía primaria son:

- Carbón
- Petróleo
- Gas
- Solar
- Eólica
- Biomasa

Energía secundaria

Es la que procede de un recurso que ha tenido que sufrir una o más transformaciones para proporcionárnosla. Una energía secundaria es la electricidad ya que se obtiene a

partir de energía primaria como el quemado del carbón o petróleo en una central térmica

Ejemplos de energía secundaria:

- Electricidad
- Nuclear
- Hidráulica

Existen energías que pueden ser a la vez primarias y secundarias. Por ejemplo la energía hidráulica se considera energía secundaria en la mayoría de casos, puesto que se emplea exclusivamente para la producción de electricidad. De emplearse energía hidráulica para accionar mecánicamente un conjunto de máquinas (por ejemplo un molino de agua), la energía hidráulica será considerada primaria.

Los diferentes tipos de energía pueden clasificarse según otro criterio: Energía Renovable y no Renovable

Energías no renovables

Son aquellas fuentes de energía que tienen un carácter limitado en el tiempo y cuyo consumo implica su desaparición en la naturaleza sin posibilidad de renovación y son las siguientes:

- Carbón
- Petróleo
- Gas Natural
- Energía Nuclear de Fisión(Uranio)
- Pizarras bituminosas y Arenas Asfálticas

Energías renovables

Están regidas por el ciclo solar y persistirá hasta el agotamiento del sol, hecho que se cree que ocurrirá en un periodo de tiempo superior a la propia vida de la tierra.

- Solar
- Eólica
- Hidráulica
- Oleaje y corrientes marina

Energías de tipo intermedio

Existen también otros tipos de energía de tipo intermedio, que, bien por presentar plazos de agotamiento muy largos, o bien por estar regidas por directrices distintas del ciclo solar, son difíciles de catalogar como renovables y no renovables, por lo que serán consideradas aparte.

Energías de tipo Intermedio

- Geotérmica
- Energía Nuclear de Fusión(Deuterio)
- Mareas

Fuente: Curso de Energía Solar por Jaume Ribot, Centro de Tecnologías Educativas, Tomo 1.

Energía Solar

La energía solar es la que se forma en el Sol cuando átomos de hidrógeno se combinan para formar átomos más pesados de helio. Al finalizar esta transformación, una parte se convierte en helio final y otra desaparece en radiación luminosa. Esta radiación luminosa es irradiada por el Sol hacia todas direcciones. A la Tierra llega menos de 1 % de esta radiación.

Según Sandra Varela Fernández En la tierra la energía solar es el origen del ciclo del agua y del viento. El reino vegetal, del que depende el reino animal, también utiliza la energía solar transformándola en energía química a través de la fotosíntesis. Con excepción de la energía nuclear, de la energía geotérmica y de la energía mareomotriz (proveniente del movimiento del agua creado por las mareas), la energía solar es la fuente de todas las energías sobre la Tierra.

Fuente: <http://elblogverde.com/energia-solar/>

El Sol

Introducción

El Sol es una estrella que se encuentra en uno de los brazos de la Vía Láctea y se formó hace unos 4500 millones de años. Es la estrella del Sistema Solar, y está ocupando uno de los focos de cada una de las órbitas elípticas de los planetas que giran alrededor de él.

Algunos números del Sol son:

- Tiene un diámetro de 1.400.000 km (unas 109 veces el terrestre), su luz tarda en llegar a La Tierra 8 min.
- Su temperatura es de 15.000.000° C en el centro, decreciendo hasta 6.000° C en la superficie, y volviendo a crecer hacia las capas más exteriores.
- Su masa es 333.000 veces la de La Tierra, y contiene casi el 99% de la masa de todo el Sistema solar.
- Composición: casi 94% de hidrógeno, casi 6% helio y 0.2% de elementos más pesados C, N, O, Fe, etcétera.
- Estado: gas ionizado (plasma), con densidad creciente hacia el centro.

- Período de rotación promedio 28 días: (con una rotación diferencial de 30 días en los polos y 24 en el ecuador).

Fuente: http://www.sinewton.org/numeros/numeros/72/Monografico_03.pdf

Distancia del Sol a la Tierra

La distancia del sol a la tierra varía cada día del año, por la pequeña excentricidad de la elíptica (0.01673):

$$\xi_0 = \left| \frac{r}{r_0} \right|^2 = 1.0001110 + 0.0034221 \cdot \cos\Gamma + 0.001280 \cdot \sin\Gamma + 0.000719 \cdot \cos 2\Gamma + 0.000077 \cdot \sin 2\Gamma$$

Donde:

r = distancia entre el sol y la tierra

r_0 = valor medio de la distancia de l sol a la tierra = 1.496×10^8 Km y suele denominarse unidad astronómica.

$\xi_0 \rightarrow$ Factor de excentricidad

$$\text{Ángulo diario (radianes)} \rightarrow \Gamma = 2\pi \cdot \frac{(dn - 1)}{365}$$

dn = día del año, comenzando a contar a partir del 1 de Enero y considerando que febrero tiene 28 días, con lo que el 365 corresponde siempre al 31 de Diciembre.

La Radiación Solar

La energía que se recibe del Sol se compone exclusivamente de radiación electromagnética. El Sol como cuerpo incandescente emite radiación pero no toda la radiación del Sol lo es en forma de luz visible. También se recibe radiación en forma

de rayos infrarrojos y ultravioletas, que son invisibles para el ojo humano, pero cuyos efectos y presencia son innegables.

La distribución de los distintos tipos de radiación constituye el llamado espectro solar, que consiste en una gráfica en la que se indican las diferentes longitudes de onda. El espectro solar extraterrestre (fuera de la atmósfera) es el reflejado

La zona visible abarca desde los 380 nm (violeta) hasta los 780 nm (rojo). El infrarrojo se extiende hasta longitudes de onda muy elevadas; particularmente pueda considerarse que 3000 nm. Es el límite máximo efectivo de radiación infrarroja del Sol; por su parte, el ultravioleta se extingue rápidamente a medida que alcanza longitudes de onda menor, siendo su límite práctico de unos 200 nm.

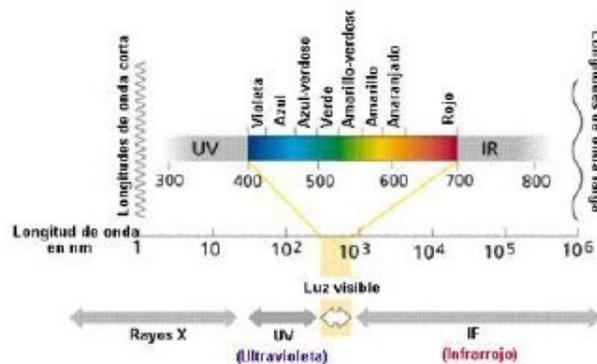


Gráfico 3: Espectro Solar

Fuente: http://perso.wanadoo.es/frs88/tpn/desc/espectro_archivos/image005.jpg

Reacciones Nucleares

Las reacciones nucleares que tienen lugar en el Sol consisten en la transformación de hidrógeno en helio, a través de varios pasos intermedios. El resultado global es que; cuatro átomos de hidrógeno se convierten en uno de helio. Ahora bien, esta transformación se realiza con una pequeña pérdida de masa. El átomo de helio obtenido tiene una masa algo inferior a la de dos átomos de hidrógeno primitivos. Esta pérdida de masa, se ha transformado en energía, de acuerdo con la famosa ecuación de Einstein $E = m c^2$. El Sol pierde cada segundo 4.2 millones de toneladas

de materia que se transforman en energía. De acuerdo con la fórmula de Einstein, ello representa una energía de:

$$E = m c^2$$

$$=3.78^* \quad \text{Julios/s}$$

Esta energía se irradia por el espacio con simetría esférica en todas direcciones. La Tierra órbita al Sol a una distancia de 149 millones de Kms.

Constante solar

Calculando la potencia que recibe una superficie de 1 m² en la Tierra si se halla perpendicular al Sol bastará dividir la potencia producida por el Sol, por los metros cuadrados de superficie de una hipotética esfera que envolviera al Sol y tuviera como radio la distancia que lo separa de la Tierra al Sol.

Es decir, una superficie de 1 m² situada a la distancia de la órbita terrestre recibe una potencia de 1353 W. Lógicamente, puesto que la energía producida por el Sol es constante, y la Tierra se mueve en una órbita casi circular, este valor permanece prácticamente constante a lo largo del año y por ello se la llama constante solar.

En la Tierra, la constante solar será, pues, la potencia recibida del Sol en 1 m² de superficie absorbente de la radiación solar, situada perpendicularmente a dicha radiación y fuera de la atmósfera.

Fuente:<http://www.astromia.com/solar/solactivo.htm>

Parámetros que definen la Posición del Sol

La Esfera Celeste: Una forma clásica de representación del cielo consiste en imaginar una esfera con la tierra fija en su centro. Esta esfera se conoce con el

nombre de esfera celeste y cada uno de sus puntos representa una dirección del cielo vista desde la tierra. Su intersección con el plano del ecuador terrestre define el ecuador celeste. Los puntos de intersección con el eje polar terrestre se llaman polos celestes.

- **Círculo Máximo:** Círculo determinado por la intersección de la esfera con un plano que la divide en dos partes iguales.
- **Círculo Menor:** Círculo determinado por la intersección de la esfera con un plano que la divide en dos partes desiguales.

Cenit y Nadir: Es el punto de la esfera celeste situado en la vertical del observador, que corresponde, en vertical a un lugar determinado de la Tierra.

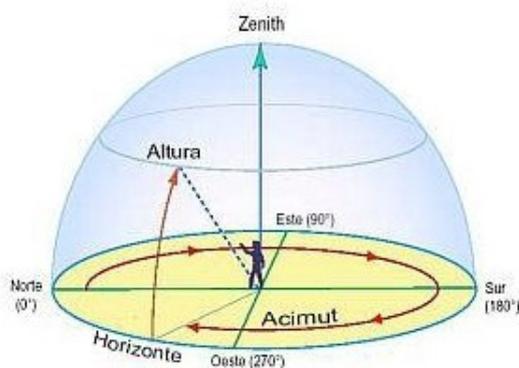


Gráfico 4: Cenit

Fuente: <http://www.astromia.com/glosario/zenit.htm>

Si se prolonga el radio terrestre del lugar donde se encuentra el observador en ambas direcciones, cortaría la esfera celeste en dos puntos. Cenit es el que está sobre el observador y Nadir, el opuesto.

Latitud del Lugar: Es la complementaria del ángulo formado por la recta que une el cenit y el nadir con el eje polar. Es positivo hacia el norte y negativo hacia el sur.

Meridiano del Lugar: Círculo máximo de la esfera terrestre que pasa por el lugar, por el cenit y por el nadir.

Distancia Cenital: Es el ángulo formado por el radio vector punto-tierra y la vertical del lugar. Es positivo a partir del cenit.

Altura Solar: Ángulo que forman los rayos solares sobre la superficie horizontal. Ángulo complementario de la distancia cenital.

Acimut: Ángulo formado por la proyección del sol sobre el plano del horizonte con la dirección Sur. Positivo 0° a 180° hacia el Oeste, negativo hacia el Este 0° a -180° .

Horizonte: Lugar geométrico de los puntos con altura 0.

Influencia de la Atmósfera

La presencia de la atmósfera altera fuertemente el valor de la constante solar que la tierra recibe, que es el valor que es realmente útil. La atmósfera actúa de la siguiente forma respecto a la radiación solar:

- Absorbiendo ciertas longitudes de onda de forma selectiva.
- Dispersando (cambio de dirección) la radiación que procede del Sol.
- Absorbiendo la radiación de forma general (nubes y polvo).

Todos estos factores hacen que a nivel del suelo el valor de la constante solar sea menor que el valor extraterrestre. Recuérdese que el espesor de la atmósfera, unos 150 Km, es despreciable respecto a distancia al Sol.

En la capa de ozono que existe en la estratosfera a unos 25 Kms. de altura, se absorbe la casi totalidad de la radiación ultravioleta, que sólo alcanza el suelo en ínfimas cantidades. Por lo tanto, la incidencia de la radiación ultravioleta no se considerará,

excepto en los casos de envejecimiento de materiales (gomas, plásticos, superficies selectivas, etcétera.)

La presencia del vapor de agua y del bióxido de carbono absorbe las longitudes de onda situadas preferentemente en el infrarrojo, impidiendo de este modo que alcance la superficie terrestre la totalidad de la radiación visible e infrarroja producida por el Sol, y, por lo tanto, haciendo que el valor de la constante solar a nivel del suelo en un día despejado sea todavía más bajo.

El valor de la constante solar en un día de verano de cielo absolutamente despejado no superará el valor de 1.000 w/m² aproximadamente. El resto de la potencia térmica calculada será absorbida por la atmósfera.



Gráfico 5: Tipos de Radiación

Fuente: http://perso.wanadoo.es/frs88/tpn/desc/espectro_archivos/image005.jpg

Energía Solar fotovoltaica

Introducción

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas.

Existen dos elementos que sustentan la utilización de la energía fotovoltaica: "La necesidad de proteger el medio ambiente y la necesidad de crecer económicamente"

Efecto fotovoltaico:

Introducción

Los fotones tienen una energía característica determinada por la frecuencia de onda de la luz. Si un átomo absorbe energía de un fotón que tiene mayor energía que la necesaria para expulsar un electrón del material y que además posee una velocidad bien dirigida hacia la superficie, entonces el electrón puede ser extraído del material. Si la energía del fotón es demasiado pequeña, el electrón es incapaz de escapar de la superficie del material. Los cambios en la intensidad de la luz no modifican la energía de sus fotones, tan sólo el número de electrones que pueden escapar de la superficie sobre la que incide y por lo tanto la energía de los electrones emitidos no depende de la intensidad de la radiación que le llega, sino de su frecuencia. Si el fotón es absorbido parte de la energía se utiliza para liberarlo del átomo y el resto contribuye a dotar de energía cinética a la partícula libre.

En principio, todos los electrones son susceptibles de ser emitidos por efecto fotoeléctrico. En realidad los que más salen son los que necesitan menos energía para salir y, de ellos, los más numerosos.

Explicación

Los fotones del rayo de luz tienen una energía característica determinada por la frecuencia de la luz. En el proceso de fotoemisión, si un electrón absorbe la energía de un fotón y éste último tiene más energía que la función trabajo, el electrón es arrancado del material. Si la energía del fotón es demasiado baja, el electrón no puede escapar de la superficie del material. Aumentar la intensidad del haz no cambia la energía de los fotones constituyentes, solo cambia el número de fotones. Los electrones pueden absorber energía de los fotones cuando son irradiados, pero siguiendo un principio de "todo o nada".

Toda la energía de un fotón debe ser absorbida y utilizada para liberar un electrón de un enlace atómico, o si no la energía es re-emitida. Si la energía del fotón es absorbida, una parte libera al electrón del átomo y el resto contribuye a la energía cinética del electrón como una partícula libre.

Leyes de la emisión fotoeléctrica

Para un metal y una frecuencia de radiación incidente dado, la cantidad de fotoelectrones emitidos es directamente proporcional a la intensidad de luz incidente.

Para cada metal dado, existe una cierta frecuencia mínima de radiación incidente debajo de la cual ningún fotoelectrón puede ser emitido. Esta frecuencia se llama frecuencia de corte, también conocida como "Frecuencia Umbral".

Por encima de la frecuencia de corte, la energía cinética máxima del fotoelectrón emitido es independiente de la intensidad de la luz incidente, pero depende de la frecuencia de la luz incidente.

El tiempo de retraso entre la incidencia de la radiación y la emisión del fotoelectrón es muy pequeño, menos que 10^{-9} segundos.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_fotoel%C3%A9ctrico

Células fotovoltaicas



CÉLULA FOTOVOLTAICA

Gráfico 6: Célula Fotovoltaica

Fuente: <http://www.report-fotografia.com/clima/clima02.htm>

Una célula fotoeléctrica, también llamada célula, fotocélula o celda fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotovoltaico.

La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye.

Estructura de una célula fotovoltaica.

La capa superior de la celda se compone de silicio dopado de tipo N. En esta capa, hay un número de electrones libres mayor que una capa de silicio puro, de ahí el nombre del dopaje N, como carga negativa (electrones). El material permanece eléctricamente neutro: es la red cristalina quien tiene globalmente una carga positiva.

La capa inferior de la celda se compone de silicio dopado de tipo P. Esta capa tiene por lo tanto una cantidad media de electrones libres menor que una capa de silicio puro, los electrones están ligados a la red cristalina que, en consecuencia, está cargada positivamente. La conducción eléctrica está asegurada por los huecos, positivos (P).

En el momento de la creación de la unión PN, los electrones libres de la capa N entran en la capa P y se recombinan con los huecos en la región P. Existirá así durante toda la vida de la unión, una carga positiva en la región N a lo largo de la unión (porque faltan electrones) y una carga negativa en la región en P a lo largo de la unión (porque los huecos han desaparecido); el conjunto forma la «Zona de Carga de Espacio» (ZCE) y existe un campo eléctrico entre las dos, de N hacia P. Este campo eléctrico hace de la ZCE un [diodo], que solo permite el flujo de corriente en una dirección: los electrones pueden moverse de la región P a la N, pero no en la dirección opuesta y por el contrario los huecos no pasan más que de N hacia P.

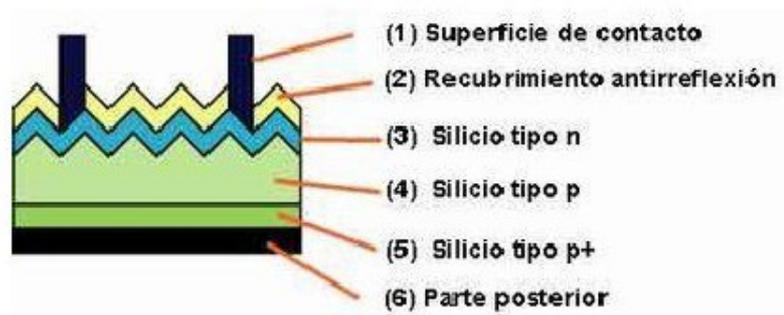


Gráfico 7: Estructura de una célula fotovoltaica.

Fuente: <http://www.phy6.org/stargaze/Sfigs/MSunpath2.gif>

Técnica de fabricación

El silicio es actualmente el material más comúnmente usado para la fabricación de células fotovoltaicas. Se obtiene por reducción de la sílice, compuesto más abundante en la corteza de la Tierra, en particular en la arena o el cuarzo. El primer paso es la producción de silicio metalúrgico, puro al 98%, obtenido de pedazos de piedras de cuarzo provenientes de un filón mineral (la técnica de producción industrial no parte de la arena). El silicio de calidad fotovoltaica debe ser purificado hasta alcanzar más de 99,999%, que se obtiene mediante la conversión del silicio en un compuesto químico que se destila y luego vuelve a transformarse en silicio.



Gráfico 8: Silicio

Fuente: http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR62qNPHKVO-SK08yLSrOyBlqrGM498n_u84LbnFsGdCDKpiALC

El silicio se produce en barras llamadas «lingotes» de sección redonda o cuadrada. Estos lingotes son luego cortados en láminas delgadas cuadradas (si es necesario) de 200 micrómetros de espesor, que se llaman «obleas». Después del tratamiento para la inyección del enriquecido con dopante (PAsSB o B) y obtener así los semiconductores de silicio tipo P o N, las obleas son «metalizadas»: unas cintas de metal se incrustan en la superficie y se conectan a contactos eléctricos. Una vez que las obleas se metalizan se han convertido en células solares.

La producción de células fotovoltaicas requiere energía, y se estima que un módulo fotovoltaico debe trabajar alrededor de 2 a 3 años según su tecnología para producir la energía que fue necesaria para su producción (módulo de retorno de energía).

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica

Panel solar

Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad.

Colectores solares

Es cualquier dispositivo diseñado para recoger la energía irradiada por el sol y convertirla en energía térmica.

Los colectores se dividen en dos grandes grupos: los captadores de baja temperatura, utilizados fundamentalmente en sistemas domésticos de calefacción, y los colectores de alta temperatura, conformados mediante espejos, y utilizados generalmente para producir energía eléctrica.

Tipos

Captadores de baja temperatura

- Captador solar plano, también llamado colector solar plano o panel solar térmico, consistente en una caja plana metálica por la que circula un fluido, que se calienta a su paso por el panel. Puede ser a su vez:
 - Captador plano protegido
 - Captador plano no protegido



Gráfico 9: Captadores Solares planos

Fuente: <http://www.phy6.org/stargaze/Sfigs/MSunpath2.gif>

- Panel de tubos de vacío, donde la superficie captadora está aislada del exterior por un doble tubo de vidrio que crea una cámara al vacío. Existen dos sistemas:
 - Flujo directo
 - Flujo indirecto

Captadores de Alta temperatura

- Concentrador solar: el fluido se calienta a alta temperatura mediante espejos parabólicos. Pueden ser:
 - Sistemas lineales (disposición cilíndrica)
 - Sistemas puntuales (disposición esférica)



Gráfico 10: espejos parabólicos en concentrador solar

Fuente: <http://www.phy6.org/stargaze/Sfigs/MSunpath2.gif>

- Espejos planos o lentes Fresnel lineales, con idéntica función que los concentradores solares lineales.
- Espejos en una central térmica solar, que concentran la radiación solar en un único punto situado en una torre, en donde se genera vapor de agua para producir electricidad.
- Espejos en un horno solar, variante donde se utilizan espejos planos y posteriormente espejos parabólicos para obtener muy altas temperaturas.

Funcionamiento

Los colectores solares planos funcionan aprovechando el efecto invernadero el mismo principio que se puede experimentar al entrar en un coche aparcado al sol en verano. El vidrio actúa como filtro para ciertas longitudes de onda de la luz solar: deja pasar fundamentalmente la luz visible, y es menos transparente con las ondas infrarrojas de menor energía.

El sol incide sobre el vidrio del colector, que siendo muy transparente a la longitud de onda de la radiación visible, deja pasar la mayor parte de la energía. Ésta calienta entonces la placa colectora que, a su vez, se convierte en emisora de radiación en onda larga o (infrarrojos), menos energética. Pero como el vidrio es muy opaco para esas longitudes de onda, a pesar de las pérdidas por transmisión, (el vidrio es un mal

aislante térmico), el recinto de la caja se calienta por encima de la temperatura exterior.

El rendimiento de los colectores mejora cuanto menor sea la temperatura de trabajo, puesto que a mayor temperatura dentro de la caja (en relación con la exterior), mayores serán las pérdidas por transmisión en el vidrio. También, a mayor temperatura de la placa captadora, más energética será su radiación, y más transparencia tendrá el vidrio a ella, disminuyendo por tanto la eficiencia del colector.

Aplicaciones

- Preparación de agua caliente para usos sanitarios,
- Calefacción
- Climatización de piscinas.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Colector_solar

Paneles fotovoltaicos

Las células solares constituyen un producto intermedio de la industria fotovoltaica, proporcionan valores de tensión y corriente limitados, en comparación a los requeridos normalmente por los aparatos convencionales, son extremadamente frágiles, eléctricamente no aisladas y sin un soporte mecánico. Después, son ensambladas de la manera adecuada para constituir una única estructura: los paneles fotovoltaicos.

<http://www.textoscientificos.com/energia/solar>

Características de un Panel Solar

1- **Corriente de cortocircuito:** es la máxima corriente que puede entregar un dispositivo, bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura, correspondiendo a tensión nula y por lo tanto a potencia nula.

2- **Tensión a circuito abierto:** máxima tensión que puede entregar un dispositivo, bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura, en condiciones de corriente nula y por lo tanto potencia nula.

3- **Potencia pico:** es el máximo valor de potencia que puede entregar un dispositivo. Corresponde al punto en el que el producto $V * I$ (Potencia) es máximo.

4- **Corriente a máxima potencia:** corriente que entrega el dispositivo a potencia máxima, bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura. Es utilizada como la corriente nominal del dispositivo.

5- **Tensión a potencia máxima:** tensión que entrega el dispositivo cuando la potencia alcanza su valor máximo, bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura. Es utilizada como tensión nominal del dispositivo.

6- **Tensión máxima del sistema:** es la máxima tensión a la que pueden estar sometidos las células fotovoltaicas que componen el sistema.

El comportamiento eléctrico de los módulos está dado por las curvas de corriente contra voltaje (curva IV) o potencia contra voltaje (curva PV) que los caracteriza. La curva de potencia se genera multiplicando la corriente y el voltaje en cada punto de la curva IV.

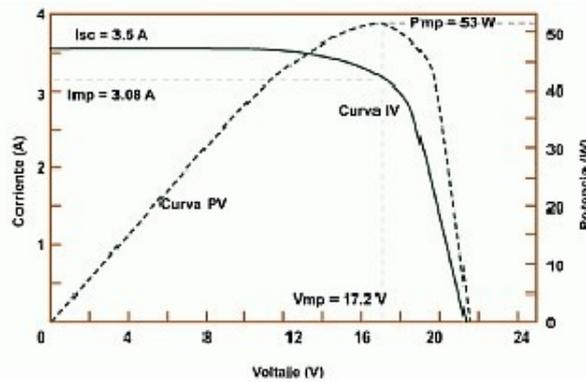


Gráfico 11 Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1,000 W/m² y 25°C

Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

El Gráfico 11 muestra curvas IV y PV para un módulo fotovoltaico típico. Bajo condiciones estándares de prueba (irradiancia de 1kW/m² y temperatura de celda de 25 °C), cada modelo de módulo tiene una curva IV (o PV) característica. En la curva de potencia contra voltaje, la potencia máxima (Pp) es la capacidad nominal o tamaño del módulo. La corriente y el voltaje en el punto de máxima potencia (Ip y Vp) corresponden a la corriente nominal y voltaje nominal del módulo, respectivamente. Otros parámetros de importancia son la corriente de corto circuito (Icc) y el voltaje de circuito abierto (Vca). Es importante notar que cuando el módulo opera lejos del punto de máxima potencia, la potencia entregada se reduce significativamente.

Efecto de la intensidad de radiación solar: el efecto de un cambio de la intensidad de la radiación, es una variación de la corriente de salida sea cual sea la tensión. Mientras que la corriente varía proporcionalmente con la radiación, la tensión se mantiene constante.

El Gráfico 12 muestra el comportamiento de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de la radiación solar. Se presenta un aumento proporcional de la corriente producida con el aumento de la intensidad. También se debe observar que el voltaje a circuito abierto Vca, no cambio lo cual demuestra su estabilidad frente a los cambios de iluminación

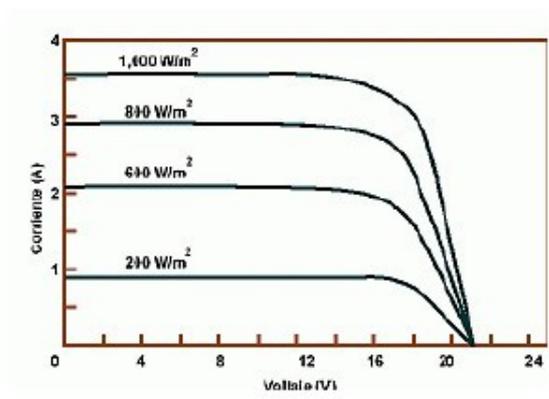


Gráfico 12 Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de radiación (temperatura constante de 25 °C).

Fuente:http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

Efecto de la temperatura: el aumento de la temperatura del sistema supone una reducción de la tensión en forma directamente proporcional, produciéndose también un pequeño incremento de la intensidad para valores bajos de tensión, para lugares de altas temperaturas el rendimiento del sistema será menor, (cuanto mayor número de receptores se puedan alimentar con menor intensidad mejor, esto se consigue aumentando la tensión, a mayor tensión, mayor rendimiento)

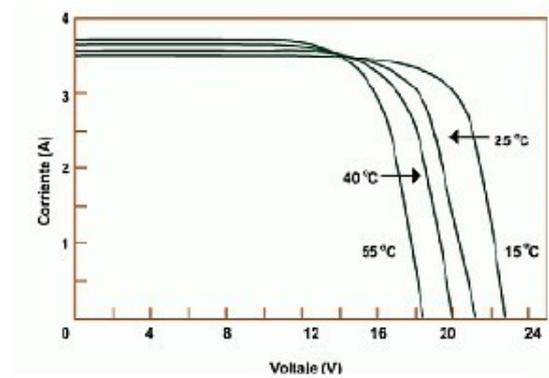


Gráfico 13 Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes temperaturas de operación (irradiancia constante 1,000W/m²)

Fuente:http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

En la Gráfico 13 se muestra el efecto que produce la temperatura sobre la producción de corriente en el módulo. Esta vez, el efecto se manifiesta en el voltaje del módulo.

La potencia nominal se reduce aproximadamente 0.5% por cada grado centígrado por encima de 25 °C.

Fuente:<http://www.mailxmail.com/curso-energia-solar-fotovoltaica/paneles-modulos-fotovoltaicos-caracteristicas-electricas>

Condiciones de medida de los paneles

Dado que la curva característica del panel fotovoltaico cambia con las condiciones ambientales, es necesario definir una serie de condiciones de medida para poder contrastar los valores de distintos fabricantes y extrapolar a partir de ellas a otras condiciones deseadas.

Hay dos condiciones de medida básicas indicadas en los manuales de características técnicas suministrados por los fabricantes: las condiciones estándar de medida y las condiciones nominales de operación.

Normalmente las características técnicas de los módulos vienen definidos en estas dos condiciones, ya que los módulos fotovoltaicos solo alcanzan un nivel de irradiación de 1.000 W/m² algunos días del verano al mediodía y además los módulos adquieren normalmente temperaturas de operación mayores de 25 °C. Por lo que parece conveniente utilizar condiciones de medida mucho más realistas.

Condiciones estándar de medida

Irradiación: 1.000 W/m²

Distribución espectral: AM 1.5

Incidencia de la irradiación: Normal

Temperatura del módulo: 25 °C

Velocidad del viento: 0 m/s

Temperatura ambiente: 25 °C

En estas condiciones de irradiación 1.000 W/m², se concluye que el panel solar recibe un “sol” de irradiación. Esta unidad se emplea muy habitualmente entre los profesionales del sector, para simplificar las referencias a la cantidad de irradiación recibida por un panel.

Condiciones Nominales de Operación (CNO).

Irradiación: 800 W/m²

Distribución espectral: AM 1.5

Incidencia de la irradiación: Normal

Temperatura del módulo: TONC

Velocidad del viento: 1 m/s

Temperatura ambiente: 20 °C

La TONC se define como la temperatura de operación nominal de la célula, y representa la temperatura que alcanzarían las células solares para un nivel de irradiación de 800 W/m², temperatura ambiente de 20 °C, velocidad del viento de 1 m/s e incidencia normal de la radiación. Normalmente el valor de la TONC también viene incluido en las hojas de características técnicas de los paneles, y para un módulo de silicio monocristalino suele estar en torno a los 47 °C.

Vida de los paneles fotovoltaicos.

Es común que se indique una vida de los paneles solares cercana a los 20 años, pero este es un planteamiento muy optimista. Es cierto que los paneles siguen produciendo energía después de 20 años de vida, la cuestión es ¿cuánto se han degradado los paneles en esos 20 años? y ¿cuanto es el tiempo razonable para tenerlos operativos?

En los estudios realizados en satélites se ha demostrado que la degradación en potencia de las células solares instaladas en ellos es del orden del 4% anual, siendo en algunos casos de casi el 8%. Aunque estas células son de mucha mejor calidad que

las utilizadas en tierra, también es cierto que están sometidas a unas condiciones extremas que las dañan en mucho menos tiempo.

Estudios realizados en Argentina en los años 80 demostraban degradaciones del 10% anual, lo que representa una degradación acumulada del 87% en 20 años, lo que haría inútil la instalación.

Con las tecnologías actuales, en ningún de los casos los niveles de degradación de la potencia serán inferior al 1% anual, lo que representa un 18,5% en 20 años, para células de silicio monocristalino y policristalino. Para paneles de silicio amorfo no estará en ningún caso por debajo de un 6% de degradación anual en potencia, lo que representa un 70% en 20 años, prácticamente inutilizables.

Estos valores son los garantizados por los principales fabricantes, por lo que son suficientemente realistas. Este hecho es muy importante porque la instalación debetener como mínimo una dimensión del 20% mayor del tamaño teórico, para funcionar eficientemente durante 20 años.

Fuente:<http://www.fotovoltaiica.cursodeformaciongratis.com/el-generador-solar-fotovoltaiico.html>

Tipos de Paneles

Tipos de Paneles en Función de los Materiales

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales semiconductores y los métodos de fabricación que se empleen. Los tipos de paneles solares que se pueden encontrar en el mercado son:

- **Silicio Puro monocristalino** Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para éste tipo de paneles.



Gráfico 14: Panel de Silicio Puro monocristalino

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>

- Silicio puro policristalino Se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos.



Gráfico 15: Panel de Silicio Puro Policristalino

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>

Tipos de Paneles de Lámina Delgada

Los tipos de paneles de lámina delgada son:

- Silicio amorfo. (TFS) Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna. Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos

electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8%.



Gráfico 16:Panel de Silicio Amorfo

Fuente: <http://www.tumaestroweb.com/wp-content/uploads/xunlight-solar.png>

- Teluro de cadmio, Rendimiento en laboratorio 16% y en módulos comerciales 8%
- Arseniuro de Galio Uno de los materiales más eficientes. Presenta unos rendimientos en laboratorio del 25.7% siendo los comerciales del 20%
- Diseleniuro de cobre en indio con rendimientos en laboratorio próximos al 17% y en módulos comerciales del 9%

Paneles Tándem

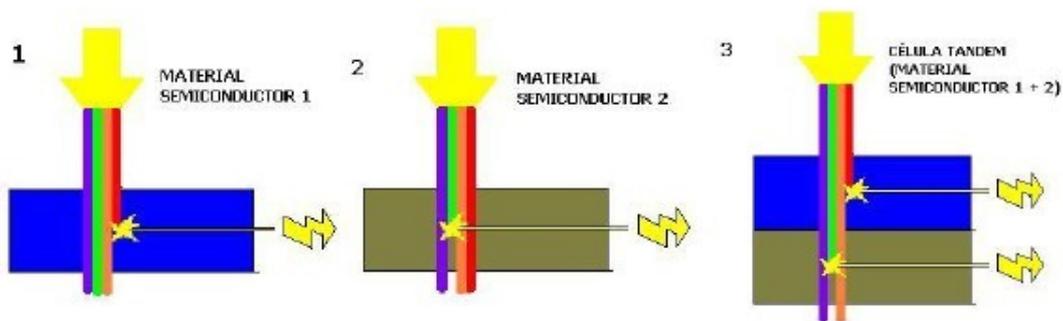


Gráfico 17:Panel Tándem

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>

Existen también los llamados paneles Tándem que combinan dos tipos de materiales semiconductores distintos. Debido a que cada tipo de material aprovecha sólo una parte del espectro electromagnético de la radiación solar, mediante la combinación de dos o tres tipos de materiales es posible aprovechar una mayor parte del mismo. Con este tipo de paneles se ha llegado a lograr rendimientos del 35%. Teóricamente con uniones de 3 materiales podría llegarse hasta rendimientos del 50%

La mayoría de los módulos comercializados actualmente están realizados de silicio monocristalino, policristalino y amorfo. El resto de materiales se emplean para aplicaciones más específicas y son más difíciles de encontrar en el mercado.

Tipos de paneles en función de la forma

También es posible clasificar los tipos de paneles en función de su forma.

Empleándose cualquiera de los materiales antes mencionados se fabrican paneles en distintos formatos para adaptarse a una aplicación en concreto o bien para lograr un mayor rendimiento Algunos ejemplos de formas de paneles distintos del clásico plano son:

Paneles con sistemas de concentración.

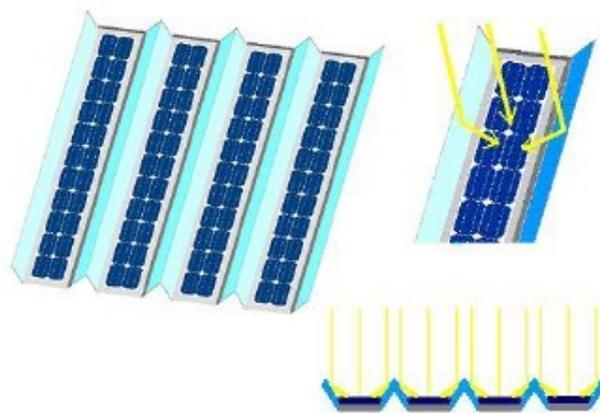


Gráfico 18: Panel con sistema de concentración

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>

Un ejemplo de ellos es el modelo desarrollado por una marca española, el cual mediante una serie de superficies reflectantes concentra la luz sobre los paneles fotovoltaicos. Aunque el porcentaje de conversión no varié, una misma superficie de panel producirá más electricidad ya que recibe una cantidad concentrada de fotones.

Paneles de formato “teja o baldosa” Estos paneles son de pequeño tamaño y están pensados para combinarse en gran número para así cubrir las grandes superficies que ofrecen los tejados de las viviendas. Aptos para cubrir grandes demandas energéticas en los que se necesita una elevada superficie de captación.



Gráfico 19: Paneles de formato “teja o baldosa”

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>

Paneles bifaciales: Basados en un tipo de panel capaz de transformar en electricidad la radiación solar que le recibe por cualquiera de sus dos caras. Para aprovechar convenientemente esta cualidad se coloca sobre dos superficies blancas que reflejan la luz solar hacia el reverso del panel.

Sistemas de seguimiento solar

Los mecanismos de seguimiento se utilizan para mantener los paneles fotovoltaicos directamente frente al sol, de modo de aumentar la potencia de salida de los paneles. Los mecanismos de seguimiento pueden casi duplicar la salida de un conjunto de paneles fotovoltaicos.

Fuente:<http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>

Módulos y Conjuntos

Los paneles están diseñados para formar una estructura modular, siendo posible combinarlos entre sí en serie, en paralelo o de forma mixta, a fin de obtener la tensión y la intensidad deseadas.

Al conectar en serie los módulos, el voltaje total es igual a la suma de los voltajes individuales de cada módulo, manteniéndose invariable la intensidad; al conectar en paralelo, son las corrientes las que se suman, permaneciendo igual el voltaje. Es importante, para evitar descompensaciones al conectar entre sí paneles, que éstos sean iguales tanto en voltaje como en corriente y que sean del mismo fabricante.

Los paneles en los conjuntos funcionan generalmente en serie/paralelo, para limitar el voltaje de la salida entre 12 y 50 voltios, pero con un amperaje más alto (corriente). Esto es por seguridad y para reducir al mínimo las pérdidas de energía.

Los conjuntos de paneles se están utilizando cada vez más en la construcción de edificios en donde cumplen dos funciones, proporcionar una pared o un techo y abastecer de energía eléctrica al edificio. Eventualmente cuando bajen los precios de celdas solares, la construcción de edificios con celdas solares integradas puede convertirse en una fuente de la energía eléctrica importante.

Distribución Mundial de la Energía Solar

La radiación que alcanza una superficie plana depende del ángulo de incidencia de la radiación respecto a esta superficie. El valor de la constante solar es la potencia recibida por una superficie de 1 m² perpendicular a la radiación solar. Si la dirección de la radiación no es perpendicular a la superficie, entonces el valor real de la potencia que incide sobre aquélla ha de multiplicarse por el coseno del ángulo que forman las direcciones de la radiación y la perpendicular a la superficie.

El coseno es una función que varía poco para pequeños ángulos, incluso una desviación de unos 15° es prácticamente inapreciable, pues origina una reducción de la potencia incidente del 3,5%.

El fenómeno de la diferente distribución del número de horas al sol durante el año proviene del hecho de que el eje de rotación de la Tierra está inclinado respecto al plano de la órbita, en un ángulo de $23^\circ 27'$, esto origina las estaciones y se puede medirse mediante un ángulo llamado declinación, que es el ángulo en que vería el Sol un habitante de la Tierra situado en el Ecuador en el momento que pasase por el meridiano respecto al cenit. La declinación coincide en los solsticios con el valor de los $23^\circ 27'$ y se anula en los equinoccios.

Por esta razón, la Tierra queda dividida en 3 zonas principales, simétricas respecto al Ecuador: la zona tropical, la zona templada y la zona glacial

Angulo de Incidencia

Características Generales del Movimiento Aparente del Sol

El movimiento aparente del Sol es motivado por la rotación de la Tierra, la cual gira sobre su eje en dirección Oeste-Este, provocando que parezca que es el Sol el que se mueve precisamente en la dirección contraria, de Este a Oeste.

La Tierra gira alrededor del Sol en un período de tiempo de 365 días, aproximadamente, y gira sobre su eje de rotación en 24 horas, exactamente la tierra gira sobre su eje en un período de tiempo de 23 h 56 m. Transcurrido ese lapso temporal, un punto cualquiera de la Tierra vuelve a estar en la misma posición del espacio que 23 h. 56 m. antes. Este periodo de tiempo se llama día sidéreo y es especialmente importante en Astronomía.

La razón por la que el día solar tiene 24 horas reside en que durante las 23 h. 56 m. que dura el día sidéreo la Tierra ha recorrido un arco de su órbita de casi 1° ($360/365$)°. La Tierra ha dado una vuelta completa sobre sí misma, pero como al mismo

tiempo se ha desplazado respecto al Sol, éste no ocupará la misma posición que 23 h. 56 m. antes, sino que habrá que esperar un cierto tiempo más para que el Sol ocupe la misma posición que antes. Este período de tiempo suplementario es de 4 minutos, lo que hace que el día solar medio sea de 24 horas.

El día Solar medio, se compone de 24 horas, se define como el período de tiempo medio necesario para que el Sol ocupe la misma posición, respecto a una dirección fija.

Mediodía solar

La meridiana es una línea imaginaria dirigida en la dirección Norte-Sur. Al colocar una estaca, palo, etcétera. clavado verticalmente en el suelo y en una superficie plana y horizontal, se observara que la sombra que proyecta varia a lo largo del día. Hay un momento en que la sombra tiene una longitud mínima que corresponde al instante en que el Sol alcanza su punto más alto sobre el horizonte. En este momento la sombra señala la dirección de la meridiana (Norte-Sur geográfico) y el Sol está en el mediodía solar

El mediodía solar divide al día en dos partes iguales: la mañana y la tarde, ambas de igual duración.

El Sol que sale por el lado del Este, no siempre sale o se pone por el mismo sitio. La trayectoria aparente que sigue el sol sobre el firmamento se llama eclíptica.

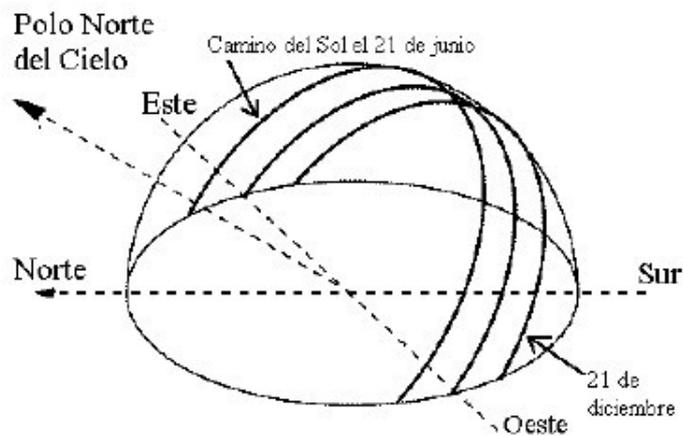


Gráfico 20: Eclíptica

Fuente: <http://www.phy6.org/stargaze/Sfigs/MSunpath2.gif>

Las superficies en las que deba captarse energía solar deben estar situadas de tal forma que el ángulo de incidencia respecto a la perpendicular a dicha superficie sea lo menor posible, al objeto de hacer que el valor del coseno de dicho ángulo adopte su valor mayor y se permita una máxima captación.

Ángulo de Incidencia de la Radiación Solar

Un panel solar destinado a la captación de la Energía Solar puede ocupar cualquier posición sobre la superficie de la Tierra y, por ello, el ángulo de incidencia puede variar notablemente; los factores de que depende este ángulo de incidencia son:

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. Declinación | d |
| 2. Latitud Geográfica | l |
| 3. Inclinación | s |
| 4. Orientación | g |
| 5. Angulo Horario | w |

En efecto, un panel solar puede captar energía un día determinado del año (por lo que corresponderá un ángulo de declinación) y estar situado en un punto cualquiera de la Tierra (que tendrá una cierta latitud). Este panel estará inclinado un cierto ángulo respecto a la horizontal del terreno (ángulo de inclinación) y orientado respecto a la dirección de la meridiana (ángulo de orientación). Finalmente, debido a que el Sol se desplaza aparentemente sobre la eclíptica, el ángulo de incidencia sobre el panel variará a lo largo del día, lo que hace necesario introducir el llamado ángulo horario.

1. Declinación

La declinación es el ángulo formado por el Sol y el cénit, vistos por un observador situado en el Ecuador en el mediodía solar. Este ángulo depende de factores externos a la posible influencia del hombre. Es por tanto un valor de naturaleza astronómica que depende del día del año en que se considere. El valor de la declinación se obtiene por la fórmula de Cooper

Donde n es el día del año (n=1 para el 1 de enero y n= 365 para el 31 de diciembre). El valor de d se anula para el 22 de marzo y el 23 de septiembre, y que alcanza el valor máximo positivo el 22 de junio y el valor máximo negativo el 22 de diciembre.

Declinación solar en radianes;

$$d_r = \frac{23.45 \cdot \pi n + 284}{180365} \times \operatorname{sen} \left| \frac{2\pi \cdot |}{\dots} \right|$$

2. Latitud Geográfica

Al realizar un corte imaginario en la Tierra por un plano perpendicular al Ecuador y que pase por los polos. Existen infinitos planos que cumplen esta condición, pero solo uno de ellos pasará por el lugar donde nos encontramos. Si sobre este plano se traza un ángulo con vértice en el centro de la Tierra y extremos sobre el Ecuador y sobre el lugar donde nos encontramos, éste ángulo es el de la latitud. A los puntos situados sobre el Ecuador les corresponde una latitud de 0° y a los polos de 90°

La latitud se conviene en hacerla positiva para el hemisferio Norte y negativa para el hemisferio Sur. Al Ecuador le corresponde la latitud de 0°. La latitud geográfica viene marcada por las líneas horizontales que tienen todos los mapas, las cuales expresan directamente su valor en grados.

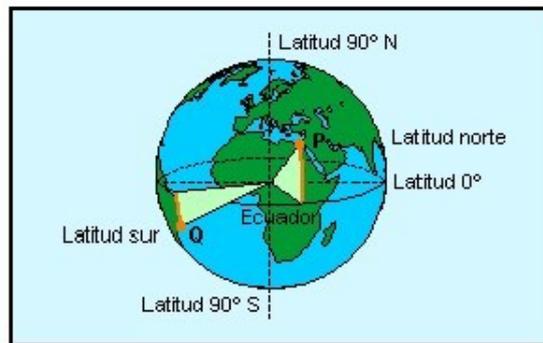


Gráfico 21: Latitud Geográfica

Fuente: <http://www.escolar.com/avanzado/geografia008.htm>

3. Inclinación

La inclinación de un panel solar es el ángulo formado por éste y la horizontal del terreno. Un panel con ángulo de inclinación nulo estaría colocado en el suelo como si de una alfombra se tratase. Si posee un ángulo de 90° estaría situado verticalmente, cual si fuera un cuadro. Entre estos dos valores extremos un panel solar puede adoptar cualquier ángulo.

4. Orientación

La orientación de un panel solar es el ángulo que forma el plano perpendicular al panel con la dirección de la meridiana y su origen es (en el hemisferio Norte) hacia el Sur. La orientación puede tener cualquier valor (Norte, Este, Sur, Oeste y valores intermedios).

Normalmente, en el hemisferio Norte se procura que el ángulo de orientación sea lo menor posible (recuérdese que su origen está en el Sur). En estas condiciones el panel está orientado hacia el Sur. Se debe usar una brújula para medir este ángulo además debemos tener en cuenta el valor de la declinación magnética, que es el ángulo formado entre el Norte verdadero (señalado por la meridiana) y el Norte magnético.

5. Ángulo Horario

El ángulo horario es el que forma la dirección de la meridiana con la sombra proyectada por una estaca vertical (reloj de sol). El origen se toma en el mediodía solar en que el ángulo horario es de 0°. Por convenio se ha acordado que es positivo para antes del mediodía solar (mañana), y negativo para después del mediodía solar (tardes).



Gráfico 22: Ángulo horario

Fuente: <http://personales.ya.com/casanchi/ast/sistecor.htm>

Dado que el día tiene 24 horas, 1 hora equivale a un ángulo de $360/24=15^\circ$. Un minuto de tiempo equivale a $15/60=0.259$. Así, si faltara 2 horas y 35 minutos para el mediodía solar, el ángulo horario será de $2 \text{ h} \times 15^\circ + 35 \times 0.25 = 38.75^\circ$, que como que son antes del mediodía solar son positivo.

El ángulo horario se ve afectado por tres circunstancias: la hora oficial, longitud geográfica y la ecuación del tiempo.

La hora oficial es aquella impuesta por los gobiernos en función de consideraciones sociales, laborales, de ahorro de energía, etcétera.

Este horario solar sólo será correcto en aquellos puntos situados en el centro de un huso horario. La Tierra se divide en 24 husos horarios. Estos meridianos se reconocen por el hecho de que son múltiplos de 15°

La hora oficial del Ecuador es GMT (Tiempo Medio de Greenwich) -5

Finalmente, estos valores deben corregirse con la llamada ecuación del tiempo en función del día del año. Este valor es consecuencia de que la órbita de la Tierra es elíptica y, de acuerdo con la segunda Ley de Kepler, la velocidad de traslación alrededor del Sol es variable, lo que origina que los días no tengan exactamente la misma duración.

Angulo de Incidencia sobre una superficie Plana

El valor del ángulo de incidencia sobre la normal a una superficie plana es el dado por la siguiente fórmula, en función de los diversos parámetros estudiados anteriormente.

A=

La expresión puede simplificarse si la orientación es Sur ($g=0^\circ$) quedando:

$$A = (\cos(L-s) * \cos d \cos w + \sin(L-s) \sin d)$$

Fuente: Curso de Energía Solar por Jaume Ribot, Centro de Tecnologías Educativas, Tomo 2.

Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de dispositivos cuya función es transformar la energía solar directamente en energía eléctrica, acondicionando esta última a los requerimientos de una aplicación determinada.

Principales características de los sistemas fotovoltaicos:

- Simplicidad
- Son livianos y pequeños.
- 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.
- Resistentes a las condiciones climatológicas más adversas.
- No contaminan
- No consumen combustible
- No necesitan radiación solar directa (funcionan también en días nublados).

Funcionamiento del Sistema Fotovoltaico:

La luz solar incide sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, donde es transformada en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares; esta energía es recogida y conducida hasta un controlador de carga, el cual tiene la función de enviar toda o parte de esta energía hasta el banco de baterías, en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y sobredescarga; en algunos diseños, parte de esta energía es enviada directamente a las cargas

Datos Necesarios

Datos, tanto técnicos como geográficos necesarios:

Latitud Del Lugar. Con signo positivo en el hemisferio norte y negativo en el hemisferio sur.

Datos De Radiación Solar. Se debe conocer doce valores, uno para cada mes. Son los valores medios mensuales de irradiación global diaria sobre plano horizontal ($G_{dm}(0)$, en $kWh/m^2 \times día$), es decir, la suma de los valores de irradiación global de todos los días del mes partida por el número de días del mes.

Los datos en julios, se hace la conversión ($1 \text{ J} = 2.78 \times 10^7 \text{ kWh}$).

Algunas veces es común encontrar datos sobre el número de horas medias de sol al día (sin nubes), sobre todo en zonas turísticas. Es posible calcular los valores de Gdm(0) basándonos en el número de horas de sol al día

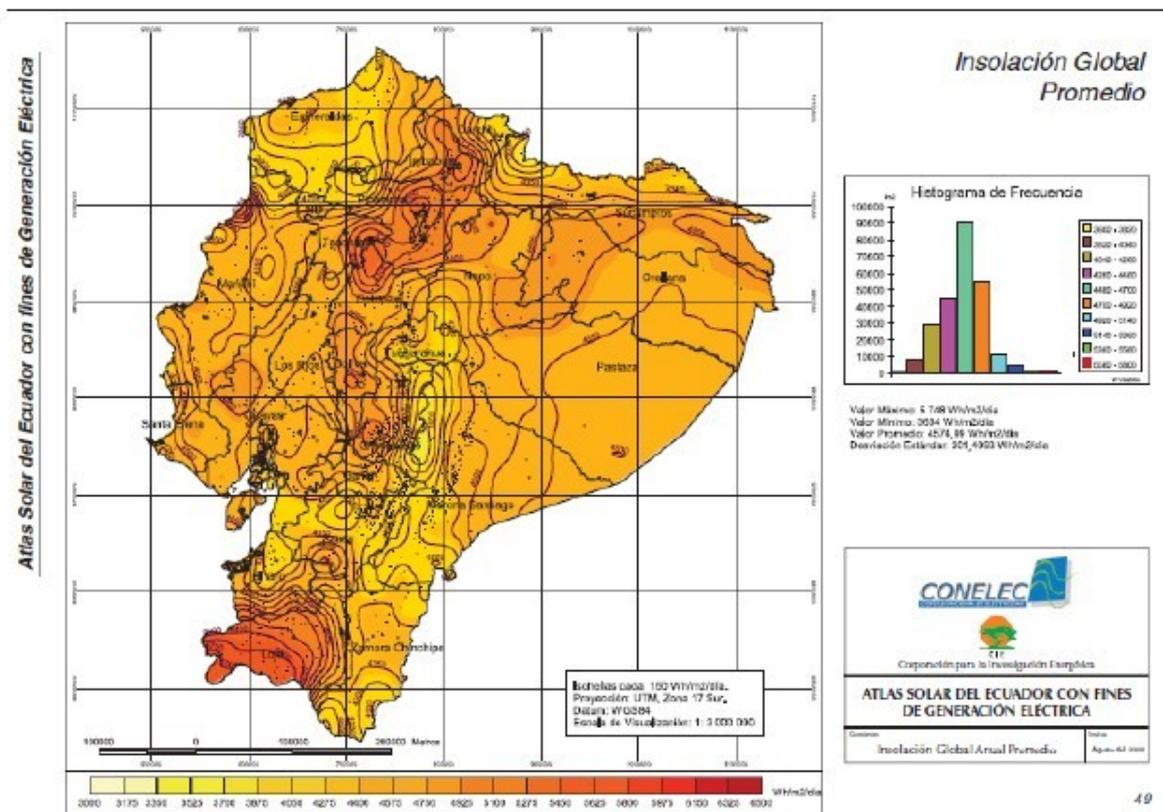


Gráfico 23: Insolación Global Promedio del Ecuador

Fuente: <http://www.conelec.gov.ec/downloads/Atlas.pdf>

Horas de sol es el de número de “horas de sol pico”. El número de horas de sol pico es un valor normalizado que equivale a el número de horas recibiendo una radiación solar de 1000 W/m^2 a 25 C . Piensa por ejemplo que un lugar puede tener 5 horas diarias de cielo despejado pero necesariamente a la horas del día donde el sol está cerca de su zenit.

Días de Autonomía (N).

Es el número máximo de días que el sistema puede funcionar sin que reciba radiación solar, durante los cuales todo el consumo se hace únicamente a expensas de la energía almacenada en la batería. Este número de días se conoce como el número máximo de días de autonomía (N).

A la hora de establecer N, hay que considerar tanto la climatología del lugar como el tipo de instalación, la importancia del servicio prestado (de iluminación de viviendas, hospital, fábrica, radioenlace, etcétera) y las limitaciones económicas, ya que a mayor sea N, mayor la inversión. También es importante evaluar los costes logísticos involucrados en el remplazo de una batería sobredescargada, no es lo mismo cambiar la batería de una instalación al pie de una carretera que hacerlo en lo alto de una torre de comunicaciones a varios días de camino.

Equipos de Consumo

Desde el punto de vista eléctrico, se les llama también cargas, es necesario conocer la tensión nominal y la potencia de funcionamiento.

Para conocer la energía que la instalación va a consumir, es también muy importante estimar el tiempo medio de utilización de cada carga, bien sea diario, semanal, mensual o anual, y teniendo en cuenta los altibajos periódicos que puedan existir.

Vn, Tensión Nominal de la Instalación

La elección de la tensión de la instalación no es del todo arbitraria, y está determinada en gran medida por la disponibilidad en el mercado de equipos que funcionen a distintas tensiones:

- Si los equipos lo permiten, fijar la tensión nominal a 12 ó 24 V. Algunos equipos de comunicaciones inalámbricos como los Mikrotik aceptan un rango de voltaje entre 11 y 60 V.

- Si sólo se disponen de equipos que funcionen a unas tensiones determinadas, hay que calcular la potencia que consumen los grupos de equipos que funcionen a igual tensión, y elegir como tensión nominal aquélla a la que se consuma más potencia. Para las otras tensiones, se emplean inversores. Lógicamente, esta opción complica la instalación, por lo que es preferible la anterior.

Componentes

Los componentes de un sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considere (autónoma o de red) y de las características de la instalación.

Para el caso de un sistema autónomo, los componentes necesarios para que la instalación funcione correctamente y tenga una elevada fiabilidad de suministro y durabilidad son:

1. Placas fotovoltaicas,
2. Acumuladores eléctricos,
3. Reguladores de carga
4. Inversores.
5. Cables eléctricos, breakers, fusibles, cajas que contienen los paneles, sellantes y recubrimiento contra corrosión.

Por su lado, algunas de 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

Un sistema fotovoltaico no siempre consta de la totalidad de los elementos arriba mencionados. Puede prescindir de uno o más de éstos, dependiendo del tipo y tamaño de las cargas a alimentar, el tiempo, hora y época de operación y la naturaleza de los recursos energéticos disponibles en el lugar de instalación.

Fuente: <http://www.zagoelectronica.es/solar/Espanol/sistemasFotovoltaicos.htm>

Componentes:

Baterías

Fuente de tensión continúa formada por un conjunto de vasos electroquímicos interconectados.

Una batería está formada por la asociación serie de varios elementos, llamados vasos o celdas, cada uno de los cuales consta de dos bornes o contactos, uno positivo y otro negativo.

Las baterías pueden ser compactas, cuando varios vasos conectados en serie nos suministran un voltaje final, que es la suma del voltaje de cada uno de ellos por separado. Todos los vasos de una batería compacta están empaquetados en un recipiente común. Las baterías compactas suelen ser de 6, 12 y 24 voltios.

El banco de baterías o acumulador es la unión en serie y/o en paralelo de varias baterías compactas o vasos independientes conectados de manera que se obtiene el voltaje necesario y la suficiente capacidad de almacenamiento de energía. Los acumuladores suelen de 12, 36, 24 y 48 voltios.

Funcionamiento de las baterías.

Una batería está formada por la asociación serie de varios elementos, vasos o celdas, cada una de las cuales consta de 2 electrodos de distinto material inmersos en una disolución electrolítica. Entre los electrodos se establece una diferencia de potencial debido a las características de los materiales de que están contruidos y al proceso electro-químico reversible que se produce entre ellos.

Existen diversos tipos de reacciones electroquímicas para cada batería, pero todas tienen en común el hecho de que cuentan con un ánodo, que es en el cual se produce la oxidación del compuesto y un cátodo que es en el cual se produce la reducción durante el proceso electroquímico.

Parámetros característicos de las baterías.

Existen varios parámetros que definen las principales características de una batería, como son:

- **El tipo de batería.** El más utilizado en la práctica es el de plomo-ácido con electrolito líquido, seguido del acumulador de plomo-ácido con electrolito de gel y el de níquel-cadmio.
- **La energía que puede almacenar,** que se denomina capacidad nominal (C_n) y que viene dada en vatios. Hora (Wh). Técnicamente la capacidad nominal se define como la cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20 °C, hasta que la tensión entre sus terminales llegue a 1,8 Voltios/vaso. La corriente que puede entregar en la descarga, que viene dada en amperios (A).
- **La profundidad de descarga máxima (PD_{max})** a la que se la puede someter la batería, que viene dada en % de energía que se la puede extraer sobre el total de su capacidad, sin dañar la batería.
- **El voltaje nominal,** que es la diferencia de potencial entre sus bornes, que viene dado en voltios (V).
- **La vida del acumulador** (hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80% de su capacidad nominal).
- **La densidad de carga,** que indica la capacidad de la batería por unidad de peso (Wh/kg) o por unidad de volumen (Wh/cm³).
- **El número de ciclos de carga y descarga** que puede soportar.

Capacidad de las baterías.

La corriente que puede entregar una batería y su capacidad nominal no son parámetros totalmente definitorios de las condiciones de trabajo de la batería, por lo que se representa la capacidad de otra forma que vincula la capacidad nominal C_n en Wh de la batería, con el voltaje que presenta entre sus bornes y con la corriente que puede entregar, que vendrá dada en amperios hora (Ah).

De manera que la capacidad nominal de la batería es $C_n \text{-Ah}$.

$$C_n \text{-Wh} = V * C_n \text{-Ah}$$

Para simplificar a la capacidad CAh en Ah se llama capacidad C y la se indicara en Ah.

Carga y descarga de las baterías.

Al aplicar una corriente de carga a la celda se producen reacciones electro-químicas en los electrodos, que continúan mientras se siga suministrando una corriente eléctrica y el electrolito sea capaz de mantener la reacción. Como es proceso es reversible, si se deja de suministrar corriente eléctrica y conectamos una carga eléctrica entre los dos polos de la batería, circulará una corriente a través de la carga, provocando reacciones químicas en los electrodos que vuelven el sistema a su condición inicial.

En teoría, el “ciclo” de carga-descarga, puede ser repetido indefinidamente, en la práctica existen limitaciones para que el proceso se repita más allá de un determinado número de veces, ya que los electrodos pierden parte del material en cada descarga. El numero de ciclos de carga y descarga que admite una batería se denomina ciclaje y es uno de los factores básicos para elegir una batería.

Autodescarga.

La autodescarga es la pérdida de carga de una batería, previamente cargada, cuando ésta permanece en circuito abierto. Habitualmente se expresa como porcentaje de la

capacidad nominal, medida durante un mes, y a una temperatura de 25 °C. La rapidez de la descarga depende de las condiciones ambientales y del tipo de batería.

Por normativa, en aplicaciones fotovoltaicas, la autodescarga de una batería 25 °C no debe exceder por mes el 6% de su capacidad nominal.

Cuando aumenta la temperatura ambiente la batería se descargará totalmente en muy poco tiempo por lo que deberá ser recargada con frecuencia si queremos mantenerla operativa.

Sulfatación.

En la descarga de las baterías de plomo-ácido se deposita sulfato de plomo en ambos electrodos. Normalmente este depósito está constituido por pequeños cristales, que se descomponen fácilmente durante el proceso de carga. Pero si la batería ha sido descargada repetidas veces por debajo del mínimo especificado, es pobremente cargada, o permanece descargada por largo tiempo, por un proceso natural, el tamaño de los cristales crece.

Esto produce una disminución de la superficie activa del electrodo, disminuyendo la capacidad de almacenaje. Este fenómeno se lo conoce con el nombre de sulfatación de la batería. En lugares donde los períodos nublados son de larga duración las baterías pueden permanecer en estado de baja carga, por largo tiempo, induciendo la sulfatación de las placas. Una carga a régimen de corriente elevado puede disolver esta formación cristalina.

Tipos de baterías.

Existen una enorme variedad de tipos de baterías, que se diferencian por la utilización de diferentes electrolitos, electrodos, diseños y procedimientos fabricación. Con la implantación de nuevas aplicaciones, que han necesitado la incorporación de sistemas de baterías cada vez más eficaces, pequeños, duraderos y sin mantenimiento se ha desarrollado una gran variedad de nuevas tecnologías en este campo.

Los principales tipos son:

- Plomo- ácido
- Níquel- Cadmio
- Níquel- Hierro
- Plata- Cadmio
- Zinc- óxido de plata
- Litio

Las más comunes siguen siendo las de plomo-ácido, debido fundamentalmente a su bajo coste, y las de níquel-cadmio debido a sus prestaciones

Baterías de plomo-ácido.

Las baterías de plomo-ácido se utilizan, no solo en aplicaciones fotovoltaicas, también en automoción. Pero a parte del coste, mucho más elevado para las baterías fotovoltaicas, las diferencias técnicas entre ambas baterías son fundamentales.



Gráfico 24: Batería de plomo-ácido.

Fuente: <http://www.enedivsa.com/dynasty.html>

En las baterías de acumulación de plomo-ácido no está permitido el uso de baterías de arranque o automoción.

La capacidad de almacenamiento de una batería de plomo-ácido varía con la temperatura del electrolito, que está determinada por la temperatura ambiente.

Características de las baterías de plomo ácido.

Voltaje de una celda.	2V
Densidad de carga.	15-30 Wh/kg.
Descargas.	No soportan descargas muy profundas.
Ciclos de vida.	Menos de 500 recargas.
Baja temperatura ambiente.	La soportan mal.
Alta temperatura ambiente.	Pierden eficiencia.
Autodescarga.	Alta.
Almacenamiento.	No permiten largos períodos.
Sulfatación de las placas.	Se produce.
Congelación del electrolito.	Se produce.
Tensión de descarga.	Disminuye gradualmente.
Mantenimiento.	Alto.
Coste.	Bajo.

Otro aspecto muy importante a considerar es que el voltaje de salida de una batería de plomo-ácido no permanece constante durante la carga o la descarga.

Existe una gran variedad de tipos de baterías de plomo-ácido, que utilizan diferentes tecnología, y que se diferencian en el precio, respuesta ante los ciclos de carga y descarga, mantenimiento necesario, etcétera. Los tipos fundamentales son:

- **Plomo-antimonio.** El antimonio permite adherir una mayor cantidad de material activo a los electrodos. Celdas con mayor cantidad de material activo tienen mayor duración y mayor profundidad de descarga. El incremento del material activo también aumenta el costo y el peso de la batería, además, la presencia del antimonio incrementa las pérdidas por autodescarga.

- **Plomo-Calcio abiertas.** Tienen electrodos con una aleación de calcio lo que reduce el fenómeno de gasificación durante la carga y por tanto disminuye la pérdida de agua en el electrolito. Así mismo, disminuyen las pérdidas por autodescarga, por lo que pueden permanecer inactivas durante largos períodos de tiempo.
- **Plomo- Calcio selladas.** Es un tipo similar al anterior pero que no precisa mantenimiento.
- **Híbridas-Antimonio / Calcio.** Tienen propiedades mixtas de las de plomo-calcio y de las de plomoantimonio.
- **De electrolito en forma de gel.** Donde el electrolito no es líquido sino gelatinoso. Su costo es alrededor de tres veces mayor que las de electrolito líquido, pero tiene características técnicas que la hacen muy útiles en aplicaciones especializadas.
- **AGM. Batería de plomo-ácido hermética regulada por válvulas.** La batería de ácido regulada por válvulas reduce considerablemente la necesidad de mantenimiento. Funciona por el mismo principio que la batería de níquel y cadmio estanca.
- **Plomo-ácido convencionales.** Por ser las más comunes describiremos más ampliamente las baterías de plomo-ácido convencionales. En los vasos de estas baterías se encuentran, en principio, unas placas de dióxido de plomo conectadas al electrodo positivo del vaso y otras placas de plomo conectadas al electrodo negativo.
- **$Pb + PbO_2 + 2SO_4H_2 \leftrightarrow 2SO_4Pb + 2H_2O$** Este tipo de batería es el más usado debido a su bajo costo. Cuando la batería está cargada, el electrodo positivo tiene un depósito de dióxido de plomo y el negativo es plomo. Al

descargarse, la reacción química que hace que, tanto en la placa positiva como en la negativa se deposite sulfato de plomo.

Baterías de níquel-cadmio.

Existe una gran variedad de tipos de baterías de Ni-Cd, que utilizan diferentes tecnología, y que se diferencian en el precio, respuesta ante los ciclos de carga y descarga, mantenimiento necesario, etcétera. Los tipos fundamentales son:

- Con electrodos sinterizados.
- Con electrodos.
- Con electrodos de fibra
- Con placas “pocked
- Ni-Cd estancas

Debido a su alto costo inicial, más de seis veces que la de plomo-ácido, las baterías de níquel-cadmio no han podido suplantarlas. Sin embargo, su costo largo plazo es menor que el de una batería de igual capacidad del tipo plomo-ácido debido a su bajo mantenimiento y su larga vida útil, el doble que la de plomo-ácido.



Gráfico 25: Baterías de níquel-cadmio..

Fuente: <http://www.gami.cl/catalog/images/1524AGM.jpg>

Características de las baterías de níquel-cadmio.

Voltaje de una celda.	1,4 V
Densidad de carga.	20-45 Wh/kg.
Descargas.	Soportan sin daños descargas muy profundas.
Ciclos de vida.	Más de 500 recargas.
Baja temperatura ambiente.	La soportan bien sin problemas.
Alta temperatura ambiente.	Tienen una mayor eficiencia
Autodescarga.	Es inicialmente elevada,
Almacenamiento.	Permiten largos períodos.
Sulfatación de las placas.	No se produce.
Congelación del electrolito.	No se produce.
Tensión de descarga.	Permanece constante.
Mantenimiento.	Bajo.
Coste.	Alto.

Por sus características representan una buena solución para los climas tropicales o en instalaciones aisladas y que requieran poco mantenimiento.

En las baterías de Ni-Cd, el voltaje de salida permanece prácticamente constante hasta el momento en que su capacidad se agota. En ese momento la cantidad de energía que puede suministrar disminuye radicalmente.

Baterías de níquel-hierro.

Son muy similares a las de níquel-cadmio pero su coste es más elevado. Los electrodos son de hidróxido níquelico que actúa como electrodo positivo y de hierro que actúa como electrodo negativo. El electrolito está compuesto por hidróxido de potasio.

Baterías de plata-cadmio.

También son bastante parecidas a las de Ni-Cd. Los electrodos son de plata que actúa como electrodo positivo y de cadmio que actúa como electrodo negativo. El electrolito está compuesto por hidróxido de potasio.

Baterías de zinc-oxido de plata.

Son baterías con buenas prestaciones pero de precio elevado. En los vasos de la batería se encuentran unas placas de oxido de plata conectadas al electrodo positivo del vaso y otras placas de zinc conectadas al electrodo negativo. El electrolito está compuesto por hidróxido de potasio.

Baterías de litio



Gráfico 26: Baterías de litio

Fuente: <http://desenchufados.net/wp-content/uploads/2009/08/baterias-de-litio.jpg>

Las baterías basándose en iones de Litio son las baterías más recientes en el mercado y aunque, hasta ahora, se emplean fundamentalmente en los teléfonos móviles es muy previsible que se desarrollen hasta sustituir a las de Ni-Cd incluso en aplicaciones fotovoltaicas, especialmente en pequeños sistemas.

Estas baterías consiguen almacenar mucha más energía que otros tipos y son también mucho más ligeras, pesando cerca de la mitad que una Ni-Cd equivalente.

Fuente: <http://www.fotovoltaica.cursodeformaciongratis.com/baterias-y-acumuladores.html>

Regulador

El regulador o controlador de la carga de las baterías es un equipo electrónico, vinculado al acumulador que cumple una serie de funciones fundamentales para conseguir el correcto funcionamiento del acumulador y prologar su vida el mayor tiempo posible.

Estas funciones son las siguientes:

- **Evitar la descarga del acumulador a través del generador.** Cuando por alguna razón, noche, baja insolación, sombras, etcétera., los paneles no pueden cargar las baterías del acumulador, el regulador aísla el acumulador del generador, evitando así su descarga.
- **Controlar la descarga del acumulador.** La demanda de la instalación puede provocar niveles excesivos de descarga, que pueden dañar el acumulador, por lo que, en caso necesario, el regulador debe desconectar el acumulador de la instalación.
- **Reiniciar el proceso de carga del acumulador.** Cuando la irradiación solar aumenta y la tensión del generador supera a la del acumulador el regulador debe activar de nuevo el proceso de carga.
- **Controlar el nivel de carga del acumulador.** Cuando se alcanza un nivel de carga óptimo del acumulador y para evitar sobrecargas que puedan producir una gasificación excesiva del electrolito, el regulador debe cortar la alimentación desde el generador al acumulador.
- **Facilitar al usuario información sobre el estado del acumulador.** Es muy habitual que los reguladores suministren información sobre los valores de tensión del acumulador, intensidad que suministra, estado de carga, etcétera.

Tipos de reguladores.

Los reguladores de carga se dividen según su sistema de conexionado con el generador, de manera que se pueden dividir en reguladores en serie y reguladores en paralelo.

Reguladores en paralelo

En estos reguladores, cuando la tensión de las baterías alcanza un valor determinado, que supone que están cargadas, la corriente de los paneles es desviada a un circuito que está en paralelo con el acumulador. Cuando la tensión de batería baja por debajo de un valor mínimo, predeterminado, el proceso de carga se restablece nuevamente.

El circuito en paralelo actúa de manera que pone en cortocircuito la salida del generador, evitando la circulación de la corriente hacia cualquier otra parte de la instalación. El cortocircuito de la salida de los paneles no afecta a los mismos, pero para evitar que produzca un cortocircuito de las baterías, lo que produciría su destrucción, se deben aislar estas de la línea de cortocircuito del generador. También se suele usar un diodo en serie con las baterías y situado con polaridad inversa a ellas, para evitar su descarga.

El circuito en paralelo con el acumulador disipa un pequeño porcentaje de la energía que pasa por él, lo que en instalaciones grandes puede suponer bastante energía, por lo que este tipo de reguladores se utiliza solo en instalaciones de baja potencia.

Reguladores en serie.

En estos reguladores, cuando la tensión de las baterías alcanza un valor determinado, que supone que están cargadas, la corriente procedente de los paneles se interrumpe mediante el corte de la línea que comunica el campo fotovoltaico con el acumulador.

El interruptor de corte evita también que se pueda producir la descarga de las baterías a través del generador. Este interruptor de corte no disipa potencia cuando está interrumpiendo la corriente de carga, por lo que este tipo de reguladores es adecuado para instalaciones de cualquier potencia.

En el control serie no hay necesidad de colocar un diodo en serie, para proteger las baterías, ya que la apertura del interruptor aísla el acumulador del generador, lo que reduce pérdidas de potencia.

Existen diferentes criterios de diseño para los controles en serie. Sin embargo, en todos ellos existen dos características comunes, se alternan períodos activos de carga con períodos de inactividad y la acción del circuito de control depende del estado de carga del acumulador.

Los reguladores en serie pueden funcionar de diversas formas según su diseño. Durante el período de carga algunos modelos usan un voltaje de carga de valor constante, que se corresponde con el máximo que puede suministrar el generador con las condiciones de irradiación y temperatura del momento.

En otros reguladores en serie la tensión de carga está limitada por un voltaje determinado de las baterías. Este voltaje de carga se corresponde con un estado de carga de baterías de alrededor del 90 al 95% del máximo posible. A este voltaje se lo conoce como voltaje de flotación y la tensión de carga nunca supera su valor. Este proceso de conexión y desconexión es lo que se conoce como carga por voltaje de flotación.

Consideraciones generales para los dos tipos de reguladores.

La frecuencia de apertura y cierre del interruptor que conecta el generador con el acumulador varía con el estado de carga del generador y las bruscas variaciones en el nivel de irradiación solar.

Los reguladores que utilizan el voltaje de flotación consiguen alargar la vida de las baterías. Los reguladores en serie que no lo utilizan y los sistemas de regulación en paralelo aprovechan mejor los períodos de sol, al no limitarse la corriente de carga.

En los dos sistemas de regulación, el control de sobredescarga se efectúa interrumpiendo la línea acumulador carga de consumo, mediante algún tipo de interruptor electrónico, que actúa cuando la tensión de las baterías cae por debajo de un cierto nivel, llamado voltaje de desconexión de carga. Este no debe exceder el 80% (referida a la capacidad nominal del acumulador), en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en las que estas sobredescargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no debe superar el 60%.

No debe reanudarse el consumo hasta que la tensión de la batería no haya superado otro umbral más alto del voltaje de desconexión de carga, llamado voltaje de reconexión de carga, en este caso la carga se refiere a la carga a que sometemos a las baterías para el consumo.

Normalmente el regulador está alimentado por el generador, pero la potencia que debe absorber para su funcionamiento debe ser muy pequeña, no mayor del 3% de la energía diaria suministrada por el generador. De manera que durante la noche, o durante períodos de baja insolación, el regulador debe aislar al acumulador.

En caso de que no dispongamos de reguladores capaces de manejar un valor de corriente de carga tan elevado como el que nos puede suministrar el generador, es conveniente agrupar los paneles del generador en secciones. De manera que cada sección tenga un regulador independiente, el cual tendrá que soportar menor corriente de carga. Las salidas de estos reguladores se deben conectar en paralelo, para restaurar el valor de la corriente total de carga.

Características de los reguladores.

Los reguladores comerciales presentan una gran variedad de características, que deben ser conocidas para elegir el regulador más adecuado. Es importante indicar que la terminología utilizada varía mucho de unos autores a otros, por lo que se pueden

confundir conceptos con facilidad, en este tema utilizamos tensión y voltaje, corriente e intensidad como términos equivalentes entre ellos.

Las principales características a considerar se indican a continuación:

Tipo de regulador: serie o paralelo.

La tensión nominal de trabajo del regulador. Los valores más comunes son 12 V, 24 V y 48 V, dependiendo de la tensión suministrada por el generador.

La tensión máxima de trabajo del regulador. El número de paneles conectados en serie, así como el máximo valor de voltaje que puede alcanzar cada panel en circuito abierto, determinan el mínimo voltaje de trabajo del regulador. Lo normal es que el regulador esté diseñado para soportar, como mínimo, voltajes de 1,5 veces el valor la tensión nominal del sistema.

- **La tensión Máxima de Carga o tensión final de carga.** Tensión en los bornes de la batería a partir de la cual, la corriente eléctrica proveniente del generador es limitada por el regulador. Esta tensión debe asegurar un factor de recarga de la batería superior al 90%.
La tensión de desconexión de carga. Esta tensión deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad al consumo se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la máxima profundidad de descarga, fijada según el tipo de trabajo de la instalación, y referida a la capacidad nominal del acumulador.
- **La tensión de Reconexión de carga.** Tensión en los bornes de la batería a partir de la cual el regulador conecta eléctricamente el generador con el acumulador.
- **La tensión de alarma.** Tensión de las baterías a la que el regulador activa una señal acústica y/o luminosa que indica un estado de bajo voltaje de la batería.

- **Intensidad máxima de trabajo del regulador.** Cualquier tipo de regulador debe manejar, como mínimo, la máxima corriente de carga que puede producir el generador. Para un control en paralelo, el interruptor de carga deberá manejar, asimismo, la máxima corriente de cortocircuito del generador.
 - **Intensidad máxima de consumo.** Es la máxima corriente que puede pasar del regulador al consumo.
 - **Las caídas internas de tensión del regulador** entre sus terminales de generador y acumulador y entre sus terminales de batería y consumo. Que han de ser inferiores al 4% de la tensión nominal.
 - **Las pérdidas de energía diarias** causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3% del consumo diario de energía.
- Los sistemas de protección de que va dotado y la normativa que cumple.

Fuente:<http://www.fotovoltaica.cursodeformaciongratis.com/regulador-de-carga-de-las-baterias.html>

Inversor Dc/Ac

Función

Convertir la CC de la instalación fotovoltaica en CA para la alimentación de los receptores que trabajan con CA (la mayoría). Se basan en el empleo de dispositivos electrónicos que actúan a modo de interruptores permitiendo interrumpir las corrientes e invertir su polaridad.

Tipos de inversores.

Los inversores se dividen en dos modelos básicos según el método de generación de la onda de salida:

De pulso único por semiciclo o estáticos. Son los más sencillos y en ellos se genera una onda cuadrada de la frecuencia deseada a la salida, cuya amplitud se controla para regular el valor eficaz del voltaje a generar. Una señal cuadrada puede convertirse en sinusoidal mediante filtros de potencia, aunque en los inversores monofásicos el coste del filtro es casi el mismo que el del inversor.

De pulso múltiple. En ellos se genera serie sucesiva de pulsos de igual voltaje pero de duración variable, cuya suma establece el valor del voltaje requerido en cada zona de la sinusoide deseada, para nuestra corriente alterna. Este sistema produce generalmente armónicos indeseados, lo que implica, para el filtrado de los armónicos más próximos al fundamenta, del uso de condensadores y bobinas que reducirán el rendimiento del sistema, así como dispositivos de conexión desconexión de los mismos. Aumentando la frecuencia de los pulsos conseguimos armónicos más alejados de la frecuencia principal, que son más fáciles de filtrar y con menos pérdidas de potencia.

Los inversores se clasifican también en función de su funcionamiento ideal, cosa que nunca se da de forma pura:

- **Inversores como fuente de corriente,** en ellos se fija la corriente y esta se mantiene constante aunque varíe la carga. Este tipo de inversores tiene una fuerte dependencia de la carga para funcionar correctamente ya que, para realizar un buen control y para suministrar la corriente fijada, tienen que conocer el nivel de la carga en todo momento. Además, para funcionar dentro de unos márgenes de seguridad, necesitan la presencia de una carga mínima conectada permanentemente. No obstante tienen la ventaja de que pueden soportar cortocircuitos a la salida o unas demandas puntuales muy altas para el arranque de un motor sin sufrir daños en sus componentes.
- **Inversores como fuente de tensión,** en ellos fijamos la tensión y esta se mantiene constante aunque varíe la carga. Este tipo de inversores no tiene

dependencia de la carga para funcionar correctamente. Pero sin embargo es necesario protegerlos contra los cortocircuitos mediante algún sistema de limitación de la corriente, que evite la destrucción de los componentes electrónicos.

Los inversores también se pueden dividir según su forma de conmutación en auto-conmutados y conmutados por red. Existen otros tipos que no podríamos incluir dentro de estos tipos pero en la actualidad, en las aplicaciones fotovoltaicas, estos son los más frecuentes.

- Los inversores auto-conmutados pueden funcionar como fuente de tensión y como fuente de corriente. Se pueden utilizar en aplicaciones aisladas de red funcionando independientemente. También pueden funcionar en instalaciones conectadas a la red, ya que pueden sincronizar su tensión de salida con la tensión de la red eléctrica.
- Los inversores conmutados por red funcionan como fuente de corriente, y solo funcionan correctamente conectados a la red eléctrica. Este tipo de inversores tiene algunas ventajas.

Auto-conmutados

Ventajas.

- Son muy seguros, un cortocircuito a la salida no les afecta.
- La señal de salida es perfectamente sinusoidal.
- No necesitan grandes sistemas de filtrado de la señal.
- Generan la tensión y la corriente totalmente en fase con la tensión de red.
- Pueden compensar potencia reactiva, haciendo que la corriente se adelante o atrase con respecto a la tensión de red

Inconvenientes.

- Son bastante más caros que los inversores conmutados por red.

- La potencia máxima que pueden manejar es pequeña, aunque se pueden conectar en paralelo.
- El rendimiento es bastante bajo, ya que tienen muchas pérdidas

Conmutados por red

Ventajas.

- Son muy sencillos de construcción y bastante fiables.
- Son mucho más baratos que los inversores auto-conmutados.
- Sus principales desventajas se pueden resolver con sistemas de filtrado bastante sencillos.
- Pueden manejar grandes potencias.

Inconvenientes.

- Presentan un cierto nivel de corriente reactiva, o lo que es lo mismo con factores de potencia por debajo de la unidad.
- Tienen un alto nivel de distorsión armónica en su señal de salida.
- Presenta fallos en su conmutación cuando aparece un fallo de red.

Conceptos básicos.

Hay algunos conceptos necesarios para comprender mejor las características y funcionamiento de los inversores, que vamos a comentar brevemente a continuación.

Voltaje eficaz.

El voltaje eficaz es la diferencia de potencial promedio entre el polo activo y el polo neutro, a la salida del inversor, independientemente del signo de la diferencia de potencial. Se indica por las siglas VRMS.

Potencia nominal.

Potencia nominal (VA). Potencia máxima, especificada por el fabricante, que el inversor es capaz de entregar de forma continua. Esta potencia nominal considera el voltaje y corriente suministrados, pero no considera el desfase que puede haber entre ellos.

Potencia activa. Es la potencia (W) real que suministra el inversor, teniendo en cuenta el desfase entre tensión y corriente.

Factor de potencia. El factor de potencia es el cociente entre la potencia activa (W) y la potencia aparente (VA) a la salida del inversor. Su valor es como máximo 1, en el caso de que no se produzcan pérdidas por corriente reactiva, este es el caso ideal en el que el inversor suministra la corriente en las mejores condiciones posibles

Autoconsumo del inversor. El autoconsumo del inversor, en condiciones normales de operación es la potencia es el tanto por ciento de potencia consumida comparada con la potencia nominal de salida.

Armónico. Un armónico ideal es una frecuencia de onda múltiplo entero de una frecuencia fundamental. Por ejemplo, si nuestra corriente eléctrica funciona a 50 hz., serán armónicos ideales de esta frecuencia las ondas a 100 hz., 150 hz., etcétera. de frecuencia. Solo la frecuencia fundamental produce potencia activa.

Características básicas de los inversores.

Rendimiento de los inversores.

El rendimiento del inversor es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada al inversor. Para que este rendimiento sea real hay que considerar como parte del inversor los sistemas de filtrado, protecciones y transformadores que puedan actuar como elementos auxiliares del transformador. El rendimiento de los inversores depende de las pérdidas producidas por:

- El proceso de conmutación, para producir la onda sinusoidal o similar.
- Los elementos adicionales necesarios para obtener una onda de unas características de frecuencia y tensión adecuadas como transformadores, filtros, condensadores etcétera.
- Los inversores, cuando actúan como fuente de tensión, tienen un rendimiento mayor a plena carga que cuando trabajan en otras condiciones.
- El rendimiento de un inversor es mayor cuando la tensión continua de entrada crece.

En las condiciones más óptimas y trabajando a plena carga, los inversores pueden alcanzar rendimientos entre el 90 y el 95%, incluyendo aquí todos los elementos auxiliares como filtros y demás. En la actualidad, un buen inversor se caracteriza por pérdidas de autoconsumo inferiores al 1% y el resto de los consumos se corresponden al resto de los elementos asociados a él.

Para optimizar el rendimiento del inversor es fundamental que la potencia pico del generador no sea menor que la potencia nominal del inversor, ya que debe evitarse que el inversor funcione a media carga. Por otro lado sí el generador es demasiado grande, se perderá energía debido a la limitación de corriente, de que debe disponer el inversor, para evitar sobrecargas.

Es recomendable que la potencia del generador sea 1,2 veces la potencia nominal del inversor, de esta manera el inversor funcionará en la mayoría de los casos por encima del 90% de su potencia nominal. Otra alternativa es diseñar un sistema con varios inversores cuya suma de potencias nominales sea la potencia total del sistema, pero cuya conexión sea en cascada según necesidades.

Fuente:<http://www.fotovoltaica.cursodeformaciongratis.com/el-generador-solar-fotovoltaico.html>

Elementos de protección.

Existen cajas y armarios de distribución y conexión donde se concentran algunos elementos de protección:

Los varistores, interruptores magnetotérmicos, interruptores diferenciales y fusibles deben de colocarse en las cajas generales de conexión y distribución, identificados claramente. Además en la caja de conexión debe haber un listado claro y concreto de cada uno de los elementos con sus principales características y un esquema eléctrico del conjunto de la caja.

Toma a tierra.

Todas las superficies metálicas y armazones, que pudieran ser tocadas por el personal o que pudieran transmitir el pulso eléctrico inducido por el rayo y que pudieran afectara la instalación, deben estar conectadas a tierra mediante los sistemas normalizados para tal efecto.

La toma a tierra es en realidad un camino de poca resistencia a cualquier corriente de fuga para que cierre el circuito "a tierra" en lugar de pasar a través del usuario o del equipo que protege. Consiste una pieza metálica enterrada en una mezcla especial de sales y conectada a la instalación eléctrica a través de un cable. En las instalaciones domésticas el hilo de tierra se identifica por ser su aislante de color verde y amarillo.

Varistores.

Una de las causas más frecuentes de las averías en las instalaciones son las descargas eléctricas producidas por las tormentas.

Se deben de colocar varistores entre todos los cables conductores y las tomas a tierra, adaptando el valor del varistor a las características de la tensión con que trabaja cada conductor. Para que este proceso sea eficaz el varistor debe ser muy rápido en respuesta, ya que las descargas se muevan a una enorme velocidad a través de los conductores.

El valor del voltaje que los varistores deben permitir en el conductor con respecto a tierra no debe ser superior a un valor entre 1,1 y 1,5 veces el voltaje máximo, que deba presentar dicho conductor. El valor del varistor también se debe adaptar a los valores estándar en el mercado.

Interruptores magnetotérmicos.

Los interruptores permiten cortar manualmente el flujo de corriente en caso de una emergencia o para un mantenimiento programado. El interruptor habitualmente utilizado en las instalaciones es el magnetotérmico.



Gráfico 27: Interruptores magnetotérmicos.

Fuente: <http://imagenes.solostocks.com/z11680245/magnetotermico-10-amperios.jpg>

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de protegerlas frente a las intensidades excesivas. El interruptor aprovecha para su funcionamiento dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica por un circuito, el magnético y el térmico. El valor de la corriente que deben permitir pasar los interruptores magnetotérmicos no debe ser superior a un valor entre 1,1 y 1,5 veces la corriente máxima, que deba circular por la rama de la instalación que protegen.

Interruptor diferencial

Un interruptor diferencial es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de protegerlas y proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra o masa de los aparatos. En esencia, el interruptor diferencial consta de dos bobinas, colocadas en serie con los dos conductores de alimentación de corriente, que producen campos magnéticos opuestos, y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos.

Cuando existe una diferencia entre las corrientes que circulan por cada una de las dos bobina, producida por el hecho de que una parte de la corriente que circula por uno de los conductores se derive a tierra, se produce un campo magnético resultante que atrae un núcleo metálico, que provoca la apertura de unos contactos e interrumpiendo el paso de corriente hacia la carga. Mientras no se rearme manualmente el dispositivo, una vez subsanada la avería, el interruptor diferencial no permitirá el paso de corriente.



Gráfico 28: Interruptor diferencial

Fuente:<http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:wpTUJM0Ui61RCM:http://observatorio.cnice.mec.es/imagenes/upload/ccam0040/luz/image002.jpg&t=1>

Los interruptores diferenciales siempre se sitúan en la parte de la instalación que trabaja con corriente alterna y con voltajes superiores a 48 Voltios.

Fusibles.

Se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un hilo o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

Los fusibles se instalan en las líneas de transporte de electricidad, Los fusibles pueden ser de muy diversos tipos y tamaños, dependiendo de la intensidad y el voltaje de trabajo de la instalación a proteger, Asimismo, existen tipos de fusión ultrarrápida, rápida y lenta, dependiendo de las características de la instalación a proteger. Los fusibles deben de situarse serie con cada uno de los equipos a proteger.

Los fusibles que trabajan en la zona de la instalación con bajo voltaje son muy diferentes de los fusibles que trabajan en la zona de medio y alto voltaje. Dado que las características de la corriente y las prestaciones de los fusibles deben ser distintas.

Cableado

La sección se elige en función de la longitud de los cables y de la corriente que circula por ellos con el fin de minimizar las caídas de tensión. Para calcular la sección S del cable hace falta conocer:

- La caída de tensión ($V_a V_b$) admisible en el cable. Esta tensión se calcula sumando las caídas individuales, que se expresan en función de la tensión nominal de trabajo.

Valores máximos típicos en sistemas fotovoltaicos son:

TRAMO DEL SISTEMA	CAÍDA DE TENSIÓN (% DE VN)
Conjunto de Paneles - Acumulador	1%
Acumulador – Inversor	1%

Línea Principal	3%
Línea Principal - Iluminación	3%
Línea Principal - Equipos	5%

Tabla 1: Caída de tensión máxima en los tramos del sistema

Realizado: Paulina Ayala

- La corriente máxima IMC que va a circular por el conductor. En el caso del tramo paneles acumulador es la $I_{Im(max)}$ X calculada para cada mes. En los demás tramos depende de las cargas conectadas al tramo

Con la siguiente ecuación se calcula las secciones de los diferentes tramos del sistema fotovoltaico

Conocida la intensidad

$$S = \frac{2 * L * I}{K * \Delta V}$$

Donde:

S() = Sección del Conductor

I(A) = Intensidad de corriente

V(v) = Tensión de Servicio

L(m) = Longitud de la línea

K = Conductividad eléctrica cobre = 56

ΔV (v) = Caída de Tensión desde el principio hasta el fin. $V_a - V_b$

La caída de tensión ($V_a - V_b$) admisible en el cable se calcula sumando las caídas individuales, que se expresan en función de la tensión nominal de trabajo.

Fuente: Rodrigo Pérez Ramírez, Máster
Universidad de Zaragoza, España

Europeo en Energía Renovables,

Número del conductor AWG

Con el valor de la Sección podemos determinar el número de cable que utilizaremos por medio de la tabla AWG (American Wire Gauge) que es una tabla de conversión que le permitirá saber el diámetro y superficie o área de sección del conductor, conociendo el número AWG.

AWG	Ø [Pulg]	Ø [mm]	Ø [mm ²]	AWG	Ø [Pulg]	Ø [mm]	Ø [mm ²]
6/0 = 000000	0.580	14.73	170.30	18	0.0403	1.02	0.823
5/0 = 00000	0.517	13.12	135.10	19	0.0359	0.912	0.653
4/0 = 0000	0.460	11.7	107	20	0.0320	0.812	0.518
3/0 = 000	0.410	10.4	85.0	21	0.0285	0.723	0.410
2/0 = 00	0.365	9.26	67.4	22	0.0253	0.644	0.326
1/0 = 0	0.325	8.25	53.5	23	0.0226	0.573	0.258
1	0.289	7.35	42.4	24	0.0201	0.511	0.205
2	0.258	6.54	33.6	25	0.0179	0.455	0.162
3	0.229	5.83	26.7	26	0.0159	0.405	0.129
4	0.204	5.19	21.1	27	0.0142	0.361	0.102
5	0.182	4.62	16.8	28	0.0126	0.321	0.0810
6	0.162	4.11	13.3	29	0.0113	0.286	0.0642
7	0.144	3.66	10.5	30	0.0100	0.255	0.0509
8	0.128	3.26	8.36	31	0.00893	0.227	0.0404
9	0.114	2.91	6.63	32	0.00795	0.202	0.0320
10	0.102	2.59	5.26	33	0.00708	0.180	0.0254
11	0.0907	2.30	4.17	34	0.00631	0.160	0.0201
12	0.0808	2.05	3.31	35	0.00562	0.143	0.0160
13	0.0720	1.83	2.62	36	0.00500	0.127	0.0127
14	0.0641	1.63	2.08	37	0.00445	0.113	0.0100
15	0.0571	1.45	1.65	38	0.00397	0.101	0.00797
16	0.0508	1.29	1.31	39	0.00353	0.0897	0.00632
17	0.0453	1.15	1.04	40	0.00314	0.0799	0.00501

Tabla2:Tabla AWG

Fuente: <http://www.electricasas.com/wp-content/uploads/2008/10/f1.gif>

2.3.2.2. MARCO CONCEPTUAL DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

ELECTRICIDAD

La electricidad (del griego *elektron*, cuyo significado es ámbar) es un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otro, es el flujo de electrones. Se

puede observar de forma natural en fenómenos atmosféricos, por ejemplo los rayos, que son descargas eléctricas producidas por la transferencia de energía entre la ionosfera y la superficie terrestre (proceso complejo del que los rayos solo forman una parte). Otros mecanismos eléctricos naturales los podemos encontrar en procesos biológicos, como el funcionamiento del sistema nervioso. Es la base del funcionamiento de muchas máquinas, desde pequeños electrodomésticos hasta sistemas de gran potencia como los trenes de alta velocidad, y asimismo de todos los dispositivos electrónicos. Además es esencial para la producción de sustancias químicas como el aluminio y el cloro.

La electricidad es originada por las cargas eléctricas, en reposo o en movimiento, y las interacciones entre ellas. Cuando varias cargas eléctricas están en reposo relativo se ejercen entre ellas fuerzas electrostáticas. Cuando las cargas eléctricas están en movimiento relativo se ejercen también fuerzas magnéticas.

Se conocen dos tipos de cargas eléctricas: positivas y negativas. Los átomos que conforman la materia contienen partículas subatómicas positivas (protones), negativas (electrones) y neutras (neutrones). También hay partículas elementales cargadas que en condiciones normales no son estables, por lo que se manifiestan sólo en determinados procesos como los rayos cósmicos y las desintegraciones radiactivas.

La electricidad y el magnetismo son dos aspectos diferentes de un mismo fenómeno físico, denominado electromagnetismo, descrito matemáticamente por las ecuaciones de Maxwell. El movimiento de una carga eléctrica produce un campo magnético, la variación de un campo magnético produce un campo eléctrico y el movimiento acelerado de cargas eléctricas genera ondas electromagnéticas (como en las descargas de rayos que pueden escucharse en los receptores de radio AM).

Debido a las crecientes aplicaciones de la electricidad como vector energético, como base de las telecomunicaciones y para el procesamiento de información, uno de los principales desafíos contemporáneos es generarla de modo más eficiente y con el mínimo impacto ambiental.

Electrostática y electrodinámica

La electrostática es la rama de la física que estudia los fenómenos resultantes de la distribución de cargas eléctricas en reposo, esto es, del campo electrostático. Los fenómenos electrostáticos son conocidos desde la antigüedad. Los griegos del siglo V a. C. ya sabían que al frotar ciertos objetos estos adquirirían la propiedad de atraer cuerpos livianos. En 1785 el físico francés Charles Coulomb publicó un tratado donde cuantificaba las fuerzas de atracción y repulsión de cargas eléctricas estáticas y describía, por primera vez, cómo medirlas usando una balanza de torsión. Esta ley se conoce en su honor con el nombre de ley de Coulomb.

Durante el siglo XIX se generalizaron las ideas de Coulomb, se introdujo el concepto de campo eléctrico y potencial eléctrico, y se formuló la ecuación de Laplace, que determina el potencial eléctrico en el caso electrostático. Se produjeron también avances significativos en la electrodinámica, que estudia los fenómenos eléctricos producidos por cargas en movimiento. En estos fenómenos aparecen asimismo campos magnéticos, que pueden ser ignorados en el caso de circuitos con corriente eléctrica estacionaria, pero deben ser tomados en cuenta en el caso de circuitos de corriente alterna.

Finalmente, en 1864 el físico escocés James Clerk Maxwell unificó las leyes de la electricidad y del magnetismo en un sistema de cuatro ecuaciones en derivadas parciales conocidas como ecuaciones de Maxwell. Con ellas se desarrolló el estudio

de los fenómenos eléctricos y magnéticos, mostrando que ambos tipos son manifestaciones del único fenómeno del electromagnetismo, que incluía también a las ondas electromagnéticas.

Producción de electricidad

Para que se produzca una corriente eléctrica es necesario que exista una diferencia de potencial o tensión eléctrica entre dos puntos. Dicha diferencia se puede conseguir por distintos procedimientos:

Por transformación química. Al sumergir dos metales diferentes, o un metal y carbón, en una solución apropiada, se origina una diferencia de potencial entre los dos metales. Las pilas se basan en este hecho.

Por Inducción. Si se desplaza un conductor eléctrico en el interior de un campo magnético, aparece una diferencia de potencial en los extremos del mismo. Los generadores industriales de electricidad están basados en esta propiedad electromagnética.

- **Por calentamiento.** Cuando se calienta una soldadura de dos metales distintos, aparece una tensión eléctrica. Esta tensión es muy pequeña, por lo que suele tener aplicaciones para la medida de temperaturas.
- **Por acción de la luz.** Al incidir los fotones de la luz sobre ciertos materiales aparece un flujo de corriente de cierta importancia

- **Por fricción.** Al frotar dos objetos entre sí puede producirse una diferencia de potencial entre ellos. Por ejemplo, la electricidad estática que suele acumular un coche está ligada al rozamiento del aire con la carrocería y al propio rozamiento de las ruedas. Igualmente, al frotar una varilla de vidrio o plástico con un trozo de lana aparece una acumulación de cargas de diferente signo en ambos objetos.
- **Por presión.** Algunos materiales tienen la propiedad de que, al serles aplicadas fuerzas de compresión o de tracción, aparecen tensiones eléctricas en sus superficies. Este fenómeno piezoeléctrico es característico de algunos cristales, principalmente cuarzo, y tiene diferentes aplicaciones para la producción de pequeñas corrientes: micrófono, reloj de cuarzo o mechero.

Fuente:http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/e_electrica.pdf

Corriente Eléctrica

Se denomina corriente eléctrica al flujo de carga eléctrica a través de un material sometido a una diferencia de potencial. Históricamente, se definió como un flujo de cargas positivas y se fijó el sentido convencional de circulación de la corriente como un flujo de cargas desde el polo positivo al negativo. Sin embargo, posteriormente se observó, gracias al efecto Hall, que en los metales los portadores de carga son electrones, con carga negativa, y se desplazan en sentido contrario al convencional.

A partir de la corriente eléctrica se definen dos magnitudes: la intensidad y la densidad de corriente. El valor de la intensidad de corriente que atraviesa un circuito es determinante para calcular la sección de los elementos conductores del mismo.

- La intensidad de corriente (I) en una sección dada de un conductor (s) se define como la carga eléctrica (Q) que atraviesa la sección en una unidad de tiempo (t):

$$I = \frac{dQ}{dt} \text{ . Si la intensidad de corriente es constante, entonces } I = \frac{Q}{t}$$

- La densidad de corriente (j) es la intensidad de corriente que atraviesa una sección por unidad de superficie de la sección (S).

$$j = \frac{I}{S}$$

Corriente continua

Se denomina corriente continua (CC en español, en inglés DC, de Direct Current) al flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo. La corriente eléctrica a través de un material se establece entre dos puntos de distinto potencial. Cuando hay corriente continua, los terminales de mayor y menor potencial no se intercambian entre sí. Es errónea la identificación de la corriente continua con la corriente constante (ninguna lo es, ni siquiera la suministrada por una batería). Es continua toda corriente cuyo sentido de circulación es siempre el mismo, independientemente de su valor absoluto.

Su descubrimiento se remonta a la invención de la primera pila voltaica por parte del conde y científico italiano Alessandro Volta. No fue hasta los trabajos de Edison sobre la generación de electricidad, en las postrimerías del siglo XIX, cuando la corriente continua comenzó a emplearse para la transmisión de la energía eléctrica. Ya en el siglo XX este uso decayó en favor de la corriente alterna, que presenta

menores pérdidas en la transmisión a largas distancias, si bien se conserva en la conexión de redes eléctricas de diferentes frecuencias y en la transmisión a través de cables submarinos.

Desde 2008 se está extendiendo el uso de generadores de corriente continua a partir de células fotoeléctricas que permiten aprovechar la energía solar.

Corriente alterna

Se denomina corriente alterna (simbolizada CA en español y AC en inglés, de **Alternating Current**) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal. En el uso coloquial, "corriente alterna" se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas.

La razón del amplio uso de la corriente alterna, que minimiza los problemas de transmisión de potencia, viene determinada por su facilidad de transformación, cualidad de la que carece la corriente continua. La energía eléctrica transmitida viene dada por el producto de la tensión, la intensidad y el tiempo. Dado que la sección de los conductores de las líneas de transporte de energía eléctrica depende de la intensidad, se puede, mediante un transformador, modificar el voltaje hasta altos valores (alta tensión), disminuyendo en igual proporción la intensidad de corriente. Esto permite que los conductores sean de menor sección y, por tanto, de menor costo; además, minimiza las pérdidas por efecto Joule, que dependen del cuadrado de la intensidad. Una vez en el punto de consumo o en sus cercanías, el voltaje puede ser de nuevo reducido para permitir su uso industrial o doméstico de forma cómoda y segura.

Las frecuencias empleadas en las redes de distribución son 50 y 60 Hz. El valor depende del país.

Corriente trifásica

Se denomina corriente trifásica al conjunto de tres corrientes alternas de igual frecuencia, amplitud y valor eficaz que presentan una diferencia de fase entre ellas de 120° , y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

La generación trifásica de energía eléctrica es más común que la monofásica y proporciona un uso más eficiente de los conductores. La utilización de electricidad en forma trifásica es mayoritaria para transportar y distribuir energía eléctrica y para su utilización industrial, incluyendo el accionamiento de motores. Las corrientes trifásicas se generan mediante alternadores dotados de tres bobinas o grupos de bobinas, arrolladas en un sistema de tres electroimanes equidistantes angularmente entre sí.

Los conductores de los tres electroimanes pueden conectarse en estrella o en triángulo. En la disposición en estrella cada bobina se conecta a una fase en un extremo y a un conductor común en el otro, denominado **neutro**. Si el sistema está equilibrado, la suma de las corrientes de línea es nula, con lo que el transporte puede ser efectuado usando solamente tres cables. En la disposición en triángulo o delta cada bobina se conecta entre dos hilos de fase, de forma que un extremo de cada bobina está conectado con otro extremo de otra bobina.

El sistema trifásico presenta una serie de ventajas, tales como la economía de sus líneas de transporte de energía (hilos más finos que en una línea monofásica equivalente) y de los transformadores utilizados, así como su elevado rendimiento de

los receptores, especialmente motores, a los que la línea trifásica alimenta con potencia constante y no pulsada, como en el caso de la línea monofásica.

Corriente monofásica

Se denomina corriente monofásica a la que se obtiene de tomar una fase de la corriente trifásica y un cable neutro. Desde el centro de transformación más cercano hasta las viviendas se disponen cuatro hilos: un neutro (N) y tres fases (R, S y T). Si la tensión entre dos fases cualesquiera (tensión de línea) es de 380 voltios, entre una fase y el neutro es de 220 voltios. En cada vivienda entra el neutro y una de las fases, conectándose varias viviendas a cada una de las fases y al neutro; esto se llama corriente monofásica. Si en una vivienda hay instalados aparatos de potencia eléctrica alta (aire acondicionado, motores, etcétera., o si es un taller o una empresa industrial) habitualmente se les suministra directamente corriente trifásica que ofrece una tensión de 380 voltios.

Energía Eléctrica

Se denomina **energía eléctrica** a la forma de energía la cual resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos, cuando se les coloca en contacto por medio de un conductor eléctrico, Para obtener trabajo. Su uso es una de las bases de la tecnología utilizada por el ser humano en la actualidad.

La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

La energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica, es decir, como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable

conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos.

Generación de energía eléctrica

Generación masiva



Gráfico 29: Alternador de fábrica textil (Museo de la Ciencia y de la Técnica de Cataluña, Tarrasa).

Fuente: <http://www.escolar.com/avanzado/geografia008.htm>

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 electricidad a todos los lugares habitados del mundo, por lo que, junto a la construcción de grandes y variadas centrales eléctricas, se han construido sofisticadas redes de transporte y sistemas de distribución.

La generación, en términos generales, consiste en transformar alguna clase de energía no eléctrica, sea esta 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.

Las centrales generadoras se pueden clasificar en termoeléctricas (de combustibles fósiles, biomasa, nucleares o solares), hidroeléctricas, eólicas, solares fotovoltaicas o mareomotrices. La mayor parte de la energía eléctrica generada a nivel mundial proviene de los tres primeros tipos de centrales reseñados: termoeléctricas, hidroeléctricas y eólicas. 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.

Centrales termoeléctricas



Gráfico 30: Turbina de una central termoeléctrica.

Fuente:http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/energia_electrica.htm

Una central termoeléctrica o central térmica es una instalación empleada para la generación de energía eléctrica a partir de calor. Este calor puede obtenerse tanto de combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón) como de la fisión nuclear del

uranio u otro combustible nuclear. Las centrales que en el futuro utilicen la fusión también serán centrales termoeléctricas.

En su forma más clásica, las centrales termoeléctricas consisten en una caldera en la que se quema el combustible para generar calor que se transfiere a unos tubos por donde circula agua, la cual se evapora. El vapor obtenido, a alta presión y temperatura, se expande a continuación en una turbina de vapor, cuyo movimiento impulsa un alternador que genera la electricidad.

En las centrales termoeléctricas denominadas de ciclo combinado se usan los gases de la combustión del gas natural para mover una turbina de gas. Como, tras pasar por la turbina, esos gases todavía se encuentran a alta temperatura, se reutilizan para generar vapor que mueve una turbina de vapor. Cada una de estas turbinas impulsa un alternador, como en una central termoeléctrica común.



Gráfico 31: Planta nuclear en Cattenom, Francia.

Fuente:http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/energia_electrica.htm

Las centrales térmicas que usan combustibles fósiles liberan a la atmósfera dióxido de carbono (CO₂), considerado el principal gas responsable del calentamiento global. También, dependiendo del combustible utilizado, pueden emitir otros contaminantes como óxidos de azufre (II, IV y VI), óxidos de nitrógeno, partículas sólidas (polvo) y cantidades variables de residuos sólidos.



Gráfico 32: La central termosolar PS10 de 11MW funcionando en Sevilla, España.

Fuente:http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/energia_electrica.htm

Central Térmica Solar o central termosolar es una instalación industrial en la que, a partir del calentamiento de un fluido mediante radiación solar y su uso en un ciclo termodinámico convencional, se produce la potencia necesaria para mover un alternador para generación de energía eléctrica como en una central térmica clásica.

Las centrales mareomotrices utilizan el flujo y reflujo de las mareas. En general, pueden ser útiles en zonas costeras donde la amplitud de la marea sea amplia y las condiciones morfológicas de la costa permitan la construcción de una presa que corte la entrada y salida de la marea en una bahía.

Centrales eólicas: La energía eólica se obtiene del viento, es decir, de la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire o de las vibraciones que dicho viento produce. Los molinos de viento se han usado desde hace muchos siglos para moler el grano, bombear agua u otras tareas que requieren energía. En la actualidad se usan aerogeneradores para generar electricidad, especialmente en áreas expuestas a vientos frecuentes, como zonas costeras, alturas montañosas o islas.

Centrales fotovoltaicas: Se denomina energía solar fotovoltaica a la obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos. Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial entre sus extremos

Centrales hidroeléctricas: La función de una central hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica.

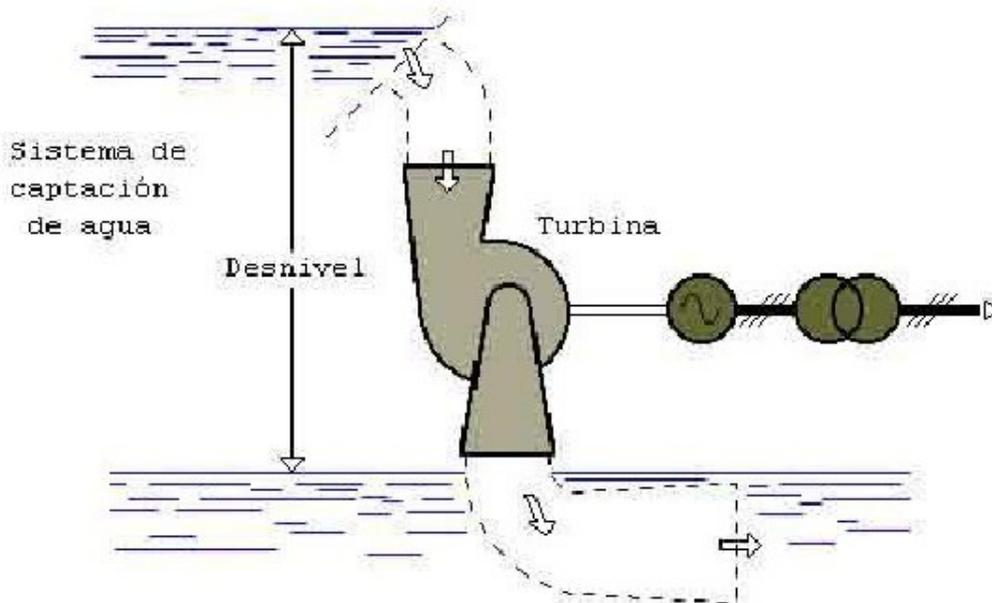


Gráfico 33: Esquema General de una Central Hidroeléctrica

Fuente: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/esqh1.jpg>

Un sistema de captación de agua provoca un desnivel que origina una cierta energía potencial acumulada. El paso del agua por la turbina desarrolla en la misma un movimiento giratorio que acciona el alternador y produce la corriente eléctrica.

Las ventajas de las centrales hidroeléctricas:

- a. No requieren combustible, sino que usan una forma renovable de energía, constantemente repuesta por la naturaleza de manera gratuita.
- b. Es limpia, pues no contamina ni el aire ni el agua.
- c. A menudo puede combinarse con otros beneficios, como riego, protección contra las inundaciones, suministro de agua, caminos, navegación y aún ornamentación del terreno y turismo.
- d. Los costos de mantenimiento y explotación son bajos.
- e. Las obras de ingeniería necesarias para aprovechar la energía hidráulica tienen una duración considerable.

Desventajas:

- a. Los costos de capital por kilovatio instalado son con frecuencia muy altos.
- b. El emplazamiento, determinado por características naturales, puede estar lejos del centro o centros de consumo y exigir la construcción de un sistema de transmisión de electricidad, lo que significa un aumento de la inversión y en los costos de mantenimiento y pérdida de energía.
- c. La construcción lleva, por lo común, largo tiempo en comparación con la de las centrales termoeléctricas.

Tipo de Centrales Hidroeléctricas

- Central Hidroeléctrica de Pasada

Una central de pasada es aquella en que no existe una acumulación apreciable de agua "corriente arriba" de las turbinas. En una central de este tipo las turbinas deben aceptar el caudal disponible del río "como viene", con sus variaciones de estación en estación, o si ello es imposible el agua sobrante se pierde por rebosamiento. En ocasiones un embalse relativamente pequeño bastará para impedir esa pérdida por rebosamiento.

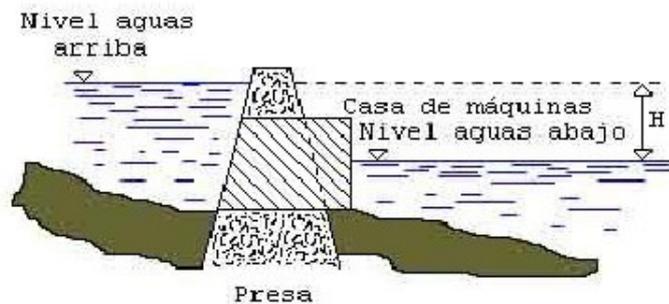


Gráfico 34: Esquema General de una Central Hidroeléctrica Pasada

Fuente: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/esqh3.jpg>

- Central Hidroeléctrica con Embalse de Reserva

En este tipo de proyecto se embalsa un volumen considerable de líquido "aguas arriba" de las turbinas mediante la construcción de una o más presas que forman lagos artificiales. El embalse permite graduar la cantidad de agua que pasa por las turbinas. Del volumen embalsado depende la cantidad que puede hacerse pasar por las turbinas.

Con embalse de reserva puede producirse energía eléctrica durante todo el año aunque el río se seque por completo durante algunos meses, cosa que sería imposible en un proyecto de pasada.

Fuente: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo3.html>

Generación a Pequeña Escala

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de energía eléctrica a través de un motor de combustión interna. Normalmente se utiliza cuando hay déficit en la generación de energía de algún lugar, o cuando hay un corte en el suministro eléctrico y es necesario mantener la actividad. Una de sus utilidades más comunes es en aquellos lugares donde no hay suministro a través de la red eléctrica, generalmente son zonas agrícolas con pocas infraestructuras o viviendas aisladas.

Pila voltaica

Se denomina ordinariamente pila eléctrica a un dispositivo que genera energía eléctrica mediante un proceso químico transitorio, tras el cual cesa su actividad y han de renovarse sus elementos constituyentes, puesto que sus características resultan alteradas durante su funcionamiento.

El funcionamiento de una pila se basa en el potencial de contacto entre dos sustancias, mediado por un electrolito. Cuando se necesita una corriente mayor que la que puede suministrar un elemento único, siendo su tensión en cambio la adecuada, se pueden añadir otros elementos en la conexión llamada en paralelo. La capacidad total de una pila se mide en amperios-hora ($A \cdot h$); es el número máximo de amperios que el elemento puede suministrar en una hora.

Pilas de combustible

Una celda, célula o pila de combustible es un dispositivo electroquímico de generación de electricidad similar a una batería, que se diferencia de esta en estar diseñada para permitir el reabastecimiento continuo de los reactivos consumidos. Esto permite producir electricidad a partir de una fuente externa de combustible y de oxígeno, en contraposición a la capacidad limitada de almacenamiento de energía de

una batería. Además, la composición química de los electrodos de una batería cambia según el estado de carga, mientras que en una celda de combustible los electrodos funcionan por la acción de catalizadores, por lo que son mucho más estables.



Gráfico 35: Pila de hidrógeno. La celda en sí es la estructura cúbica del centro de la imagen.

Fuente:http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/energia_electrica.htm

Suministro eléctrico

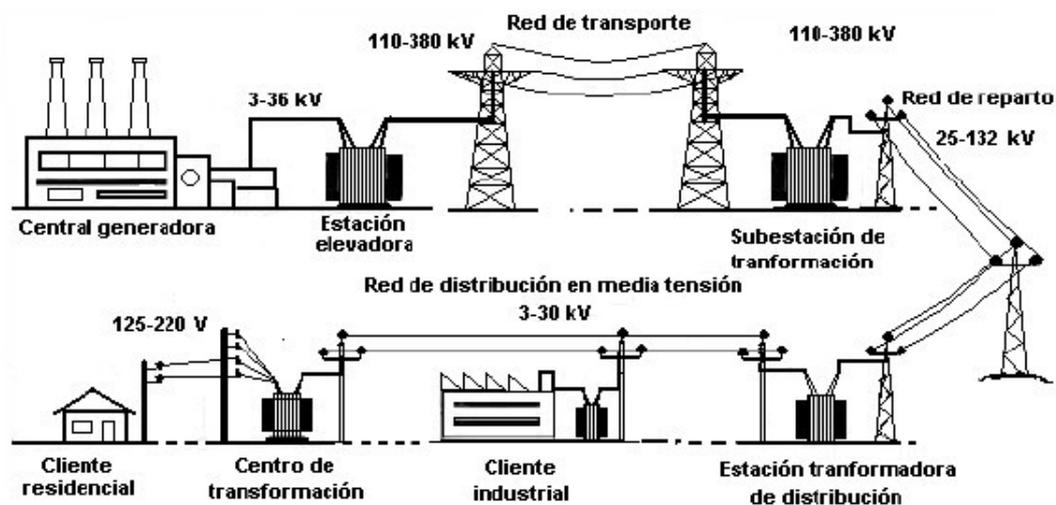


Gráfico 36: Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico

Fuente:http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/energia_electrica.htm

Se denomina suministro eléctrico al conjunto de etapas que son necesarias para que la energía eléctrica llegue al consumidor final. Como la energía eléctrica es difícil de almacenar, este sistema tiene la particularidad de generar y distribuir la energía conforme ésta es consumida. Por otra parte, debido a la importancia de la energía eléctrica, el suministro es vital para el desarrollo de los países y de interés para los gobiernos nacionales, por lo que estos cuentan con instituciones especializadas en el seguimiento de las tres etapas fundamentales: generación, transmisión y distribución.

Transporte de energía eléctrica

La red de transporte es la parte del sistema constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía generada en las centrales eléctricas. Para ello, los volúmenes de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de tensión. Esto se hace considerando que para un determinado nivel de potencia a transmitir, al elevar el voltaje se reduce la intensidad de corriente eléctrica que circulará, reduciéndose las pérdidas por efecto Joule. Con este fin se emplean subestaciones elevadoras con equipos eléctricos denominados transformadores

Parte fundamental de la red son las líneas de transporte. Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es el medio físico mediante el que se realiza la transmisión de la energía a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las torres de alta tensión. Los cables de alta tensión están sujetos a tracciones causadas por la combinación de agentes como el viento, la temperatura del conductor, la temperatura del aire, etcétera. El voltaje y la capacidad de la línea de transmisión afectan el tamaño de estas estructuras principales.

El impacto ambiental potencial de las líneas de transmisión incluye la red de transporte, el derecho de vía, las playas de distribución, las subestaciones y los caminos de acceso o mantenimiento. Las estructuras principales de la línea de transmisión son la línea misma, los conductores, las torres y los soportes. Los impactos ambientales negativos de las líneas de transmisión son causados por la construcción, operación y mantenimiento de las mismas. Al colocar líneas a baja altura o ubicarlas próximas a áreas con actividades humanas como carreteras o edificios se incrementa el riesgo de electrocución. Normalmente, las normas técnicas reducen este peligro.

Distribución de energía eléctrica

La red de distribución es un componente del sistema de suministro, siendo responsabilidad de las compañías distribuidoras. La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la red de transporte se realiza en dos etapas.

La primera está constituida por la red de reparto, que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 kV. Intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión.

La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 kV y con una disposición en red radial. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etcétera.), uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de

transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (125/220 o 220/380).

Las líneas que forman la red de distribución se operan de forma radial, sin que formen mallas. Cuando existe una avería, un dispositivo de protección situado al principio de cada red lo detecta y abre el interruptor que alimenta esta red. La localización de averías se hace por el método de "prueba y error", dividiendo la red que tiene la avería en mitades y suministrando energía a una de ellas; a medida que se acota la zona con avería, se devuelve el suministro al resto de la red. Esto ocasiona que en el transcurso de la localización se puedan producir varias interrupciones a un mismo usuario de la red.

Consumo de energía eléctrica

Consumo de energía eléctrica y vida moderna son prácticamente sinónimos en el mundo industrializado. Las comunicaciones, el transporte, el abastecimiento de alimentos, y la mayor parte de los agrados y servicios de los hogares, oficinas y fábricas dependen de un suministro fiable de energía eléctrica.

A medida que más países se industrializan se consumen cantidades de energía cada vez mayores. El consumo mundial de energía se ha multiplicado por 25 desde el siglo pasado. El promedio del consumo de electricidad per cápita es alrededor de diez veces mayor en los países industrializados que en el mundo en desarrollo.

Fuente:http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/energia_electrica.htm

Variables que mayor impacto tienen en el consumo:

Clima. Esta variable es definitivamente la más importante en el consumo de energía debido a que los usuarios deben o no contar con equipamiento para el acondicionamiento del espacio.

En Ecuador, su gran variedad a lo largo y ancho del territorio nacional va desde los climas cálidos húmedos de las costas hasta los cálidos secos en algunas ciudades del país. La importancia de esta variable radica en el hecho de que los usuarios, particularmente, pueden llegar a consumir hasta 10 o más veces energía en el verano, comparándolo con su consumo en invierno.

Época del año. Se acostumbra hablar de época de verano como aquella con un mayor periodo de calor en los meses de julio y agosto.

Nivel de ingresos. Existe una gran variedad de niveles de ingresos, los cuales definen el tipo y nivel de equipamiento de los usuarios.

Forma de uso de los equipos o hábitos. Cuando se simula el comportamiento térmico de una casa, se debe definir con mucho detalle el régimen de operación del equipo, en función del tamaño de la familia y de la ocupación de la casa; es decir, el horario de presencia/ausencia de los ocupantes.

Por otro lado, es importante considerar qué se entiende por confort, debido a que éste varía mucho de persona a persona; se considera confort, por ejemplo, cuando la temperatura al interior de la vivienda no excede los 25°C y para ello se usa aire acondicionado.

Fuente: <http://www.iie.org.mx/medioamb99/apli.pdf>

Parámetros a controlar en la Energía Eléctrica

Factor de potencia en un sistema eléctrico, uno de los factores a controlar es el factor de potencia. Este factor resulta de la comparación de la potencia aparente (KVA) con la potencia real (KW).

- **Demanda (KW)**Otro parámetro importante a controlar es el pico de demanda máxima de potencia. Esta medición se hace continuamente por parte de la compañía suministradora y se registra el valor más alto de la demanda de todo el mes. En base a este valor máximo se calcula la facturación.
- **Energía (KWh)**El método de control de energía más usado consiste en encender y apagar cargas por medio de un temporizador. La complejidad y flexibilidad del temporizador dependerá de su precio. Este "controlador" tendrá la tarea de eliminar el encendido y apagado manual de cargas, asegurando precisión.

Distintos métodos de medición de la energía eléctrica.

Energía: Los KWh se miden por integración de la demanda a lo largo del tiempo. Los medidores mecánicos llevan a cabo esta integración por medio de un sistema de relojería que va desplazando unos engranes con indicadores durante el periodo de consumo.

Los medidores electrónicos hacen el equivalente por medio de manejo de información. En este caso también es posible medir el consumo en diferentes periodos del día. En el caso de tarifas horarias, es importante acumular los pulsos de cada horario por separado. Este tipo de medidores son obligatorios en el caso de tarifa horaria.

Factor de potencia: El medidor de potencia reactiva es idéntico al de energía activa, sólo que está instalado para medir los KVARh.

Demanda: La medición de la demanda es la más sofisticada. Existen dos tipos de medidores:

- De aguja. Este es un medidor que obtiene el valor de la demanda máxima por medio de dos agujas en una carátula: la aguja de "arrastre", que requiere ser inicializada a cero manualmente y que es empujada por la aguja de medición. La aguja de medición es medida por medio de un elemento que cuenta con cierta inercia sobre el cual operan la multiplicación instantánea de voltaje y corriente. Este medidor está hecho para tener un tiempo de respuesta aproximado de 10 a 15 minutos.
- De pulsos. Este es el método más preciso y se utiliza tanto en medidores mecánicos, como electrónicos. A estos medidores se les conecta un registrador que permite indicar la hora a la que ocurrió el consumo. Este medidor es obligatorio para tarifas horarias.

Fuente:<http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/instalacelectricas/14.htm>

Generalmente son tres los conceptos que se consideran para formular las facturas de consumo de energía eléctrica: la demanda máxima, la energía consumida y el factor de potencia.

Los cargos por concepto de la demanda se basan en los costos de generación de la energía eléctrica, de la transmisión y de la distribución de la misma, tomando en cuenta los medios disponibles para tal efecto. En el caso de los cargos por concepto

de energía, se comprenden los gastos de combustible, mantenimiento y otros gastos relacionados con la operación.

Cargos por Demanda Máxima

Entre mayor sea la demanda de energía en un momento dado por un período de 15 minutos, más alto será también el cargo por demanda. Entre más uniformemente se pueda repartir el consumo de energía eléctrica en una planta, más bajo será el cargo por demanda.

Cargos por Energía Consumida. Los costos de operación de la parte de la factura de consumo de energía eléctrica se basan en el número de kWh registrados en el término de cierto período. Para establecer comparaciones, tómesese en consideración este período de facturación. El número de días de trabajo y el número de días cubiertos tendrán diferencias.

Cargos por Bajo Factor de Potencia Debido a que la compañía suministradora tendrá que transmitir una corriente mayor a un sistema con bajo factor de potencia, que si hacia otro cuyo factor de potencia sea más alto, se ha introducido una cláusula al respecto para llevar a cabo la facturación. Esta cláusula ofrece una reducción en las cuotas de consumo para cargas con factor de potencia alto, o impone una multa si el factor de potencia es bajo.

Fuente:<http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/instalacelectricas/14.htm>

Tarifas Eléctricas en el Ecuador

EMPRESAS ELÉCTRICAS DEL PAÍS
CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS
Empresa EléctricaUnidad Eléctrica
Quito S.A.de Guayaquil

A excepción de:

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)(USD/consumidor)	COMERCIALIZACIÓN
CATEGORÍA	RESIDENCIAL		
NIVEL TENSIÓN	BAJA Y MEDIA TENSIÓN		
0-50	0,0811,414		
51-100	0,0831,414		
101-150	0,0851,414		
151-200	0,0871,414		
201-250	0,0891,414		
251-300	0,0911,414		
301-350	0,0931,414		
351-400	0,0951,414		
Superior	0,0951,414		
	RESIDENCIAL TEMPORAL		
	0,1001,414		

Tabla 3: Cargos Categoría Residencial

Fuente: <http://www.conelec.gov.ec/images/documentos/Cargos 2010.xls>

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)
CATEGORÍA	GENERAL		
NIVEL TENSIÓN	GENERAL BAJA TENSIÓN		
	BAJA TENSIÓN SIN DEMANDA		
	COMERCIAL, ENTIDADES OFICIALES		
	0,0721,414		
0-300 Superior	0,0831,414		
	INDUSTRIAL ARTESANAL		
0-300 Superior	0,0631,414		
	0,0791,414		
	ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO		
	0,0241,414		
0 - 100	0,0261,414		
101-200	0,0281,414		
201-300	0,0531,414		
Superior			

0 - 100 101-200 201-300 Superior	CULTOS RELIGIOSOS		
	0,0241,414		
	0,0261,414		
	0,0281,414		
	BAJA TENSIÓN CON DEMANDA COMERCIALES, PEQUEÑOS INDUSTRIALES, E. OFICIALES, BOMBEO AGUA		
	ESC. DEPORTIVOS, AUTOCONSUMOS Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,7900,0701,414		
	BAJA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA		
	4,7901,414		
	0,070		
	0,056		
Tabla 4: Cargos Categoría General Baja Tensión			
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00			

Fuente: <http://www.conelec.gov.ec/images/documentos/Cargos 2010.xls>

	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/consumidor)
RANGO DE NIVEL TENSIÓN	GENERAL BAJA Y MEDIA TENSIÓN		
	BOMBEO DE AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS		
	BOMBEO DE AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS SIN FINES DE LUCRO		
	0,0400,700		
0-300 Superior	0,0400,700		
	CULTOS RELIGIOSOS		
	3,0000,0551,414		
	ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA		
	3,0000,0551,414		
	ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA		
	3,0001,414		
	0,055		
	0,044		
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00			

NIVEL TENSIÓN	GENERAL MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA		
	COMERCIALES, PEQUEÑOS INDUSTRIALES, E. OFICIALES, BOMBEO AGUA ESC. DEPORTIVOS, PERIODICOS Y ABONADOS ESPECIALES 4,7900,0611,414		
NIVEL TENSIÓN MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA	COMERCIALES, ENTIDADES OFICIALES, BOMBEO AGUA ESC. DEPORTIVOS, PERIODICOS Y ABONADOS ESPECIALES 4,5761,414		
07h00 hasta 22h00,061 22h00 hasta 07h00,049			
NIVEL TENSIÓN MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA INDUSTRIALES	4,5761,414		
L-V 08h00 hasta 18h00,061 L-V 18h00 hasta 22h00,075 L-V 22h00 hasta 08h00*0,044 S,D,F 18h00 hasta 22h00,061 Tabla 5: Cargos	Categoría General, Media Tensión		

Fuente: <http://www.conelec.gov.ec/images/documentos/Cargos 2010.xls>

	DEMANDA	ENERGÍA	COMERCIALIZACIÓN
RANGO DE (USD/kW)(USD/kWh)(USD/consumidor)			
NIVEL TENSIÓN ALTA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA	COMERCIALES, ENTIDADES OFICIALES, BOMBEO AGUA ESC. DEPORTIVOS, PERIODICOS Y ABONADOS ESPECIALES 4,4001,414		
07h00 hasta 22h00,055 22h00 hasta 07h00,049			
NIVEL TENSIÓN ALTA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA INDUSTRIALES	4,4001,414		
L-V 08h00 hasta 18h00,055 L-V 18h00 hasta 22h00,068 L-V 22h00 hasta 08h00*0,044 S,D,F 18h00 hasta 22h00,055 CATEGORÍA ALUMBRADO PÚBLICO 2,9400,105 Tabla 6: Cargos	Categoría General, Alta Tensión		

Fuente: <http://www.conelec.gov.ec/images/documentos/Cargos 2010.xls>

Resolución vigente No. 007/10, 18 de febrero de 2010

Fuente:<http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/instalacelectricas/14.htm>

2.4. Hipótesis

La implementación de un sistema fotovoltaico en el edificio administrativo del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional, permitirá reducir el consumo de energía eléctrica convencional

2.4.1. Señalamiento de Variables de la Hipótesis

2.4.1.1. Variable independiente: Sistema Fotovoltaico en el Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional.

2.4.1.2. Variable dependiente: Reducir el consumo de Energía Eléctrica convencional

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Enfoque

Este proyecto se enfoco en el paradigma cuali-cuantitativo, Cualitativo porque fue necesario conocer el problema, analizarlo, investigar sobre el tema y luego tomar las

decisiones. Cuantitativo porque la investigación se basó en la información obtenida del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional

3.2. Modalidad Básica de la Investigación

Al desarrollar el siguiente proyecto se utilizó las siguientes modalidades de investigación:

3.2.1 Investigación de Campo

Al realizar una investigación de campo se pone en contacto directo con el fenómeno, hecho o lugar que es motivo de interés. Este fenómeno o hecho puede ser un sector geográfico o un grupo humano, de los cuales queremos recaudar información.

En el siguiente proyecto fue necesario obtener la información desde el lugar de los hechos para recaudar la mayor cantidad de datos reales de la edificación que permitió determinar la carga eléctrica y la demanda energética del mismo

3.2.2 Investigación Bibliográfica

Se caracteriza por utilizar material de información escrita, gráfica y audio visual que en síntesis es la bibliografía. Para realizar esta investigación se conoció las diferentes técnicas y estrategias que se emplean para localizar, identificar y acceder a la información que nosotros requerimos como: cuanta radiación solar recibe la ciudad de Ambato, equipos necesarios, entre otros.

El conocimiento se respaldó en fuentes bibliográficas como libros, revistas, internet y software sobre Energías alternativas, Energía Solar, Celdas fotovoltaicas que permitieron profundizar y comparar los mismos, para conceptualizarlos y obtener criterios diversos que ayuden a sustentar la hipótesis.

3.3 Nivel de la Investigación

Exploratorio

Se utilizo este tipo de investigación porque se necesito familiarizar con la infraestructura del edificio administrativo para registrar cuantos y que equipos eléctricos encontramos, para poder tener datos exactos de demanda y carga de las instalaciones.

Descriptivo

Porque la investigación paso a través de un proceso de descripción crítica y analítica sobre la falta de un sistema de energía alternativa, ya que en esta institución el abastecimiento de energía es a través de energía convencional.

Correlacional

Se busco este nivel en el momento de establecer las relaciones existentes entre dos variables sin que sean sometidas intencionalmente a manipulación.

Explicativo

La investigación se relaciono a explicar el método que se utilizo para realizar los cálculos necesarios del sistema fotovoltaico.

3.4. Población Y Muestra

Por considerar que el universo que fue investigado es pequeño, se trabajo con el conjunto de la población que se encuentra en el Secap sin que sea necesario sacar muestras respectivas.

3.5 . Operacionalización de las Variables

Variable independiente: Sistema Fotovoltaico

CONCEPTO	DIMENSIONES INDICADORES	ITEMS BASICOS	TECNICAS INSTRUMENTALES
----------	-------------------------	---------------	-------------------------

<p>Sistema Fotovoltaico.- es el conjunto de dispositivos cuya función es transformar la energía solar directamente en energía eléctrica</p>	Dispositivos	Placas fotovoltaicas	¿Cuál son los dispositivos adecuados?	Observación
		Acumuladores eléctricos		
		Reguladores de carga		
		Inversores.		
	Radiación Solar	Radiación Solar Horizontal	¿Cuáles son los valores para el lugar del proyecto?	Internet
		Coeficiente de corrección		Observación
		Ubicación	¿Qué ubicación Geográfica tiene el SECAP?	Internet
	Cobertura del Sistema	Edificio Administrativo	¿El sistema Fotovoltaico que zona debe alimentar?	Entrevista
		Talleres		
		Cancha		

Tabla 7: Operacionalización de las Variables Variable independiente

Realizado: Paulina Ayala

Variable Dependiente: Consumo de Energía Eléctrica

CONCEPTO	DIMENSIONES INDICADORES	ITEMS TÉCNICAS BÁSICAS INSTRUMENTALES	
<p>Consumo de energía eléctrica: Se refiere al consumo de electricidad registrado por todas las cargas y con independencia de la fuente de origen Incluye también el insumo en generación</p>		Horario	¿Cuál es la observación demanda total?
		Luminarias	¿Qué carga instalada se encuentra en el edificio?
		Distribución	¿Cuál es la distribución de las lámparas?

y las pérdidas.	Red eléctrica	Sistema	¿Cuál es el sistema actual que alimenta al Secap?	observación
-----------------	---------------	---------	---	-------------

Tabla 8: Operacionalización de las Variables Variable Dependiente

Realizado: Paulina Ayala

3.6 . Recolección de Información

Para la recolección de información bibliográfica se procedió a investigar principalmente en el internet donde se encontró la documentación de la tecnología necesaria para implementar los sistemas fotovoltaicos junto con libros especializados, además se recorrió diferentes universidades en busca de tesis con temas afines y para la recolección de datos técnicos para el desarrollo de este proyecto recurrimos a la observación.

3.7. Procesamiento y Análisis

Para procesar los datos técnicos obtenidos utilizamos un software de Análisis de Proyectos de Energía Limpia RETScreen que es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, desarrollada con la contribución de numerosos expertos del gobierno, industria, y académicos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los Resultados

4.1.1. Entrevista

Entrevista dirigida al Ing. Franklin Robalino

Cargo: Director del Secap Sede Ambato

1. ¿El sistema Fotovoltaico que zona debe alimentar?

- Edificio Administrativo (x)
- Talleres ()
- Canchas ()

Análisis:

El Ing. Franklin Robalino, director del CEFIA en la entrevista realizada respondió que desea que el sistema fotovoltaico alimente al edificio administrativo del Secap Sede Ambato porque en él se realiza el mayor número de actividades administrativas de la institución.

Conclusión:

En vista de esta respuesta el diseño del Sistema fotovoltaico se dirigirá para el edificio administrativo del Secap.

2. ¿El sistema que área debe proveer de energía eléctrica del lugar anteriormente seleccionado?

- Luminarias (x)

- Tomas eléctricas

Análisis:

Al realizar la pregunta al director del Secap nos responde que el sistema debe proveer de energía a las luminarias del edificio administrativo debido a que es una institución educativa donde principalmente se necesita iluminar las aulas y oficinas administrativas, ya que los talleres donde se necesita la energía especialmente en las tomas eléctricas se encuentran fuera de la edificación.

Conclusión:

Debido a la importancia de las actividades que realizan en el edificio administrativo diariamente se debe alimentar la parte de iluminación del edificio.

3. ¿Cuál es el horario donde se presenta más demanda de energía?

- De 7:00 a 18:00
- De 18:00 a 22:00
- De 22:00 a 7:00

Análisis:

La respuesta a la pregunta fue el horario de 18:00 a 22:00 porque en el día no necesitan estar encendidas las luminarias por la luz natural del sol, y además porque las actividades académicas de la institución son hasta las 22:00.

Conclusión:

El horario donde se presenta mayor consumo de energía es de 18:00 a 22:00

4.1.2. Situación Actual de la Institución

Análisis

Al realizar una visita al Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional se observó que tiene una instalación eléctrica convencional trifásica que provee la EEASA Empresa Eléctrica Ambato SA. La acometida es aérea desde un poste ubicado en la Av. Bolivariana terminando en un cuarto de equipo donde se realiza la transformación. Desde el cuarto de equipo las líneas de energía eléctrica se dirigen subterráneamente a la caja principal del edificio administrativo y desde ese punto se reparten hasta los demás pisos del mismo.

Además la institución tiene un generador a diesel.

Conclusión:

Actualmente el Secap tiene una red eléctrica convencional la misma que la provee la EEASA Empresa Eléctrica Ambato SA.

4.1.3 Demanda Total

Análisis:

Por medio de la técnica de observación se determinó que el edificio administrativo del SECAP consta de 6 pisos donde se encuentra el bar, la biblioteca junto al área administrativa de la institución, algunas aulas, audiovisuales, laboratorios de computación, el salón principal, entre otras, todas estas dependencias trabajan a 120V.

El área de iluminación consta de lámpara fluorescentes de doble tubo de 40 w cada uno con un rendimiento luminoso de 900 lumines y funcionando 3 horas promedio diarias.



Gráfico 37: Lámparas fluorescentes ubicadas en el SECAP Sede Ambato

Fuente: SECAP Sede Ambato

Las lámparas fluorescentes tienen la siguiente distribución en todo el edificio:

Piso 0						
Dependencia	Equipo	Cantidad	Wattios c/u(w)	Wattios Total(w)	Horas(h)	Energía Necesaria (Wh/día)
Bar	lámparas de dos tubos	7	40	280	3,5	980
Biblioteca	lámparas de dos tubos	10	40	400	3,5	1400
Inspección General	lámparas de dos tubos	4	40	160	3,5	560
Estadística	lámparas de dos tubos	4	40	160	3,5	560
Pasillo	lámparas de dos tubos	1	40	40	4	160
Total		26		1040	3,6	3660

Tabla9: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Primera planta

Realizado: Paulina Ayala

Piso 1						
Dependencia	Equipo	Cantidad	Wattios c/u(w)	Wattios Total(w)	Horas(h)	Energía Necesaria (Wh/día)
Secretaría de Dirección	lámparas de dos tubos	3	40	120	3,5	420
Dirección	lámparas de dos tubos	3	40	120	3,5	420
Grh	lámparas de dos tubos	2	40	80	3,5	280
Gestión Operativa	lámparas de dos tubos	2	40	80	3,5	280
Información Dual	lámparas de dos tubos	5	40	200	3,5	700
Visera	lámparas de dos tubos	2	40	80	3,5	320
Pasillo	lámparas de dos tubos	4	40	160	4	640
Total		18		740	3,6	3060

Tabla 10: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Primer Piso

Realizado: Paulina Ayala

Piso 2						
Dependencia	Equipo	Cantidad	Wattios c/u(w)	Wattios Total(w)	Horas(h)	Energía Necesaria (Wh/día)
Secretaría Institución	lámparas de dos tubos	240	803,5			280
Planificación	lámparas de dos tubos	540	2003,5			700
Curricular						
Rectorado Institución	lámparas de dos tubos	440	1603,5			560
Gestión financiera	lámparas de dos tubos	640	2403,5			840
Recaudación	lámparas de dos tubos	440	1603,5			560
Pasillo	lámparas de dos tubos	240	804			320
Total		2392	9203,5			3260

Tabla 11: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Segundo Piso

Realizado: Paulina Ayala

Piso 3						
Dependencia	Equipo	Cantidad	Wattios c/u(w)	Wattios Total(w)	Horas(h)	Energía Necesaria (Wh/día)
Aula 1	lámparas de dos tubos	40	200		3	600
Aula 2	lámparas de dos tubos	40	160		3	480
Aula 3	lámparas de dos tubos	40	160		3	480
Audiovisuales	lámparas de dos tubos	60	240		3	720
Baños	lámparas de dos tubos	40	160		3	480
Pasillo	lámparas de dos tubos	240	800		3	240
Total		251	1000		3	3000

Tabla 12: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Tercer Piso

Realizado: Paulina Ayala

Piso 4						
Dependencia	Equipo	Cantidad	Wattios c/u(w)	Wattios Total(w)	Horas(h)	Energía Necesaria (Wh/día)
Sala de computación	lámparas de dos tubos	940	360		3,5	1260
1						
Sala de computación	lámparas de dos tubos	1040	400		3,5	1400
2						
	lámparas de dos tubos	440	160	Baños	4	320
	lámparas de dos tubos	240	80	Pasillo	3,5	3460
Total		251	1000			

Tabla 13: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Cuarto Piso

Realizado: Paulina Ayala

Piso 5						
Dependencia	Equipo	Cantidad	Wattos c/u(w)	Wattos Total(w)	Horas(h)	Energía Necesaria (Wh/día)
Salón	lámparas de 60W	2			2	120
Pasillo	lámparas de 60W	2			2	120
Total					2	1780

Tabla 14: Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Quinto Piso

Realizado: Paulina Ayala

Piso	Cantidad	Wattos c/u	Necesaria	Energía Wattos Total (Wh/día)	Horas Promedio
0264010403,63660					
121408403,643060					
223409203,583260					
32540100033000					
4254010003,53460					
5174068021360					
Total	1374054803,2217800				

Tabla 15: Resumen del Consumo de las cargas en corriente alterna (AC) Total

Realizado: Paulina Ayala

Conclusión:

Mediante el analisis de los datos obtenidos se concluye:

Energía Necesaria (DC) $E(DC) = 0 \text{ Wh/día}$

Energía Necesaria (AC) $E(CA) = 17800 \text{ Wh/día}$

Carga Instalada $C_{Inst} = 5480W$

4.1.4. Ubicación Geográfica del Proyecto

Análisis:

Mediante el manejo del programa Google Earth Pro se determino la ubicación geográfica de la institución:



Grafico 38: Ubicación del SECAP

Fuente: Google Earth Pro

Ubicación geográfica:

Datos Geográficos		
	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos
Latitud	°S	1° 16' 6.67''
Longitud	°O	78° 36' 40.89''
Elevación	m	2663 m

Tabla 16: Ubicación Geográfica Del Proyecto

Realizado: Paulina Ayala

Conclusión:

El Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional se encuentra ubicado en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato en la Av. Bolivariana y el Cóndor.

4.1.5. Radiación Solar Horizontal

Para obtener los valores de la radiación solar horizontal se utilizó un software llamado retscreen internacional, para mayor información del programa dirigirse al anexo 4.

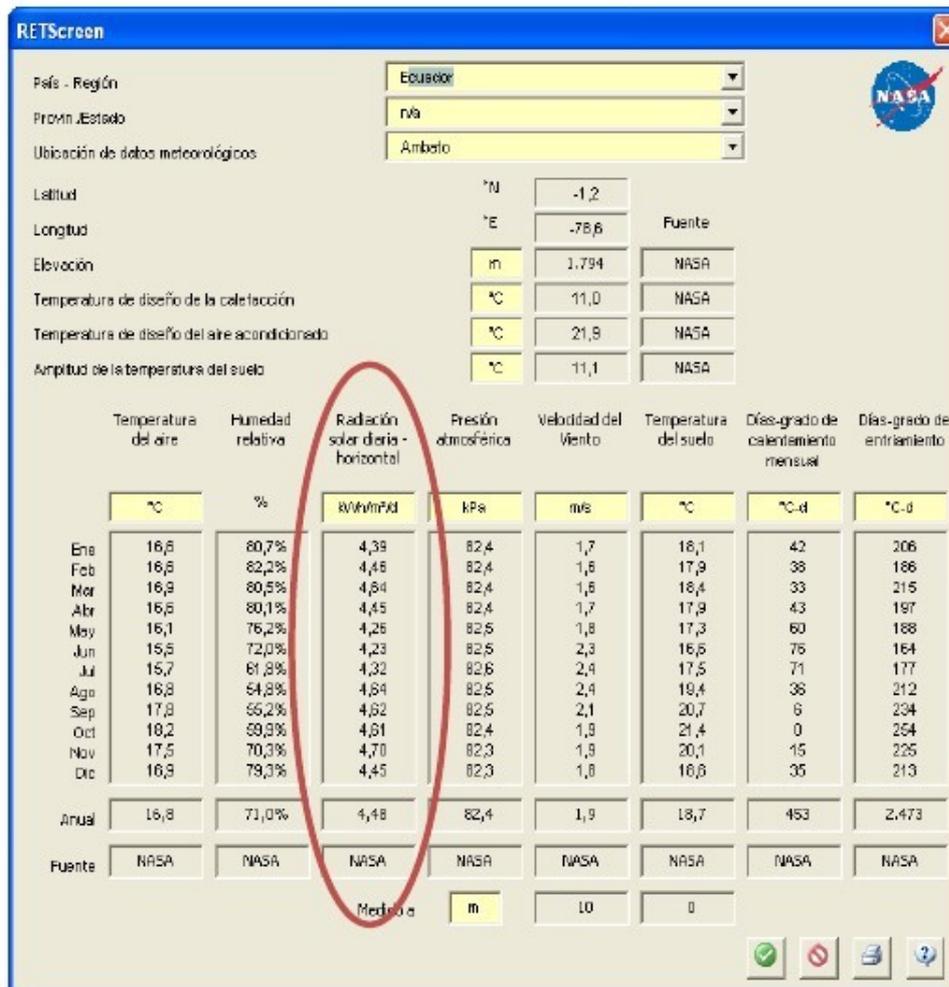


Gráfico 39: Condiciones de referencia del sitio

Fuente: <http://www.retscreen.net/>

Términos:

Temperatura del aire atmosférico

La temperatura es un índice indicativo del calentamiento o enfriamiento del aire que resulta del intercambio de calor entre la atmósfera y la tierra. La temperatura indica

en valores numéricos el nivel de energía interna que se encuentra en un lugar en ese momento.

Fuente:http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/le/cc_tempe.htm

La Humedad Relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.

Fuente: http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/10agua.html

Radiación diaria Horizontal: la radiación que incide sobre una superficie horizontal durante todo el día, debemos integrar (sumar) desde la hora de salida del sol t_{ss} a la hora de puesta t_{sp} la curva de radiación diaria. la llamamos **radiación diaria H_o**

Presión atmosférica: es la presión ejercida por el aire atmosférico en cualquier punto de la atmósfera.

Fuente:<http://www.atmosfera.cl/HTML/antiguo/TEMAS/INSTRUMENTACION/INSTR1.htm>

La velocidad del viento: Es la distancia que recorre el aire en movimiento por unidad de tiempo .Se expresa en m/s. o en km /h, y también en nudos .

Fuente:<http://www.practiciencia.com.ar/ctierrayesp/tierra/clima/element/viento.html>

Grados día de enfriamiento o calentamiento es un indicador del grado de rigurosidad climática de un sitio ya que relaciona la temperatura media con una cierta temperatura de confort para refrigeración o para calentamiento.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Grados_d%C3%ADa_de_enfriamiento

4.1.6. Irradiación Horizontal Extraterrestre

La radiación solar extraterrestre se define como la cantidad de energía recibida en la parte exterior de la atmósfera, por unidad de superficie.

En la tabla de Irradiación Horizontal Extraterrestre tomamos los valores de la columna de 1.2° debido a que la latitud geográfica del lugar donde se implementara el sistema fotovoltaico es 1.2°.

Latitud	0°	1.2°	2.5°	3.7°	5°	valor de referencia
Enero	10065	10191,25	10317,5	10443,75	10570	126,25
Febrero	10437	10510	10583	10656	10729	73
Marzo	10549	10552	10555	10558	10561	3
Abril	10215	10144,75	10074,5	10004,25	9934	-70,25
Mayo	9659	9537,25	9415,5	9293,75	9172	-121,75
Junio	9286	9141,5	8997	8852,5	8708	-144,5
Julio	9399	9264,25	9129,5	8994,75	8860	-134,75
Agosto	9878	9784,75	9691,5	9598,25	9505	-93,95
Septiembre	10316	10288	10260	10232	10204	-28
Octubre	10393	10437,25	10481,5	10525,75	10570	44,25
Noviembre	10128	10236,25	10344,5	10452,75	10561	108,25
Diciembre	9912	10050,5	10189	10327,5	10466	138,5

Tabla 17: Irradiación Horizontal Extraterrestre

Fuente: Instituto de Electrotecnia y Energía del Instituto Especializado de la Universidad De Sao Paulo, Brasil. (Anexos 2)

4.1.7. Coeficiente de corrección (Rb)

El cálculo de la radiación directa sobre superficies inclinadas se basa en la determinación de un factor geométrico de corrección que es Rb

La ubicación del país, en la zona ecuatorial permite que los rayos del sol lleguen perpendiculares a la tierra por lo que no es necesario colocar los paneles con algún ángulo de inclinación pero para mantener a los mismos limpios gracias a las

precipitaciones de agua, se colocara los paneles fotovoltaicos con un ángulo β de 15° .

El valor de valor β es necesario para calcular el coeficiente de corrección R_b de cada mes del año, de la misma manera los datos de la columna de 1.2° nos ayudara para calcular la radiación solar para nuestra ciudad.

$\Phi(^\circ)$	0°	1.2°	2.5°	3.7°	5°
$\beta(^\circ)$ Angulo de inclinación = 15°					
ENERO	0,81	0,8175	0,825	0,8325	0,84
FEBRERO	0,87	0,87625	0,8825	0,88875	0,895
MARZO	0,95	0,955	0,96	0,965	0,97
ABRIL	1,03	1,03625	1,0425	1,04875	1,045
MAYO	1,105	1,11125	1,1175	1,12375	1,13
JUNIO	1,135	1,1425	1,15	1,1575	1,165
JULIO	1,115	1,1225	1,13	1,1375	1,145
AGOSTO	1,06	1,06625	1,0725	1,07875	1,085
SEPTIEMBRE	0,98	0,985	0,99	0,995	1
OCTUBRE	0,895	0,90125	0,9075	0,91375	0,92
NOVIEMBRE	0,825	0,8325	0,84	0,8475	0,855
DICIEMBRE	0,795	0,8025	0,81	0,8175	0,825

Tabla 18: Tabla Coeficiente de corrección (R_b)

Fuente: Instituto de Electrotecnia y Energía del Instituto Especializado de la Universidad De Sao Paulo, Brasil. (Anexos 3)

4.1.8. Selección del Panel Fotovoltaico:

Análisis: Se dispone en el mercado de una gran oferta de módulos solares, provenientes de una infinidad de fabricantes, tales como BP Solar, Koncar, Sharp, Isofotón, Siliken, Solarex, entre otros. Se debe propender a que la elección del módulo sea hecha siguiendo una relación de costo-rendimiento.

Al realizar una investigación en el internet se realizo una pre selección de 3 paneles fotovoltaicos que son los siguientes:

- Isofotón, Panel 220w
- BP Solar 175w
- Solarex 12w

Para la selección del panel se pregunto a un especialista en la materia y nos informo que debido a la carga alta que se tiene se debería escoger el panel de más alta potencia pero por el tema de transporte y facilidades de importación se debe seleccionar el panel BP Solar 175w.

Conclusión: Por el análisis realizado se puede concluir que el mejor panel es el BP Solar 175w por facilidad de transporte e importación.

Recomendación: Se recomienda elegir el panel BP Solar 175w.

4.1.9. Selección del acumulador:

Análisis: Al preguntar al especialista sobre los acumuladores nos informo que la marca actualmente más utilizada para almacenamiento de energía en sistemas fotovoltaicos son las de marca Coopower por sus bajos precios y prestaciones.

Conclusiones: Las baterías más utilizadas en el Ecuador actualmente son las de marca Coopower.

Recomendación: Se recomienda seleccionar una batería para el sistema fotovoltaico una batería de marca Coopower.

4.1.10 Selección del Regulador de Carga:

Análisis: Con respecto a reguladores de carga el especialista nos informo que las marcas de reguladores que manejan grandes cantidades de amperaje son pocas, y entre ellas se destaca Xantrex por su disponibilidad en el mercado.

Conclusiones: Unade las marcas de reguladores de alto amperaje líder en el mercado es Xantrex

Recomendación: Para el controlar tanto las baterías como los paneles se recomienda elegir un regulador Xantrex.

4.1.11. Selección del inversor:

Análisis: Encontrar inversores con precios bajos y alta prestaciones en el internet fueron pocos, la empresa con los precios más competitivos y buenas características fueron los de la marca Sunway,

Conclusiones: Una de las marcas de inversores con bajos precios y altas prestaciones son los de la marca Sunway.

Recomendación: El sistema fotovoltaico debe tener un inversor de marca sunway.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a la investigación y el análisis realizado se presentan las siguientes conclusiones:

- La red eléctrica del instituto es una red convencional que está funcionando hasta la actualidad, la misma que no contribuye al cuidado del medio ambiente debido a que la energía eléctrica allí consumida es una energía no renovable.
- Para iluminar internamente el edificio administrativo se necesitan gran cantidad de lámparas fluorescentes, por tal razón la gran demanda de energía diaria que necesitan.
- La ubicación del país en la zona ecuatorial permite que los rayos lleguen perpendiculares a la superficie terrestre favoreciendo la radiación sobre los paneles fotovoltaicos.
- Actualmente el gobierno está dando mucha importancia a las energías renovables por lo que es necesario implementar estos sistemas en el mayor número de zonas.

5.2 Recomendaciones

- Es recomendable realizar un estudio para reemplazar las actuales lámparas fluorescentes por lámparas de leds por su bajo consumo de energía eléctrica y larga vida útil.
- El ahorro de energía es fundamental, se debería fomentar en la institución el ahorro de energía.

- Se recomienda implementar el diseño del sistema fotovoltaico que permita determinar los equipos necesarios para la instalación del sistema y alcanzar los objetivos propuestos

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos Informativos

Tema:

Diseño de un sistema fotovoltaico en el edificio administrativo del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional para reducir el consumo de energía eléctrica.

La siguiente propuesta se diseñó para el SECAP, Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional, siendo su principal beneficiario la misma institución porque las facturas mensuales de consumo eléctrico reducirán.

6.2 Antecedentes de la Propuesta

Actualmente las entidades del estado deben tener un sistema de energía alternativa por tal razón tienen abiertas las puertas para mejorar tecnológicamente, aceptando el asesoramiento de profesionales que les ayuden a cumplir el objetivo propuesto por el gobierno Ecuatoriano.

6.3 Justificación

Este proyecto abrirá la puerta a nuevas tecnologías no solo en el área fotovoltaica se puedan desarrollar permitiendo que los estudiantes abran sus mentes hacia los retos del mundo moderno.

El sistema fotovoltaico es una alternativa para reducir el consumo de energía eléctrica convencional porque es un sistema que no contamina, tiene un bajo mantenimiento y además las instalaciones del lugar lo permiten sin tener que realizar ninguna modificación.

Si se instala el sistema fotovoltaico en el Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional, se estará transformando paulatinamente en una institución educativa que lidere no solamente en el aspecto formativo sino que dé respuestas a la comunidad sobre la base de plantear alternativas acerca de las nuevas tecnologías que

pueden y deben ser implementadas en nuestro medio con el propósito de mejorar la vida y salud de los ambateños.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo General

Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico que permita reducir el consumo de energía eléctrica convencional.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la radiación global sobre la superficie inclinada en el país.
- Seleccionar el Panel solar, la Batería, el Controlador, el inversor adecuado para el sistema fotovoltaico.
- Calcular la longitud y sección de los cables para conectar los diferentes dispositivos del sistema

6.5 Fundamentación

6.5.1. Datos

Existen diversos procedimientos de cálculo para mantener una fiabilidad dada con el mínimo coste, pero requieren un elevado número de datos de radiación solar para su utilización, no disponibles en muchas localidades. El método consiste en calcular las dimensiones del sistema para que pueda funcionar en el mes en el que la demanda de energía es mayor respecto a la energía solar disponible (mes peor).

6.5.1.1. Latitud del Lugar. Con signo positivo en el hemisferio norte y negativo en el hemisferio sur.

Latitud	°S	1° 16' 6.67''
Longitud	°O	78° 36' 40.89''

6.5.1.2. Equipos de Consumo

Este estudio se realizo en el CAPITULO IV determinando que la energía consumida por el edificio diariamente y la carga total instalada son:

Energía Necesaria $E = 17800 \text{ Wh/día}$

Carga Instalada $C_{Inst}=5480W$

6.5.1.3. Días de Autonomía (N).

En nuestro proyecto se tomara un día debido a que el sistema está conectado a la red y además que en esta región la mayor parte del tiempo hay radiación solar.

Días de autonomía $n= 1 \text{ días}$

6.5.1.4. V_n , Tensión Nominal de la Instalación

Para este proyecto se escogió el voltaje nominal de: $V_n= 48 \text{ v}$

Se ha implementado este voltaje V_n porque la potencia total de consumo supera los 3 kW lo que implica reducir la corriente necesaria para alimentar el banco de baterías, incluyendo las pérdidas por efecto Joule en la conducción, además de los riesgos de daños materiales y pérdidas humanas en caso de fallas por cortocircuito del sistema.

6.5.1.5. Datos de Radiación Solar

Radiación Solar para la ciudad de Ambato

Sobre la base de los datos ingresados tanto del programa RetScreen y del Instituto de Electrotecnia y Energía del Instituto Especializado de la Universidad De Sao Paulo,

Brasil, obtenemos los datos de radiación para cada mes del año y un valor anual promedio, el que nos sirve para dimensionar de los equipos del sistema.

Mes	Radiación Solar Diaria - de Horizontal Corrección	Coefficiente Rb	Irradiación Horizontal Extraterrestre Bodm	Fracción Índice de Difusibilidad Claridad Media Ktm	radiación Difusa Kdm	Hd	Radiación Global de la Superficie Inclinada Ht(kWh/m²/d)
Enero	4,39	0,82	10,191	0,43	0,51	2,25	3,99
Febrero	4,46	0,88	10,51	0,42	0,52	2,32	4,18
Marzo	4,64	0,96	10,552	0,44	0,5	2,33	4,53
Abril	4,45	1,04	10,145	0,44	0,5	2,24	4,52
Mayo	4,26	1,11	9,537	0,45	0,5	2,11	4,48
Junio	4,23	1,14	9,142	0,46	0,48	2,02	4,52
Julio	4,32	1,12	9,264	0,47	0,47	2,04	4,58
Agosto	4,64	1,07	9,785	0,47	0,46	2,15	4,8
Setiembre	4,62	0,99	10,288	0,45	0,49	2,28	4,58
Octubre	4,61	0,9	10,437	0,44	0,5	2,31	4,36
Noviembre	4,7	0,83	10,236	0,46	0,48	2,26	4,27
Diciembre	4,45	0,8	10,466	0,43	0,52	2,31	4
Anual Promedio	4,48						52,8
							4,4

Tabla 19: Radiación Solar para la Ciudad de Ambato

Realizado: Paulina Ayala

Donde:

Índice De Claridad Para Media Mensual.

$$K_{tm} = \frac{H_o}{B_{odm}}$$

Fracción Difusa Media.

$$K_{dm} = 1 - 1.13K_{tm}$$

Irradiación Difusa

$$H_d = K_{dm} \times H_o$$

Radiación Global de la Superficie Inclinada

$$H_t = H_o \left[1 - \frac{R_b + H_d}{2} \right] + H_o \cdot r \cdot \left[\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right] \left[1 + \cos(\beta) \right]$$

Coeficiente de Reflexión del Suelo o Albedo ro

El albedo es la cantidad de energía solar que se refleja y se re-irradia (rebota), es lo que pasa cuando pones un espejo frente a una fuente de luz. El pavimento seco tiene un albedo promedio de 17% a 27%

Fuente: <http://es.wikilingue.com/pt/Albedo>

Fuente: http://www.eis.uva.es/energias-renovables/trabajos_06/PlatonArias.pdf

6.5.2. Dimensionamiento de los dispositivos del sistema

6.5.2. 1. Capacidad del Sistema

Energía Necesaria (DC)	$E(\text{DC}) = 0 \text{ Wh/día}$
Energía Necesaria (AC)	$E(\text{CA}) = 17800 \text{ Wh/día}$
Energía Necesaria	$E = 17800 \text{ Wh/día}$
Carga Instalada	$C_{\text{Inst}} = 5480 \text{ W}$
Voltaje nominal del Sistema	$V_n = 48 \text{ v}$
Degradación del sistema	$D = 10\%$
Reserva futura	$R_{\text{fut}} = 10\%$

Para determinar la Capacidad necesaria del sistema Cap se divide la energía necesaria por el voltaje nominal.

$$\text{Cap} = \frac{E}{V_n}$$
$$\text{Cap} = \frac{17800 \text{ Wh/día}}{48 \text{ v}}$$
$$\text{Cap} = 370.83 \text{ Ah/día}$$

La capacidad efectiva CapE:

$$\text{CapE} = \frac{\text{Cap}}{(1 - D)}$$
$$\text{CapE} = \frac{370.83 \text{ Ah/día}}{(1 - 10\%)}$$
$$\text{CapE} = 412.04 \text{ Ah/día}$$

Capacidad Total Cap T:

$$\text{Cap T} = \frac{\text{Cap E}}{(1 - R_{\text{fut}})}$$
$$\text{Cap T} = \frac{412.04 \text{ Ah}}{(1 - 10\%)}$$
$$\text{Cap T} = 457.82 \text{ Ah}$$

6.5.2.2. Banco de Baterías:

Días de autonomía n= 1 días

La Capacidad del Banco de baterías CapBat se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CapBat} = \frac{\text{Cap T} * n *}{\text{PDD}}$$
$$\text{CapBat} = \frac{457.82 \text{ Ah/día} * 1 \text{ día}}{0.6}$$
$$\text{CapBat} = 763.03 \text{ Ah}$$

Tomando en consideración la recomendación del CAPITULO IV de utilizar la batería Coopower y además porque la capacidad necesaria es 763.03Ah, se selecciono a la batería Coopower CPVD 770.

Los cálculos del número de baterías se realizaron con las características de la misma.

Batería Coopower de 770Ah modelo CPVD-770(OPzV)

Las baterías son de gel marca Coopower con un voltaje nominal de 2V.

La batería es fabricada con un separador de PVC-SiO₂ y coloidal o silicona espumada. Las pilas usan el gel de silicona para inmovilizar el electrolito dentro de la batería. La tecnología de gel de silicona probada mejora la vida útil y el de ciclo de batería y se caracteriza por su funcionamiento con variación de temperatura.

Características de Funcionamiento	
Voltaje Nominal	Vn Bat=2V
Número de célula	1
Vida de Diseño	20años
Profundidad de Descarga (0,2 a 0,8)	PDD =0.6
Eficiencia de Batería	90%
Temperatura de Operación	77°F (25°C)
Tarifa de 240 hora (6.59A, 1.85V)	AHBat=1024Ah
Tarifa de 48 hora (31.2A, 1.85V).	AHBat=960Ah
Tarifa de 10 hora (120A, 1.80V)	AHBat=770Ah
Tarifa de 3 hora (300A, 1.80V).	AHBat=576Ah
Tarifa de 1 hora (666A, 1.70V)	AHBat=427Ah

Tabla 20:Características y funcionamiento CPVD–770(OPzV)

Fuente: http://www.coopower.com/specification_en/cpvd/cpvd2V770Ah.pdf

Las dimensiones de la batería CPVD–770(OPzV) las tenemos a continuación:

Dimensiones y Peso CPVD–770(OPzV)	
Longitud (mm / pulgada)	225/8.86
Anchura (mm / pulgada)	206 / 8.11
Altura (mm / pulgada)	470/18.50
Altura Total (mm / pulgada)	496/19.53
Aprox. Peso (Kilogramo / libras)	65 / 143.0

Tabla 21:Dimensiones y Peso CPVD–770(OPzV)

Fuente: http://www.coopower.com/specification_en/cpvd/cpvd2V770Ah.pdf

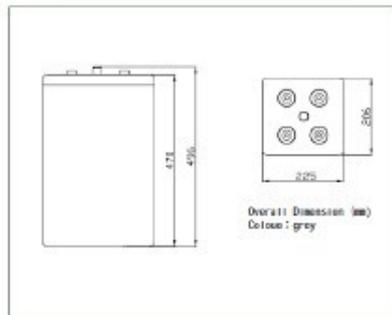


Gráfico 40: Dimensiones de CPVD-770(OPzV)

Fuente: http://www.coopower.com/specification_en/cpvd/cpvd2V770Ah.pdf

Dimensionamiento:

Con la capacidad del banco de baterías podemos calcular el número de baterías en serie Nbs y el número de baterías en paralelo Nbp

$$N_{bs} = \frac{Cap \text{ Bat}}{AH \text{ Bat}}$$

$$N_{bs} = \frac{763.03 \text{ Ah}}{770 \text{ Ah}}$$

$$N_{bs} = 0.99 \approx 1$$

$$N_{bp} = \frac{V_n}{V_n \text{ Bat}}$$

$$N_{bp} = \frac{48 \text{ v}}{2 \text{ v}}$$

$$N_{bp} = 24 \text{ baterías}$$

El número total de baterías NbT lo obtenemos mediante el producto de Nbs y Nbp

$$NbT = N_{bs} * N_{bp}$$

$$NbT = 1 * 24$$

$$NbT = 24 \text{ Baterías}$$

La capacidad total del banco de baterías CapBatT que obtenemos al instalar las 24 baterías son:

$$\text{CapBatT} = \text{Nbs} * \text{AHBat}$$

$$\text{CapBatT} = 1 * 770 \text{Ah}$$

$$\text{CapBatT} = 770 \text{ Ah}$$

Capacidad Total Efectiva del banco de baterías Cap BatTe se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Cap BatTe} = \frac{\text{Cap Bat T}}{\text{Eficiencia de la Bateria}}$$

$$\text{Cap BatTe} = \frac{457.82 \text{ Ah}}{0.9}$$

$$\text{Cap BatTe} = 508.69 \text{ Ah}$$

6.5.2.3. PANELES FOTOVOLTAICOS

En la tabla Radiación Solar para la Ciudad de Ambato, el mes con peor radiación global sobre la superficie inclinada es Enero con 3.99 kWh/m²/d,

A continuación se calcula para cada mes el cociente Im, Imes la corriente máxima al día que debe suministrar un campo de paneles para una instalación que trabaja a un voltaje Vn y que recibe una radiación media diaria Ht en el mes y con una inclinación de paneles β.

Mes	Inclinación Superficie Inclinada β(AC)	Radiación Global de la Superficie Inclinada Ht (kWh/m ² /d)	E TOTAL Wh/día	Im A
Enero	15	3,99	17800	93,041
Febrero	15	4,18	17800	88,656
Marzo	15	4,53	17800	81,901
Abril	15	4,52	17800	82,061
Mayo	15	4,48	17800	82,798
Junio	15	4,52	17800	81,983
Julio	15	4,58	17800	81,025

Agosto	15	4,80	17800	77,303
Setiembre	15	4,58	17800	81,012
Octubre	15	4,36	17800	85,049
Noviembre	15	4,27	17800	86,908
Diciembre	15	4,00	17800	92,662

Tabla 22:Im del Año

Realizado: Paulina Ayala

$$Im = \frac{E_{total} * 1KW/m^2}{Ht * Vn}$$

$$Im = \frac{17800W * 1KW/m^2}{3.99KW/m^2 * 48V}$$

$$Im = 93.04 A$$

La Im (mes peor) es la mayor y el cálculo de paneles se hace en función de los datos de ese mes.

Debido a las pérdidas, tanto en el regulador como en el acumulador, y a que los paneles pueden no trabajar en su punto de máxima potencia, la energía que deben proporcionar los mismos es algo mayor que la Im (mes peor) antes calculada:

$$Im(max) = 1.21 * Im \text{ (mes peor)}$$

$$Im(max) = 1.21 * 93.04A$$

$$Im(max) = 112.58 A$$

Para el sistema se selecciono el panel BP Solar 7175S debido a la recomendación del CAPITULO IV.

BP Solar 7175S

El panel es fabricado de silicio monocristalino, que garantiza gran potencia durante un período largo de tiempo. Además los diodos de bypass utilizan la tecnología IntegraBus™, lo cual limita la pérdida de energía en caso de sombra parcial sobre el módulo. Adecuado para aplicaciones que necesitan la máxima producción de energía

en un área limitada. El BP 7175S está diseñado para sistemas conectados a la red como tejados comerciales, sistemas residenciales y plantas fotovoltaicas.

Características eléctricas típicas BP 7175S	
Potencia nominal	175W
Tolerancia	-0/+2,5%
Eficiencia (Módulo)	13,90%
Voltaje nominal	Vn p=24V
Potencia mínima garantizada*	Pp(mim)=175W
Tensión de Pmax	Vp(max)=36,0V
Corriente en Pmax	Ip(max)=4,9A
Corriente de cortocircuito	Isc =5,3A
Tensión de circuito abierto ()	Voc =44,4V
Coefficiente de temperatura de	Isc =(0,065±0,015)%/K
Coefficiente de temperatura de Voc	-(160±10)mV/K
Coefficiente de temperatura de la Pmax	-(0,5±0,05)%/K

Tabla 23: Características eléctricas típicas BP 7175S

Fuente: soltec-solar.es/uploads/media/SOLTEC_Paneles_solares_02.pdf

Características Mecánicas	BP 7170 S / 7175 L
Dimensiones (mm) Tolerancia general 3mm)	1593 x 790 x 50 / 1580 x 783 x 18
Peso (kg)	15,4 / 12,4
Marco	Aleación de aluminio anodizado tipo 6063T6.Marco universal plateado
Células solares	72 células (125mm x 125mm) disposición en matriz 6 x 12 conectadas en serie.
Cables de salida <(BP 790S y BP 790L)	Conectores Multicontact con cable de doble aislamiento 3,3mm. Longitud 1250mm y 800mm.Longitud 1250mm y 800mm.
Diodos	Diodo de by-pass integrado en el circuito impreso.

Tabla 24: Características Mecánicas BP 7175S

Fuente: soltec-solar.es/uploads/media/SOLTEC_Paneles_solares_02.pdf

El número de paneles en serie Nps es el número entero inmediatamente superior al cociente entre la tensión nominal del sistema y la tensión de máxima potencia del panel.

$$Nps = \frac{Vn}{Vp(max)}$$

$$Nps = \frac{48 V}{36 V}$$

$$Nps = 1.33 \approx 2$$

Para calcular el número de paneles en paralelo Npp, se divide el valor obtenido de Im(max) entre la intensidad en el punto de máxima potencia del panel, y se toma el entero inmediatamente superior

$$Npp = \frac{Im(max)}{Ip(max)}$$

$$Npp = \frac{112.58 A}{4.9 A}$$

$$Npp = 22.98 \approx 23$$

Número de paneles totales

$$NpT = Npp * Nps$$

$$NpT = 23 * 2$$

$$NpT = 46$$

La potencia que obtenemos del arreglo Pps :

$$Pps = Pp(mim) * NpT$$

$$Pps = 175 W * 46$$

$$Pps = 8050 W$$

El Voltaje nominal del sistema es de 48 V por tanto para cubrir con la demanda de energía se colocara 2 series de 23 paneles cada una, en total 46 paneles.

6.5.2.4. CONTROLADOR DE CARGA

Debe preverse los aumentos de las intensidades y las tensiones suministradas por los paneles fotovoltaicos en condiciones medioambientales determinadas, multiplicando, por ello, los valores de los reguladores e inversores por 1,25

La Capacidad nominal del Controlador Cap C:

$$\text{Cap C} = \frac{N_p \cdot T \cdot I_{sc} \cdot 1.25}{N_{ps}}$$

$$\text{Cap C} = \frac{46 \text{ paneles} \cdot 5.3A \cdot 1.25}{2 \text{ paneles}}$$

$$\text{Cap C} = 152.38A$$

Acogiendo la recomendación del CAPITULO IV de seleccionar un regulador flexmax y con el cálculo de la capacidad que el regulador debe tener, se escogió el regulador FLEXMAX 80.

El FLEXmax80 es un seguidor del punto máximo de potencia (MPPT) de los controladores de OutbackPowerSystems que garantiza el máximo rendimiento del módulo solar a todas horas y bajo cualquier condición climática. El MPPT puede aumentar la ganancia de energía de su panel PV (el promedio del rendimiento es de entre un 10%-25% más).

El MPPT incluye una función de barrido que sondea la escala de voltaje del panel solar cada 2 horas para hallar el punto máximo de salida de energía.

Modelos	FLEXmax 80
Voltajes de Batería nominal	12, 24, 36, 48 o 60 VCC (en el mismo equipo - a seleccionar al poner en marcha el equipo).
Corriente máxima de salida	80 amperios @ 40°C con límite de corriente ajustable

Potencia máxima matriz FV	12VCC sistemas 1250W / 24 VCC sistemas 2500W / 48 VCC sistemas 5000W / 60 VCC sistemas 7500W
Consumo en espera	Menor a 1W
Eficiencia de conversión de potencia	97,5% @ 80 Amps en sistema de 48 VCC - típica
Regulación de carga	Cinco estados: carga máxima (bulk), absorción, flotación, silenciosa
Puntos de ajuste de regulación de voltaje	De 10 a 60 VCC, ajustable por el usuario con protección mediante contraseña
Salida auxiliar de control	Salida programable de 12VCC disponible para diferentes aplicaciones (max. 0,2A CC)
Pantalla de información	8cm (3,1") Pantalla LCD retro iluminada de 4 líneas y 80 caracteres
Energía eólica/hidráulica	Consultar fabricante para sistemas compatibles
Rango de temperatura	-40°C a +60°C (La potencia de salida se desclasifica a partir de 40°C)
Categoría ambiental	Para instalación en interior
Orificios de conexionado	Uno 35mm (1") posterior; Uno 35mm (1") izquierda; Dos 35mm (1") inferior
Garantía	5 años / Disponible 10 años
Peso equipo	5.56 Kg
Dimensiones	41.3x14x10 cm

Tabla 25: Características del Regulador FLEXmax 80

Fuente: http://www.bureaubaterias.com/bureau_marcas_outback_flexmax.html

En este proyecto utilizaremos 2 reguladores de carga marca OutbackPowerSystems, modelo FLEXmax 80, cuya corriente de salida es máximo 80 A y su eficiencia es del 97.5%.



Gráfico 41:FLEXmax80

Fuente: http://www.bureaubaterias.com/bureau_marcas_outback_flexmax.html

6.5.2.5. INVERSOR

Factor de demanda: 100%

Capacidad del inductor CapInv:

$$\text{CapInv} = \frac{C_{\text{Inst}} * 100\%}{\text{eficiencia del inductor}}$$

$$\text{CapInv} = \frac{5480 * 100\%}{80\%}$$

$$\text{CapInv} = 685000 \approx 7000$$

En el CAPITULO IV se recomienda escoger un regulador Sunway debido a su especialidad de inversores de alta capacidad, y por medio de los cálculos obtenidos, se opto por el inductor Sunway SWI 75 de 7500w 48Vdc

Sunway SWI 75 de 7500w 48Vdc

Es un inversor sin conexión a la red de onda seno de DC/AC puede invertir la C.C. de baterías del sistema del generador de viento y de la célula solar a la CA pura de la onda de seno para los aparatos electrodomésticos.



Gráfico 42: Inversor SWI 750

Fuente: Manual de Instalación FLEXmax80

Características

1. Pueda trabajar en energía eólica o enrollar y sistema híbrido solar
2. Automático regule el voltaje
3. Exhibición del LCD
4. Simplifique el diseño por las módulo-funciones integradas
5. Sume las soluciones en la multi-protección
6. Altas estabilidad y confiabilidad corrientes
7. Salida de energía verdadera de onda de seno

Características eléctricas del Inversor SWI 75

Modelo:	SWI 75
Tarifa de potencia de salida (W):	7500w
Voltaje de entrada clasificado (VDC):	48V/96V/120V/220V/240V
Voltaje de la salida clasificada (VAC):	120V/220V/230V
Época de constante:	<100ms
No. Pérdida de carga:	≤1Rated de potencia de salida
Distorsión armónica total:	≤3
Frecuencia de la salida (hertzio):	50/60 Hz±0.05Hz
Sobre capacidad del cargamento:	el 120% 1min; el 150% 10sec; el 200% 1sec
Tolerancia del voltaje de la salida (VAC):	el ±5%
Eficacia:	90%
Intensidad del aislamiento:	1500VAC, un minuto
Nivel de ruidos:	metro ≤40dB/1
Modo del trabajo:	Continuo e inteligente
Un modo más fresco:	Refrigerador de aire
Tamaño del producto (cm):	los 55x26x61cm
G.W/N.W (kilogramos):	50/55

Tabla 26: Características del Inversor SWI 750

Fuente:http://www.alibaba.com/product-gs/316174392/7500W_power_inverter.html

Cálculos:Fuente: Energía solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo por Luis Arribas,Marianela García Villas, IEPALA editorial, 1999 Madrid

6.5.2.6. Protecciones y Cableado

Sección del Panel al Regulador

Esta sección se divide en dos ramas debido a que instalaremos dos regulador cada uno tendrá un voltaje de 24 V y controlara 23 paneles.

Para calcular cuanta corriente pasa por el conductor multiplicaremos la corriente en potencia máxima de panel por el número de paneles conectados en la rama

$$I = I_p(\max) * 23 \text{ paneles}$$

$$I = 4.9A * 23$$

$$I = 112.7 A$$

Protección: Fusible –Breaker de 110 A

Cable:

Panel - Regulador		
Valor		Unidad
Distancia	2	m
Máxima Caída de Tensión	0.24	V
Sección	33.54	mm ²
Calibre	2	AWG

Tabla 27:Sección del Panel al Regulador

Realizado: Paulina Ayala

Sección del Regulador al Acumulador

Esta sección también se divide en dos ramas debido a que instalaremos dos regulador cada uno tendrá un voltaje de 24 V.

Por esta sección pasa la misma corriente que tiene el anterior tramo, debido a que el regulador es solo un equipo que controla que las baterías no se descarguen y sobredescarguen.

$$I = 112.7A$$

Protección: Fusible –Breaker de 110 A

Cable:

Regulador – Acumulador		
Valor	Unidad	
Distancia	1.5m	
Máxima Caída de Tensión	0.24V	
Sección	25.15mm ²	
Calibre	2AWG	

Tabla 28:Sección del Regulador al Acumulador

Realizado: Paulina Ayala

Sección del Acumulador al Inversor

Esta sección tiene una rama que maneja 48 V y de acuerdo a la carga que tengamos después del inversor podremos calcular la corriente que pasa por la sección.

Carga Instalada

C_{Inst}=5480W

$$I = \frac{C_{Inst}}{V}$$

$$I = \frac{5480 \text{ W}}{48 \text{ V}}$$

$$I = 114.16 \text{ A}$$

Protección: Fusible –Breaker de 110 A

Cable:

Acumulador – Inversor		
Valor	Unidad	
Distancia	1.5m	
Máxima Caída de Tensión	0.48V	
Sección	12.74mm ²	
Calibre	2AWG	

Tabla 29:Sección del acumulador al Inversor

Realizado: Paulina Ayala

Sección del Inversor a la Carga

Esta sección consta de una rama que maneja 115 V y de acuerdo a la carga que tengamos después del inversor podremos calcular la corriente que pasa por la sección.

$$I = \frac{C_{Inst}}{V}$$

$$I = \frac{5480 \text{ W}}{115 \text{ V}}$$

$$I = 47.65 \text{ A}$$

Protección: Fusible –Breaker de 50 A

Cable:

Inversor – Carga		
Valor		Unidad
Distancia	25	m
Máxima Caída de Tensión	5.75	V
Sección	7.39	mm ²
Calibre	8	AWG

Tabla 30:Sección del Inversor a la Carga

Realizado: Paulina Ayala

Determinación del número de cable en los diferentes tramos

Tramo Panel-Regulador se utilizará 2 m de cable flexible bipolar con aislamiento simple y tensión de 600V, de sección nominal 33.60 mm² de Calibre 2 AWG.

Como podemos ver en las tablas anteriores las sección de cable de los tramos Regulador-Acumulador, Acumulador-Inversor no son tan altas, si nos dirigimos a la tabla AWG nos resultara cable de numeración altas , pero como la corriente que pasa por estos tramos es mayor a 100 A determinamos que el cable que utilizaremos será de numeración 2.

Tramo Inversor-Carga se utilizará 25 m de cable monofásicos (fase y neutro) con aislamiento doble de tensión de 600V, con sección nominal 8.36mm² de Calibre 8AWG.

6.5.3. Ubicación del sistema fotovoltaico

Después de realizar los cálculos respectivos del sistema procedemos a describir algunos factores que intervienen para la culminación del diseño.

El lugar donde se ubicara el sistema fotovoltaico es un parámetro muy importante ya que existen muchos factores que afectan al nivel de radiación solar que llega a los paneles como la trayectoria del sol, la temperatura del medio ambiente, la contaminación del lugar y sobre todo debe estudiar que no exista sombra de arboles u otros edificios para obtener el máximo rendimiento del sistema.

Al realizar un estudio de la zona se determina que el edificio administrativo es una estructura de 6 pisos de hormigón armado y que la mejor zona para ubicar el sistema es en la terraza del último piso.

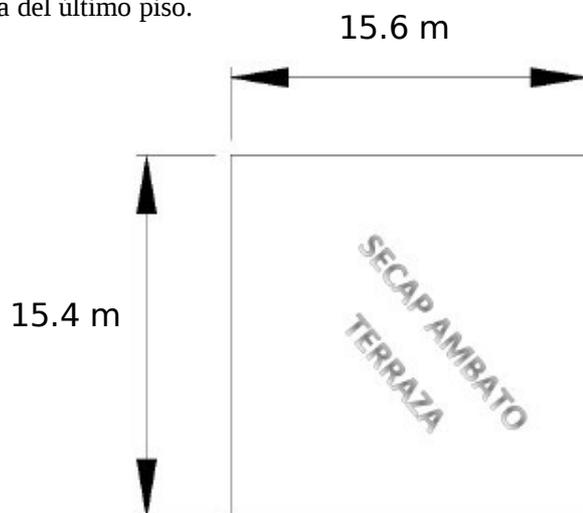


Gráfico 43: Edificio Administrativo SECAP Sede Ambato

Fuente: <http://www.secap.gov.ec/>

El lugar donde se instalara el sistema está libre de sombra durante el día porque es el único edificio de esa altura además no existen arboles por el lugar, consta de las siguientes dimensiones: 15.40m x 15.60m en total tiene una área cuadrada de 240.24

Cuarto de Equipos

Se construir a una caseta para la ubicación de los equipos cuyas dimensiones serán de 2m de largo por 2m de ancho.

Baterías, Regulador, Inversor

Estos equipos e colocaran dentro de la caseta ya que no es recomendable instalarlos a la intemperie o en lugares con mucha humedad, el regulador se montará lo más cercano a las baterías, pero por lo menos 30 cm de distancia a las mismas por seguridad. El inversor se colocara sobre una superficie vertical, con sus cables de conexión hacia abajo y con al menos 5 cm de espacio libre en la parte inferior y superior del mismo con el fin de tener una ventilación adecuada. Se ha de colocar a una altura suficiente como para que quede fuera del alcance de niños y animales.

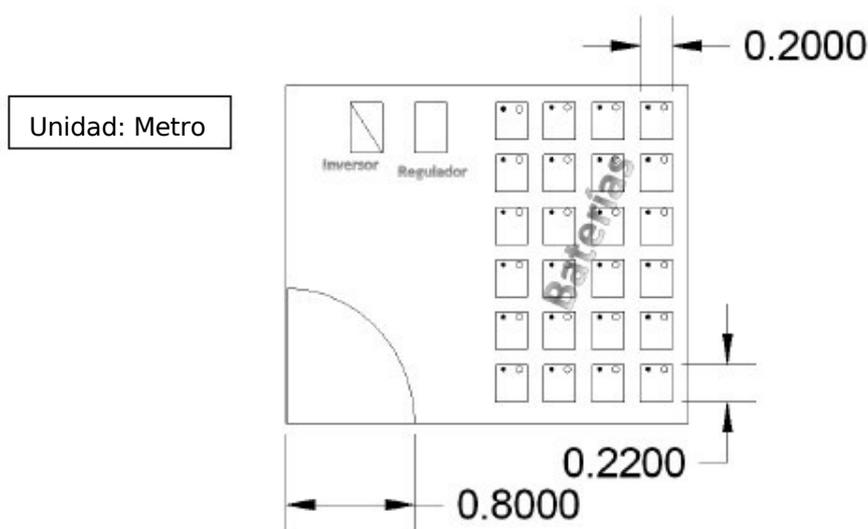


Gráfico 44: Distribución de los equipos dentro del cuarto de Equipos

Realizado: Paulina Ayala

Arreglo Fotovoltaico

Los paneles solares se ubicaran en la terraza del edificio dirigidos hacia el norte porque estamos ubicados en el hemisferio sur., con un grado de inclinación de 15°, colocados sobre una estructura con perfiles de acero galvanizado que asegura una protección completa contra las inclemencias climatológicas y, por tanto, una mayor duración y mantenimiento limitado.

Los 46 paneles fotovoltaicos ocuparan una superficie de 24.98 m², y estará ubicada en la terraza del edificio administrativo como se puede ver en el gráfico anterior.

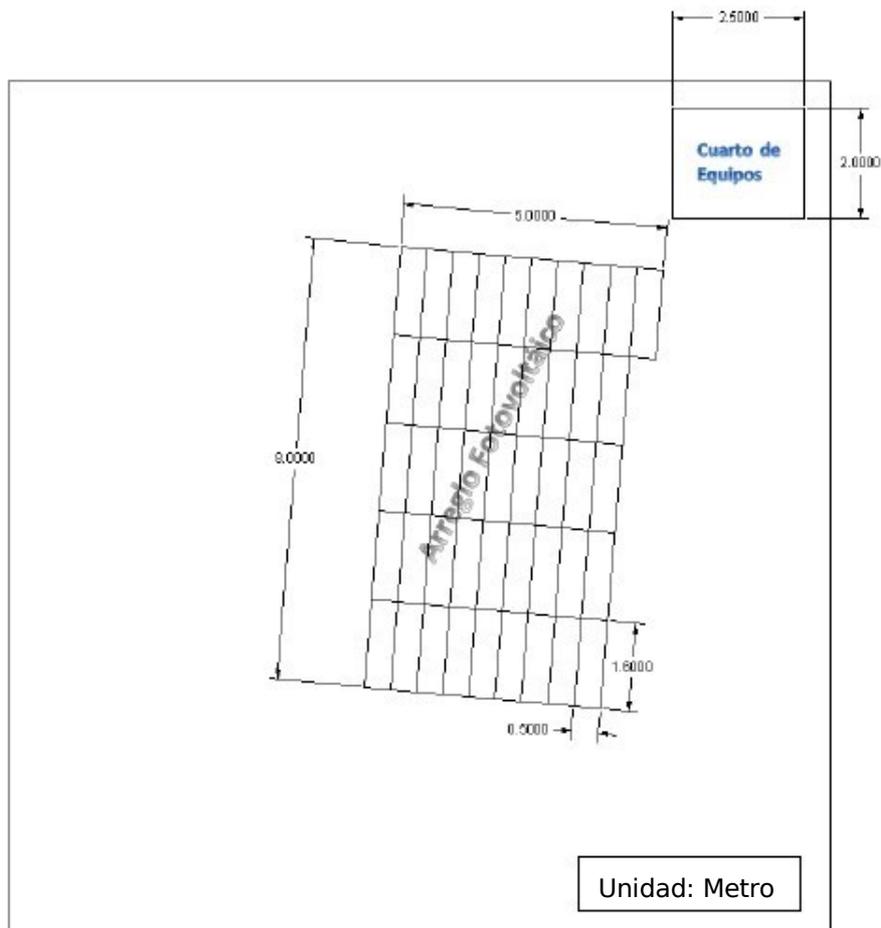


Gráfico 45: Distribución del Arreglo y Cuarto de equipos en la terraza del edificio

Realizado: Paulina Ayala

6.5.4. Diagrama De Conexión

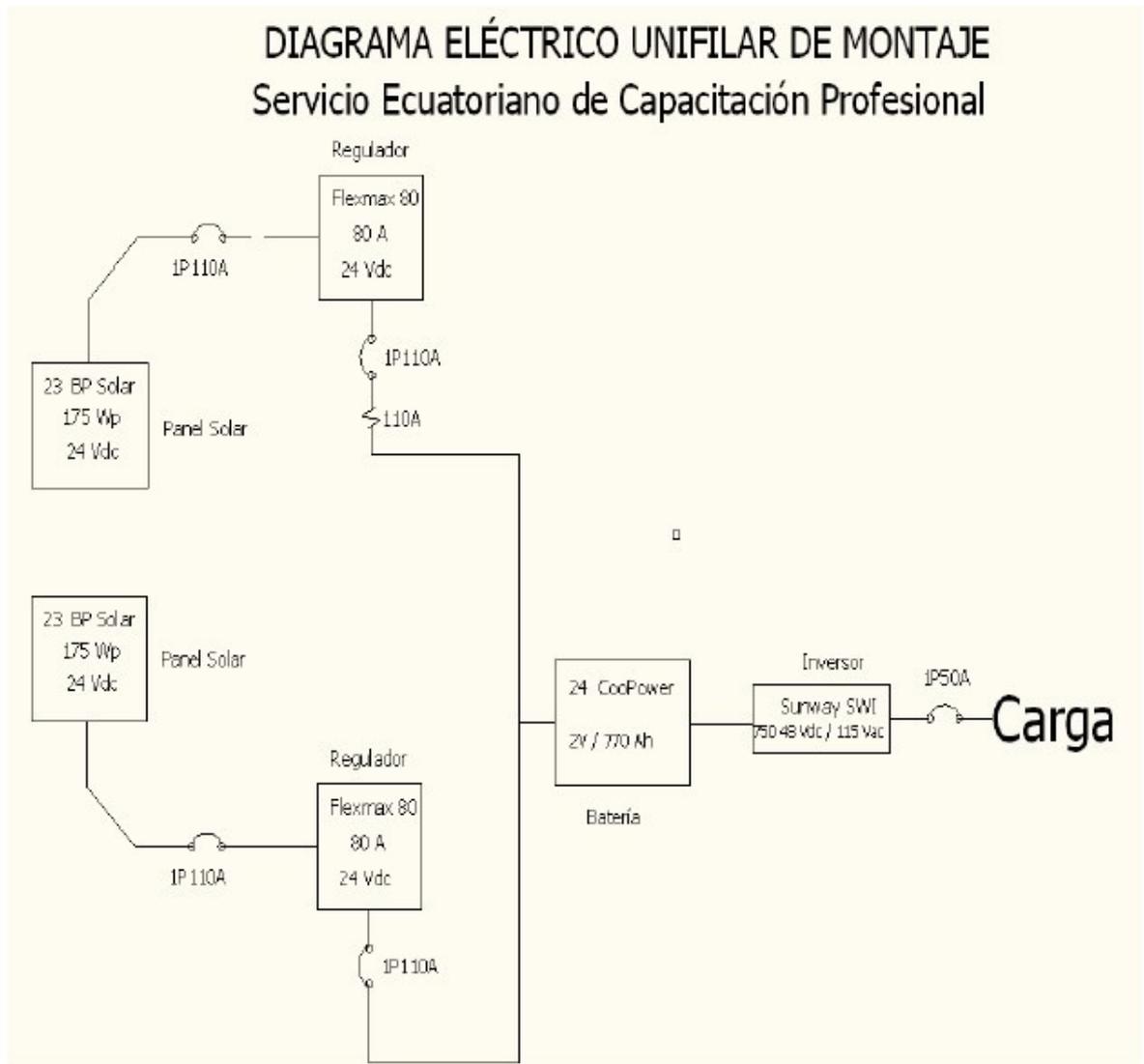


Gráfico 46: Diagrama Unifilar de Montaje

Realizado: Paulina Ayala

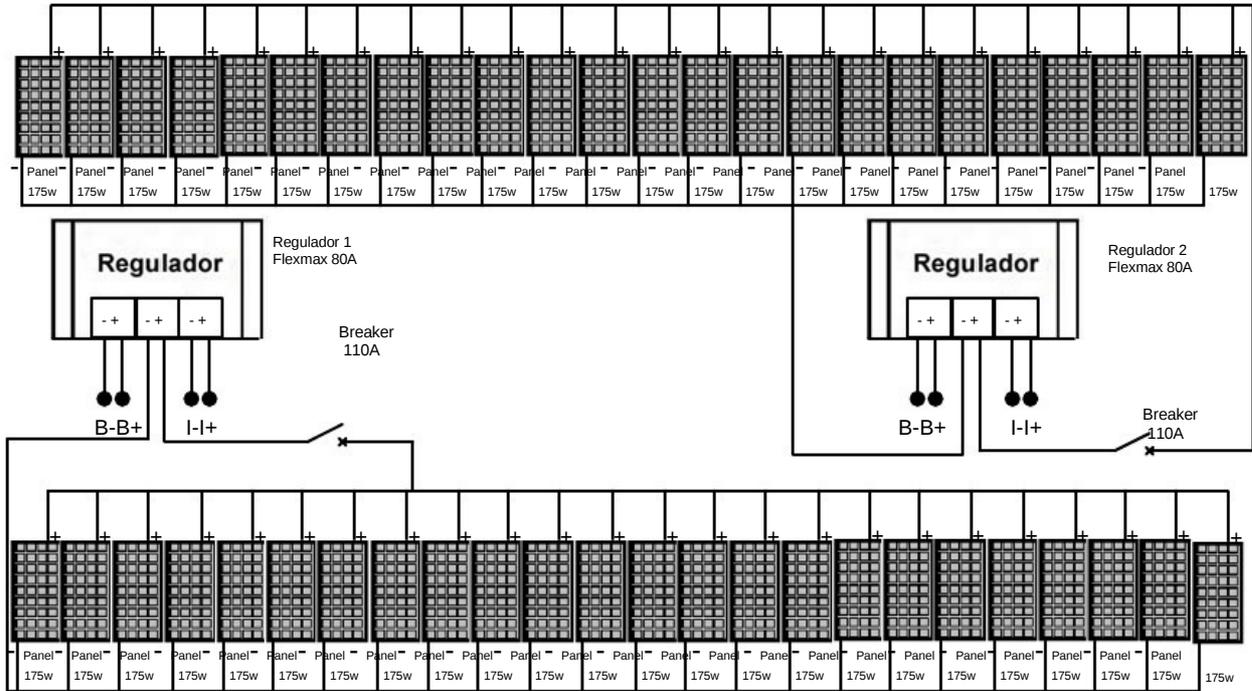


Gráfico 47: Diagrama de Conexiones de los Paneles

Realizado: Paulina Ayala

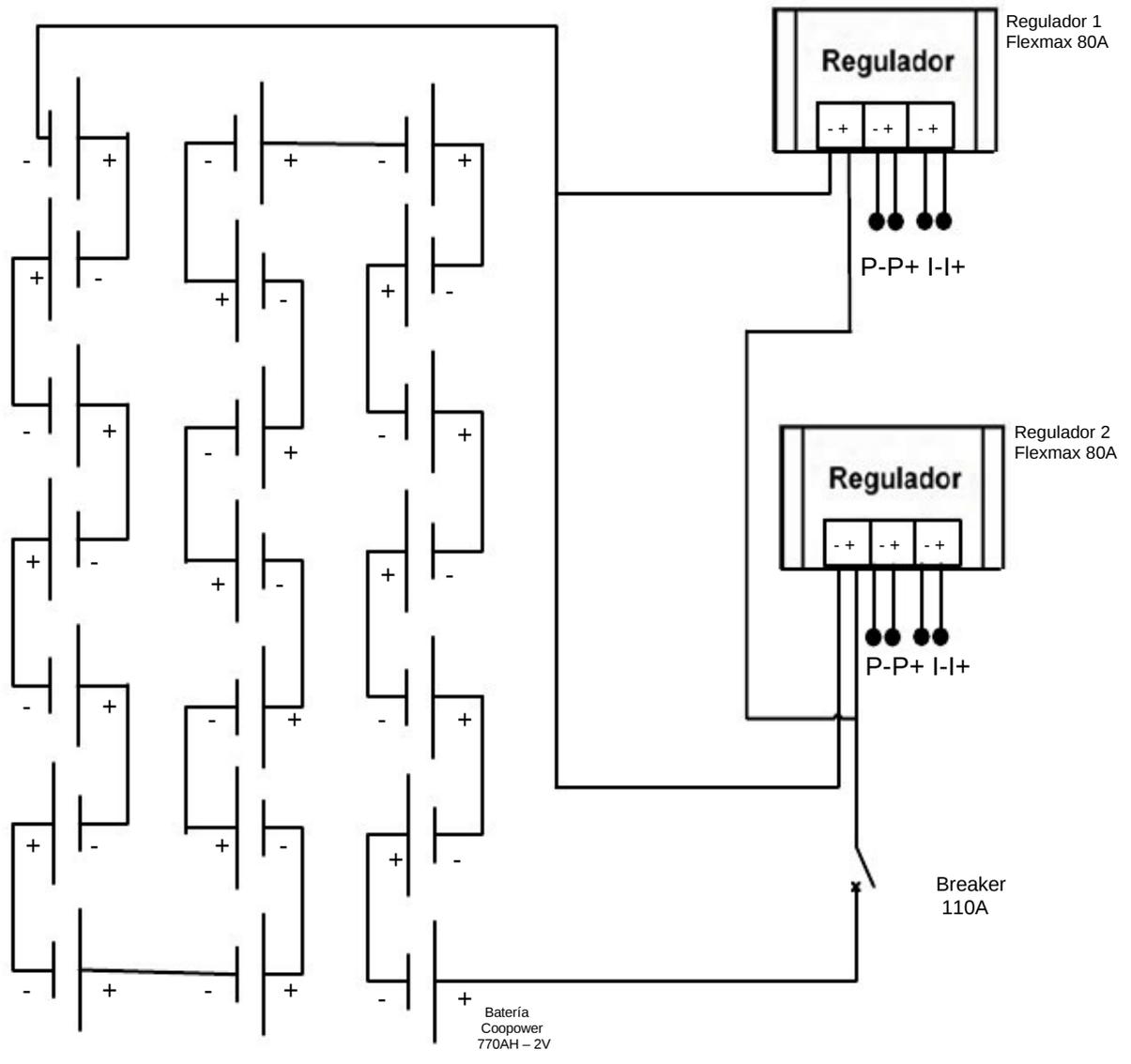


Gráfico 48:Diagrama de Conexiones del Banco de Baterías

Realizado: Paulina Ayala

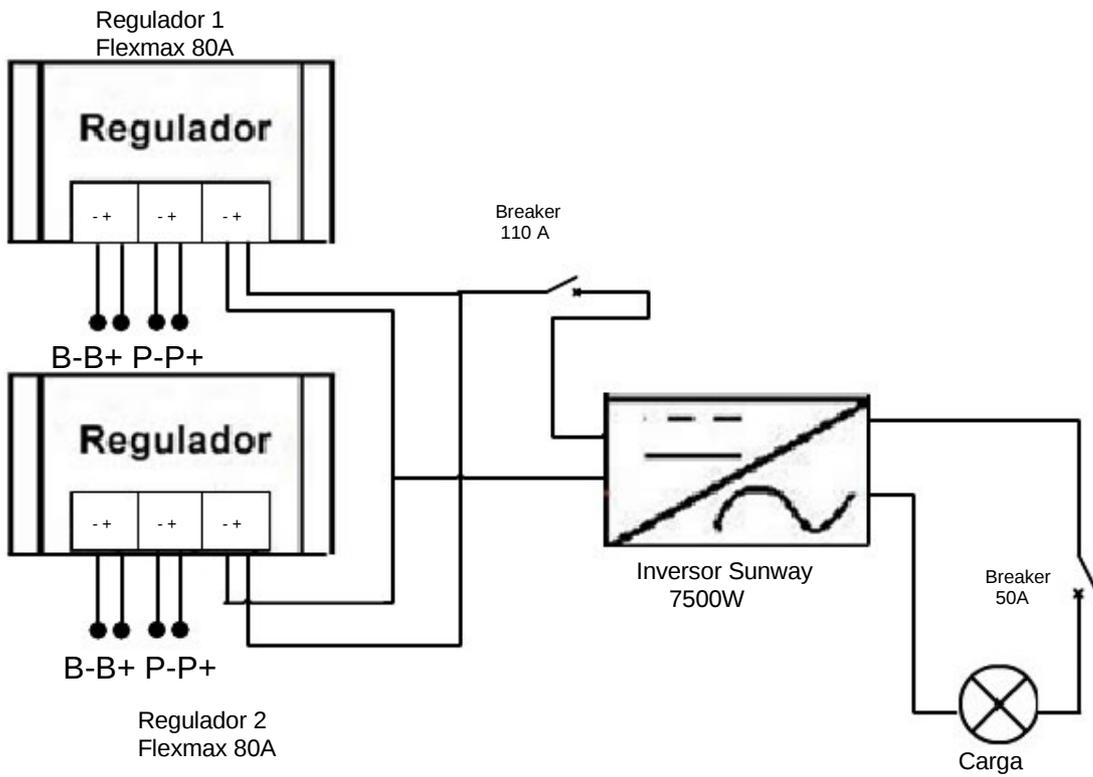


Gráfico 49: Diagrama de Conexiones del Regulador a la Carga

Realizado: Paulina Ayala

6.5.5. Propuesta Económica

El costo de una instalación, depende de la potencia máxima del controlador elegido, la capacidad y tipo del banco de baterías, la ubicación del emplazamiento, y algunas otras variables.

Los costos que estimados de la inversión inicial del sistema fotovoltaico son los indicados en las siguientes tablas:

Instalación	Cantidad (Unidades)	Precio Unitario (\$)	Precio total(\$)
Estructura de soporte del panel	4650		2300
Conductores varios de Cu tipo TW	varios	100	100
Grapas y Materiales de Sujeción	varios	50	50
Conectores y empalmes	varios	200	200
Fusibles	varios	80	80
Breakers	varios	150	150
Equipos y Herramientas de construcción	varios	700	700
Pruebas		1000	1000
Total			4580

Tabla 31: Presupuesto del Kit de Instalación

Realizado: Paulina Ayala

Equipamiento	Cantidad (Unidades)	Precio Unitario(\$)	Precio total(\$)
Modulo Solar BP 7175S de 175W	46	500	23000
Batería Coopower CPVD-770(OPzV)	24	270	6480
Regulador de Carga FLEXmax80 80 A	2	480	960
Inversor SunWayPower SWI 75 de 7500w	1	1000	1000
Sub total			31440
Importación(20%)			6288
Total			37728

Tabla 32: Presupuesto de los Equipos del sistema

Realizado: Paulina Ayala

Presupuesto	Valor(\$)
Instalación	4580
Equipamiento	37728
Caseta	1000
Total	43308

Tabla 33: Presupuesto Total

Realizado: Paulina Ayala

En las tablas anteriores se puede observar la descripción detallada de los componentes del sistema fotovoltaico y sus respectivos precios para implementar el sistema en el edificio administrativo del Secap.

Factibilidad Económica:

El costo de Kwh en el país para entidades del estado en horario de 07:00 a 22:00 es de \$0.055

Energía Necesaria $E = 17800 \text{ Wh/día}$

Días Laborables: 20 días

Con estos valores podemos determinar el valor en dólares que la factura de consumo eléctrico reducirá mensualmente si se implementa este sistema:

Valor Reducido Mensual= (Energía Necesaria *Días Laborables)*Costo Kwh

Valor Reducido Mensual=17.8Kwh/día*20día* \$0.055

Valor Reducido Mensual= \$19.58

Valor Reducido Anual= \$2.34.96

Gracias a estos cálculos podemos determinar que la implementación de este sistema en el SECAP para el estado económicamente no sería factible por su alto precio.

Pero para realizar una comparación correcta es necesario hablar de valor de la energía producida y no del costo de la energía. Esto es así porque la calidad de la energía producida por una fuente renovable no es la misma que la de las fuentes tradicionales (por el impacto ambiental, la intermitencia de la fuente primaria de energía, etcétera.).

6.6. Administrativa

Los costos para la el desarrollo de la investigación son los siguientes:

Recursos Materiales

Nº	Rubro	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Internet300		horas	\$0.8	\$ 240
2	Flash Memory de 2G1		c/u	\$ 12	\$ 12
3	Impresiones	2000	hojas	0.10	\$ 200
4	Copias	300	hojas	\$ 0,03	\$9
5	Trasporte Urbano	300	pasajes	\$ 0,18	\$ 54
6	Transporte Interprovincial	10	pasajes	\$2	\$ 20
7	Anillados	5	c/u	\$2	\$ 10
8	Esféros	2	c/u	\$0.25	\$ 0,50
9	Lápiz	1	c/u	\$0.2	\$0.2
10	Borrador	1	c/u	\$0.2	\$0.2
11	Libros	2	c/u	\$ 30	\$ 60
12	Carpetas	10	c/u	\$ 30	\$3
13	Resma de hojas	1	c/u	\$4	\$4
14	Almuerzos	5	c/u	\$2	\$ 10
Subtotal					\$622.9
Imprevistos (10%)					\$62.29
Total					\$685.19

Tabla 34: Recursos materiales

Realizado: Paulina Ayala

Recurso Humano

Nº	Rubro	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Estudiante	500	horas	\$3	\$ 1500
Total					\$1500

Tabla 35: Recursos Humanos

Realizado: Paulina Ayala

Para desarrollar esta propuesta se necesitara para recurso humano \$1500 y \$685.19 para recursos materiales dando un total de \$2185.19.

6.7. Previsiones de la Propuesta

6.7. 1. Manual de instalación y Mantenimiento

Ubicación:

El módulo: Localizar un sitio despejado, que esté libre de objetos o árboles que puedan provocar sombras, lo más cerca al lugar donde desea instalar su sistema (lámparas o aparatos), puede ser sobre un poste metálico o de madera, o sobre el techo del lugar, si éste lo permite.



Grafico 50: Ubicación de los módulos

Fuente: http://www.solorzano.com.mx/jesus/datos/modulo_casa.pdf

Soporte de módulos: Su función es la de sujetar al módulo, colóquelo con el módulo orientado hacia el norte, esto permite que los rayos del sol choquen sobre la superficie del módulo la mayor parte del día, y se obtiene así la mayor generación de energía del módulo fotovoltaico.

Los marcos de los módulos deben conectarse sólidamente a tierra por motivos de seguridad también para protegerlos de los rayos y facilitar las descargas externas e internas con el propósito de proteger los equipos y para mantener el ángulo de inclinación de los mismos.

El controlador: Coloqué en un lugar protegido de la intemperie, (de preferencia dentro de un sección), procure que la distancia entre éste y el módulo sea menor de 5 metros, y la distancia entre el controlador y el acumulador sea menor de 1.5 metros(para el tendido del cable), de esta forma minimizará las pérdidas de energía en el cable, haciendo más confiable y eficiente su sistema.

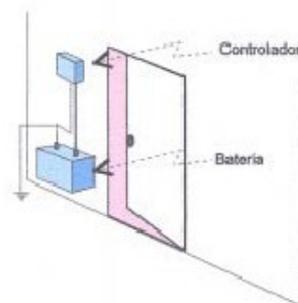


Grafico 51: Ubicación de los Controladores y Baterías

Fuente: http://www.solorzano.com.mx/jesus/datos/modulo_casa.pdf

El acumulador: Busque un lugar protegido de la intemperie, con buena ventilación, para evitar la acumulación de gases generados por el acumulador. Coloque la batería de preferencia sobre una tarima de madera, protéjala de los niños, tome en cuenta las limitantes de distancia en el cable mencionadas en el controlador. Nunca coloque el acumulador directamente sobre el piso.

Interconexiones:

Después de haber definido la ubicación de cada una de las partes del sistema, la instalación de debe realizar con la siguiente secuencia.

- 1.- Tienda un par de cables desde el controlador hacia la batería.
- 2.- Tienda un par de cables desde el controlador hacia el módulo.
- 3.- Tienda un par de cables desde el controlador hacia el inversor.
- 4.- Tienda el cable desde el inversor hacia la ubicación de la caja de las lámparas.
- 5.- Identifique las terminales positiva (+) y la negativa (-) de batería en el bloque de terminales del controlador (BAT+, BAT-). Utilizando el cable tendido de batería a controlador, tome el color negro y conéctelo en la terminal BAT-, tomo el rojo y conéctelo en la terminal BAT+.

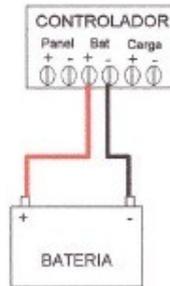


Grafico 52: Interconexión de Baterías y Controladores

Fuente: http://www.solorzano.com.mx/jesus/datos/modulo_casa.pdf

- 6.- Tome los extremos del cable que van a la batería y conecte el color negro a la terminal negativa del grupo de baterías, haga lo mismo con el cable rojo en la terminal positiva del grupo de baterías.
- 7.- En este momento el controlador se activa, iluminando sus leds y mostrando el estado de operación del sistema.

- 8.- Identifique las terminales positiva (+) y negativa (-) del grupo de paneles en el bloque de terminales del controlador (Panel+, Panel-). Utilizando el cable tendido de módulo a controlador, tome el color negro y conéctelo a la terminal Panel-, tome el rojo y conéctela en la terminal Panel+.
- 9.- Haga lo mismo que en el punto 5 en las terminales del módulo fotovoltaico.
- 10.- El controlador detectara actividad solar (si es de día y esta soleado) del módulo y cerrara el circuito de recarga al acumulador.
- 11.- Asegúrese de que los interruptores de las lámparas estén en estado de apagado.
- 12.- Conecté los cables de la caja de las lámparas a las terminales de Carga+ y Carga- del inversor en el siguiente orden: La línea (negativa, -) de lámpara conéctela a la terminal Carga- del inversor, haga lo mismo con la línea de lámparas en la terminal Carga+ del inversor.
- 13.- Pruebe con que cada una de las lámparas enciendan.

Operación

Operación diurna: Durante el día el módulo fotovoltaico genera energía eléctrica, la cual es conducida hacia el acumulador y este a su vez alimenta las cargas (lámparas). el controlador maneja toda la operación. Mediante sus leds indicadores muestra el voltaje de la batería, panel conectado, y disponibilidad de carga.

Operación nocturna: Durante la noche el controlador detecta que no existe generación del módulo fotovoltaico y abre el circuito Panel-Batería, con esto se elimina un posible regreso de energía.

Normalmente durante la noche el controlador monitorea el voltaje de la batería, tomando la acción que se requiera.

Corte por alto voltaje: El controlador tiene preestablecido un voltaje de máxima carga en la batería, cuando esta llega al voltaje máximo (14.7 volts), el controlador censa y desconecta el circuito Panel-Batería. Después de un tiempo el voltaje de la batería tiende a disminuir, cuando este voltaje es igual al de conexión de recarga el controlador vuelve a cerrar el circuito Panel-Batería, este proceso suele repetirse varias veces durante días soleados. En este estado siempre existe disponibilidad de energía para las aplicaciones.

Corte por bajo voltaje: Normalmente ocurre cuando se presentan varios días nublados continuos.

Las aplicaciones siguen activas, los módulos fotovoltaicos no son capaces de generar energía suficiente, y el voltaje de las baterías tiende a disminuir, cuando este llega al voltaje mínimo (10.5 volts) preestablecidos en el controlador, se abre el circuito Batería-Carga, desactivando todos los aparatos que en ese momento se encuentran conectados. Con esto se evitan daños irreversibles a la batería. Cuando se vuelve a tener un día soleado el voltaje en la batería se recupera hasta llegar al voltaje de reconexión de carga, en este estado nuevamente se cuenta con energía disponible para las aplicaciones.

Fuente: http://www.solorzano.com.mx/jesus/datos/modulo_casa.pdf

Mantenimiento

Es recomendable hacer por lo menos 3 cheques periódicos en el sistema fotovoltaico por año, así se pueden detectar y corregir pequeños problemas, antes que lleven a una falla total en la operación del sistema, por esto el mantenimiento preventivo es el mejor mantenimiento.

Panel Solar

Los módulos fotovoltaicos requieren muy escaso mantenimiento por su propia construcción, carente de partes móviles y con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión aisladas del ambiente exterior por capas de material protector.

El mantenimiento abarca los siguientes procesos:

Limpieza periódica del módulo:

La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del módulo reduce el rendimiento del mismo y puede producir efectos de inversión similares a los producidos por sombras. El problema puede llegar a ser serio en el caso de los residuos industriales y los procedentes de las aves. La intensidad del efecto depende de la opacidad del residuo. En el caso de los depósitos procedentes de las aves conviene evitarlos instalando pequeñas antenas elásticas en la parte alta del módulo, que impida a éstas posarse.

La acción de la lluvia puede en muchos casos reducir al mínimo o eliminar la necesidad de la limpieza de los módulos.

La operación de limpieza debe ser realizada en general por el propio usuario y consiste simplemente en el lavado de los módulos con agua y algún detergente no abrasivo, procurando evitar que el agua se acumule sobre el módulo.



Gráfico 53: Limpieza de Paneles Fotovoltaicos

Fuente: <http://www.cubiclean.com/servicios.html>

Inspección visual del módulo:

La inspección visual del módulo tiene por objeto detectar posibles fallos, concretamente:

- Posible rotura del cristal
- Oxidaciones de los circuitos y soldaduras de las células fotovoltaicas: normalmente son debidas a entrada de humedad en el módulo por rotura de las capas de encapsulado durante la instalación o transporte.

Posibles Averías

Debido a los exhaustivos controles de calidad a los que son sometidos los módulos fotovoltaicos antes de su venta al público, los casos de averías son muy poco frecuentes, pero se pueden detectar los siguientes casos, siempre por causa ajena al proceso de fabricación:

1. Rotura del vidrio:

La rotura del vidrio se produce usualmente por acciones desde el exterior, mala instalación, golpes, pedradas, etcétera. También se han detectado algunos casos de rotura en el transporte a obra.

La rotura del cristal, al ser templado, se produce siempre en forma de astillado total de la superficie, notándose perfectamente el lugar del impacto. El astillado reduce el rendimiento aproximadamente en un 30 %, pero el módulo puede continuar en uso, aunque convendrá cambiarlo lo antes posible para asegurar el funcionamiento de la instalación.

2. Penetración de humedad en el interior del módulo:

Aunque es una avería poco frecuente, puede producirse por golpes externos, ralladuras o por agresiones externas. Cuando penetra humedad hasta el circuito de las células y sus conexiones, aparecen corrosiones que reducen e incluso rompen el

contacto eléctrico de los electrodos con el material de las células, impidiendo la recogida de electrones y haciendo inútil de esta forma el módulo. La tensión y la intensidad caen a cero y el módulo debe ser sustituido de inmediato.

3. Fallos en las conexiones de los módulos:

Debido a las diferencias térmicas entre, por ejemplo, el día y la noche puede producirse aflojamiento de los conectores del cableado de los módulos. Por este motivo, es necesario revisar periódicamente las conexiones, apretándolas en caso de ser necesario.

4. Efecto sombra:

El efecto sombra o de punto caliente se provoca por una sombra puntual en una o varias células del módulo mientras el resto recibe una radiación elevada. Esta situación debe remediarse eliminando la causa de las sombras.

Fuente:

http://www.isofoton.com/technical/material/pdf/productos/fotovoltaica/modulos/ul/MANUAL%20MÓDULOS%20UL_esp.pdf

BATERÍAS

Al ser baterías selladas requiere poco mantenimiento, además por la larga vida útil (más de 800 ciclos) y su baja autodescarga, únicamente se recomienda:

- Untar con grasa los bornes de la batería cada 6 meses para evitar la oxidación.
- Verificar que se han ubicado las baterías en lugares ventilados para evitar su calentamiento.
- Siempre que sea posible, fijar bien las baterías, evitando su movimiento
- Mantener la batería libre de polvo.

- Revisar cada 3 meses el ajuste de los bornes de las baterías, para evitar pérdida de la carga y la oxidación de los terminales.

Fuente: http://www.solomantenimiento.com/m_baterias.htm

Todas las baterías pueden ser peligrosas debido que todas las baterías, tanto las de gel selladas como las líquidas de plomo ácido, contienen plomo y ácido sulfúrico, que son elementos tóxicos. Además el ácido sulfúrico es altamente corrosivo. Por otro lado al cargarse las baterías produce gas hidrógeno, que es muy inflamante y puede causar explosiones.

Por todo esto resulta imprescindible manipularlas correctamente en todo momento de lo contrario puede producirse las siguientes consecuencias: Explosión, Incendios, Corrosión, Contaminación.

Fuente: http://www.mkbattery.com/images/MK_HME_guide_v4s_r3.pdf

REGULADOR DE CARGA

El Regulador de Carga Solar es libre de mantenimiento.

Asegurar de una adecuada ventilación del Regulador de Carga Solar. Chequear que los cables estén firmes. Si es necesario ajuste los tornillos. Chequear si hay corrosión en los terminales.

Fallas frecuentes.

Leds Apagados: Examinar la polaridad de los cables de batería y si hay un fusible externo que el mismo esté operativo. Batería con muy poco voltaje o defectuosa

La batería no se carga: Revisar que no haya inversión de polaridad en los cables del panel fotovoltaico o un corto circuito en los mismos. Si la tensión del panel es menor a la tensión de baterías o si está defectuoso, esta no se cargará.

Las siguientes fallas no destruyen al Regulador de Carga Solar:

- Cortocircuito en el panel fotovoltaico.
- Cortocircuito en el consumo
- Inversión de polaridad en las baterías
- Sobre temperatura
- Inversión de polaridad en el panel fotovoltaico
- Excesiva corriente de consumo
- Excesiva corriente de carga desde el panel fotovoltaico
- Sobre tensión en la carga (panel fotovoltaico).

INVERSOR

El inversor no precisa de ningún mantenimiento especial. Tan sólo será necesaria una limpieza periódica de la caja mediante un paño seco. En caso necesario, puede emplearse agua jabonosa (nunca alcoholes ni disolventes) para limpiarlo.

El inversor está protegido electrónicamente (protecciones mediante hardware y software) contra la mayoría de las causas que lo podrían dañar.

Fuente: http://www.solorzano.com.mx/jesus/datos/modulo_casa.pdf

6.7.2. Cambio de Lámparas Fluorescentes por Lámparas de Leds

Es este proyecto toda la energía del sistema fotovoltaico se utiliza para la iluminación. Como la energía renovable debe estar mano a mano con la eficiencia energética se debería cambiar las lámpara fluorescentes actuales porlámparas de Leds.

Las lámparas e iluminación con LEDs son lámparas de bajo consumo de electricidad (Ahorradoras) con una vida útil de 5,000 horas para las lámparas de LEDs blancas y 50,000 a 100,000 horas para otros colores. Ideal para edificios con muchas lámparas y alta consumo de electricidad.

Las lámparas que actualmente están colocadas en el edificio del Secap tienen un rendimiento luminoso de 2000 lumines por tal razón una alternativa puede ser la siguiente LámparaLeds:

Iluminación LED SP90

28 Watt

2,100 Lúmenes

Vida Útil 50,000 Horas

Ahorrando 50%~80%

85-265VAC

12/24DC



Gráfico 54:Iluminación LED SP90

Fuente:http://www.pantallasled.com.mx/productos/iluminacion_exterior/thumbnails/led_iluminacion_exterior_sp90-1_jpg.jpg

Si se cambiarían las Lámparas actuales por esta Lámparas de Leds, la institución ahorraría cerca del 50% del consumo de energía.

Lámparas Fluorescentes instaladas actualmente: 137

Diferencia de watos entre Lámparas: 12W

Ahorro= $137 * 12W = 1644W$

6.7.3. Sistema Automático para la conmutación Sistema Fotovoltaico y red Eléctrica

El diseño del sistema fotovoltaico esta conectado directamente a la carga que en este caso son las luminarias por tal razón toda esta sección se debe desconectar de la red eléctrica de la institución.

Es muy importante que si alguna vez por cualquier razón conectan mas carga, diseñar un sistema automático para la conmutación del sistema con la red eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA:

Libros:

ARRIBAS Luis, GARCÍA VILLAS (1999) Marianela Energía solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo, IEPALA editorial, Madrid.

ALVARADO Patricio (1983) Nociones Elementales de Investigación Científica, Segunda Edición, Quito.

HERRERA Luis, MEDINA Arnaldo, NARANJO Galo, PROAÑO Jaime, Tutoría de la investigación, Maestría en Gerencia de Proyectos Educativos y Sociales, Primera Edición.

MC CARTNEY, Kevin (1980) Agua Caliente Solar, Tomo 1, Primera Edición HermannBlume Ediciones, Madrid, Pág.: 11-29.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (2000) Eficiencia Energética, Tomo 1, Primera Edición, Imprenta Mariscal, Ecuador, Pág.:16-21.

Constitución de la República 2008.

Proyectos:

“Proyecto de Autosustentabilidad Energética y Complementación del sistema Alternativo de Energía Fotovoltaica para la Escuela Rural Katitawa-Manguywa-Salasaca de la Provincia de Tungurahua”, Ing. SALCEDO Carlos e Ing.

RAMIREZ Karen .

“Valoración de la Sostenibilidad del Sistema Híbrido de San Juanico, Baja California Sur, México” Ing. Enrique L. Guzmán, Ing. Carlos González, Ing. Salomón Andrade, Ing. Javier Huerta Lara.

Internet:

- <http://es.wikipedia.org/energias-renovables>
- <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/>
- <http://www.energiaslimpias.org/casas-con-energia-alternativa-hoy-son-una-posibilidad-y-manana-la-unica-alternativa/>
- <http://www.casarenovable.org/mejores-opciones.asp>
- <http://erenovable.com/2007/01/13/energias-renovables-en-el-hogar-proyecto-casa-renovable/>
- <http://www.biodisol.com/medio-ambiente/arfrisol-el-edificio-bioclimatico-de-ultima-generacion-que-investigara-soluciones-para-una-construccion-mas-sostenible-medio-ambiente-investigacion-e-innovacion/>
- <http://tematica.mercadolibre.com.ec/energias-alternativas>
- <http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070121100143AAoO3RK>
- <http://comunidad.descubreelverde.com/eve/forums/a/tpc/f/440100733/m/853100933/t/195108694>
- <http://www.acsolarxxi.com/enlaces.cfm>
- <http://www.bcn.cl/noticias/crisis-energetica-abre-posibilidad-de-desarrollar-energias-alternativas-2>
- <http://www.perfilcr.com/contenido/articulos/448/1/Energias-alternativas-respiro-para-el-planeta/Page1.html>
- <http://medioambienteort.blogspot.com/2009/05/energias-alternativas.html>
- <http://www.aprendergratis.com/energias-alternativas-tres-alternativas-y-otras-consideraciones.html>
- <http://www.fepso.org.ec>

Anexos

Anexo 1:

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL

Entrevista dirigida al Ing. Franklin Robalino
Director del Secap sede Ambato

Fecha:
Hora:

4. ¿El sistema Fotovoltaico que zona debe alimentar?

- Edificio Administrativo ()
- Talleres ()
- Canchas ()

5. ¿El sistema que área debe proveer de energía eléctrica del lugar anteriormente
seleccionado?

- Luminarias ()
- Tomas eléctricas ()

6. ¿Cuál es el horario donde se presenta más demanda de energía?

- De 7:00 a 18:00 ()
- De 18:00 a 22:00 ()
- De 22:00 a 7:00 ()

Anexo 2

Irradiación Horizontal Extraterrestre

Latitud	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0°	10065	10437	10549	10215	9659	9286	9399	9878	10316	10393	10128	9912
5°	9497	10072	10458	10419	10078	9804	9874	10179	10350	10140	9630	9299
10°	8867	9633	10287	10547	10431	10262	10287	10407	10305	9811	9066	8268
15°	8183	9125	10038	10597	10713	10656	10634	10562	10183	9409	8441	7906
20°	7449	8553	9712	10569	10923	10984	10911	10641	9982	8938	7763	7139
25°	6672	7921	9313	10464	11061	11244	11120	10646	9706	8401	7035	6335
30°	5861	7234	8843	10281	11127	11436	11259	10575	9357	7802	6267	5502
35°	5023	6498	8305	10025	11121	11563	11329	10431	8936	7147	5464	4650
40°	4169	5721	7705	9696	11047	11627	11335	10217	8449	6441	4636	3789
45°	3311	4910	7047	9299	10909	11634	11281	9935	7897	5690	3793	2933
50°	2464	4074	6335	8838	10714	11594	11176	9592	7285	4900	2947	2099
55°	1649	3224	5575	8319	10474	11525	11034	9194	6619	4081	2116	1311
60°	897	2373	4773	7749	10208	11459	10881	8753	5904	3240	1322	610
65°	271	1542	3936	7141	9954	11478	10774	8289	5146	2390	607	86
70°	0	766	3070	6413	9812	11822	10933	7838	4351	1548	71	0
75°	0	137	2184	5907	10041	12152	11238	7512	3529	748	0	0
80°	0	0	1288	5484	10237	12389	11457	7613	2694	93	0	0
85°	0	0	408	5544	10355	12532	11590	7701	1896	0	0	0
90°	0	0	0	5565	10395	12580	11634	7730	1675	0	0	0

Tabla 1 Bodm(0) WH/m2 día hemisferio Norte

Latitud	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0°	10065	10437	10549	10215	9659	9286	9399	9878	10316	10393	10128	9912
5°	10570	10729	10561	9934	9172	8708	8860	9505	10204	10570	10561	10466
10°	11005	10943	10492	9581	8626	8078	8267	9065	10015	10668	10921	10953
15°	11369	11077	10343	9157	8023	7400	7622	8561	9749	10686	11207	11372
20°	11659	11133	10116	8666	7368	6681	6932	7998	9409	10625	11417	11720
25°	11875	11108	9812	8112	6668	5927	6203	7379	8998	10485	11551	11996
30°	12017	11005	434	7499	5929	5146	5442	6710	8519	10268	11609	12199
35°	12085	10824	8983	6833	5159	4347	4656	5997	7976	9976	11592	12333
40°	12083	10569	8465	6119	4365	3540	3857	5248	7372	9611	11504	12399
45°	12017	1024	7882	5364	3559	2738	3055	4469	6712	9177	11348	12404
50°	11896	9852	7240	4575	2751	1957	2264	3670	6002	8678	11132	12359
55°	11734	9402	6543	3760	1959	1219	1504	2862	5247	8120	10868	12283
60°	11559	8904	5797	2930	1206	564	806	2058	4453	7511	10575	12210
65°	11431	8377	5007	2097	533	76	230	1282	3628	6860	10290	12225
70°	11569	7853	4181	1283	44	0	0	574	2777	6183	10111	12586
75°	11892	7422	3325	532	0	0	0	45	1911	5512	10321	12938
80°	12125	7427	2451	4	0	0	0	0	1044	4950	10523	13191
85°	12265	7513	1586	0	0	0	0	0	227	4913	10644	13343
90°	12312	7542	1182	0	0	0	0	0	0	4932	10685	13394

Tabla 2 Bodm(0) WH/m2 día hemisferio Sur

Anexo 3

Tabla Coeficiente de corrección (Rb)

$\beta(^{\circ})$ →↓ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0	1.17	1.15	1.09	0.88	0.74	0.59	0.42	0.25	0.09	-	-
5	1.12	1.11	1.07	0.90	0.78	0.63	0.48	0.32	0.16	0.03	-
10	1.07	1.08	1.06	0.92	0.81	0.68	0.53	0.38	0.23	0.08	-
15	1.03	1.05	1.04	0.93	0.84	0.72	0.59	0.44	0.29	0.15	0.03
20	0.99	1.02	1.03	0.94	0.86	0.76	0.64	0.51	0.36	0.21	0.08
25	0.95	1.00	1.01	0.96	0.89	0.80	0.69	0.56	0.43	0.28	0.14
30	0.91	0.97	1.00	0.97	0.92	0.84	0.74	0.62	0.49	0.35	0.21
35	0.88	0.95	0.99	0.98	0.94	0.88	0.79	0.68	0.56	0.42	0.28
40	0.85	0.93	0.98	1.00	0.97	0.91	0.84	0.74	0.62	0.49	0.35
45	0.82	0.91	0.97	1.01	0.99	0.95	0.88	0.79	0.68	0.56	0.42
50	0.79	0.89	0.96	1.02	1.01	0.98	0.93	0.85	0.75	0.63	0.50
55	0.78	0.88	0.95	1.03	1.03	1.01	0.97	0.90	0.81	0.70	0.57
60	-	0.88	0.95	1.03	1.05	1.04	1.01	0.96	0.88	0.77	0.65

Tabla 1 - Valores de $R_B(O, \beta)$ para Julio (H. Norte) y Enero(H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ →↓ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0	1.05	1.07	1.05	0.92	0.82	0.69	0.54	0.39	0.22	0.07	-
5	1.01	1.04	1.03	0.94	0.85	0.73	0.60	0.45	0.29	0.14	0.01
10	0.96	1.01	1.02	0.95	0.88	0.78	0.66	0.52	0.37	0.21	0.07
15	0.92	0.98	1.00	0.97	0.91	0.82	0.71	0.58	0.44	0.28	0.13
20	0.88	0.95	0.99	0.98	0.93	0.86	0.76	0.64	0.51	0.36	0.21
25	0.84	0.92	0.97	1.00	0.96	0.90	0.82	0.71	0.58	0.43	0.28
30	0.80	0.89	0.96	1.01	0.99	0.94	0.87	0.77	0.65	0.51	0.36
35	0.76	0.86	0.95	1.02	1.02	0.99	0.92	0.84	0.72	0.59	0.45
40	0.71	0.84	0.93	1.04	1.05	1.03	0.98	0.90	0.80	0.68	0.53
45	0.67	0.81	0.92	1.05	1.08	1.08	1.04	0.97	0.88	0.76	0.62
50	0.63	0.78	0.90	1.07	1.11	1.12	1.10	1.05	0.97	0.86	0.72
55	0.58	0.75	0.89	1.09	1.15	1.17	1.17	1.13	1.06	0.96	0.83
60	-	0.72	0.87	1.10	1.18	1.23	1.24	1.22	1.16	1.07	0.95

Tabla 2 - Valores de $R_B(O, \beta)$ para Agosto(H. Norte) y Febrero(H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	0.89	0.96	0.99	0.98	0.92	0.84	0.73	0.60	0.46	0.29	0.13
10	0.85	0.93	0.98	0.99	0.95	0.88	0.79	0.67	0.53	0.37	0.21
15	0.81	0.90	0.96	1.01	0.98	0.93	0.84	0.74	0.61	0.46	0.29
20	0.76	0.87	0.95	1.02	1.01	0.97	0.90	0.80	0.68	0.54	0.38
25	0.71	0.84	0.93	1.04	1.04	1.02	0.96	0.88	0.76	0.63	0.47
30	0.67	0.80	0.92	1.05	1.08	1.07	1.02	0.95	0.85	0.72	0.57
35	0.61	0.77	0.90	1.07	1.11	1.12	1.09	1.03	0.94	0.82	0.67
40	0.56	0.73	0.88	1.09	1.15	1.18	1.17	1.12	1.04	0.93	0.79
45	0.49	0.68	0.85	1.11	1.20	1.24	1.25	1.22	1.15	1.05	0.91
50	0.42	0.63	0.83	1.14	1.25	1.31	1.34	1.33	1.28	1.18	1.06
55	0.33	0.58	0.80	1.17	1.30	1.40	1.45	1.46	1.42	1.35	1.23
60	0.23	0.50	0.76	1.21	1.37	1.50	1.58	1.62	1.60	1.54	1.43
	-	0.42	0.72	1.25	1.46	1.63	1.75	1.82	1.83	1.78	1.68

Tabla 3- Valores de $R_B(O, \beta)$ para Septiembre (H. Norte) y Marzo (H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	0.73	0.85	0.94	1.03	1.03	1.00	0.94	0.85	0.74	0.60	0.44
10	0.69	0.82	0.92	1.05	1.06	1.05	1.00	0.92	0.82	0.69	0.53
15	0.64	0.78	0.90	1.07	1.10	1.10	1.07	1.00	0.90	0.78	0.63
20	0.59	0.75	0.89	1.08	1.14	1.15	1.13	1.08	1.00	0.88	0.74
25	0.53	0.71	0.87	1.10	1.18	1.21	1.21	1.17	1.10	0.99	0.89
30	0.46	0.66	0.84	1.13	1.22	1.28	1.30	1.28	1.21	1.12	0.99
35	0.39	0.61	0.82	1.15	1.27	1.36	1.40	1.39	1.35	1.26	1.14
40	0.31	0.55	0.79	1.19	1.34	1.45	1.51	1.53	1.50	1.43	1.31
45	0.21	0.48	0.75	1.22	1.41	1.55	1.65	1.70	1.69	1.64	1.53
50	0.10	0.39	0.70	1.27	1.50	1.69	1.83	1.91	1.93	1.89	1.80
55	-	0.28	0.64	1.33	1.63	1.87	2.06	2.18	2.24	2.23	2.16
60	-	0.14	0.56	1.42	1.80	2.12	2.38	2.57	2.68	2.70	2.65
	-	-	0.44	1.55	2.06	2.50	2.86	3.14	3.33	3.41	3.39

Tabla 4 - Valores de $R_B(O, \beta)$ para Octubre (H. Norte) y Abril (H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	0.61	0.76	0.89	1.08	1.13	1.14	1.12	1.06	0.97	0.85	0.71
10	0.56	0.73	0.87	1.10	1.16	1.19	1.18	1.14	1.06	0.95	0.81
15	0.50	0.69	0.85	1.12	1.20	1.25	1.26	1.23	1.17	1.06	0.93
20	0.44	0.64	0.83	1.14	1.25	1.32	1.35	1.34	1.28	1.19	1.06
25	0.37	0.59	0.80	1.17	1.30	1.40	1.45	1.45	1.42	1.34	1.22
30	0.29	0.53	0.77	1.20	1.37	1.49	1.57	1.60	1.58	1.51	1.40
35	0.20	0.46	0.74	1.24	1.44	1.60	1.71	1.77	1.77	1.72	1.62
40	0.10	0.38	0.69	1.29	1.54	1.74	1.89	1.98	2.01	1.99	1.90
45	0.01	0.27	0.63	1.35	1.66	1.92	2.13	2.26	2.33	2.33	2.26
50	-	0.15	0.55	1.44	1.84	2.18	2.45	2.65	2.77	2.80	2.75
55	-	0.01	0.44	1.57	2.09	2.55	2.93	3.22	3.41	3.50	3.49
60	-	-	0.27	1.78	2.51	3.16	3.71	4.16	4.47	4.65	4.69
	1	-	0.03	2.19	3.31	4.34	5.23	5.96	6.51	6.87	7.01

Tabla 5 - Valores de $R_B(O, \beta)$ para Noviembre (H. Norte) y Mayo (H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	0.56	0.72	0.87	1.10	1.17	1.20	1.20	1.16	1.08	0.97	0.84
10	0.50	0.68	0.85	1.12	1.21	1.26	1.27	1.25	1.18	1.08	0.95
15	0.44	0.64	0.83	1.14	1.25	1.33	1.36	1.35	1.30	1.21	1.08
20	0.37	0.59	0.80	1.17	1.31	1.40	1.46	1.47	1.43	1.35	1.23
25	0.30	0.53	0.77	1.20	1.37	1.49	1.57	1.60	1.59	1.52	1.41
30	0.21	0.47	0.74	1.24	1.44	1.60	1.71	1.77	1.78	1.73	1.62
35	0.11	0.38	0.69	1.29	1.54	1.74	1.89	1.98	2.01	1.98	1.89
40	0.02	0.29	0.63	1.35	1.66	1.92	2.12	2.25	2.32	2.32	2.24
45	-	0.17	0.56	1.43	1.82	2.16	2.43	2.62	2.74	2.77	2.72
50	-	0.03	0.45	1.56	2.06	2.51	2.88	3.16	3.35	3.43	3.41
55	-	-	0.30	1.75	2.45	3.07	3.60	4.02	4.32	4.48	4.51
60	-	-	0.07	2.11	3.16	4.11	4.94	5.61	6.12	6.44	6.56
	-	-	-	3.01	4.93	6.69	8.26	9.57	10.6	11.3	11.7

Tabla 6 - Valores de $R_B(O, \beta)$ para Diciembre (H. Norte) y Junio (H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	0.59	0.74	0.88	1.09	1.14	1.17	1.15	1.10	1.02	0.91	0.76
10	0.54	0.71	0.86	1.11	1.18	1.22	1.22	1.19	1.11	1.01	0.87
15	0.48	0.67	0.84	1.13	1.23	1.28	1.30	1.28	1.22	1.13	1.00
20	0.41	0.62	0.82	1.15	1.27	1.35	1.39	1.39	1.35	1.26	1.14
25	0.34	0.57	0.79	1.18	1.33	1.44	1.50	1.52	1.49	1.42	1.30
30	0.26	0.50	0.76	1.22	1.40	1.54	1.63	1.67	1.66	1.60	1.50
35	0.16	0.43	0.72	1.26	1.48	1.66	1.79	1.86	1.87	1.83	1.74
40	0.06	0.34	0.67	1.31	1.59	1.81	1.98	2.10	2.14	2.12	2.04
45	-	0.23	0.60	1.39	1.73	2.02	2.25	2.41	2.50	2.51	2.45
50	-	0.09	0.51	1.49	1.93	2.31	2.62	2.86	3.00	3.06	3.02
55	-	-	0.38	1.64	2.23	2.75	3.19	3.54	3.77	3.89	3.89
60	-	-	0.19	1.90	2.75	3.51	4.17	4.70	5.09	5.32	5.39
	-	-	-	2.46	3.85	5.13	6.24	7.17	7.88	8.35	8.56

Tabla 7 - Valores de $R_B(O, \beta)$ para Enero (H. Norte) y Julio (H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	0.69	0.82	0.92	1.05	1.07	1.05	1.01	0.93	0.82	0.69	0.54
10	0.64	0.78	0.90	1.07	1.10	1.10	1.07	1.00	0.91	0.78	0.64
15	0.59	0.75	0.89	1.08	1.14	1.15	1.14	1.08	1.00	0.88	0.74
20	0.53	0.71	0.87	1.10	1.18	1.21	1.21	1.17	1.10	0.99	0.85
25	0.47	0.66	0.84	1.13	1.22	1.28	1.29	1.27	1.21	1.11	0.98
30	0.40	0.61	0.82	1.15	1.27	1.35	1.39	1.39	1.34	1.26	1.13
35	0.32	0.56	0.79	1.18	1.33	1.44	1.50	1.52	1.49	1.42	1.30
40	0.23	0.49	0.75	1.22	1.40	1.54	1.64	1.68	1.68	1.62	1.51
45	0.13	0.41	0.71	1.27	1.49	1.68	1.81	1.88	1.90	1.86	1.77
50	0.02	0.30	0.65	1.33	1.61	1.85	2.03	2.14	2.20	2.18	2.10
55	-	0.18	0.57	1.40	1.77	2.08	2.32	2.50	2.60	2.18	2.56
60	-	0.03	0.47	1.49	2.00	2.42	2.76	3.02	3.19	2.62	3.23
	-	-	0.31	1.61	2.38	2.96	3.46	3.86	4.13	3.26	4.31

Tabla 8- Valores de $R_B(O, \beta)$ para Febrero (H. Norte) y Agosto (H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	0.83	0.92	0.97	1.00	0.96	0.90	0.81	0.69	0.56	0.41	0.24
10	0.79	0.89	0.96	1.01	0.99	0.94	0.87	0.76	0.63	0.49	0.33
15	0.74	0.86	0.93	1.03	1.02	0.99	0.92	0.83	0.71	0.57	0.41
20	0.70	0.82	0.93	1.04	1.06	1.04	0.98	0.90	0.79	0.66	0.51
25	0.65	0.79	0.91	1.06	1.09	1.09	1.05	0.98	0.88	0.76	0.61
30	0.59	0.75	0.89	1.08	1.13	1.14	1.12	1.06	0.97	0.86	0.71
35	0.53	0.71	0.87	1.10	1.17	1.20	1.19	1.15	1.08	0.97	0.83
40	0.47	0.67	0.85	1.12	1.21	1.27	1.28	1.26	1.19	1.09	0.96
45	0.39	0.61	0.82	1.15	1.27	1.34	1.38	1.37	1.33	1.24	1.11
50	0.30	0.55	0.79	1.18	1.33	1.43	1.50	1.51	1.48	1.41	1.29
55	0.19	0.48	0.75	1.22	1.40	1.55	1.64	1.68	1.68	1.62	1.51
60	0.06	0.38	0.70	1.27	1.50	1.69	1.82	1.90	1.92	1.88	1.79
	-	0.26	0.64	1.33	1.63	1.87	2.06	2.19	2.24	2.24	2.16

Tabla 9 - Valores de $R_B(O, \beta)$ para Marzo (H. Norte) y Septiembre (H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	1.00	1.03	1.03	0.94	0.85	0.74	0.61	0.46	0.30	0.13	-
10	0.95	1.00	1.01	0.96	0.88	0.78	0.66	0.52	0.37	0.21	0.06
15	0.91	0.97	1.00	0.97	0.91	0.83	0.72	0.59	0.44	0.29	0.13
20	0.87	0.94	0.99	0.99	0.94	0.87	0.77	0.65	0.51	0.36	0.21
25	0.82	0.91	0.97	1.00	0.97	0.91	0.83	0.72	0.59	0.44	0.29
30	0.78	0.88	0.96	1.01	1.00	0.95	0.88	0.78	0.66	0.52	0.37
35	0.74	0.85	0.94	1.03	1.03	1.00	0.94	0.85	0.74	0.60	0.45
40	0.69	0.82	0.92	1.05	1.06	1.05	1.00	0.92	0.82	0.69	0.55
45	0.64	0.79	0.91	1.06	1.09	1.09	1.06	1.00	0.90	0.78	0.64
50	0.59	0.75	0.89	1.08	1.13	1.15	1.13	1.08	1.00	0.89	0.75
55	0.54	0.72	0.87	1.10	1.17	1.20	1.20	1.17	1.10	1.00	0.86
60	0.48	0.67	0.85	1.12	1.21	1.27	1.29	1.27	1.21	1.12	0.99
	-	0.63	0.83	1.14	1.26	1.34	1.38	1.38	1.34	1.26	1.14

Tabla 10 - Valores de $R_B(O, \beta)$ para Abril (H. Norte) y Octubre (H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	1.13	1.12	1.08	0.89	0.76	0.62	0.46	0.29	0.13	0.01	-
10	1.08	1.09	1.06	0.91	0.80	0.66	0.51	0.36	0.20	0.05	-
15	1.04	1.06	1.04	0.93	0.83	0.71	0.57	0.42	0.27	0.12	0.01
20	1.00	1.03	1.03	0.94	0.86	0.75	0.62	0.48	0.33	0.19	0.05
25	0.96	1.00	1.02	0.96	0.89	0.79	0.68	0.55	0.40	0.25	0.11
30	0.92	0.97	1.00	0.97	0.91	0.83	0.73	0.61	0.47	0.32	0.18
35	0.88	0.95	0.99	0.98	0.94	0.87	0.78	0.66	0.54	0.39	0.25
40	0.84	0.92	0.98	1.00	0.96	0.91	0.83	0.72	0.60	0.47	0.32
45	0.81	0.90	0.96	1.01	0.99	0.95	0.88	0.78	0.67	0.54	0.40
50	0.78	0.88	0.95	1.02	1.02	0.98	0.93	0.84	0.74	0.61	0.48
55	0.75	0.86	0.94	1.03	1.04	1.02	0.98	0.90	0.81	0.69	0.56
60	0.72	0.84	0.93	1.04	1.06	1.06	1.03	0.97	0.88	0.77	0.64
	-	0.83	0.93	1.05	1.08	1.09	1.07	1.03	0.95	0.85	0.73

Tabla 11 - Valores de $R_B(O, \beta)$ para Mayo (H. Norte) y Noviembre (H. Sur)

$\beta(^{\circ})$ $\rightarrow\downarrow$ $\Phi(^{\circ})$	-30	-20	-10	10	20	30	40	50	60	70	80
0											
5	1.20	1.17	1.10	0.87	0.72	0.56	0.39	0.22	0.07	-	-
10	1.15	1.13	1.08	0.89	0.76	0.61	0.45	0.28	0.13	0.01	-
15	1.10	1.10	1.07	0.91	0.79	0.65	0.51	0.35	0.20	0.06	-
20	1.06	1.07	1.05	0.92	0.82	0.70	0.56	0.41	0.26	0.12	0.01
25	1.02	1.04	1.04	0.94	0.85	0.74	0.61	0.47	0.33	0.18	0.05
30	0.98	1.02	1.02	0.95	0.87	0.78	0.66	0.53	0.39	0.25	0.11
35	0.94	0.99	1.01	0.96	0.90	0.82	0.71	0.59	0.46	0.31	0.18
40	0.91	0.97	1.00	0.97	0.92	0.85	0.76	0.65	0.52	0.38	0.24
45	0.88	0.95	0.99	0.99	0.95	0.89	0.80	0.70	0.58	0.45	0.31
50	0.85	0.93	0.98	1.00	0.97	0.92	0.85	0.75	0.64	0.52	0.38
55	0.83	0.92	0.97	1.00	0.99	0.95	0.89	0.81	0.70	0.58	0.45
60	0.82	0.91	0.97	1.01	1.01	0.98	0.93	0.86	0.76	0.65	0.52
	-	0.91	0.97	1.01	1.02	1.00	0.97	0.90	0.82	0.71	0.59

Tabla 12- Valores de $R_B(O, \beta)$ para Junio (H. Norte) y Diciembre (H. Sur)

Anexo 4:

Software RETSCREEN

Es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, única en su género, desarrollada con la contribución de numerosos expertos del gobierno, industria, y académicos del Canadá. El software proporcionado es gratuito, puede ser usado para evaluar la incidencia radiactiva en cualquier punto de la tierra

Requerimientos del Computador

Los requerimientos que debe tener la computadora para instalar el programa son:

Microsoft® Excel 2000 o superior; Microsoft® Windows 2000 o superior; Microsoft® .NET Framework 2.0 o superior. Por favor asegurarse que las últimas actualizaciones de Microsoft (www.microsoft.com) para Windows y Excel se encuentren instaladas en su computadora.

Manejo del Programa:

Para el uso del programa es necesario conocer los mecanismos y formas para ingresar los datos correspondientes a cada sitio en particular de acuerdo con la secuencia del programa.

Par ingresar los datos al programa aparecerán celdas de diferentes colores y a continuación algunas de ellas:



ingreso del usuario(sin proteger)



ingreso del usuario(protegido por el programa se escoge una serie de opciones)



resultados del programa

Datos a ingresar:

Al iniciar el programa nos aparecerá una ventana donde nos solicitará información sobre el proyecto como lo podemos observar en la siguiente grafica



The screenshot shows the RETScreen International software interface. At the top, there are logos for Natural Resources Canada and Canada. The main header reads "RETScreen® International" with the website "www.retscreen.net". Below this, it says "Software de Análisis de Proyectos de Energía Limpia". The main content area is titled "Información del proyecto" and contains a form with the following fields:

Información del proyecto		Ver la base de datos del proyecto
Nombre del Proyecto	SFV SECAP-AIMBATO	
Ubicación del Proyecto	AIMBATO	
Preparado para	Diseño	
Preparado por	Paulina Ayala	
Tipo de proyecto	Generación de electricidad	
Tecnología	Fotovoltaica	
Tipo de red	Red central y carga interna	
Tipo de análisis	Método 1	
Poder calorífico de referencia	Poder Calorífico Superior (PCS)	
Mostrar parámetros	<input checked="" type="checkbox"/>	
Idioma	Spanish - Español	
Manual de usuario	English - Anglais	
Moneda	\$	
Unidades	Unidades métricas	

Gráfico 55: Información del proyecto en el programa RetScreen

Fuente:<http://www.retscreen.net/>

Condiciones de referencia del sitio

Después de ingresar los datos principales del proyecto, se procede a registrar la ubicación geográfica del sitio para poder obtener los datos de la radiación solar horizontal como se observa en el grafico siguiente

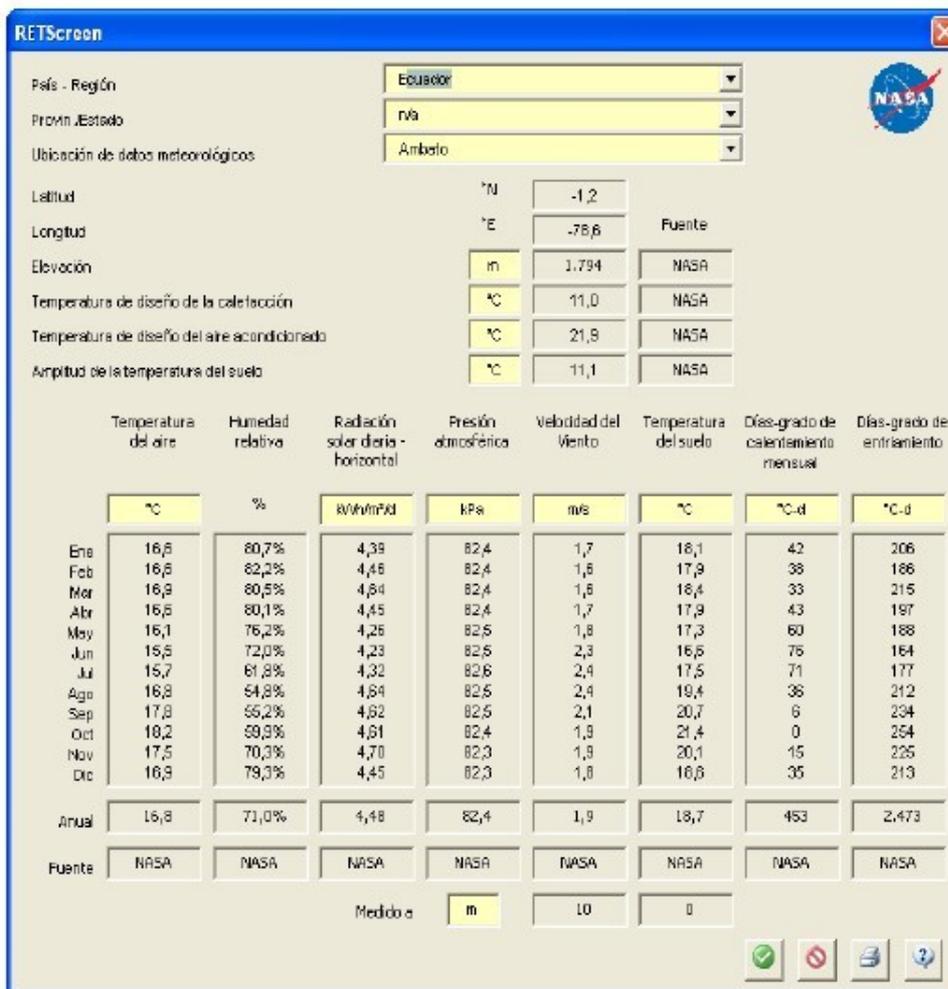


Gráfico 56: Condiciones de referencia del sitio

Fuente: <http://www.retscreen.net/>