



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA

**ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS
SISTEMAS DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA EXISTENTES
EN LOS CENTROS DE COMUNICACIONES DE LAS
UNIDADES Y DESTACAMENTOS DE LA FUERZA
TERRESTRE.**

**TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA**

**Sgos. de Trp. Ponce Q. Rommel F.
Cbop. de Com. Viteri P. Byron E.**

Latacunga-Ecuador

2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado fue realizado en su totalidad por los señores SGOS. PONCE QUEZADA ROMMEL FERNANDO y CBOP. BYRON EDUARDO VITERI PÉREZ, previo a la obtención de su Título de Tecnólogo en Electrónica.

Latacunga, Julio del 2008

Ing. Marcelo Silva
DIRECTOR

Ing. Galo Ávila
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos dado la salud y la sabiduría para poder salir adelante en nuestros estudios superiores.

A la Fuerza Terrestre, Dirección de Educación y a la ESPE por habernos dado la oportunidad de superarnos profesionalmente.

A los docentes de la ESPE sede Latacunga por su excelente trabajo y la amistad brindada en el trayecto de la Carrera.

De manera especial agradecer al Ing. Marcelo Silva y al Ing. Galo Ávila, Director y Codirector de este trabajo de graduación, quienes nos han sabido guiar de inmejorable forma y así lograr los resultados anhelados

Sgos. Ponce Rommel
Cbop. Viteri Byron

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi familia, que con su amor, apoyo, paciencia y guía fueron en todo momento el soporte fundamental para poder culminar con éxito mis Estudios Superiores.

Rommel Ponce

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos que han sido el pilar fundamental a lo largo de toda mi vida y gracias a su apoyo incondicional he logrado culminar con éxito esta Tecnología.

Byron Viteri

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: Fundamentos Teóricos

1.1.	Principio de Funcionamiento	1
1.1.1.	El Sol	1
1.1.2.	Estructura y Composición del Sol	2
1.1.3.	Radiación Solar	4
1.1.4.	Distribución Espectral de la Radiación Solar.	7
1.1.5.	Unidades de Medida	8
1.1.6.	Instrumentos de Medida	9
1.1.7.	Constante Solar	10
1.1.8.	Datos de Insolación	10
1.1.9.	La Trayectoria Solar	14
1.1.10.	Celda Fotoeléctrica	15
1.1.11.	Efecto Fotovoltaico	16
1.1.12.	Comportamiento de las Celdas Fotovoltaicas	18
1.2.	Tipos de Celdas Fotovoltaicas	
1.2.1.	Generación de Celdas Fotovoltaicas	23
1.2.2.	Materiales para la fabricación de celdas F.V.	26
1.3.	Material y Equipos Utilizados en un Sistema Fotovoltaico	27
1.3.1.	Paneles Solares	27
1.3.2.	Regulador	28
1.3.3.	Acumulador	29
1.3.4.	Convertidor	29
1.3.5.	Cableado	31
1.3.6.	Protección Sobre Corriente	31
1.3.7.	Elementos de Carga o Consumo	32
1.3.8.	Esquemas de un Sistema Fotovoltaico	38

1.3.9. Ventajas de la Energía fotovoltaica	39
1.3.10. Desventajas de la Energía fotovoltaica	41
1.4. Aplicaciones Generales	42

CAPITULO II: Situación actual de los Sistemas Fotovoltáicos en la Fuerza Terrestre.

2.1. Diagnóstico de la situación actual de los Sistemas Fotovoltáicos	45
2.1.1. Generador Fotovoltáico ISOFOTON	45
2.1.1.1. Datos Técnicos	48
2.1.1.2. Diodos de Protección	53
2.1.1.3. Cajas de Protección	54
2.1.1.4. Estructuras, Soporte y Gabinete	57
2.1.2. Regulador de Carga Pack ISOTEL	58
2.1.2.1. Características Generales	59
2.1.2.2. Instalación	60
2.1.2.3. Conexión Eléctrica	61
2.1.3. Baterías OPZV	61
2.1.3.1. Conexionado	62
2.1.3.2. Operación	63
2.1.4. Inversor ISOVERTER	65
2.1.4.1. Características del Inversor	66
2.1.4.2. Funcionamiento	68
2.1.4.3. Instalación	69
2.1.4.4. Procedimiento de puesta en marcha	71
2.2. Análisis de las principales fallas	71
2.2.1. Fallas en los Módulos Fotovoltáicos	71
2.2.2. Fallas en los Bancos de Baterías	73
2.2.3. Fallas en el regulador de Carga	75
2.2.4. Fallas en el Inversor	76
2.2.5. Otras Fallas	76

2.3.	Análisis de los Cuadros de Mantenimiento	77
------	------------------------------------------	----

CAPITULO III: Estudio para el mejoramiento de Sistemas Fotovoltaicos.

3.1.	Estudio para la corrección de fallas detectadas	78
3.1.1.	En los Paneles Fotovoltaicos	78
3.1.2.	En los bancos de Baterías	78
3.1.3.	En el Regulador de Carga	79
3.1.4.	En el Inversor	79
3.1.5.	Puesta a Tierra del Sistema	80
3.2.	Elaboración de Planes de Mantenimiento	81
3.2.1.	Mantenimiento del Panel Fotovoltaico	82
3.2.2.	Mantenimiento de la batería de acumulación	83
3.2.3.	Mantenimiento del Regulador	88
3.2.4.	Mantenimiento del Inversor	89
3.2.5.	Mantenimiento de equipos consumidores y cablerías	90
3.2.6.	Recomendaciones y Consejos Útiles	90
3.3.	Diseño de Circuitos con Paneles Solares	92
3.3.1.	Arreglos Fotovoltaicos	92
3.3.2.	Módulos en Serie	92
3.3.3.	Módulos en Paralelo	93
3.3.4.	Módulos Mixtos	94
3.3.5.	Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico	95

CAPITULO IV: Manual Básico de Operación de un Sistema Fotovoltaico

4.1.	Introducción	101
4.1.1.	Componentes del Sistema Fotovoltaico	102
4.1.2.	Análisis del Sitio Solar	103
4.1.3.	Recopilación de datos Locales	105
4.1.4.	Módulo Fotovoltaico	105
4.1.5.	Baterías	106

4.1.6.	Regulador de Voltaje	110
4.1.7.	Controlador de Baja Tensión	111
4.1.8.	Medidor	112
4.1.9.	Controlador de Carga	113
4.1.10.	Inversor	114
4.1.11.	Generador	115
4.1.12.	Cableado	116
4.1.13.	Protección Sobre Corriente	117
4.1.14.	Dimensionamiento de un Sistema	118
4.2.	Esquemas de Circuitos Eléctricos del Sistema	119
4.2.1.	Sistema de Protección Eléctrica	119
4.2.2.	Puesta a tierra del Sistema	120
4.2.3.	Puesta a tierra de los Equipos	121
4.2.4.	Configuración Serie, Paralelo, Mixto	122
4.2.5.	Configuración, Serie, Paralelo y Serie/Paralelo	123
4.3.	Conclusiones y Recomendaciones	124
4.3.1.	Conclusiones	
4.3.2.	Recomendaciones	

ANEXOS

<u>Anexo A</u>	Glosario de Términos
<u>Anexo B</u>	Manual de Instalación y Operación de los Módulos Fotovoltaicos de ISOFOTON
<u>Anexo C</u>	Manual ISOTEL 30/60/90
<u>Anexo D</u>	Manual de Baterías de Tecnología Gel
<u>Anexo E</u>	Manual de Instalación, Uso y Mantenimiento del Inversor ISOVERTER
<u>Anexo F</u>	Dimensionamiento Según Necesidades del BS-50 “Taisha”

INTRODUCCIÓN

La energía solar fotovoltaica es una de las energías renovables que se presentan como una alternativa a las fuentes tradicionales de energía.

La energía que irradia el sol en un solo segundo sería suficiente para abastecer de consumo de energía a toda la historia de la humanidad. Los paneles solares (también conocido como módulo solar) representan el principal componente de una instalación de energía solar. Usa ciertos materiales semiconductores y capta los fotones transmitidos en la luz solar para transformarlos en electricidad.

Con el término fotovoltaico se designan distintos fenómenos y tecnologías que permiten la conversión directa de la energía de la radiación solar en energía eléctrica mediante el empleo de dispositivos llamados células solares.

Aunque el efecto fotovoltaico fue descubierto por el Francés Edmund Becquerel en 1839, no fue hasta 1941 cuando se fabricó la primera célula solar de selenio en la que se conseguía una eficiencia del 1%. Desde entonces se han ido produciendo importantes avances, impulsados inicialmente por la carrera espacial, que han hecho de la tecnología fotovoltaica una tecnología madura y fiable. Los rendimientos en células espaciales de laboratorio, y bajo radiación concentrada, han llegado a alcanzar valores superiores al 30% y la tecnología del silicio monocristalino se ha convertido en la tecnología líder consiguiendo rendimientos de hasta el 17% sin concentración en células comerciales.

En la actualidad, se trabaja en nuevas tecnologías buscando la radiación en los costes, que siguen siendo relativamente elevados para competir con la energía eléctrica producida en centrales térmicas.

A pesar de que el mercado fotovoltaico ha estado restringido prácticamente a las instalaciones aisladas, estas han permitido un rápido crecimiento en la capacidad de producción de la industria fotovoltaica alcanzando en la actualidad una eficiencia de un 90%.

Motivados por los problemas ambientales del sector energético y concretamente, por los compromisos adquiridos para la reducción de emisiones de CO₂, los gobiernos de América Latina y en particular el de Ecuador, se han lanzado en apoyo decidido de las energías renovables siguiendo las directrices recogidas sobre el impacto ambiental. Bajo de la premisa de que el coste de los sistemas fotovoltaicos se mantienen elevados porque el mercado es reducido, el mismo que no se expande debido a los elevados costes de las instalaciones, el sector fotovoltaico se halla en un círculo vicioso difícil de romper si las administraciones públicas no intervienen directamente mediante garantía de venta de la energía producida y con precios especiales que permitan una relativa rentabilidad. Esto explica las subvenciones y apoyos que actualmente recibe el sector fotovoltaico y las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica. En esta situación se plantea como objetivo para el año 2010 alcanzar una producción mundial de un GWp.

Gran parte de la población mundial que no disfruta de los beneficios de la energía eléctrica vive en zonas rurales no electrificadas caracterizadas por una gran dispersión y bajas densidades de población. En estas zonas no resulta económicamente rentable la extensión de la red eléctrica, siendo la solución fotovoltaica muy interesante especialmente para instalaciones de potencias inferiores al KW, que suelen ser las más demandadas. Es esta la razón por la que la energía solar fotovoltaica cumplirá un importante papel en la electrificación de zonas rurales y en la universalidad del acceso a la energía eléctrica y a los servicios que esta proporciona.

Tomando en cuenta estos antecedentes hemos realizado el presente estudio, a fin de implementar y mejorar los sistemas fotovoltaicos en los centros de comunicaciones de las Unidades de la Fuerza Terrestre, inclusive extendiendo este beneficio a la vivienda fiscal y oficinas de las mismas.

El proyecto se ha dividido en cuatro capítulos.

En el Capítulo I se trata acerca de los fundamentos teóricos de los sistemas fotovoltaicos.

En el Capítulo II detallamos la situación actual de los sistemas fotovoltaicos en la Fuerza Terrestre.

En el Capítulo III realizamos un estudio para el mejoramiento de los sistemas fotovoltaicos existentes en la Fuerza Terrestre.

Finalmente en el capítulo IV presentamos un manual básico de operación de un sistema fotovoltaico.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Para obtener un perfecto funcionamiento de las celdas fotovoltaicas se debe considerar las características de los fenómenos naturales artificiales que componen los sistemas fotovoltaicos.

1.1.1. El Sol.

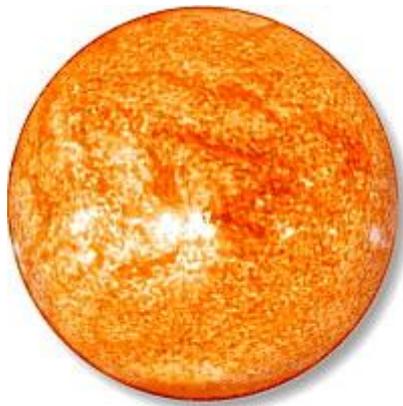


Figura 1.1. El sol como fuente de energía.

Es la estrella más cercana a la tierra y el mayor elemento del Sistema Solar. Las estrellas son los únicos cuerpos del Universo que emiten luz. El Sol es también nuestra principal fuente de energía, (figura 1.1.) que se manifiesta, sobre todo, en forma de luz y calor.

El Sol contiene más del 99% de toda la materia del Sistema Solar. Ejerce una fuerte atracción gravitatoria sobre los planetas y los hace girar a su alrededor. El Sol se formó hace 4.650 millones de años y tiene combustible para 5.000 millones más. En la tabla 1.1 se muestra las principales características del sol.

Tabla 1.1. Características del Sol.

Datos básicos	El Sol	La Tierra
Tamaño: radio ecuatorial	695.000 km.	6.378 km.
Periodo de rotación sobre el eje	de 25 a 36 días *	23,93 horas
Masa comparada con la Tierra	332.830	1
Temperatura media superficial	6000 ° C	15 ° C
Gravedad superficial en la fotosfera	274 m/s ²	9,78 m/s ²

1.1.2. Estructura y Composición del Sol.

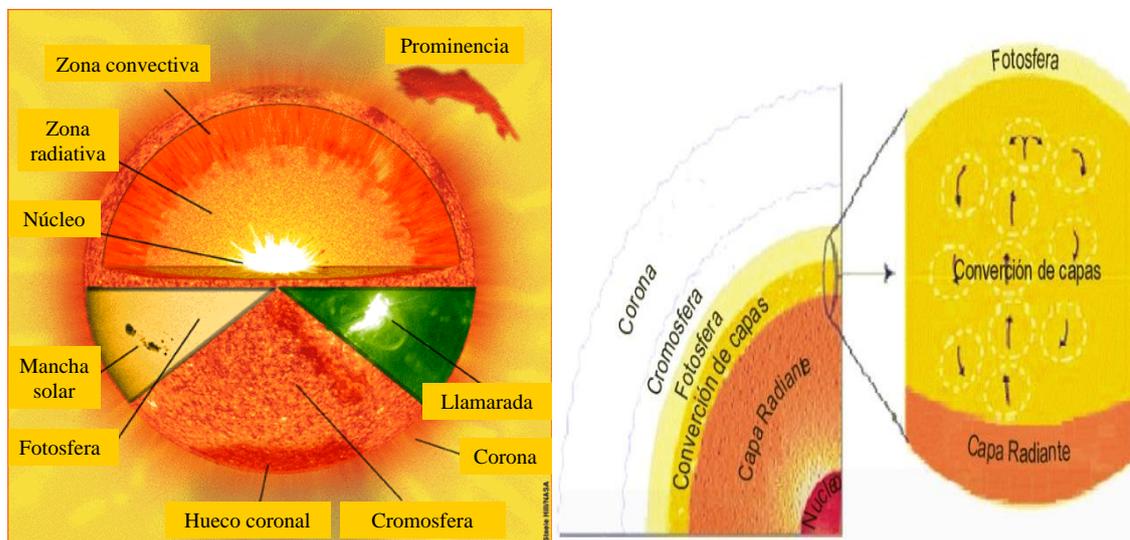


Figura 1.2. Estructura y composición del sol.

El Sol es una bola que puede dividirse en capas concéntricas. De dentro a fuera, (figura 1.2) estas son:

Núcleo: es la zona del Sol donde se produce la fusión nuclear debido a la alta temperatura, es decir, el generador de la energía del Sol.

Zona Radiativa: las partículas que transportan la energía (fotones) intentan escapar al exterior en un viaje que puede durar unos 100.000 años debidos a que estos fotones son absorbidos continuamente y reemitidos en otra dirección distinta a la que tenían.

Zona Convectiva: en ésta zona se produce el fenómeno de la convección, es decir, columnas de gas caliente ascienden hasta la superficie, se enfrían y vuelven a descender.

Fotósfera: es una capa delgada, de unos 300 Km, que es la parte del Sol que nosotros vemos, la superficie. Desde aquí se irradia luz y calor al espacio. La temperatura es de unos 5.000°C. En la fotosfera aparecen las manchas oscuras y las fáculas que son regiones brillantes alrededor de las manchas, con una temperatura superior a la normal de la fotosfera y que están relacionadas con los campos magnéticos del Sol.

Cromósfera: sólo puede ser vista en la totalidad de un eclipse de Sol. Es de color rojizo, de densidad muy baja y de temperatura altísima, de medio millón de grados. Está formada por gases enrarecidos y en ella existen fortísimos campos magnéticos.

Corona: capa de gran extensión, temperaturas altas y de bajísima densidad. Está formada por gases enrarecidos y gigantescos campos magnéticos que varían su forma de hora en hora. Ésta capa es impresionante vista durante la fase de totalidad de un eclipse de Sol.

El sol es la estrella más próxima a la Tierra y se encuentra a una distancia promedio de 150 millones de kilómetros. Es la principal fuente primaria de luz y calor para la Tierra. Un análisis de su composición en función de su masa establece que contiene un 92.1% de Hidrógeno, un 7.8% Helio, y un 0.01% de otros elementos más pesados. Debido a que el Sol es gas y plasma, su

rotación cambia con la latitud: un periodo de 24 días en el ecuador y cerca de 36 días en los polos (Ver tabla 1.2). La diferencia en la velocidad rotacional conjuntamente con el movimiento de los gases altamente ionizados genera sus campos magnéticos.

Tabla 1.2. Composición química del sol.

Componentes químicos	Símbolo	%
Hidrógeno	H	92,1
Helio	He	7,8
Oxígeno	O	0,061
Carbono	C	0,03
Nitrógeno	N	0,0084
Neón	Ne	0,0076
Hierro	Fe	0,0037
Silicio	Si	0,0031
Magnesio	Mg	0,0024
Azufre	S	0,0015
Otros		0,0015

1.1.3. Radiación solar.

Medir la radiación solar es importante para un amplio rango de aplicaciones, en el sector de la agricultura, ingeniería, entre otros, destacándose la generación de electricidad, diseño y uso de sistemas de calentamiento solar, implicaciones en la salud, modelos de predicción del tiempo y el clima, y muchas otras aplicaciones más.

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del sol es radiación electromagnética

proporcionada por las reacciones del hidrógeno en el núcleo del sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar.

El sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera.

La radiación es emitida sobre un espectro de longitud de ondas, con una cantidad específica de energía para cada longitud de onda, la cual puede ser calculada usando la ley de Planck:

$$E_{\lambda} = a / [\lambda^5 \{e^{(b/\lambda T)} - 1\}] \quad (1.1)$$

Donde, E_{λ} es la cantidad de energía ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$) emitida a una longitud de onda $\lambda(\mu m)$ por un cuerpo con una temperatura T (en grados Kelvin), con a y b como constantes. Asumiendo que el Sol es un cuerpo negro, por diferenciación de la ecuación es posible determinar la longitud de onda máxima de emisión de radiación procedente del sol:

$$\lambda = 2897 / T \quad (1.2)$$

Esta ecuación es conocida como la ley de Wien. Para una temperatura de $5.800^{\circ}K$ (temperatura de la superficie solar) la longitud máxima de energía es aproximadamente $0,5 \mu m$ (micrómetro, equivalente a $1 \times 10^{-6}m$) (ver figura 1.3). Esta longitud de onda corresponde a radiación en la parte del espectro visible.

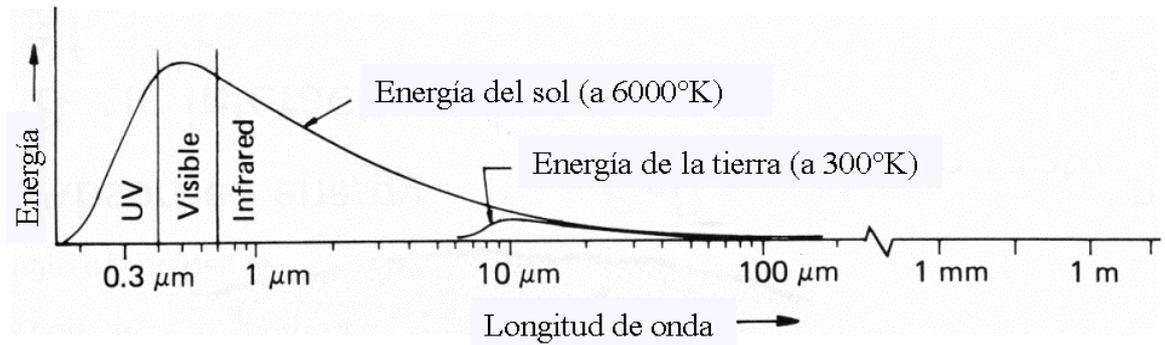


Figura 1.3. Energía radiada por el sol y la tierra

A través de la integración de la ecuación (1.1) resulta la ley de Stefan-Boltzmann, por medio de la cual, se puede determinar el total de energía emitida por el sol:

$$E_{\text{Total}} = \sigma T^4 \tag{1.3}$$

Donde σ es la constante de Stefan-Boltzmann (dentro de la radiación como mecanismo básico de la transmisión de calor su valor es: $5,6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$). Resolviendo la ecuación (1.3) para una temperatura solar de 5.800 K, la energía total de salida es de aproximadamente 64 millones W/m^2 , de la cual, la Tierra solo intercepta 1.367 W/m^2 (constante solar).

En la figura 1.4, la curva 1 representa la solución ideal de la ley de Plank de la radiación solar que llega al tope de la atmósfera, donde el punto más alto de la curva representa la longitud de onda con la mayor energía espectral ($0,5 \mu\text{m}$), de acuerdo con la ley de Wien y la curva 2 constituye el espectro de la radiación solar después de la absorción atmosférica debida a diferentes gases.

El estudio del espectro de la radiación solar que llega a la superficie del suelo permite establecer que la radiación de longitud de onda menor que $0,2 \mu\text{m}$ debe ser absorbida totalmente por la atmósfera. Esta energía es absorbida principalmente en la atmósfera por el oxígeno molecular (O_2), ozono (O_3), y el vapor de agua (H_2O).

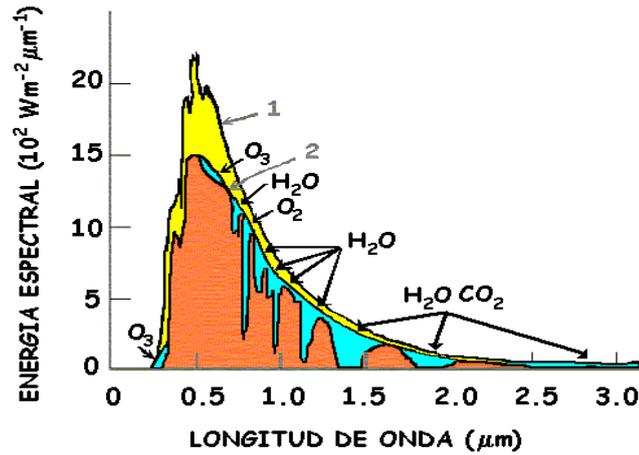


Figura 1.4. Espectro de radiación solar fuera de la atmósfera de la tierra (curva 1) y a nivel del mar para condiciones de cielo despejado (curva 2).

1.1.4. Distribución espectral de la radiación solar.

La energía solar llega en forma de radiación electromagnética o luz. La radiación electromagnética, son ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica.

La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro en diferentes longitudes de onda, como se muestra en la figura 1.5, que se extiende desde longitudes de onda corta de billonésimas de metro (frecuencias muy altas), como los rayos gama, hasta longitudes de onda larga de muchos kilómetros (frecuencias muy bajas) como las ondas de radio. El espectro electromagnético no tiene definidos límites superior ni inferior y la energía de una fracción diminuta de radiación, llamada fotón, es inversamente proporcional a su longitud de onda, entonces a menor longitud de onda mayor contenido energético.

El Sol emite energía en forma de radiación de onda corta, principalmente en la banda del ultravioleta, visible y cercano al infrarrojo, con longitudes de onda entre 0,2 y 3,0 micrómetros (200 a 3.000 nanómetros):

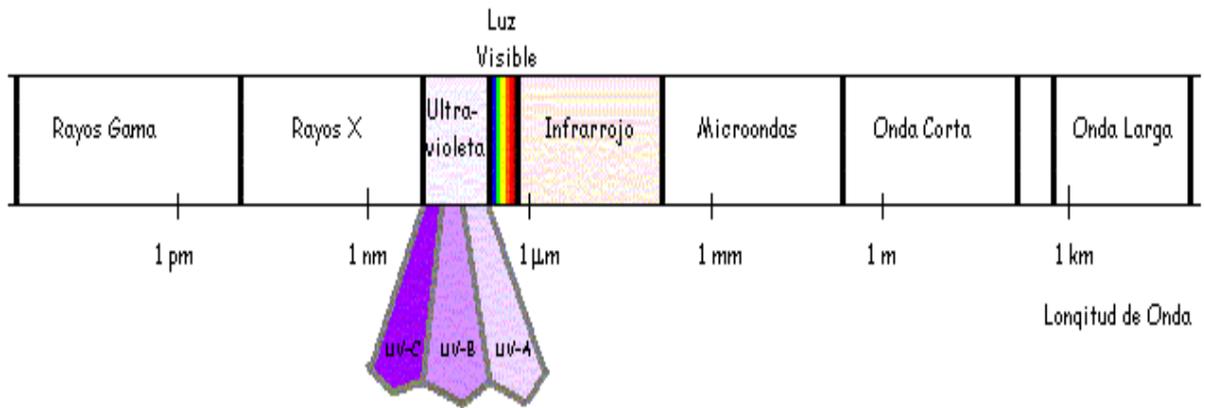


Figura 1.5. Espectro electromagnético de la radiación solar. (Fuente: IDEAM).

1.1.5. Unidades de medida.

A. Radiación solar global

Las cantidades de radiación son expresadas generalmente en términos de exposición radiante o irradiancia, siendo esta última una medida del flujo de energía recibida por unidad de área en forma instantánea como I y cuya unidad es el vatio por metro cuadrado (W/m^2). Un vatio es igual a un Joule por segundo.

$$Irradiancia = \left(\frac{Energía}{Área \cdot Tiempo} \right) \quad (1.4)$$

La exposición radiante es la medida de la radiación solar, en la cual la irradiancia es integrada en el tiempo como "y", cuya unidad es el kWh/m² por día (si es integrada en el día) ó MJ/m² por día.

$$Exposición = \left(\frac{Energía}{Área} \right) \quad (1.5)$$

Por ejemplo, 1 minuto de exposición radiante es una medida de la energía recibida por metro cuadrado sobre un periodo de un minuto. Sin embargo, un

minuto de exposición radiante = irradiancia media (W/m^2) x 60 (s) y tiene unidades de Joule por metro cuadrado (J/m^2). Finalmente, una hora de exposición radiante es la suma de los 60 minutos de exposición radiante. Otras magnitudes radio métricas.

Tabla 1.3. Conversiones útiles para radiación

Unidad	Equivalencia
1 vatio (W)	1Joule/segundo (J/s)
1 W*h	3.600 J
1 KW*h	3,6 MJ
1 W*h	3,412 Btu
1 Caloría	0.001163 W*h
1 Caloría	4,187 Joule
1 cal/cm ²	11,63 W*h/m ²
1 MJ/m ²	0,27778 kW*h/m ²
1 MJ/m ²	277,78 W*h/m ²
1 MJ/m ²	23,88 cal/cm ²
1BTU	252 calorías
1BTU	1,05506 KJ
1 cal/(cm ² *min)	60,29 MJ/m ² por día

1.1.6. Instrumentos de medida.

La radiación solar se mide en forma directa utilizando instrumentos que reciben el nombre de radiómetros y en forma indirecta mediante modelos matemáticos de estimación que correlacionan la radiación con el brillo solar. Los radiómetros solares como los piranómetros o solarímetros y los pirheliómetros, según sus características (ver tabla 1.4), pueden servir para medir la radiación solar incidente global (directa más difusa), la directa (procedente del rayo solar), la difusa, la neta y el brillo solar.

Los radiómetros se pueden clasificar según diversos criterios: el tipo de variable que se pretende medir, el campo de visión, la respuesta espectral, el empleo principal a que se destina, etc.

Tabla 1.4. Instrumentos meteorológicos para la medida de la radiación.

Tipo de Instrumento	Parámetro de Medida
Piranómetro	i) Radiación Global, ii) Radiación directa, iii) Radiación difusa iv) Radiación solar reflejada. (usado como patrón nacional)
Piranómetro Espectral	Radiación Global en intervalos espectrales de banda ancha
Pirheliómetro Absoluto	Radiación Directa (usado como patrón nacional)
Pirheliómetro de incidencia normal	Radiación Directa (usado como patrón secundario)
Pirheliómetro (con filtros)	Radiación Directa en bandas espectrales anchas
Actinógrafo	Radiación Global
Pirgeómetro	Radiación Difusa
Radiómetro neto ó piranómetro diferencial	Radiación Neta
Heliógrafo	Brillo Solar

1.1.7. Constante solar.

En el tope de la atmósfera, a una distancia promedio de 150×10^6 Km del sol, el flujo de energía de onda corta interceptada por una superficie normal a la dirección del sol en vatios por metro cuadrado (W/m^2) es llamada constante solar. Midiendo su variabilidad en el espacio y en el tiempo sobre el globo se puede definir el forzamiento radiativo básico del sistema climático. Este valor da una idea de los valores que se registran en el tope de la atmósfera y de los valores que finalmente llegan a la superficie de la tierra durante el día como consecuencia de las “pérdidas” de radiación por fenómenos (procesos de atenuación) como la reflexión, refracción y difracción durante su trayectoria.

$$\begin{aligned}
 I_0 &= 1.367 \text{ W/m}^2 & (1.6) \\
 &= 433.3 \text{ Btu}/(\text{ft}^2 \cdot \text{h}) \\
 &= 1,96 \text{ cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})
 \end{aligned}$$

1.1.8. Datos de insolación.

La insolación es un parámetro clave en el diseño de sistemas solares. Los factores principales que afectan la insolación sobre una superficie captadora

son las condiciones climáticas y el ángulo de la superficie captadora con respecto a la posición del sol. En lugares donde los días nublados son relativamente más frecuentes, la insolación promedio es menor. Cuando la latitud del lugar sobrepasa los 15°, los días de invierno son apreciablemente más cortos que los días de verano. Esto resulta en una mayor insolación promedio en el verano.

Debido a que la insolación depende del ángulo del arreglo con respecto a la posición del sol, se usa la insolación horizontal para referirse al potencial solar del lugar. A partir de la insolación horizontal se puede estimar la insolación a un azimut y elevación determinado. Existen tablas y mapas de insolación horizontal para diferentes regiones y épocas del año provenientes de varias fuentes.

a) Radiación directa (H_b)

Es la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra en forma de rayos provenientes del Sol sin haber sufrido difusión, ni reflexión alguna. Se puede calcular a partir de la siguiente ecuación: (1.7)

$$H_b = I' = I \text{ sen } h \quad (1.7)$$

Donde I' es la componente vertical de la radiación solar directa y h la altura del sol sobre el horizonte. Es evidente que I es mayor que I' y son iguales solamente cuando el Sol se encuentra en el Cenit (ver figura 1.6.).

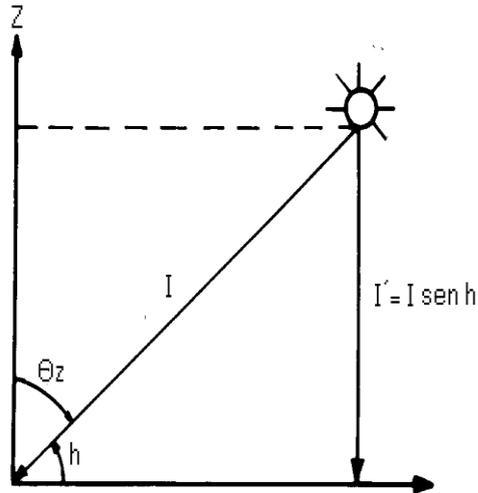


Figura 1.6. Componente directa de la radiación sol

Sobre la superficie de la tierra, el flujo de la radiación directa depende de los siguientes factores:

- Constante solar.
- Altura del sol sobre el horizonte (h).
- Transparencia atmosférica en presencia de gases absorbentes, nubes y niebla.

b) Radiación difusa (h_d)

Es la componente de la radiación solar que al encontrar pequeñas partículas en suspensión en la atmósfera en su camino hacia la tierra e interactuar con las nubes, es difundida en todas las direcciones; el flujo con el cual esta energía incide sobre una superficie horizontal por segundo es lo que llamamos radiación solar difusa. También es definida como la cantidad de energía solar que incide sobre una superficie horizontal desde todos los lugares de la atmósfera diferente de la radiación solar directa. Cuando no hay nubes en el cielo, la radiación difusa se produce por medio del proceso de difusión a través de partículas atmosféricas.

La radiación solar difusa diaria es la cantidad de radiación difusa entre las seis de la mañana y las seis de la tarde y sus valores oscilan entre 300 y 5.500 $W \cdot h/m^2$ al día.

Sobre la superficie de la tierra la radiación difusa depende de:

a) La altura del Sol sobre el horizonte. A mayor altura, mayor es el flujo de radiación difusa.

b) Cantidad de partículas en la atmósfera. A mayor cantidad de partículas, mayor es la componente difusa; por consiguiente aumenta con la contaminación.

c) Nubosidad. Aumenta con la presencia de capas de nubes blancas relativamente delgadas.

d) Altura sobre el nivel del mar. Al aumentar la altura, el aporte de la radiación difusa es menor debido a que disminuye el espesor de las capas difusoras en la atmósfera.

c) Radiación global (H)

La radiación global es toda la radiación que llega a la tierra que se mide sobre una superficie horizontal en un ángulo de 180 grados, resultado de la componente vertical de la radiación directa más la radiación difusa. El aporte de cada componente a la radiación global, varía con la altura del Sol, la transparencia de la atmósfera y la nubosidad.

Su evaluación se efectúa por el flujo de esta energía por unidad de área y de tiempo sobre la superficie horizontal expuesta al sol y sin ningún tipo de sombra; de esta manera, si llamamos H al flujo de radiación global, H_d al flujo de radiación difusa y H_b la componente directa; se tiene que:

$$H = I \operatorname{sen} h + H_d = H_b + H_d \quad (1.8)$$

La radiación solar global diaria es el total de la energía solar en el día y sus valores típicos están dentro del rango de 1 a 35 MJ/m² (mega joules por metro cuadrado).

Recordando que I es la intensidad de la radiación directa sobre la superficie normal a los rayos solares, h la altura del Sol, e I' la componente vertical de la radiación directa sobre una superficie horizontal, entonces:

$$H = I' + H_d \quad (1.9)$$

El aporte de cada componente a la radiación global, varía con la altura del Sol, la transparencia de la atmósfera y la nubosidad.

1.1.9. La trayectoria solar.

Además de las condiciones atmosféricas hay otro parámetro que afecta radicalmente a la incidencia de la radiación sobre un captador solar, este es el movimiento aparente del sol a lo largo del día y a lo largo del año, ver Figura 1.7. Se dice "aparente" porque en realidad la Tierra es la que está girando y no el Sol. La Tierra tiene dos tipos de movimientos: uno alrededor de su propio eje (llamado movimiento rotacional) el cual da lugar al día y la noche y el otro; es alrededor del sol (llamado movimiento traslacional) siguiendo una trayectoria elíptica, el cual da lugar a las estaciones del año.

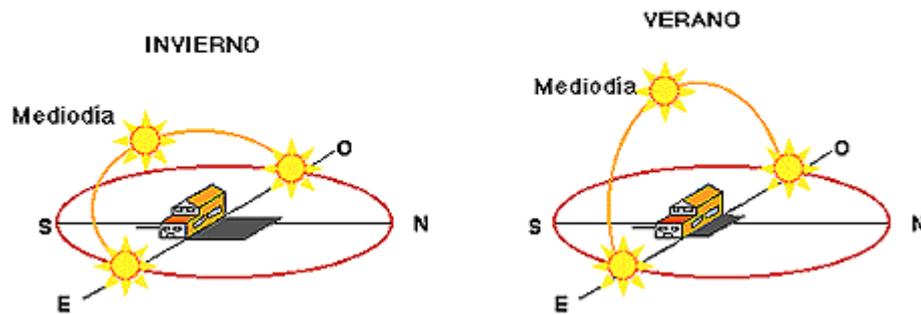


Figura 1.7. Movimiento aparente del sol en la bóveda celeste en función de la hora del día y la época del año

Un arreglo fotovoltaico recibe la máxima insolación cuando se mantiene apuntando directamente al sol. Esto requeriría el ajuste de dos ángulos del arreglo: el azimut para seguir el movimiento diario del sol de este a oeste, y el ángulo de elevación para seguir el movimiento anual de la trayectoria solar en la dirección norte-sur.

1.1.10. Celda fotoeléctrica.

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 fotoeléctrico.

La celda cuenta con dos terminales que se conectan a un circuito externo para extraer la corriente eléctrica producida. La cara de la oblea expuesta a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (plata y/o aluminio), el cual colecta los electrones foto generados. Esta capa corresponde a la terminal negativa. Sobre este enrejado está conectado uno de los conductores del circuito exterior. La otra cara cuenta con una capa metálica, usualmente de aluminio. Esta corresponde a la terminal positiva ya que en ella se acumulan las cargas positivas. Sobre esta capa está conectado el otro conductor del circuito exterior. También la celda esta cubierta con una película delgada antirreflejante para disminuir las pérdidas por reflexión. (Ver figura 1.8)

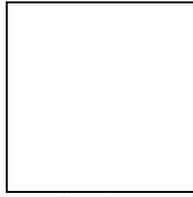


Figura 1.8. Generación eléctrica en una celda fotovoltaica.

1.1.11. Efecto fotovoltaico.

Cuando algunos metales se ponen bajo iluminación se crea una fuerza electromotriz o una diferencia de voltaje. Si se le conecta una carga, se produce una corriente. Esta corriente producida es proporcional al flujo luminoso que reciben. Este fenómeno se conoce como efecto fotovoltaico.

En un captador solar el efecto fotovoltaico se presenta como una diferencia de voltaje en sus terminales cuando está bajo iluminación. Si a las terminales del captador se le conecta un aparato eléctrico, por ejemplo, una lámpara, entonces la lámpara se debe encender debido a la corriente eléctrica que pasa a través de él. A la unidad mínima en donde se lleva a cabo el efecto fotovoltaico se le llama celda solar. En la figura 1.9. Se muestra este efecto.

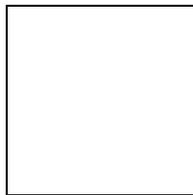


Figura 1.9. Representación física del efecto fotovoltaico en una celda solar.

1.1.12. Comportamiento de las celdas fotovoltaicas.

a) Principios teóricos de funcionamiento.

Algunos de los fotones, que provienen de la radiación solar, impactan sobre la primera superficie del panel, penetrando en este y siendo absorbidos por materiales semiconductores, tales como el silicio o el arseniuro de galio.

Los electrones, subpartículas atómicas que forman parte del exterior de los átomos, y que se alojan en orbitales de energía cuantizada, son golpeados por

los fotones (interaccionan) liberándose de los átomos a los que estaban originalmente confinados.

Esto les permite, posteriormente, circular a través del material y producir electricidad. Las cargas positivas complementarias que se crean en los átomos que pierden los electrones, (parecidas a burbujas de carga positiva) se denominan huecos y fluyen en el sentido opuesto al de los electrones, en el panel solar.

Se ha de comentar que, así como el flujo de electrones corresponde a cargas reales, es decir, cargas que están asociadas a desplazamiento real de masa los huecos, en realidad, son cargas que se pueden considerar virtuales puesto que no implican desplazamiento de masa real.

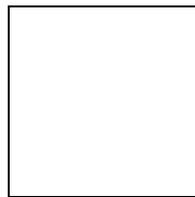


Figura 1.10. Representación de la diferencia de potencial, o voltaje de corriente con respecto al tiempo en corriente continua.

Un conjunto de paneles solares transforman la energía solar (energía en forma de radiación y que depende de la frecuencia de los fotones) en una determinada cantidad de corriente continua, también denominada DC (acrónimo del inglés Direct Current y que corresponde a un tipo de corriente eléctrica que se describe como un movimiento de cargas en una dirección y un sólo sentido, a través de un circuito. Los electrones se mueven de los potenciales más bajos a los más altos).

Opcionalmente:

La corriente continua se lleva a un circuito electrónico conversor (invertir) que transforma la corriente continua en corriente alterna, (AC) (tipo de corriente disponible en el suministro eléctrico de cualquier hogar) de 120 a 240 voltios.

La electricidad generada se distribuye, casi siempre, a la línea de distribución de los dispositivos de iluminación de la casa, ya que estos no consumen excesiva energía, y son los adecuados para que funcionen correctamente con la corriente generada por el panel.

b) Fotogeneración de portadores de carga.

Cuando un fotón llega a una pieza de silicio, pueden ocurrir tres acontecimientos:

El fotón puede pasar a través del material de silicio sin producir ningún efecto, esto ocurre, generalmente para fotones de baja energía.

Los fotones pueden ser reflejados al llegar a la superficie del panel, y son expulsados de este.

El fotón es absorbido por el silicio, en cuyo caso puede ocurrir:

Producir pares de electrones-huecos, si la energía del fotón incidente es más alta que la mínima necesaria para que los electrones liberados lleguen a la banda conducción.

Nótese que si un fotón tiene un número entero de veces el salto de energía para que el electrón llegue a la banda de conducción, podría crear más de un único par electrón-hueco. No obstante, este efecto no es significativo, de manera usual, en las células solares. Este fenómeno, de múltiplos enteros, es explicable mediante la mecánica cuántica y la cuantización de la energía.

Cuando se absorbe un fotón, la energía de este se comunica a un electrón de la red cristalina. Usualmente, este electrón está en la banda de valencia, y está fuertemente vinculado en enlaces covalentes que se forman entre los átomos colindantes. El conjunto total de los enlaces covalentes que forman la red cristalina da lugar a lo que se llama la banda de valencia. Los electrones pertenecientes a esa banda son incapaces de moverse más allá de los

confines de la banda, a no ser que se les proporcione energía, y además energía determinada. La energía que el fotón le proporciona es capaz de excitarlo y promocionarlo a la banda de conducción, que está vacía y donde puede moverse con relativa libertad, usando esa banda, para desplazarse, a través del interior del semiconductor.

El enlace covalente del cual formaba parte el electrón, tiene ahora un electrón menos. Esto se conoce como hueco. La presencia de un enlace covalente perdido permite a los electrones vecinos moverse hacia el interior de ese hueco, que producirá un nuevo hueco al desplazarse el electrón de al lado, y de esta manera, y por un efecto de traslaciones sucesivas, un hueco puede desplazarse a través de la red cristalina. Así pues, se puede afirmar que los fotones absorbidos por el semiconductor crean pares móviles de electrones-huecos.

Un fotón solo necesita tener una energía más alta que la necesaria para llegar a los huecos vacíos de la banda de conducción del silicio, y así poder excitar un electrón de la banda de valencia original a dicha banda.

El espectro de frecuencia solar es muy parecido al espectro del cuerpo negro cuando este se calienta a la temperatura de 6000K y, por tanto, gran cantidad de la radiación que llega a la Tierra está compuesta por fotones con energías más altas que la necesaria para llegar a los huecos de la banda de conducción. Ese excedente de energía que muestran los fotones, y mucho mayor de la necesaria para la promoción de electrones a la banda de conducción, será absorbida por la célula solar y se manifestará en un apreciable calor (dispersado mediante vibraciones de la red, denominadas fotones) en lugar de energía eléctrica utilizable.

c) Separación de los portadores de carga.

Hay dos modos fundamentales para la separación de portadores de carga en una célula solar:

Movimiento de los portadores, impulsados por un campo electrostático establecido a través del dispositivo.

Difusión de los portadores de carga de zonas de alta concentración de portadores a zonas de baja concentración de portadores (siguiendo un gradiente de potencial eléctrico).

En las células de unión p-n, ampliamente usadas en la actualidad, el modo que predomina en la separación de portadores es por la presencia de un campo electrostático. No obstante, en células solares en las que no hay uniones p-n (típicas de la tercera generación de células solares experimentales, como células de película delgada de polímeros o de tinta sensibilizada), el campo eléctrico electrostático parece estar ausente. En este caso, el modo dominante de separación es mediante la vía de la difusión de los portadores de carga.

d) generación de corriente en una placa convencional

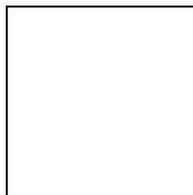


Figura 1.11. Esquema eléctrico.

Los módulos fotovoltaicos funcionan, como se ha dejado entrever en el anterior apartado, por el efecto fotoeléctrico. Cada célula fotovoltaica está compuesta de, al menos, dos delgadas láminas de silicio. Una dopada con elementos con menos electrones de valencia que el silicio, denominada P y otra con elementos con más electrones que los átomos de silicio, denominada N. Ambas están separadas por un semiconductor.

Aquellos fotones procedentes de la fuente luminosa, que presentan energía adecuada, inciden sobre la superficie de la capa P, y al interactuar con el material liberan electrones de los átomos de silicio los cuales, en movimiento, atraviesan la capa de semiconductor, pero no pueden volver. La capa N adquiere una diferencia de potencial respecto a la P. Si se conectan unos conductores eléctricos a ambas capas y estos, a su vez, se unen a un dispositivo o elemento eléctrico consumidor de energía que, usualmente y de forma genérica se denomina carga, se iniciará una corriente eléctrica continua.

Este tipo de paneles producen electricidad en corriente continua y aunque su efectividad depende tanto de su orientación hacia el sol como de su inclinación con respecto a la horizontal, se suelen montar instalaciones de paneles con orientación e inclinación fija, por ahorros en mantenimiento. Tanto la inclinación como la orientación, al sur, se fija dependiendo de la latitud y tratando de optimizarla al máximo usando las recomendaciones de la norma ISO correspondiente.

d) La unión p-n.

La célula solar más usual está fabricada en silicio y configurada como una gran área de unión p-n. Una simplificación de este tipo de placas puede considerarse como una capa de silicio de tipo n directamente en contacto con una capa de silicio de tipo p. En la práctica, las uniones p-n de las células solares, no están hechas de la manera anterior, más bien, se elaboran por difusión de un tipo de dopante en una de las caras de una oblea de tipo p, o viceversa.

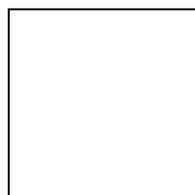


Figura 1.12. Unión P-N de las células solares

Si la pieza de silicio de tipo p es ubicada en íntimo contacto con una pieza de silicio de tipo n, tiene lugar la difusión de electrones de la región con altas concentraciones de electrones (la cara de tipo n de la unión) hacia la región de bajas concentraciones de electrones (cara tipo p de la unión).

Cuando los electrones se difunden a través de la unión p-n, se recombinan con los huecos de la cara de tipo p. Sin embargo, la difusión de los portadores no continúa indefinidamente. Esta separación de cargas, que la propia difusión crea, genera un campo eléctrico provocado por el desequilibrio de las cargas parando, inmediatamente, el flujo posterior de más cargas a través de la unión.

El campo eléctrico establecido a través de la creación de la unión p-n crea un diodo que permite el flujo de corriente en un solo sentido a través de dicha unión. Los electrones pueden pasar del lado de tipo n hacia el interior del lado p, y los huecos pueden pasar del lado de tipo p hacia el lado de tipo n. Esta región donde los electrones se han difundido en la unión se llama región de agotamiento porque no contiene nada más que algunos portadores de carga móviles. Es también conocida como la región de espacio de cargas.

1.2. TIPOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS.

1.2.1. Generación de celdas fotovoltaicas.

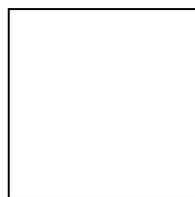


Figura. 1.13. Diferencias de energía en los diferentes tipos de celdas.

El esquema de la figura corresponde a las diferencias de energía que hay entre las bandas de valencia y las bandas de conducción en tres tipos distintos de materiales. Dicha diferencia condiciona la conductividad eléctrica de los mismos.

a) Primera generación.



Figura.1.14. Barra de silicio policristalino

La primera generación de células fotovoltaicas consistía en una gran superficie de cristal simple. Una simple capa con unión diodo p-n, capaz de generar energía eléctrica a partir de fuentes de luz con longitudes de onda similares a las que llegan a la superficie de la Tierra provenientes del Sol. Estas células están fabricadas, usualmente, usando un proceso de difusión con obleas de silicio. Esta primera generación (conocida también como células solares basadas en oblea) es, actualmente la tecnología dominante en la producción comercial y constituyen, aproximadamente, el 86% del mercado de células solares terrestres.

b) Segunda generación.

La segunda generación de materiales fotovoltaicos se basan en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Hay dos clases de células fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres. Las células espaciales, usualmente, tienen eficiencias AM0 (Air Mass Zero) más altas (28-30%), pero tienen un coste por vatio más alto. En las terrestres la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo coste, pero tienen una eficiencia AM0 (7-9%), más baja, y, por razones evidentes, se cuestionan para aplicaciones espaciales.

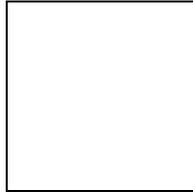


Figura. 1.15. Registro en el que se aprecia la evolución de la eficiencia de las células solares a lo largo de los años.

Las predicciones antes de la llegada de la tecnología de película delgada apuntaban a una considerable reducción de costos para células solares de película delgada. Reducción que ya se ha producido. Actualmente hay un gran número de tecnologías de materiales semiconductores bajo investigación para la producción en masa. Se pueden mencionar, entre estos materiales, al silicio amorfo, silicio policristalino, silicio microcristalino, telururo de cadmio y sulfuros y seleniuros de indio. Teóricamente, una ventaja de la tecnología de película delgada es su masa reducida, muy apropiada para paneles sobre materiales muy ligeros o flexibles. Incluso materiales de origen textil.

La llegada de películas delgadas de Ga y As para aplicaciones espaciales (denominadas células delgadas) con potenciales de eficiencia AM0 por encima del 37% está, actualmente, en estado de desarrollo para aplicaciones de elevada potencia específica. La segunda generación de células solares constituye un pequeño segmento del mercado fotovoltaico terrestre, y aproximadamente el 90% del mercado espacial.

c) Tercera generación.

La tercera generación de células fotovoltaicas que se están proponiendo en la actualidad son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que realmente no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga fotos generadas. Para aplicaciones espaciales, se están estudiando dispositivos de huecos cuánticos (puntos cuánticos, cuerdas cuánticas, etc.) y dispositivos que incorporan nanotubos de carbono, con un potencial de más del 45% de eficiencia AM0. Para aplicaciones terrestres, se encuentran en fase de investigación dispositivos que

incluyen células foto electroquímicas, células solares de polímeros, células solares de nano cristales y células solares de tintas sensibilizadas.

Una hipotética cuarta generación de células solares consistiría en una tecnología fotovoltaica compuesta en las que se mezclan, conjuntamente, nano partículas con polímeros para fabricar una capa simple multiespectral.

d) Cuarta generación.

Posteriormente, varias capas delgadas multiespectrales se podrían apilar para fabricar las células solares multiespectrales definitivas. Células que son más eficientes, y baratas. Basadas en esta idea, y la tecnología multiunión, se han usado en las misiones de Marte que ha llevado a cabo la NASA. La primera capa es la que convierte los diferentes tipos de luz, la segunda es para la conversión de energía y la última es una capa para el espectro infrarrojo. De esta manera se convierte algo del calor en energía aprovechable. El resultado es una excelente célula solar compuesta. La investigación de base para esta generación se está supervisando y dirigiendo por parte de la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) para determinar si esta tecnología es viable o no. Entre las compañías que se encuentran trabajando en esta cuarta generación se encuentran Xsunx, Konarka Technologies, Inc., Nanosolar, Dyesol y Nanosys.

1.2.2. Materiales para la fabricación de celdas f.v.

El efecto fotovoltaico se puede llevar a cabo en materiales sólidos, líquidos o gaseosos; pero es en sólidos, especialmente en los materiales semiconductores, en donde se han encontrado eficiencias aceptables de conversión de energía luminosa a eléctrica. Existen diferentes materiales semiconductores con los cuales se pueden elaborar celdas solares, pero el que se utiliza comúnmente es el silicio en sus diferentes formas de fabricación.

Silicio Monocristalino: Las celdas están hechas de un solo cristal de silicio de muy alta pureza. La eficiencia de estos módulos ha llegado hasta el 17%. Los

módulos con estas celdas son los más maduros del mercado, proporcionando con esto confiabilidad en el dispositivo de tal manera que algunos fabricantes los garantizan hasta por 25 años.

Silicio Policristalino: Su nombre indica que estas celdas están formadas por varios cristales de silicio. Esta tecnología fue desarrollada buscando disminuir los costos de fabricación. Dichas celdas presentan eficiencias de conversión un poco inferiores a las monocristalinas pero se ha encontrado que pueden obtenerse hasta un orden de 15%. La garantía del producto puede ser hasta por 20 años dependiendo del fabricante.

Silicio Amorfo: La palabra amorfo significa carencia de estructura. La estructura cristalina de estas celdas no tiene un patrón ordenado característico del silicio cristalino. La tecnología de estos módulos ha estado cambiando aceleradamente en los últimos años. En la actualidad su eficiencia ha subido hasta establecerse en el rango de 5 a 10% y promete incrementarse. La garantía del producto puede ser hasta por 10 años dependiendo del fabricante.

1.3. MATERIAL Y EQUIPOS UTILIZADOS EN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

En una instalación fotovoltaica consta de cuatro partes o elementos que son los siguientes:

- Paneles solares
- Acumuladores
- Reguladores
- Convertidor

1.3.1. Paneles solares.



Figura. 1.16. Conjunto de paneles Solares.

El panel solar se define como la unión de varias células que se denominan fotovoltaicos. Dependiendo de la instalación que se desea, se debe unir células para así obtener una tensión adecuada, cada célula puede llegar a producir por lo general una tensión de medio voltio.

Los paneles solares tienen tipo sándwich, están hechos de una capa de cristal, otra de acetato de vinilo, las células que se quieran poner, otra capa de substrato orgánico y por último otra serie de capas de vidrio.

Los paneles solares que llevan las células conectadas en serie, los valores de tensión varían según la cantidad de células que se pongan.

1.3.2. Regulador.

Este sistema tiene básicamente tres funciones:

- Evita sobrecargas a la batería que puedan producir daños.
- Impide la descarga de la batería en los periodos de luz solar suficiente.
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima eficacia.

El regulador mantiene constante la tensión y la alimentación del circuito y la carga de baterías.



Figura 1.17. Regulador de Carga.

Existen dos tipos el paralelo o shunt y los serie, los más utilizados son los shunt, los serie son para instalaciones mayores.

1.3.3. Acumulador.

Los acumuladores sirven para acumular energía y consumirla en horas de poca radiación solar o de noche, estos equipos de acumulación son las baterías.

Las baterías están formadas por dos compuestos Generalmente (Plomo y ácido). Están construidos en módulos denominados vasos, que tendrán dos electrodos el positivo y el negativo, cada vaso puede llegar a dar 2 voltios.

La cantidad de energía que puede almacenar una batería depende de su capacidad que se mide en A/h.

Los acumuladores están compuestos por una serie de laminas electrodos de plomo.



Figura. 1.18. Banco de Baterías.

1.3.4. Convertidor.

Son los más avanzados de todos los convertidores de energía cuántica y constituyen el más prometedor camino hacia la potencia electro-solar. Éste proceso es llamado también proceso de foto emisión interna. Se produce

fundamentalmente por foto emisión que posee un umbral inferior a la absorción de fotones y la luz pasa de ser luz a ser electricidad sin pasar antes por un estadio de energía térmica. A parte de las células fotovoltaicas existen otras, pero la fotovoltaica es la única que posee una absorción óptica muy alta y una resistencia eléctrica lo suficientemente baja como para poder convertir la energía solar en energía útil de modo económico. Gracias a que hay una amplia elección de semiconductores con el intervalo apropiado de absorción espectral, podemos seleccionar un material apropiado que abarque el espectro solar. Éstos semiconductores se hacen uniendo partes positivas y negativas de silicio, que actualmente es el que más rinde. Todas las células solares actuales tienen en común tres características:

1. Un absorbente óptico que convierte los fotones en pares electrón-hueco.
2. Un campo eléctrico interno que separe estas cargas.
3. Contactos en los extremos del semiconductor para la conexión con una carga externa.



Figura. 1.19. Convertidor de Voltaje.

La parte de los convertidores que absorbe los fotones es el semiconductor que se elige de forma que tenga una banda prohibida similar a la del espectro solar. No podríamos coger una célula solar con un valor bajo de energía de banda prohibida aunque pareciera lo ideal para que absorbiese casi todo el espectro, pero la fuerza electromotriz de la célula está limitada por la energía de banda prohibida, y si ésta es pequeña la energía electromotriz también lo será. Es

poco probable que un fotón tenga el doble de energía que el nivel de fermi por eso siempre sólo habrá un sólo par electrón-hueco por fotón absorbido y la energía en exceso del fotón se disipa.

1.3.5. Cableado.

Código de colores.

Tabla 1.5. Código de colores del cable.

Codificación por colores del cableado			
Cableado CC	Cableado para CA		
		N	N
		F	F
		e	e
		c	c
		g	g
		j	j
		r	r
		c	c
		c	c
		c	c
		=	=
		=	=
		=	=
		F	F
		H	H
		c	c
		c	c
		s	s
		t	t
		i	i
		t	t
		i	i
		v	v
		c	c
		=	=
		c	c
		7	7
		i	i
		e	e
		r	r
		r	r



Tamaño del cable.

Corriente máxima: La capacidad del cable de flujo de corriente. Por lo tanto, cuanto más grande es el alambre, permite un mayor flujo de corriente.

Caída de tensión: La pérdida de tensión debido a la resistencia del cable y su longitud.

El dimensionado del cable debe basarse en la máxima corriente y la longitud actual a través del cableado.

1.3.6. Protección sobre corriente.

Operar demasiadas cargas a la vez o cableado defectuoso quemará el fusible que protege los cables y sistemas de daños de sobrecarga de corriente.

Fusibles.

Los fusibles consisten en un hilo metálico o cable que se quemará cuando la corriente que pase a través del fusible exceda un máximo predeterminado, que abre el circuito para evitar que los cables se dañen.

- Interruptores diferenciales o disyuntor.

Los interruptores diferenciales, también llamados disyuntores, a diferencia de los fusibles, no necesitan ser reemplazados. Cuando la corriente excede el

amperaje permitido por el diferencial, el circuito se abre y se detiene el flujo de corriente.

- Desconectores.

Cada componente en el sistema debe ser capaz de desconectarse de todas las fuentes de energía. Los desconectores pueden ser tanto fusibles como disyuntores.

- Tierra

Conectar un cable a masa significa conectarlo a la tierra o a algún elemento conductor que sirve de la tierra.

La masa limita voltaje debido a tormentas, subidas de corriente o contacto con líneas de alta tensión.

La conexión a tierra estabiliza el voltaje.

Las tomas a tierra proporcionan una cierta protección frente a derivaciones de descargas en personas.

1.3.7. Elementos de carga o consumo.

Es importante consignar que el uso de energía de origen fotovoltaico en electrificaciones domésticas se ha de entender como de cubrimiento de necesidades básicas, habiéndose de completar con medidas de ahorro energético en la instalación. A continuación se describirán las posibles utilidades concretas:

Elementos de iluminación

Electrodomésticos

- Elementos de iluminación.

La necesidad de minimizar el consumo hace que sea preciso elegir las luminarias que más rendimiento proporcionen, descartando las clásicas bombillas de incandescencia, cuya eficiencia luminosa es muy baja, pues aunque resulten más caras, son siempre más rentables al exigir menos potencia eléctrica. Será, por tanto, la eficacia luminosa, relación entre el número de lúmenes que produce una lámpara y el número de vatios que consume, la característica de las lámparas más importante a la hora de la elección.

Si la vivienda todavía no está acabada, conviene emplear para el interior pintura de colores claros, pues la reflectancia será mejor y se obtendrá un nivel de iluminación más alto con el mismo número de lámparas. Si el techo no es blanco o muy claro, habrá que emplear zócalos o regletas con reflectores para dirigir el flujo hacia el lugar que nos interesa.

Existen en el mercado, aunque a precios elevados, unos llamados "interruptores de presencia", que se adaptan fácilmente al interruptor, y que encienden o apagan las luces automáticamente con sólo detectar la presencia de personas lo que evita que se tenga que dejar las luces encendidas de forma permanente, con el consiguiente despilfarro de energía, en zonas con dificultad de aproximación a interruptores o cuando se tengan las manos ocupadas (por ejemplo, llevando alimentos a la despensa).

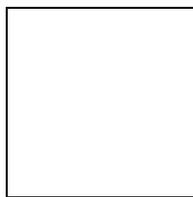


Figura. 1.20. Elementos de iluminación.

Los circuitos de alumbrado de corriente continua permiten alimentarlos directamente de las baterías sin necesidad del convertidor, evitando las pérdidas de potencia y posibles averías de este. En contrapartida, el emplear

una tensión continua de 12 ó 24V nos obligará a emplear conductores de mayor sección que al emplear corriente alterna de 220V.

Existen en el mercado lámparas de bajo consumo para prácticamente todas las necesidades y aplicaciones domésticas. A las ventajas de su bajo consumo estas lámparas añaden la de que no desprenden calor. A continuación se proporciona una tabla para mostrar el ahorro energético que se produce al emplear este tipo de lámparas frente a las clásicas de incandescencia.

Tabla. 1.6. Consumo por elemento de iluminación.

Vatios de la bombilla incandescente	Vatios de la lámpara de bajo consumo que da misma luz	Kilovatios-hora que ahorra durante la vida la lámpara
40 W 9 W 248 kWh	248 kWh	60 W 11 W 60 W
75 W 15 W 480 kWh	480 kWh	100 W 20 W 100 W
150 W	32 W	

Normalmente se emplea el alumbrado fluorescente ya que existe en el mercado una amplia gama. Recientemente se han introducido en el mercado las denominadas lámparas de inducción.

- Electrodomésticos.

Existe disponible en el mercado una amplia gama tanto para la corriente continua como para la corriente alterna. Entre ellos se encuentran:

Televisión: Comparativamente existe un aumento de potencia significativa entre los televisores de gran tamaño respecto a los de pequeño tamaño (12-16 pulgadas) por lo que estos últimos resultan más desfavorables económicamente. Por otra parte, los televisores de color consumen más del doble que los de blanco y negro. La energía consumida diariamente puede oscilar entre 100 y 360 Wh y la potencia pico de los paneles correspondientes puede variar entre 35 y 120 W.

Radio-cassette: Su utilización suele ser complementaria con el televisor con potencias sensiblemente inferiores. La potencia típica de estos aparatos es del orden de 6 w.

Pequeños electrodomésticos: Es decir batidoras, molinillos de café, máquinas de afeitar, cada uno de ellos con potencia menor de 150 W. En este caso, para determinados equipos, es más difícil encontrarlos para corriente continua y su precio puede ser elevado. La energía consumido diariamente por el conjunto de estos equipos se encontrará alrededor de 60 Wh para lo que se hará necesario una potencia pico en los paneles del orden de 20 Wp.

Lavadoras: Existen equipos no automáticos de pequeña capacidad y trabajando con corriente continua. Sin embargo la calidad del lavado y la comodidad que proporcionan son inferiores, por lo que es recomendable ir a lavadoras automáticas convencionales evitando el uso de programas de lavado que incluyan calentamiento de agua y centrifugado. La lavadora consume el 90% de electricidad para calentar al agua y sólo el 10% para mover el tambor, Mediante un lavado en frío, suficiente en muchas ocasiones, se puede conseguir ahorros de electricidad de hasta un 90%. Si se desea realizar lavado con agua caliente se puede acudir a equipos con dos tomas de agua utilizando una fuente de energía térmica. En estas condiciones con una lavadora de 300

W y un lavado de una hora de duración cada dos días, la energía diaria consumida será de 150 Wh. Las lavadoras de carga frontal gastan normalmente menos energía y agua que las de carga superior. Hay que recordar de disponer de un ciclo económico y corto, y la posibilidad de elegir distintas temperaturas para el lavado.

Frigoríficos: Existen equipos apropiados para energía solar fotovoltaica, trabajando en corriente continua y baja tensión desde 70 a 250 litros de capacidad. Sus requerimientos energéticos son difíciles de valorar ya que depende de gran variedad de factores tales como la temperatura exterior, llenado, rotación de los alimentos,.. Sin embargo en general su consumo es elevado (aproximadamente 1000 Wh) para su alimentación mediante paneles fotovoltaicos, y en algunas ocasiones puede ser más interesante económicamente utilizar un frigorífico de la misma capacidad funcionando con gas butano.

Bombeo de agua: En lo que se refiere a aplicaciones domésticas existen equipos en corriente continua, aunque con bastantes divergencias en lo que se refiere a su calidad. Por ello y antes de proceder a su elección deben estudiarse detenidamente las características de las bombas, especialmente en lo que se refiere a la eficiencia y par de arranque. Para aplicaciones de mayor tamaño es mejor disponer de un sistema generador independiente, sin baterías y almacenando en un depósito el agua extraída en las horas de radiación solar, actuando el agua ya bombeada como elemento acumulador de energía.

Cocinar, calentar y enfriar: los aparatos eléctricos convencionales para cocinar, así como los calentadores ambientales y de agua, usan una cantidad prohibitiva de electricidad. La estufa eléctrica consume hasta 1500W por cada quemador. Por eso el gas natural o propano envasado en tanques, es una alternativa más económica para cocinar.

La potencia de un horno microondas es similar a la de una estufa eléctrica, pero se puede cocinar más rápido con microondas y por eso la cantidad de kilovatio-hora no es tan grande. El gas propano y la leña son alternativas económicas para la calefacción en una casa. Un buen diseño y un aislamiento

eficiente reduce la necesidad de calefacción en la casa de una manera excesiva.

El aire acondicionado necesita una capacidad extremadamente alta pero no está totalmente fuera de lo posible en un sistema fotovoltaico. Una gran ventaja de los sistemas de enfriamiento es el hecho de que durante el período de calor el sistema fotovoltaico es capaz de proveer la mayor energía de sus módulos.

Otras utilizaciones: No es recomendable la energía solar fotovoltaica en aparatos electrodomésticos que la transforman en energía térmica, mediante el calentamiento de una resistencia, como por ejemplo una plancha, debido al bajo rendimiento energético característico de esta utilización.

Como caso extremo en ningún caso debe utilizarse la energía fotovoltaica para calentar agua. Cualquier otro sistema como energía solar térmica o el butano, obtendrá los mismos resultados con muchísimo menor costo.

1.3.8. Esquemas de un sistema fotovoltaico.

Esquema de conexión de los diferentes aparatos que componen la instalación:

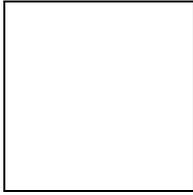


Figura. 1.21. Esquema de un sistema fotovoltaico.

1.3.9. Ventajas de la tecnología fotovoltaica.

La tecnología fotovoltaica tiene una serie de ventajas exclusivas si la comparamos con las tecnologías de generación de electricidad convencionales. Los sistemas fotovoltaicos se pueden diseñar para una variedad de aplicaciones y puede ser usado ya sea centralizada o para la generación de energía distribuida. Sistemas fotovoltaicos no tienen partes móviles, son de tipo modular, fácilmente ampliables e incluso, en algunos casos, transportables. La luz solar es gratuita, y ningún ruido o contaminación se crea a partir del funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos no requieren el uso de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas natural en el proceso de producción de energía. Alternativamente, los combustibles convencionales han creado una serie de problemas ambientales, tales como el calentamiento global, la lluvia ácida, generación de residuos nucleares, el smog, la contaminación del agua, la destrucción de hábitats por los derrames de petróleo, y la pérdida de los recursos naturales (Solar Energy International 2008) . Los módulos fotovoltaicos usan silicio como su principal componente. Las células de silicio fabricadas a partir de una tonelada de arena producen tanta electricidad como la que proporciona la quema de 500.000 toneladas de carbón (Solar Energy International 2008). Sistemas fotovoltaicos que están bien diseñados y correctamente instalados requieren un mantenimiento mínimo y tienen larga vida útil. Si se mantienen de forma adecuada (limpios y protegidos), los paneles pueden durar hasta treinta años o más. Otros aspectos del sistema, tales como la batería, tienen mucho más corto el ciclo de vida y puede que necesite ser reemplazado después de varios años de uso.

Energía Solar Internacional (2008) indica que hay muchos otros beneficios a considerar cuando se elige la tecnología fotovoltaica:

- **Fiabilidad:** Aun en las más duras condiciones, los sistemas fotovoltaicos mantienen el suministro de energía eléctrica. En comparación, las tecnologías convencionales suelen suspender el suministro de energía en situaciones críticas.
- **Durabilidad:** La mayoría de módulos fotovoltaicos disponibles en la actualidad no muestran degradación después de diez años de uso. Con el constante avance en los sistemas de energía solar, es probable que en el futuro los módulos no muestren signos de degradación hasta después de 25 años o más. Los módulos fotovoltaicos producen más energía en su vida que la que se necesita para producirlos.
- **Baja costo de mantenimiento:** los sistemas fotovoltaicos no requieren frecuentes inspecciones o mantenimiento. El transporte de suministros puede ser costoso, pero estos costos son menores que con los sistemas convencionales.
- **Sin coste de combustible Costo:** Puesto que no emplean ningún combustible, no es necesario invertir en la compra, almacenamiento o transporte de combustible.
- **Sin contaminación acústica:** los sistemas fotovoltaicos operan en silencio y con el mínimo movimiento.
- **Modularidad fotovoltaica:** A diferencia de los sistemas convencionales, más módulos pueden añadirse a los sistemas fotovoltaicos para aumentar la potencia disponible.
- **Seguridad:** los sistemas fotovoltaicos no requieren el uso de combustibles, y son muy seguros cuando estén diseñados e instalados correctamente.

- Independencia: los sistemas fotovoltaicos pueden funcionar independientes de la red eléctrica. Esta es una gran ventaja para las comunidades rurales en los países que carecen de infraestructura básica.
- Descentralización de la red eléctrica: centrales eléctricas descentralizadas a pequeña escala reducen la posibilidad de cortes de energía, que a menudo son frecuentes en la red eléctrica.
- Rendimiento a alturas elevadas: cuando se utiliza la energía solar, la potencia de salida se optimiza en zonas elevadas. Esto es muy ventajoso para comunidades aisladas en la alta montaña donde generadores diésel pierden eficacia y potencia de salida.

1.3.10. Desventajas de la tecnología fotovoltaica.

La energía solar es una fuente inagotable de energía, pero eso no se aplica de la misma forma a la tecnología fotovoltaica. Los sistemas fotovoltaicos son:

- Caros: el costo inicial es muy elevado. Componentes del sistema son caros de reemplazar.
- Tecnología punta: Requiere una mano de obra cualificada fuerza de trabajo para su construcción, a pesar de que la explotación y el mantenimiento de células fotovoltaicas es relativamente fácil. Actualmente no hay buenos métodos para que la gente pueda hacer sus propios sistemas fotovoltaicos con materiales locales. Su naturaleza de tecnología punta le da una gran ventaja a la escala de la producción con las tecnologías actuales.
- Algunos materiales en los paneles fotovoltaicos son tóxicos. Por ejemplo, el cadmio en células solares con telurio de cadmio. Muchos autores han señalado que en el panel el cadmio está correctamente

aislado del medio ambiente, pero esto exige un cuidadoso tratamiento para el final de vida útil.

- Hay dos desventajas a menudo argüidas por los medioambientalistas en relación con la tecnología fotovoltaica:
- Contaminación durante la producción de los paneles: Los combustibles fósiles son ampliamente utilizados para extraer, producir y transportar los paneles fotovoltaicos. Estos procesos contribuyen también en las fuentes de contaminación correspondientes. Tal es el caso de casi todos los productos fabricados hoy en día. Afortunadamente, el ciclo de vida de un sistema fotovoltaico es positivo para el medio ambiente porque puede compensar la producción de energía de combustibles fósiles durante sus aproximadamente más de 25 años de vida.

1.4. APLICACIONES GENERALES.

Prácticamente cualquier aplicación que necesite electricidad para funcionar se puede alimentar con un sistema fotovoltaico adecuadamente dimensionado. La única limitación es el coste del equipo y, en algunas ocasiones, el tamaño del campo de paneles. No obstante, en lugares remotos alejados de la red de distribución eléctrica, lo más rentable suele ser instalar energía solar fotovoltaica antes que realizar el enganche a la red. Entre las principales aplicaciones se incluyen: electrificación de viviendas, sistemas de bombeo y riego, iluminación de carreteras, repetidores de radio y televisión, depuradoras de aguas residuales, etc.

Pero, más allá de las aplicaciones espaciales, los sistemas fotovoltaicos tienen las siguientes aplicaciones:

a) Electrificación rural y de viviendas aisladas.

Existen muchas zonas rurales y viviendas aisladas donde llevar energía eléctrica por medio de la red general sería demasiado costoso y por lo tanto no

cuentan con este servicio. En este caso, la instalación de un generador fotovoltaico es ampliamente rentable.

b) Comunicaciones.

Los generadores fotovoltaicos son una excelente solución cuando hay necesidad de transmitir cualquier tipo de señal o información desde un lugar aislado, por ejemplo, transmisores de señales de TV, plataformas de telemetría, radio enlaces, estaciones meteorológicas.

c) Ayudas a la navegación.

Aquí la aplicación puede ser relativa a la navegación misma o a sus señalizaciones, como alimentar eléctricamente faros, boyas, balizas, plataformas y embarcaciones.

d) Transporte terrestre.

Iluminación de cruces de carretera peligrosos y túneles largos. Alimentación de radioteléfonos de emergencia o puestos de socorro lejos de líneas eléctricas. Señalizaciones de pasos a desnivel o cambio de vías en los ferrocarriles.

e) Agricultura y ganadería.

Se está teniendo una atención muy especial en estos sectores. Mediante generadores fotovoltaicos podemos obtener la energía eléctrica necesaria para granjas que conviene que estén aisladas de las zonas urbanas por motivos de higiene. Sin embargo, la aplicación más importante y de futuro es el bombeo de agua para riego y alimentación de ganado que normalmente se encuentra en zonas no pobladas. Otras aplicaciones pueden ser la vigilancia forestal para prevención de incendios.

f) Aplicaciones en la industria.

Una de las principales aplicaciones en este campo es la obtención de metales como cobre, aluminio y plata, por electrólisis y la fabricación de acumuladores electroquímicos.

g) Difusión de la cultura.

Televisión escolar para zonas aisladas. Difusión de información mediante medios audiovisuales alimentados eléctricamente mediante generadores fotovoltaicos.

CAPÍTULO II

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LAS UNIDADES DE LA FUERZA TERRESTRE.

2.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

La Fuerza Terrestre viendo las necesidades eléctricas en las unidades de frontera, ha instalado sistemas fotovoltaicos para garantizar la operatividad de estas unidades a fin de cumplir con el escalón superior.

Este sistema esta dirigido por el Comando de Apoyo Logístico Electrónico de la Fuerza Terrestre (CALEFT), se encuentra instalado con los siguientes equipos de la marca ISOFOTÓN.

2.1.1. Generador fotovoltaico ISOFOTÓN.

Estos módulos fotovoltaicos son de fabricación Española, están constituidos por materiales de primera calidad y exhaustivos controles de calidad, los

módulos fotovoltaicos fabricados por ISOFOTÓN, S.A. presentan una vida útil por encima de los 20 años con un funcionamiento óptimo desde el primer al último día.

El generador fotovoltaico es el responsable de transformar la energía de la radiación solar en electricidad. Evidentemente, la cantidad de energía generada dependerá de la radiación solar incidente. En este sentido se deberá siempre realizar un estudio oportuno para garantizar la máxima captación de radiación sobre la superficie del generador. Los parámetros que se deberán optimizar son fundamentalmente los siguientes:

Orientación.- A ser posible el generador fotovoltaico deberá ubicarse siempre apuntando hacia la línea ecuatorial.

Inclinación.- Se deberá considerar aquella inclinación para la cual la relación entre radiación y consumo de energía sea óptimo y dependerá de la localidad y del uso anual de la instalación. En cualquier caso la inclinación de todos los sistemas es de $13,5^\circ$ para garantizar la limpieza de los módulos por la lluvia y que no se produzcan charcos de agua o deposición excesiva de polvo y suciedad sobre los mismos.

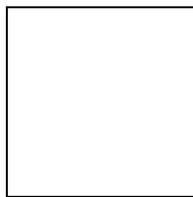


Figura 2.1. Inclinación de un panel.

Sombras. - Evitar en lo posible todas las sombras sobre el generador fotovoltaico será fundamental para el buen aprovechamiento del mismo. Es conveniente por tanto inspeccionar los obstáculos posibles para intentar evitarlos, ya sean actuales como futuros (vegetación creciente, edificios, etc.)

El generador fotovoltaico genera una corriente continua a una determinada tensión que fijará en cada momento la batería. El generador está formado por la conexión en paralelo de varias ramas, cada una de las cuales está constituido a su vez un módulo fotovoltaico de 12V nominales. El número de módulos en paralelo vendrá determinado por la demanda energética de los equipos que se alimenten del sistema solar, así como la radiación disponible en el lugar de la misma.

Los sistemas instalados en las unidades de la Fuerza Terrestre, tienen una capacidad de generación de 100Wp para el sistema básico 1, 200Wp el sistema básico 2 y 400Wp para el sistema básico 3.

En caso de 100Wp hay conectado un único panel observar array 1, en los sistemas de 200Wp hay conectados dos paneles de 100Wp cada uno conectados en paralelo, observar array 2 y en los sistemas de 400Wp hay cuatro módulos conectados en paralelo.

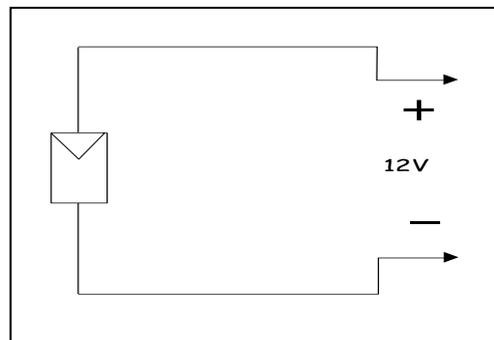


Figura 2.2. Array 1

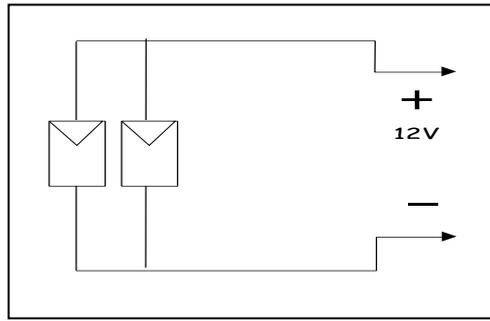


Figura 2.3. Array 2

La sección de los cables empleados dependerá de las distancias entre equipos y la corriente que deben transportar, consiguientemente se definen para cada sistema. En cualquier caso, nunca deberán ser menores de 4 mm² de sección para evitar pérdidas y caídas de tensión en generación superiores al 2%, en este caso se emplea cable 10AWG.

Los conductores empleados son de cobre con caucho de doble envoltente para uso exterior, capaces de soportar sin deterioro alguno las malas condiciones climáticas y resistentes a la radiación ultravioleta.

Los cables son polarizados mediante dos colores que diferencian el positivo del negativo de toda la instalación. Este hecho facilita la instalación y mejor aun el mantenimiento futuro.

El conductor entre la batería y los controladores es del tipo 1 x 8AWG, y su longitud máxima es de 1m lo que garantizar unas pérdidas menores al 2%.

El cable conductor de consumos desde los gabinetes hasta las viviendas es el 2 x 12AWG o 2x14AWG, se empleará para la alimentación de las luminarias, los conductores todos tipo dúplex bicolor encauchado. En toda la instalación la polaridad de los conductores utilizados está claramente identificada.

2.1.1.1. Datos técnicos del módulo ISO FOTÓN.

Los módulos fotovoltaicos fabricados por ISOFOTÓN, S.A. utilizan células pseudocuadradas de silicio mono cristalino de alta eficiencia para transformar la energía de la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua.

El circuito de células se lámina utilizando E.V.A. (acetato de etilen-vinilo) como encapsulante en un conjunto formado por un vidrio templado en su cara frontal y un polímero plástico (TEDLAR) en la cara posterior que proporciona resistencia a los agentes ambientales y aislamiento eléctrico.

El laminado se encaja en una estructura de aluminio anodizado. Las cajas de terminales con protección IP-65, están hechas a partir de plásticos resistentes a temperaturas elevadas y contienen los terminales, las bornas de conexión y los diodos de protección (diodos de bypass).

El marco dispone de varios agujeros para la fijación del módulo a la estructura soporte y su puesta a tierra en caso de ser necesario..

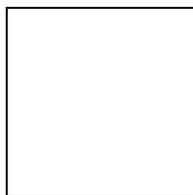


Figura. 2.4. Sección de un modulo fotovoltaico.

A continuación se muestran las características físicas y eléctricas, respectivamente, más relevantes de cada modelo de módulos fotovoltaicos.

a) Características Físicas Del Módulo I-110

- Anchura (mm) 651
- Altura (mm) 1310
- Peso (Kg) 11
- Número de células en serie 36
- Número de células en paralelo 2

b) Características Eléctricas Del Módulo I-110 A 12 Voltios.

- Potencia (Wp) 110
- Corriente de cortocircuito (A) 6,76
- Corriente de máxima potencia (A) 6,32
- Tensión de circuito abierto (V) 21,6
- Tensión de máxima potencia (V) 17,4

c) Características eléctricas del módulo i-110 a 24 voltios.

- Potencia (Wp) 110
- Corriente de cortocircuito (A) 3,38
- Corriente de máxima potencia (A) 3,16
- Tensión de circuito abierto (V) 43,2
- Tensión de máxima potencia (V) 34,8

Estos valores son los que se obtienen en las condiciones estándares de medida que se corresponden con una irradiancia de 1000 W/m², espectro de 1,5 M.A. y una temperatura de la célula de 25°C. Ahora bien, las condiciones de trabajo reales de los módulos una vez instalados pueden ser muy diferentes a las del laboratorio, por lo que conviene conocer las variaciones que pueden producirse, a fin de efectuar las pertinentes correcciones en los cálculos.

Por otra parte, mientras la corriente generada por un módulo fotovoltaico es proporcional a la intensidad de la radiación solar, la tensión varía con la

temperatura de las células. En las figuras siguientes se representa ambos efectos.

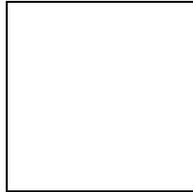


Figura. 2.5. Variación de curva I-V en función de la irradiancia solar incidente a temperatura de célula constante.

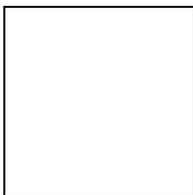


Figura. 2. 6. Variación de curva I-V en función de la temperatura de las células a radiación incidente constante.

La variación con la temperatura de las magnitudes eléctricas de los módulos, es la siguiente:

- El voltaje disminuye a razón de $2,22 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ por cada célula en serie que contenga el módulo y cada grado que supere los 25° C .
- La corriente aumenta a razón de $17 \mu\text{A}/\text{cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ de área de células en paralelo y cada grado que supere los 25° C .
- Hay que tener en cuenta que la temperatura de la célula a que nos hemos estado refiriendo no coincide con la temperatura ambiente debido a que la célula, se calienta al incidir la luz del sol.

- El incremento de temperatura de la célula respecto a la temperatura del aire depende de las características de la misma y de las de construcción del propio módulo.
- En función de la radiación incidente, la temperatura y la carga que esté alimentando, un módulo fotovoltaico podrá trabajar a distintos valores de corriente y tensión.

En la Figura 2.7. se representa esquemáticamente una curva característica I-V de un módulo fotovoltaico junto con la curva de la potencia generada y dos puntos de trabajo diferentes, A y B.

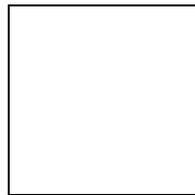


Figura. 2.7. Curva característica I-V y curva de potencia generada.

Se puede observar que cuanto más cerca hagamos trabajar al módulo fotovoltaico de la tensión de máxima potencia, mayor será la potencia que obtendremos de él.

En resumen, en función de la radiación solar, la temperatura de las células (que dependerá a su vez de la temperatura ambiente, humedad, velocidad del viento, etc.) y de los equipos a los que esté conectado, el módulo fotovoltaico generará una determinada corriente a una determinada tensión de trabajo, cuyo producto marcará la potencia generada por el módulo.

2.1.1.2. Diodos de protección.

El sombreado de alguna célula puede provocar un voltaje inverso en ella. Esta célula consumiría por tanto potencia generada por las demás en serie con ella produciéndose un calentamiento indeseado de la célula sombreada.

Este efecto, llamado de punto caliente, será tanto mayor cuanto mayor sea la radiación incidente sobre el resto de células y menor la que reciba esta célula debido a la sombra. En un caso extremo la célula podría llegar a romperse por sobrecalentamiento.

El uso de diodos de protección o by-pass reduce el riesgo de calentamiento de las células sombreadas, limitando la corriente que pueda circular por ellas y evitando de este modo la rotura de las mismas.

Todos los módulos con un número de células igual o superior a 33 en serie fabricados por ISOFOTÓN, S.A., se suministran con diodos de protección que se encuentran situados en las cajas de conexión tal y como se puede apreciar en los esquemas de las mismas incluidos en el siguiente numeral.

En los módulos con menor número de células en serie no se hacen necesarios los diodos de bypass, pues el efecto de punto caliente no llega al nivel de riesgo de rotura de las células.

2.1.1.3. Cajas de conexión.

Las cajas de conexión de los módulos están situadas en la parte posterior de los mismos. Como se ha señalado anteriormente, estas son cajas estancas preparadas para intemperie con un IP-65, siempre y cuando se respete la estanqueidad en los pasacables o prensaestopas al hacer pasar los cables a través de ellos.

En cada módulo existe bien una sola caja de conexiones para ambos terminales o bien una caja para el terminal positivo y otra para el negativo.

Deberá respetarse la polaridad en las conexiones para el buen funcionamiento de los módulos.

En las Figuras 2.8 y 2.9 se muestran los esquemas de las cajas de conexión para módulos de tensión nominal 12V y 24V respectivamente.

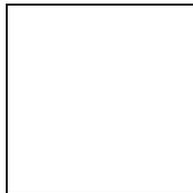


Figura.2. 8. Cajas de conexión para módulos de 12 V

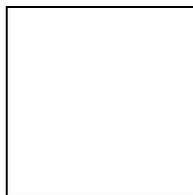


Figura. 2.9. Cajas de conexión para módulos de 24 V

2.1.1.4. Estructuras soporte y gabinetes.

Son las encargadas de asegurar un buen anclaje del generador solar, a la vez que proporcionan la orientación necesaria y el ángulo de inclinación idóneo para un mejor aprovechamiento de la radiación.

La inclinación es de $13,5^\circ$ y la orientación de las estructuras dependerá de la localidad y se define para cada instalación. En este caso, las estructuras se sitúan sobre un poste de acero galvanizado de 4" de diámetro y longitud 4m desde el umbral del suelo. Asegurando durante la instalación que su ubicación no provoque sombras causadas por la vegetación, o por la propia vivienda y buscando la mejor orientación hacia la línea ecuatorial posible.

Las estructuras soporte están fabricadas generalmente en acero galvanizado en caliente o aluminio, en ambos caso están calculadas para asegurar una gran resistencia estructural y larga vida a la intemperie.

Los gabinetes son galvanizados, con un acabado en pintura electrostática. Los que van sujetos al poste a una altura de 1,40m mediante abrazaderas de hierro galvanizado, terminados anticorrosivos para la exposición al intemperie que van a estar sometidos.

El módulo fotovoltaico es la unidad básica que compone el generador solar. Toda la información necesaria sobre sus características y funcionamiento se encuentra en el ANEXO A "Manual de Operación y Mantenimiento de los Módulos fotovoltaicos", además de toda la información referente a su mantenimiento.

2.1.2. Regulador de carga pack ISOTEL.

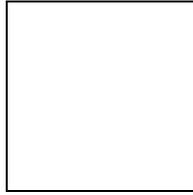


Figura 2.10. Regulador ISOTEL

El ISOTEL es un regulador profesional diseñado y fabricado por ISO FOTON, S.A. para su aplicación en instalaciones fotovoltaicas. Su alta fiabilidad y versatilidad lo convierten en un equipo especialmente dirigido a sistemas de telecomunicaciones.

El ISOTEL presenta un diseño compacto y de fácil instalación por lo que no requiere de una mano de obra especializada para su montaje y puesta en marcha.

Es un equipo robusto y sencillo que no requiere de ningún mantenimiento y es muy adecuado para instalaciones remotas y de difícil acceso.

Los equipos ISOTEL han sido desarrollados para cubrir las necesidades de regulación y control de sistemas fotovoltaicos aislados de potencia media.

Su función es la de mantener la batería en estado de flotación, evitar su sobrecarga e interrumpir automáticamente la conexión entre la batería y el consumo cuando el estado de carga de la batería es tan bajo que, de seguirse extrayendo energía, podrían producirse daños irreversibles en la batería. Los circuitos de control detectan el estado de carga de la batería midiendo la tensión de la misma y compensando con la temperatura. En función del estado de carga de la batería el regulador controlará el funcionamiento del sistema.

2.1.2.1. Características generales.

- Regulación tipo serie con control por microprocesador y con relés de estado sólido.
- Sistema de regulación mediante carga profunda y flotación, permitiendo cargas periódicas de igualación de forma automática y manual.
- Línea de control de voltaje de batería independiente de la línea de potencia, lo que evita errores de medida de tensión debidos a las elevadas corrientes que pueden circular por la línea de batería.
- Desconexión del consumo por baja tensión de batería, con rearme automático.
- Compensación de los umbrales de actuación de carga con la temperatura medida en una sonda incorporada.
- Lectura por pantalla alfanumérica LCD (4 filas x 16 caracteres) de los siguientes parámetros: tensión del sistema, intensidad total y parcial por etapa de carga, intensidad de consumo, Ah generados por etapa y consumidos, Wh generados y consumidos totales, temperatura de la sonda, etc.
- Led y display de indicación de estado de carga de la batería.
- Alarma visual (led) y en pantalla (LCD) de tensión de batería alta o baja.
- Alarmas remotas mediante relé libre de potencial y display de: tensión alta y baja de batería, fallo de generación de paneles y fallo general del sistema.
- Dos entradas auxiliares programables de 0 a 5V (medida de radiación, temperatura ambiente o usos similares).
- Detección día/noche para sistemas de balizaje.

- Tablas de tensiones de baterías prefijadas en el software.
- Niveles de tensión ajustables por programa con acceso mediante password.
- Tres idiomas en la información de pantalla: español, francés e inglés.
- Línea de comunicación digital para transmisión de datos, vía RS232 (opcional).

2.1.2.2. Instalación.

Para seleccionar el lugar de instalación del regulador ISOTEL se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Acceso al equipo que permita una cierta comodidad para la conexión y manipulación del mismo.
- Distancia de seguridad hasta a los acumuladores (aunque menor que la longitud de la sonda de temperatura).
- Ubicación resguardada, en la medida de lo posible, para su protección contra el polvo y agentes atmosféricos, así como el vandalismo. Aunque el ISOTEL está diseñado para su ubicación a la intemperie, un emplazamiento protegido garantizará una mayor durabilidad del equipo.
- Minimización de la longitud de los conductores de la instalación fotovoltaica para evitar pérdidas innecesarias en la misma.

2.1.2.3. Conexión eléctrica.

A la hora de realizar la conexión eléctrica de los distintos elementos de la instalación fotovoltaica con el ISOTEL, se debe respetar la sección de conductores calculada en el diseño del sistema, que será función de la longitud de los cables y la caída de tensión máxima admisible en el mismo.

El ISOTEL admite hasta 20 amperios de corriente por etapa de generación en los modelos de 48 V de tensión nominal y 30 amperios por etapa en los modelos de 12 y 24 V. Si no se llegara a emplear en los conductores secciones suficientes se producirían caídas de tensión que conllevarían pérdidas en el nivel de carga de las baterías.

Para un mayor detalle sobre el funcionamiento, alarmas y operación del regulador, dirigirse al **ANEXO B** "Manual de Operación y Mantenimiento del Regulador de carga".

2.1.3. Baterías OPZV.

Condiciones ambientales:

- Temperatura normal de funcionamiento: 20 °C
- Margen recomendado de temperatura: Entre 5 y 35 °C
- Máxima temperatura: no debe exceder de 45 °C
- Un aumento de temperatura implica una reducción de la vida.
- La humedad ambiental no debe exceder 80 % HR.

2.1.3.1. Conexionado.

Las baterías se pueden conectar bien en serie o bien en paralelo. Para instalaciones de gran importancia se emplea frecuentemente ramas en paralelo, y se prefieren debido a la alta fiabilidad que conllevan para la batería completa, ya que en estos casos, un fallo producido en un elemento o en una conexión no provocará el fallo de la batería completa. Asimismo, una conexión en paralelo facilita el servicio a la batería y la prueba de capacidad.

En el caso de instalaciones en armarios se deberá asegurar una ventilación adecuada para lograr una buena disipación del calor producido por la batería. Una ventilación insuficiente puede llevar a un innecesario calentamiento del interior del armario y la consiguiente reducción de la vida de la batería. Incluso en situaciones extremas, una temperatura elevada, unida o no a un exceso de tensión de flotación, puede provocar embalamiento térmico.

El conexionado exterior entre elementos o monoblocks se realiza mediante conexión flexible de cable o pletinas de cobre de baja resistencia eléctrica. En el caso de monoblocks, que están formados por varias celdas, las conexiones interiores entre ellas son del tipo soldadura TTP (Through The Partition), diseñadas para poder soportar altas corrientes y con una resistencia interna muy pequeña. La unión cable-terminal está aislada.

Las conexiones deben colocarse tras haber asegurado la perfecta limpieza de las zonas de contacto. Los tornillos deben ser apretados con llave dinamométrica asegurando el siguiente par de apriete:

- Elementos OpzV: 25 N.m
- Monoblocks SGV: 12 N.m

2.1.3.2. Operación.

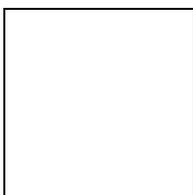
Se dice que la batería se encuentra en Flotación cuando se mantiene, en régimen constante, a la suficiente tensión para mantenerla completamente cargada. Dicha tensión se conoce como Tensión de flotación. En este estado, el cargador aporta la corriente necesaria para mantener la carga y compensar las pérdidas internas de las baterías. Para esto es obligatorio que el cargador mantenga constante la tensión con una variación máxima del 1% y un rizado de corriente RMS máximo de $0.1 \times C_{10}$.

La tensión de flotación depende de la temperatura de trabajo y la determinación de su valor correcto es fundamental para el rendimiento óptimo de la batería y su garantía.

Parámetros de trabajo:

- Tensión de flotación: (2.25 ± 0.02) V/elemento a 20°C x n° elementos.
- Máxima Intensidad de carga: 0.25 veces la Capacidad en 10 horas.

Corrección por Temperatura:



Una tensión superior a la indicada producirá un excesivo consumo de agua y, por tanto, una menor vida de la batería.

Una tensión inferior a la indicada descargará paulatinamente la batería con una irreversible sulfatación, lo cual también acortará la vida de la misma.

La pérdida de vida es mayor cuando la tensión de flotación es menor que la especificada que cuando se excede.

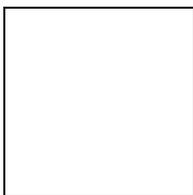
Carga rápida:

Después de una descarga se puede acelerar el proceso de recarga aplicando una tensión superior (nunca mayor de 2.40 v.) hasta cargar la batería pasando posteriormente a flotación.

Procedimiento:

- Tensión: $2.35-2.40 \pm 0.02v.$ por elemento a $20^{\circ}C$
- Máxima Intensidad de carga 0.25 veces la Capacidad en 10horas

Corrección por Temperatura



Para un mayor detalle sobre el funcionamiento y operación del acumulador, dirigirse al ANEXO C "Manual de Operación y Mantenimiento del Acumulador".

2.1.4. Inversor Isoverter.

El inversor de corriente ISOVERTER de ISOFOTÓN es el equipo electrónico encargado de transformar la corriente DC generada por el sistema fotovoltaico en corriente AC necesaria para algunos equipos.

El ISOVERTER es un convertidor DC/AC de onda senoidal pura diseñado para aplicaciones fotovoltaicas controlado por un microprocesador. Este inversor ha sido diseñado para suministrar una corriente alterna a un voltaje de 120V, 60Hz a partir de un voltaje de 12/24/48V (según modelo) procedente de acumuladores electro-químicos. Para ello emplea componentes de última generación, tales como MOSFETs, microcontroladores de 32 bits y módulos LCD. Además de su función básica como inversor permite la monitorización de la instalación fotovoltaica mostrando información acerca de la energía, intensidad y otros parámetros de control. Está construido con configuración de puente completo y dispone de control PWM senoidal que proporciona una onda de salida con bajo contenido en armónicos.

Es capaz de suministrar el pico de arranque a televisores, proyectores, vídeos, computadoras, refrigeradores, lavadoras, bombas sumergibles etc. sin ninguna dificultad.

El ISOVERTER se autoprotege contra cortocircuito, sobrecarga, sobre temperatura, sobrevoltaje e inversión de polaridad. La protección contra inversión de polaridad no se produce mediante la fusión del fusible de entrada (como ocurre en otros inversores del mercado), simplemente deja de funcionar.

Es posible su puesta en marcha y paro desde cualquier regulador ISOFOTÓN externo mediante una línea de control existente (bajo pedido).

Este inversor se reconecta automáticamente cuando las causas que lo hacen autoprotgerse desaparecen (alta o baja tensión de batería, sobre temperatura o una señal de control comandada desde el regulador). Si detecta sobrecarga o cortocircuito se tendrá que hacer un reset manual.

La detección de carga es un estado de espera durante el cual el inversor reduce su consumo al mínimo en espera de una carga igual o superior a la prefijada para su encendido. Cuando la detecta el inversor arranca y pasa a modo normal de funcionamiento. Cuando el consumo cae por debajo del límite fijado, el inversor pasa de nuevo al estado de detección de carga. También es posible ajustar el parámetro de detección de carga mediante un potenciómetro situado en el frontal graduable desde 0W (funcionamiento ininterrumpido) hasta 60 W. Si se conecta un consumo de potencia inferior a la prefijada entonces el inversor testeará la carga una vez por segundo hasta que esta supere este valor fijado.

2.1.4.1. Características del inversor.

- FÍSICAS:

- Tipo	Onda senoidal pura
- Longitud	230 mm
- Altura	230 mm
- Profundidad	460 mm
- Peso	17 Kg
- Caja	epoxi

- ELECTRICAS:

- Capacidad máxima	1200 VA
- Voltaje nominal de entrada	12, 24 ó 48 Vdc
- Voltaje nominal de salida	120 Vac
- Frecuencia nominal de salida	60 Hz
- Variaciones en la frecuencia de salida	$\pm 0,1\%$
- Variaciones en la tensión de salida	$\pm 5\%$
- Voltaje mínimo de entrada	11, 20 ó 40 Vdc
- Voltaje máximo de entrada	16, 32 ó 64 Vdc
- Rendimiento	85-97 %
- Rendimiento con carga nominal	> 80 %
- Autoconsumo	70 mA
- Sobrecarga tolerada durante 3 sg.	1.8 kVA
- Sobrecarga tolerada durante 3 min.	1.6 kVA

- PROTECCIÓN ELÉCTRICA.

- Contra inversión de polaridad (sin fusible de entrada)
- Parada por tensión de batería alta
- Protección contra cortocircuito y sobrecarga

2.1.4.2. Funcionamiento del isoverter.

Después de encender el inversor éste pasa a realizar un test de autocomprobación. Si se detecta algún error la causa del fallo saldrá reflejado en el display LCD y los LEDs indicadores de "desconexión de carga" y otro más

(dependiendo del fallo) estarán parpadeando. Este fallo no permite al inversor trabajar adecuadamente y cortará el suministro de carga. Como parte del test de autocomprobación el ventilador interno funciona durante 0,5 sg.

Después del autotest el voltaje de salida en AC crecerá poco a poco desde 0 hasta el valor nominal (arranque suave). Si el circuito de detección de carga no encuentra cargas superiores a las ajustadas, el inversor pasará al modo de detección de carga reduciendo su consumo y tratando de arrancar una vez por segundo.

Cuando la tensión de batería esté por debajo de la prefijada, se activará la alarma acústica y el LED correspondiente a "baja tensión de batería" empieza a parpadear una vez por segundo. Tras 10 segundos de alarma, el LED permanece fijo y también se ilumina el LED de "desconexión de carga" parándose el inversor. Si el voltaje de batería aumenta hasta llegar al valor prefijado, el ISOVERTER arranca de forma automática apagándose ambos LEDs.

Si la tensión de batería llega a 32 V entonces se enciende el LED de "Alta tensión de batería" junto con el correspondiente a "Desconexión de carga". Cuando ésta alcanza un valor inferior al de tensión de rearme el inversor arranca automáticamente.

Si no se reciben 24 Vdc en la línea de control entonces el ISOVERTER se para encendiéndose el LED "desconexión de carga". Cuando se leen de nuevo los 24 Vdc entonces el inversor arranca de nuevo apagándose el LED correspondiente.

Si se produce un cortocircuito en la salida del inversor, éste autolimita su potencia de salida para proteger la instalación, el LED de "desconexión de carga" se enciende parándose el inversor tras 10 segundos. Una vez resuelto

el problema del cortocircuito es necesario reiniciar el equipo (mediante el interruptor de marcha/paro) para poder restablecer la carga en AC de nuevo.

Cuando se detecta una sobrecarga, el inversor limita el tiempo durante el cual alimenta la carga (tiempo de suministro decrece a medida que crece la sobrecarga). Una vez pasado este tiempo, el inversor se detiene y se enciende el LED de "desconexión de carga". Para tener la unidad operativa de nuevo será necesario resetear el equipo tal y como se describía en el caso anterior.

2.1.4.3. Instalación del inversor.

- Colocación del ISOVERTER.- El Isoverter se ha de colocar sobre una superficie vertical, con sus cables de conexión hacia abajo y con al menos 5 cms 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.
- El inversor se ha de colocar mediante tornillos empleando los cuatro taladros ya previstos para tal efecto.
- Conexión eléctrica.- El ISOVERTER dispone de cuatro pasa cables de salida situados en su parte inferior junto a sus correspondientes cables.

Estos cuatro cables corresponden a lo siguiente:

- Un cable rojo de 16mm para conexión a positivo de batería.
- Un cable azul de 16 mm para conexión a negativo de batería.

- Un cable de 2 x 1.5 mm para comandar el arranque/paro del inversor.
- Esta es una entrada de 24 Vdc para conectarla al ISOTEL SD (sin polaridad) que permite el inversor trabajar en modo esclavo (opcional).
- Un cable de 3 x 1.5 mm para conexión a tierra y conexión de los equipos en alterna. Un cable amarillo-verde queda disponible para conexión a tierra y los otros dos cables se pueden conectar indistintamente a fase o neutro.

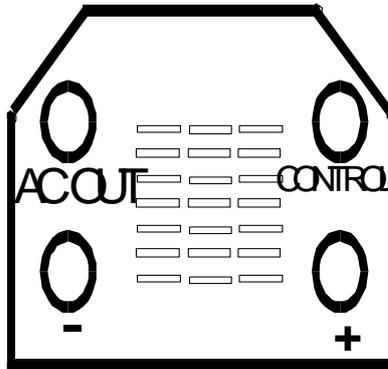


Figura 2.11. Bornas de Conexión.

Antes de conectar la unidad asegúrese que el interruptor ON/OFF situado en el frontal está en la posición OFF, después proceda de la siguiente manera:

- Conecte los cables de AC (alterna) al magneto térmico externo.
- Conecte el cable positivo de batería a la batería.
- Conecte el cable negativo de batería a la batería.
- Conecte el cable de control a las bornas de salida a regulador si procede.

2.1.4.4. Procedimiento de puesta en marcha.

- Asegúrese que todas las conexiones están correctamente fijadas.
- Encienda el equipo mediante el interruptor ON/OFF.
- Cierre el magneto térmico a la salida en alterna del inversor.
- Si la carga conectada al inversor es mayor que la ajustada en el potenciómetro de "detección de carga" y la línea de control está activa (solo en equipos provistos de esta opción), entonces el ISOVERTER arrancará.

Para un mayor detalle sobre el funcionamiento, alarmas y operación del Inversor, dirigirse al ANEXO D "Manual de Operación y Mantenimiento del INVERSOR ISOVERTER".

2.2. ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES FALLAS.

2.2.1. Fallas en los módulos fotovoltaicos.

No es sencillo detectar un funcionamiento defectuoso de un módulo fotovoltaico, excepto en los casos de deterioro completo o de instalación incorrecta.

Entre los fallos más comunes en los módulos fotovoltaicos es el deterioro del encapsulado de EVA, por efecto de la radiación o de otros agentes meteorológicos, lo que dificulta la transmisión de la luz hacia la célula.

De igual forma con el tiempo puede producirse la separación entre el propio encapsulado y la célula, lo que introduce pérdidas ópticas, y permite, a su vez, la entrada y acumulación de humedad en el espacio libre favoreciendo la corrosión.

Otra de las fallas que se producen es por ruptura del vidrio frontal del panel debido a granizos, variaciones térmicas fuertes o vandalismo.

Una de las fallas mas importantes que se pueden producir en los módulos fotovoltaicos es, la rotura del diodo de paso de modulo, esto se produce por cortos circuitos permanentes

Otro factor que puede afectar el modulo es, utilizar una potencia pico inferior a la nominal empleada para el dimensionado de la instalación.

En general una instalación inadecuada del modulo fotovoltaico puede ser causa de mal funcionamiento y de un deficiente suministro eléctrico. El sombreado de módulos es una situación relativamente común por lo que genera menos electricidad para el sistema.

Finalmente, el efecto de la suciedad sobre el modulo de generación eléctrica tiene una influencia muy variable dependiendo del entorno (arena, árboles, etc.)

De las condiciones climatológicas (lluvia, viento) y de la periodicidad del mantenimiento de los módulos.

2.2.2. Fallas en los bancos de baterías.

Las principales fallas que pueden presentar las baterías se dan por las propias características de las aplicaciones fotovoltaicas, por las propiedades internas de las mismas baterías, y otras por la integración con los diferentes elementos del sistema.

Las baterías deben estar en sitios ventilados para evitar riesgos de explosión por concentración de hidrogeno

También se registran fallas en las baterías debido a que estas permanecen por tiempos prolongados de sobrecargas o baja cargas, además de ciclos de carga y descarga unidos a variaciones de temperatura.

Un factor básico para garantizar una duración prolongada de la batería es su regulación de carga, esto permite evitar las sobrecargas y descargas excesivas.

Otra de las situaciones que producen fallas es, por cortocircuito externo de los terminales de conexión, este hecho puede provocar la destrucción total de la batería.

Las baterías del sistema no se deben usar para encender autos u otros artefactos puesto que estos son motorizados y generan un efecto electromagnético.

Las baterías se ven también afectadas por la pérdida de capacidad progresiva, la magnitud e influencia de este fenómeno depende tanto de la propia composición interna, como de las condiciones de operación a la que esta se ve sometida: Entre los principales tenemos:

- Gasificación.- Se da cuando la cantidad de sulfato de plomo en las placas es ya escaso y la reacción para formar plomo y oxido de plomo se ve dificultada.
- Este fenómeno es perceptible como un burbujeo ascendente dentro de la batería.

- Corrosión.- Es cuando el reactivo (PbSO_4) empieza a escasear la tensión aumenta y se presentan otras reacciones distintas a las de carga (Pb y PbO_2). En estas condiciones de sobrecarga aparecen fenómenos de gran influencia en la vida útil de las baterías como es la corrosión de la rejilla del electrodo positivo, de esta manera disminuye la sección útil de la rejilla provocando aumento de la resistencia en la circulación de corriente.
- Estratificación.- Se caracteriza por un desequilibrio en la tasa de reacciones internas entre puntos del mismo electrodo y la aparición de diferencias de potencial que, a su vez, favorece la continuación de las reacciones sin aprovechamiento externo. Se produce, por tanto un efecto de auto descarga de la batería. Este desequilibrio interno implica, asimismo, una degradación acelerada de la batería y la reducción de su tiempo de vida.
- Sulfatación.- Se produce cuando la batería trabaja en condiciones de baja carga por un tiempo prolongado, por insuficiente insolación o consumo excesivo. El sulfato de plomo que se ha ido formando en las placas durante la descarga, y que en estado de baja carga es mayoritario, forma cristales de tamaño creciente con el tiempo, provocando que la zona interna de algunos de estos cristales no lleguen a tener contacto con el electrolito.
- Precipitación de materia activa.- En una batería en condiciones normales con el tiempo produce el desprendimiento de materia activa de las placas, alcanzando el fondo de la caja. En estas condiciones existe el riesgo de que el sedimento acumulado llegue a alcanzar la parte inferior de las placas y pueda producir un corto circuito entre ellas.

- Efecto de temperatura.- La temperatura tiene una influencia importante sobre la batería, tanto en sus características de funcionamiento como su degradación y tiempo de vida útil.

La temperatura determina la movilidad de los iones en el electrolito, una batería sometida a elevadas temperaturas ofrece menos resistencia interna, y por tanto, su capacidad es mayor.

El aumento de la temperatura disminuye la tensión a la que se inician los fenómenos de gasificación, perjudiciales para la batería si no se realiza de forma controlada con el único fin de evitar la estratificación. Además, las temperaturas elevadas favorecen los fenómenos de corrosión, acelerando de esta forma su envejecimiento.

2.2.3. Fallas en el regulador de carga.

La operación del regulador de carga en un sistema fotovoltaico es elevada, básicamente por la influencia sobre la batería.

Por otra parte, la falta de mantenimiento en las instalaciones puede conducir a una gran dispersión en los valores de regulación de carga después de un tiempo de operación.

Las fallas que aparecen en el propio regulador como equipo eléctrico, un primer problema es la interrupción de la transmisión de corriente en las líneas de generador o de consumo dentro del regulador, por falla de un componente interno como pueden ser: Relé de interrupción, pistas, fusibles u otros componentes. La solución a este problema es la sustitución del elemento o el cambio total del equipo.

Otra falla que puede presentar el regulador es el diseño de pistas con secciones excesivamente pequeñas para la corriente especificada por el propio fabricante.

2.2.4. Fallas en el inversor isoverter.

- Por sobre temperatura.
- Por inversión de polaridad de batería.
- Por sobrecarga o cortocircuito.
- Por alta/baja tensión de la batería.

2.2.5. Otras fallas.

Existen otro tipo de fallas como, la no conexión a tierra de los equipos, daños en los elementos de consumo y en la instalación misma del sistema.

Considerando estos aspectos en el capítulo 3.1, se ha desarrollado un procedimiento para contrarrestar estas fallas.

2.3. ANÁLISIS DE LOS CUADROS DE MANTENIMIENTO.

Luego de haber realizado un estudio en las diferentes unidades de la Fuerza Terrestre, se ha llegado a la conclusión de que no existen cuadros de mantenimiento preventivo.

Por lo que el mantenimiento se realiza en forma empírica al no existir personal técnico y/o capacitado, y no se da un seguimiento documentado reduciendo así la vida útil de los sistemas fotovoltaicos.

Tomando en cuenta lo anteriormente señalado; en el siguiente capítulo proponemos un plan de mantenimiento acorde a las necesidades de las unidades que poseen sistemas fotovoltaicos.

CAPÍTULO III

ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

3.1. ESTUDIO PARA LA CORRECCIÓN DE LAS FALLAS DETECTADAS.

3.1.1. En los paneles fotovoltaicos.

- Limpieza y revisión visual.
- Supervisión de las conexiones.
- Supervisión de la estructura.
- Evitar las sombras.
- Inspección visual del trazado de los cables.
- Tomar medidas de seguridad contra el vandalismo.
- Mediciones periódicas de Voltaje, Corriente y Potencia de los módulos.

3.1.2. En los bancos de baterías.

- Limpieza y revisión visual de los bornes y cableados
- Revisar conexiones.
- Revisar el nivel de electrolito
- Ubicar la batería en un lugar seco y ventilado.
- Alejar objetos metálicos.
- Evitar contacto con el fuego o materiales inflamables.
- Nunca desconectar la batería del sistema.
- Dar uso exclusivo para los sistemas fotovoltaicos.

- No abrir la válvula bajo ningún concepto.

3.1.3. En el regulador de carga.

- Inspección visual y limpieza periódica.
- En el caso de daños internos, como rele, fusible, etc., únicamente el cambio de elemento.
- Revisar las especificaciones fabricante para no sobredimensionar el regulador.
- No se debe mojar con ningún líquido.
- No se debe sacar cables para realizar otras conexiones.
- No se debe extraer el regulador del sistema.
- Prestar atención a las señales de los leds.

3.1.4. En el inversor ISOVERTER.

- Colocar en un lugar ventilado y en sombra.
- Revisar la polaridad en la conexión.
- No sobredimensionar el sistema.
- Revisar que el voltaje de entrada sea el adecuado para la conversión.

3.1.5. PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA.

Conectar un cable a masa significa conectarlo a la tierra, esta masa limita voltaje debido a tormentas, subidas de corriente o contacto con líneas de alta tensión.

La conexión a tierra estabiliza el voltaje. Estas conexiones proporcionan una cierta protección frente a derivaciones de descargas en personas.

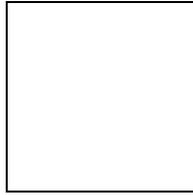


Figura 3.1. Puesta a tierra del sistema fotovoltaico.

Electrodos para tierra física.

El electrodo de tierra debe ser una varilla de acero cobrizada de 5/8" de diámetro y 3 metros de longitud enterrada por lo menos $\frac{3}{4}$ partes de su longitud con un ángulo no menor a 45°

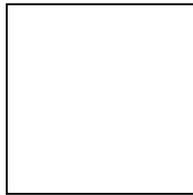


Figura 3.2. Electrodo utilizado en la puesta a tierra.

3.2. ELABORACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO.

Las instalaciones solares fotovoltaicas, en su conjunto, son fáciles de mantener. Sin embargo, una instalación que no tenga el mantenimiento adecuado fácilmente tendrá problemas en un plazo más o menos corto.

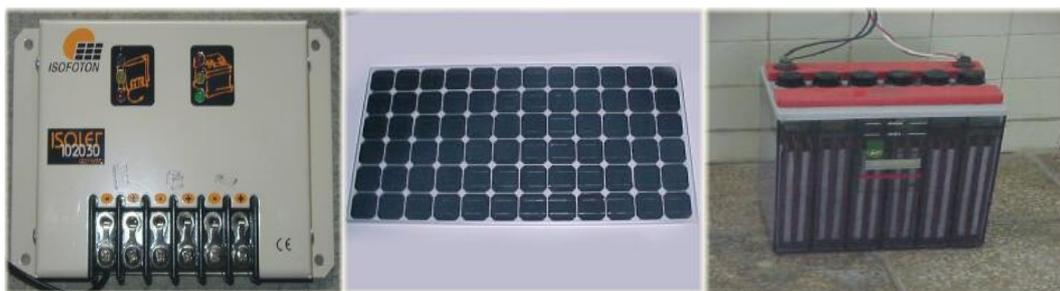


Figura 3.3. Ejemplos de panel solar, controlador y batería utilizados en las instalaciones solares fotovoltaicas.

Hay tareas de mantenimiento que de no llevarse a cabo conducirán simplemente a una reducción del rendimiento de la instalación, pero la omisión de otras podrían provocar el deterioro de algunos de los elementos o el acortamiento de su vida útil.

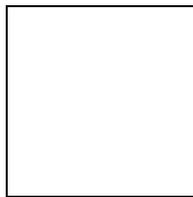


Figura 3.4 Ejemplo de inversor utilizado en los sistemas solares fotovoltaicos

Por todo lo anterior hay un conjunto de tareas que pueden ser realizadas perfectamente por el usuario para alargar la vida útil de estos sistemas.

3.2.1 Mantenimiento del panel fotovoltaico.

El mantenimiento básico del panel solar fotovoltaico comprende las acciones siguientes:

- Limpie sistemáticamente la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico (se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental. Para las condiciones de Cuba se aconseja cada dos meses). La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave; de ser necesario, emplee detergente.
- Verifique que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas

condiciones. En caso de detectar anomalías, contacte al personal especializado.

- Verifique que la estructura de soporte esté en buenas condiciones. En caso de que esta no se encuentre protegida contra el intemperismo (es decir, que no sea de aluminio, acero inoxidable o galvanizado), dar tratamiento con pintura antióxido.
- Poda sistemáticamente los árboles que puedan provocar sombra en el panel solar fotovoltaico. No ponga objetos cercanos que puedan dar sombra, como los tanques de agua y las antenas. En el caso de los árboles se debe prever su poda cuando sea necesario (Figura 3.5)

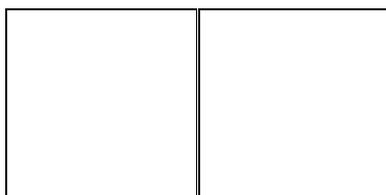


Figura. 3.5. La sombra de árboles u otros objetos sobre el panel fotovoltaico afecta el funcionamiento de todo el sistema.

¡Advertencia!

Nunca trate de limpiar suciedades en la cubierta frontal del panel solar fotovoltaico con objetos cortantes o punzantes que puedan dañarlo.

3.2.2. Mantenimiento de la batería de acumulación.

La batería de acumulación es el elemento de los sistemas solares fotovoltaicos de pequeña potencia que representa mayor peligro para cualquier persona necesitada de manipularla (aunque sea para un mantenimiento básico), tanto por sus características eléctricas como por las químicas. Por tanto, antes de brindar las reglas de mantenimiento básico se exponen los riesgos

fundamentales que pueden ocurrir, así como algunas recomendaciones y consideraciones que deben tenerse en cuenta para evitar accidentes.

Riesgos del electrolito:

El electrolito utilizado en las baterías de acumulación de plomo-ácido (comúnmente usadas en estos sistemas) es ácido diluido, el cual puede causar irritación e incluso quemaduras al contacto con la piel y los ojos.

El contacto accidental de los bornes con una herramienta metálica puede provocar una chispa que haría explotar el hidrógeno que desprenden las baterías durante el proceso de carga (Figura. 3.6).

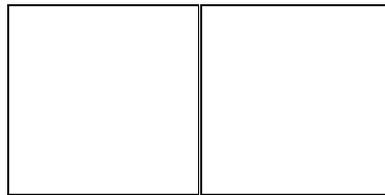


Figura. 3.6. Explosión de las baterías por contacto de los bornes.

Los procedimientos siguientes se indican para evitar daños personales o disminuir sus efectos:

Si por alguna razón el electrolito hace contacto con los ojos se deben enjuagar inmediatamente con abundante agua durante un minuto, manteniendo los ojos abiertos. Si el contacto es con la piel, lave inmediatamente con abundante agua la zona afectada. En ambos casos, después de esta primera acción neutralizadora, solicite rápidamente atención médica.

La batería de acumulación puede presentar riesgos de cortocircuitos. Se recomienda al manipularlas observar las siguientes reglas:

- Quítese relojes, anillos, cadenas u otros objetos metálicos de adorno personal que pudieran entrar en contacto accidentalmente con los bornes de la batería de acumulación.
- Siempre que las necesite, use herramientas con mangos aislados eléctricamente.

Las baterías de acumulación presentan riesgos de explosión y por consiguiente de incendio, debido a que generan gas hidrógeno. Se recomienda lo siguiente:

- Proporcione una buena ventilación en el lugar de ubicación de la batería de acumulación para evitar acumulación de gases explosivos.
- No fume en el área donde está ubicada la batería de acumulación ni prenda chispas para observar el nivel del electrolito.
- Mantenga el área de la batería de acumulación fuera del alcance de llamas, chispas y cualquier otra fuente que pueda provocar incendio.
- No provoque chispas poniendo en cortocircuito la batería para comprobar su estado de carga, pues también puede provocar explosión.

El mantenimiento básico de la batería de acumulación comprende las siguientes acciones:

- Verifique que el local de ubicación de las baterías de acumulación esté bien ventilado y que las baterías se encuentren protegidas de los rayos solares.

- Mantenga el nivel de electrolito en los límites adecuados (adicione solamente agua destilada cuando sea necesario para reponer las pérdidas ocasionadas durante el gaseo). Se recomienda, en la práctica, que siempre el electrolito cubra totalmente las placas, entre 10 y 12 mm por encima del borde superior (Figura. 3.7). En caso de que la caja exterior de la batería de acumulación sea transparente y posea límites de nivel del electrolito, este se situará entre los límites máximo y mínimo marcados por el fabricante.

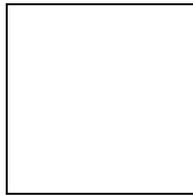


Figura. 3.7. Proceso de llenado del electrolito.

- Limpie la cubierta superior de la batería y proteja los bornes de conexión con grasa antioxidante para evitar la sulfatación (Figura. 3.8).

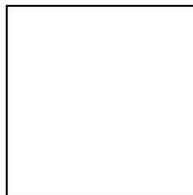


Figura. 3.8. Protección de los bornes para evitar la sulfatación.

- Verifique que los bornes de conexión estén bien apretados.
- Verifique que el uso de las baterías sea el adecuado y que su estructura de soporte esté segura y en buen estado.
- Las baterías de acumulación de las instalaciones fotovoltaicas además de calcularse para su uso determinado no están diseñadas para cubrir consumos muy intensos en poco tiempo y, por tanto,

no deben ser utilizadas para poner en marcha motores de vehículos (Figura. 3.9).

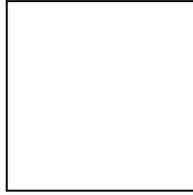


Figura. 3.9. Uso inadecuado de las baterías.

Mantenimiento al controlador de carga para batería de acumulación (CCB).

- Mantenga el controlador de carga colocado en posición correcta, lugar limpio, seco y protegido de los rayos solares.
- Chequee el funcionamiento correcto del controlador de carga. Si detecta ruidos anormales, contacte al personal especializado.
- Verifique que las conexiones estén correctas y bien apretadas.
- Chequee que el fusible de entrada esté en buen estado.

Nota: En caso de que el controlador de carga no funcione, contacte con el personal especializado.

3.2.3. Mantenimiento del regulador.

- Se debe colocar el regulador en un lugar que tenga una excelente ventilación, debido a que a temperaturas elevadas produce calentamiento.

- Al adquirir este equipo se debe verificar que internamente disponga de un disipador de calor.
- No se debe extraer el regulador del sistema, podría causar graves daños a la batería y por ende al regulador.
- No se debe conectar elementos de consumo más de lo dimensionado, esto produce una sobre carga interna en el regulador, produciendo daños en las pistas del circuito.
- El usuario deberá vigilar las sujeciones y realizar una inspección visual del mismo.
- Los leds mostrarán el estado real del sistema. Si el usuario detecta un funcionamiento anormal, deberá notificarlo al técnico que ara una revisión del funcionamiento. Como rutina bianual se realizará una verificación de esos puntos así como los valores de funcionamiento del mismo.
- Cuando sea necesario sustituir el equipo se debe notificar al personal autorizado.

3.2.4. Mantenimiento del inversor o convertidor cd/ca.

- Verifique que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca y bien ventilada.
- Verifique que el inversor esté protegido de los rayos solares.

- Compruebe que el inversor funciona adecuadamente y que no se producen ruidos extraños dentro de él. En caso de que la operación sea defectuosa o no funcione, contacte al personal especializado.

3.2.5. Mantenimiento de equipos consumidores y cablerías.

- El mantenimiento de los equipos consumidores (radios, televisores, refrigeradores, computadoras, etc.), es el mismo que se le hace a éstos cuando funcionan conectados al Sistema Electro energético Nacional.
- En el caso del refrigerador, se ubica en un lugar bien ventilado para garantizar un uso más eficiente y por tanto no debe cambiarlo de lugar sin la consulta del especialista.
- Verifique que todos los empalmes y conexiones estén fuertemente apretados para evitar falsos contactos, y protegidos adecuadamente con cinta aislante. Limpie regularmente el tubo fluorescente y la cubierta protectora de las lámparas (en caso que la posea), a fin de obtener un mayor nivel de iluminación.

¡Muy importante!

Si un componente del sistema no funciona adecuadamente y su solución está fuera de las acciones que se han establecido en el manual básico, contacte inmediatamente con el personal especializado. No acuda a personas no autorizadas ni trate usted mismo de solucionar el problema. Con esta medida se evitan accidentes y daños a la instalación.

3.2.6. Recomendaciones y consejos útiles.

- Desconecte los equipos electrodomésticos en los días de tormentas eléctricas fuertes y ciclones para evitar que una descarga atmosférica pueda averiarlos.
- No conecte al sistema equipos electrodomésticos o de otro tipo que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a los especialistas, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar su mal funcionamiento.
- No permita que otros usuarios se conecten a su instalación (no hacer tendederas).
- No conecte equipos de potencia superior a la del inversor CD/CA, pues esta sobrecarga puede dañarlo.
- Almacene el agua destilada en recipientes plásticos o de cristal; siempre que vaya a añadir agua destilada a la batería de acumulación, use también embudo de plástico o cristal (en ningún caso emplee recipientes metálicos).
- Una vía para recolectar agua destilada es en los días de lluvia. Una vez que comience a llover, espere de 10 a 15 minutos y luego coloque un recipiente abierto, de plástico o cristal, al aire libre. Nunca recolecte agua de techos, canaletas y otros medios.
- No utilice, en sustitución del agua destilada para rellenar la batería de acumulación, agua de río, hervida u otro tipo que no sea la recomendada, ya que esto daña la vida útil de la batería de acumulación.

- Fíjese regularmente en los indicadores lumínicos del controlador de carga y en caso de notar que alguno de ellos no enciende, contacte inmediatamente al personal especializado.
- Si alguna lámpara no enciende y el tubo fluorescente no está fundido ni defectuoso, revise tanto el fusible (si lo tiene) como el interruptor. Si alguno está defectuoso, reemplácelo por otro.
- Recuerde siempre que en los sistemas fotovoltaicos, como la energía es limitada, se hace mucho más necesario el ahorro al máximo. Por tanto, no mantenga luces o equipos encendidos innecesariamente.

3.3. DISEÑO DE CIRCUITOS CON PANELES SOLARES.

3.3.1. Arreglos fotovoltaicos.

Un arreglo FV es un conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie o paralelo. Las características eléctricas del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie y en paralelo.

3.3.2. Módulos en serie.

Incrementando el voltaje: Los módulos solares se conectan en serie para obtener voltajes de salida más grandes. El voltaje de salida, V_s , de módulos conectados en serie está dado por la suma de los voltajes generados por cada módulo.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (3.1)$$

Una forma fácil de entender el concepto de sistemas conectados en serie, es mediante la analogía presentada en la Figura. 3.8, entre un sistema hidráulico y un eléctrico. Como se puede observar en el sistema hidráulico (izquierda) el agua que cae desde cuatro veces la altura de 12 metros produce una caída de agua con cuatro veces la presión a la misma tasa de flujo, 2 L/s. La cual se puede comprar con los 48 voltios que el sistema eléctrico (derecha) alcanza al pasar una corriente de 2 amperios por cuatro módulos conectados en serie. La corriente se compara con el flujo ya que ambas permanecen constantes en el circuito, y el voltaje es análogo al papel de la presión en el sistema hidráulico.

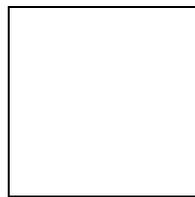


Figura. 3.10. Analogía de una conexión en serie entre un sistema eléctrico y un hidráulico.

3.3.3. Módulos en paralelo.

Incrementando la corriente: Los módulos solares o paneles se conectan en paralelo para obtener corrientes generadas más grandes. El voltaje del conjunto es el mismo que el de un módulo (o un panel); pero la corriente de salida, I_s , es la suma de cada unidad conectada en paralelo.

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \quad (3.2)$$

De manera similar al sistema conectado en serie, los sistemas conectados en paralelo también pueden ser comparados en un sistema hidráulico, tal y como se muestra en la Figura. 3.11. En el sistema hidráulico (arriba) el agua que cae de la misma altura, da la misma presión que cada bomba individual, pero el flujo es igual al total de los flujos de todas las bombas. Entonces en el sistema eléctrico, el voltaje permanece constante y la corriente de salida de los cuatro módulos es sumada, produciendo 8 amperes de corriente a 12 voltios.

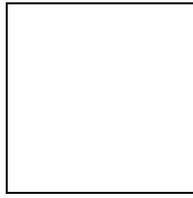


Figura. 3.11. Analogía de una conexión en paralelo entre un sistema eléctrico y un hidráulico.

Para evitar el flujo de corriente en la dirección opuesta se utilizan diodos de bloqueo. Y los diodos de paso, proporcionan un camino de alivio para evitar que circule corriente por un panel o un módulo sombreado (sombra de nubes o de objetos). Un módulo sombreado no genera energía, por lo cual, los demás módulos lo verán como un punto de resistencia. En consecuencia, fluirá corriente hacia él convirtiéndose en un punto caliente del arreglo. Aumentará su temperatura y se degradará aceleradamente.

3.3.4. Módulos mixtos.

En la Figura. 3.12, se muestra un ejemplo de módulos conectados en serie y en paralelo. En ella también se muestra la posición de los diodos de paso y el diodo de bloqueo. Este último debe ser calculado tomando en consideración la máxima corriente que generará el arreglo fotovoltaico en condiciones de corto circuito. La norma internacional dice que el valor de la corriente que soporta el diodo debe ser por lo menos 1.56 veces el valor de la corriente circuito del arreglo de corto.

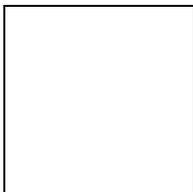


Figura. 3.12. La conexión mixta de módulos fotovoltaicos.

3.3.5. Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.

Para garantizar que los consumos se garanticen durante todo el periodo de utilización de la instalación se toma de base para el cálculo los consumos del mes más desfavorable del año. Este método basa su análisis en garantizar la cobertura del servicio que la instalación debe prestar durante el mes en el que el valor medio de la irradiación global diaria sobre la superficie de los módulos, $G_{dm} (\beta)$, es más desfavorable con relación al consumo previsto.

- Criterios de partida. Estudio de las necesidades a cubrir

Conceptualmente, el cálculo de la energía consumida diariamente en la carga, es sencillo, pues basta con multiplicar la potencia de cada uno de los equipos de los que se dispone (luces, radio-grabadores, etc.) por el número de horas diarias de su utilización, e incluso sino es durante todas las épocas de año también deberá considerarse. Es claro que este último parámetro se ve afectado por muchos factores tales como el número de usuarios, sus actividades, costumbres y entorno socioeconómico, la época del año, etc. Que resultan de difícil predicción.

- Observaciones importantes.

Los usuarios de la instalación deben ser conscientes de la importancia de respetar los valores de consumo previstos un fracaso muy común de estas instalaciones es que resulta luego que los consumos superan en gran medida los previstos.

- Localización, clima y radiación.

La radiación solar de Ecuador se ha consultado en la base de datos H-World de Consolar (Centro de Estudios de la Energía Solar – España). Dicha base de datos representa el fruto de seis años de trabajo, en los que han colaborado especialistas de diversos Organismos y centros de Investigación de un considerable número de países (Congreso Iberoamericano de Meteorología, Consejo Interamericano para

la educación, la Ciencia y la Cultura de la OEA Organización de Estados Americanos).

Con objeto de unificar los sistemas fotovoltaicos destinados a alimentar los mismos servicios, se va a considerar como media 4kWh/m², con ello se facilitará su implementación, suministro de materiales y repuestos, mantenimiento, reducción de costes y futuras ampliaciones.

- Diseño y cálculo del sistema

La energía real necesaria a suministrar por el sistema fotovoltaico, L, se calcula teniendo en cuenta las eficiencias y pérdidas de los distintos subsistemas que intervienen en el sistema fotovoltaico,

$$L = L_{dc}/\eta_b + L_{ac}/(\eta_b \times \eta_{inv}) \quad (3.3)$$

Donde:

- L : energía real necesaria (Ah).
- L_{dc} : cargas en corriente continua (Ah).
- L_{ac} : cargas en corriente alterna (Ah).
- η_b : rendimiento faradaico de la batería (eficiencia media de carga/descarga de la batería).
- η_{inv} : eficiencia media del inversor.

η_b : 0.92 (92%). Este factor se introduce en el cálculo a efectos de que la mayor parte del tiempo la demanda de carga no se va dar en horas centrales del día, sino más bien por la mañana / tarde / noche principalmente (lámparas y equipos de sonido) y, por tanto, el suministro lo va a aportar mayormente la batería.

η_{inv} : 0.89 (89%), como valor medio dependiendo de la potencia conectada al inversor. Dato suministrado por el fabricante.

La potencia pico de la instalación se determinará teniendo en cuenta la radiación total diaria incidente sobre la superficie del generador anteriormente descrita, $G_{dm}(\beta)$ y el rendimiento global del generador fotovoltaico en el que se incluye las pérdidas asociadas por conexionado, dispersión de parámetros respecto a las condiciones estándar de medida de la potencia de módulo (1000 W/m², 25°C de temperatura de célula), ya que la temperatura normal de trabajo de la célula suele estar 20-25°C por encima de la ambiente, acumulación de suciedad en la superficie de los módulos, etc.

- El cálculo del número de módulos viene dado por la expresión:

$$N = N_{pp} \times N_{ps} \quad (3.4)$$

Siendo:

$$N_{ps} = V_{ng} / V_{np} \quad (3.5)$$

$$N_{pp} = E (L / (I_m \times G_{dm}(\beta) \times \eta_g \times \eta_r) + 1) \quad (3.6)$$

Donde:

- N_{ps} : número de módulos asociados en serie para trabajar a la tensión nominal del sistema.
- N_{pp} : número de módulos asociados en paralelo para entregar la intensidad adecuada de suministro.
- V_{ng} : tensión nominal de la instalación: 12 ó 24V.
- V_{np} : tensión nominal del módulo: 12V.

- L : energía real a suministrar (Ah).
- I_m : intensidad suministrada por el módulo fotovoltaico. En el módulo I-100 a utilizar en el proyecto, dicha intensidad es 5,74A a 1000W/m².
- $G_{dm}(\beta)$: radiación total diaria sobre el plano inclinado: 4HSP (1 HSP = 1000Wh/m²) según se ha estimado anteriormente.
- η_g : rendimiento global del generador fotovoltaico: 0.9 (90%).
- Este factor está suficientemente contrastado para este tipo de aplicaciones, como por normas internacionales (Universal Standard for Home Systems – SHS, Thermie B SUP 995-96, EC – DGXVII, 1998).
- η_r : rendimiento global regulador: 0.991 (99.1%).
- $E(\dots)$: parte entera del valor que aparece entre corchetes.

Sustituyendo los valores podemos determinar el número de paneles mínimo para asegurar la energía necesaria, o si partimos de un sistema Standard, los Wh/d que podrá suministrar el sistema, y dependiendo de las cargas, las horas de funcionamiento diario de las mismas.

El sistema de acumulación, en Ah, vendrá determinado por la expresión:

$$C \text{ (Ah, 120h)} = (L \times d) / P_d \quad (3.7)$$

- C : capacidad de la batería a un régimen de descarga de 120h, 25°C y V_f de descarga 1.85V.
- L : energía real a suministrar (Ah), anteriormente calculada.

- d: días de autonomía de la instalación. Este parámetro viene fundamentalmente determinado por las características climatológicas de la zona y el uso o finalidad de la aplicación. En ese sentido, la recomendación mínima es de 3 días.
- Pd: profundidad máxima de descarga. Al ser baterías estacionarias de ciclo profundo y bajo mantenimiento para aplicaciones fotovoltaicas, la profundidad se cifra en un 80%, 70 % en las SLI.(dato del fabricante)

En cuanto al regulador de carga, la corriente de entrada será la máxima capaz de generar los módulos fotovoltaicos. La salida del regulador suministrará energía a la carga en continua, ya que el consumo en alterna se conectará directamente al inversor, aunque éste último estará comandado por el regulador.

$$\text{Regulador} = I_{\text{max}} (\text{panel}) * N_{\text{pp}} \quad (3.8)$$

Ejemplo: Si tenemos 20 módulos I-50 I_{max} 2,87A conectados en paralelo
Regulador= $20 * 2,87 = 57,4A$ (necesitas 2 de 30A, 3 de 20A ó 7 de 10A.

Ejemplo 2: Tenemos los 20 módulos I-50 instalados en un sistema a 24V.

Regulador: $10 * 2,87 = 28,7A$

- Inversor de corriente DC/AC.

Potencia del inversor lo determina el consumo (carga) Ej. Alimentar en TV (75), VHS (25W), Equipo sonido (50W). Potencia consumo es de: 150W.

Utilizar el Isoverter 250 que es el que más se acerca.

Revisar si la batería que calculamos de 300Ah sirve.

$150/V. \text{ trabajo} = 150/12 = 12,5A$ Corriente de consumo de los equipos.

20% de 300Ah = 60A Corriente que puedes sacar de batería.

Si $12,5A < 60A$ La batería es válida.

El 20% capacidad de la batería tiene que ser mayor a la corriente de consumo, de lo contrario se tendría que aumentar la capacidad del acumulador.

- Cableado.

$$S \geq 0,036 \times I \times L \times V \quad (3.9)$$

- S: sección mínima en mm^2 del conductor de 0,036: factor de corrección dado por el cobre.
- I: corriente máxima en (A) que circulará por el conductor.
- L: longitud del conductor.
- V: caída de tensión máxima permitida, este coeficiente varia en función de la tensión nominal de la instalación y de la unión entre los dispositivos que se considere.

CAPITULO IV

MANUAL BÁSICO DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

4.1. INTRODUCCIÓN.

Todos los días en todo el mundo, el sol brilla sobre la tierra. La energía de los fotones del sol se puede convertir en energía eléctrica. A este proceso se le conoce como "Efecto Fotovoltaico".

Desde que llegó al mercado el primer panel solar fotovoltaico en la década de 1960, la tecnología fotovoltaica ha seguido siendo investigada y desarrollada en todo el mundo (Pratt & Schaeffer 51). El constante desarrollo de esta tecnología ha dado lugar a mejor eficiencia y mayor accesibilidad de los paneles fotovoltaicos, aunque todavía requieren un costoso desembolso inicial. Hoy en día se continúan buscando nuevas formas de hacer la tecnología fotovoltaica una opción viable para cualquier persona.

Dado que la mayoría de nosotros no estamos estudiando esta tecnología en profundidad, podemos colaborar en su expansión de otras maneras: conociendo y difundiendo el funcionamiento de la energía fotovoltaica, así como ayudando a otros a tener acceso a sistemas de energía solar.

Este artículo explora los componentes de un sistema fotovoltaico, describe su relevancia y funciona como una guía para principiantes que deseen invertir en una instalación fotovoltaica.

4.1.1. Componentes del sistema fotovoltaico.

- Célula.

Discos delgados, normalmente cuadrados, o películas de material semiconductor que generan tensión y corriente cuando están expuestos a la luz solar.

- Panel.

La configuración de las células fotovoltaicas laminadas entre un superestrato claro (encristalado) y un sustrato encapsulado.

- Módulo.

Uno o más paneles interconectados a un determinado voltaje.

- Controlador de carga.

Regula el voltaje de la batería y controla su tasa de carga, o el estado de carga.

- Batería de ciclo profundo

Tipo de batería (dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica en corriente continua) que puede descargar gran parte de su capacidad muchas veces sin dañarse.

- Inversor.

Circuito electrónico que transforma la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA).

- Carga.

Cualquier componente eléctrico dentro de un circuito que absorbe energía de ese circuito.

La mayoría de las cargas se pueden activar y desactivar, por ejemplo, una bombilla o una nevera.

Algunas cargas requieren CC y otras CA.

- Interruptores automáticos y fusibles.

Son dos tipos de protección contra la sobre corriente.

Cuando una corriente excede el amperaje nominal de un automático o fusible, el circuito se abre e interrumpe el flujo de corriente. Cuando se quema un fusible, hay que reemplazarlo, mientras que los automáticos basta con volver a conectarlos.

- Interruptores.

Mecanismo que se utiliza para conectar o desconectar los componentes de un sistema fotovoltaico por motivos de seguridad o por tareas de mantenimiento.

-Contador.

Un indicador que le permite medir su consumo de energía, y la cantidad extraída de las cargas.

4.1.2. Análisis del sitio solar.

- Radiación Solar.

Cuando el sol ilumina la tierra en un momento y lugar determinado, se le llama INSOLACIÓN. La insolación puede describirse como densidad de potencia, y se expresa en vatios por metro cuadrado (W / m^2) y, en la energía fotovoltaica, a menudo se presenta como valores del promedio diario por mes. Recibimos 1000 (W / m^2) cuando tenemos 100% de insolación. En promedio, sólo estamos en condiciones de recibir una máxima insolación entre un 80% y un 85%, a menos que nos encontremos por encima de 7.000 pies de altitud, donde cabe la posibilidad de recibir más de lo que se considera 100% de pleno sol (Pratt & Schaeffer 56).

Cuando se analiza un sitio para instalar un sistema fotovoltaico, es importante saber qué mes se experimentan las tasas más bajas de irradiación y cuál las más altas, o la media más alta y la más baja que recibirá el sitio particular en ese mes.

Esta información será importante cuando se está tratando de determinar el ángulo de inclinación de sus módulos fotovoltaicos. Considerando la totalidad de los meses que estará utilizando sus paneles, lo mejor es conocer la insolación diaria, o la media de horas por día de pleno sol para el mes con las peores condiciones meteorológicas del año. Los datos de irradiación le permitirá encontrar un ángulo que es el más apropiado, lo que permite a su instalación ajustarse a un ángulo que le permita aprovechar el más alto potencial para alimentar su sistema.

- Horas de exposición solar.

El máximo de horas solares es el número de horas en que hace sol durante un día.

- Mediodía solar.

El mediodía solar es el momento cuando el sol se encuentra más alto en el cielo, entonces se produce la mayor irradiación solar. Para calcular el mediodía solar, divida por dos la longitud del día desde el amanecer hasta la puesta del sol.

4.1.3. La recopilación de datos locales.

- Datos de irradiación solar.

Determine el mes en que la radiación solar tiene el promedio más bajo. Este es el mes que va a utilizar para construir un sistema que funcione todo el año. (Si sólo lo va a usar durante el verano o en invierno, averigüe el mes con menor insolación durante el plazo en que utilice el sistema.)

- Ubicación del conjunto de paneles

Sol / Nubes: Es importante estimar la disponibilidad de sol y la nubosidad. A veces, usted puede obtener esta información en Internet si se trata de una ciudad lo suficientemente grande.

Sombra: Debería elegir una ubicación cercana o en el mismo lugar donde estén las cargas. El factor **MÁS IMPORTANTE** a considerar al elegir un lugar para su sistema son los obstáculos que produzcan sombras. La sombra que cubre sólo una célula fotovoltaica puede reducir drásticamente la corriente. Una pequeña sombra que cubra el panel puede reducir su rendimiento en un 80%. Como norma general, la matriz debe estar libre de sombras (durante cualquier mes que se utilice) de 9 de la mañana a 3 de la tarde. Esta es la franja horario óptimo de exposición solar.

4.1.4. Módulo fotovoltaico.

Un panel puede conectarse directamente a una carga CC si la carga se emplea solo cuando hay sol y ésta no es sensible a las grandes fluctuaciones de tensión.

- Algunas aplicaciones incluyen:

Un ventilador de invernadero: se trata de una carga que servirá para enfriar el invernadero durante el día. A mayor exposición de luz solar, mayor es el rendimiento de la carga, compensando así el calor dentro del invernadero.

Una bomba de agua: esta es una carga que no tiene que estar en funcionamiento en momentos concretos, y, por lo tanto, sólo es operativa cuando hay suficiente luz solar para alimentar la bomba.

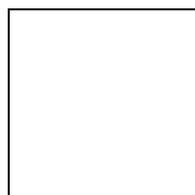


Figura 4.1. Aplicaciones de Paneles Solares.

4.1.5. Baterías.

Las baterías son necesarias para cualquier sistema que necesite algún tipo de capacidad de almacenamiento. Si va a utilizar su sistema en los momentos en que puede que no se disponga de la luz solar, una batería almacenará la energía de los paneles para poder alimentar las cargas posteriormente.

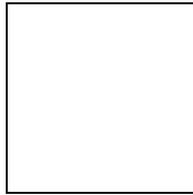


Figura 4.2. Almacenamiento de Energía.

- Objeto / Importancia

Las baterías le permiten almacenar directamente la energía generada por las placas fotovoltaicas.

Las baterías almacenan la energía en corriente continua (CC) y le permiten utilizar la energía durante la noche, cuando no hay una cantidad suficiente de luz solar, o cuando hay un apagón (si está conectado a la red).

Las baterías son una fuente de alimentación indispensable para las cargas eléctricas que funcionan ininterrumpidamente. Si se desea sólo alimentar una carga durante el día, la batería puede no ser necesaria, por ejemplo, para propulsar un ventilador en los días soleados dentro de un invernadero. Instalaciones conectadas a la red no requieren el uso de baterías, a pesar de que puede ser utilizado como una reserva de seguridad de suministro de energía de emergencia.

- Días de Autonomía

La autonomía se refiere al número de días que la o las baterías proporcionará una carga sin recargarlas.

Las condiciones meteorológicas generales determinan el número de días "sin sol", que es una gran variable a la hora de determinar la autonomía.

La gama general de autonomía es como sigue: de 2 a 3 días para usos no esenciales o sistemas con una batería de seguridad de suministro de energía. de 5 a 7 para las cargas críticas con ninguna otra fuente de energía.

- Capacidad de la batería (AH)

Las baterías se estiman por amperios horas (AH) de capacidad. La capacidad se refiere a la cantidad de energía que la batería en particular es capaz de almacenar. La capacidad de la batería debe ser capaz de suministrar energía a la carga. Es necesario tomar en consideración los días de autonomía con el fin de determinar la cantidad de capacidad de almacenamiento que se requiere de su batería. El AH le dirá cuántos amperios puede obtener de la batería en una hora.

Si se necesita más capacidad de almacenamiento para el sistema fotovoltaico que lo que una batería es capaz de abastecer, las baterías pueden conectarse en paralelo para añadir más capacidad de almacenamiento. Mayores tensiones se obtienen a través de cableado de serie.

Inicialmente, la capacidad de la batería debe ser un poco mayor que lo requerido por la carga de las pilas, porque perderán capacidad a medida que envejecen.

Pero si sobredimensiona un gran banco de baterías, éste puede permanecer en un estado de carga parcial durante los períodos de reducida insolación, acortando la duración de las baterías.

Determine la batería basada en el tamaño de su carga.

La capacidad en amperios hora (AH) aparecerá en la batería.

- Velocidad y profundidad de descarga

Una batería se está cargando cuando adquiere energía eléctrica y se descarga cuando pierde o se utiliza dicha energía. Un ciclo es una secuencia de carga y descarga, que a menudo se produce durante un período de un día.

La velocidad a la que la batería se descarga afecta directamente a su capacidad.

A mayor velocidad de descarga, menor es su capacidad.

La tasa de descarga se refiere al período de tiempo en que la batería se descarga. Para una batería valorada en C/20, la descarga C (en Ah) concluyó después de 20 horas de descarga. Por ejemplo, una batería de 220 Ah, valorados en 220Ah/20 se descargaría durante 20 horas a 11 Amperios constantes.

Profundidad de descarga se refiere a cuanta capacidad puede utilizarse en una batería. La mayoría de las baterías solares están diseñadas para soportar descargas regularmente del 40 al 80 por ciento. La vida de la batería está directamente relacionada con la profundidad de los ciclos de la batería, a menor la profundidad del ciclo, más aguanta.

Las condiciones ambientales y tamaño de la batería.

Puede no ser razonable un conjunto de baterías que sería capaz de proporcionar energía durante condiciones climáticas extremas, como tres o

cuatro semanas sin sol. Por lo tanto, puede ser una mejor opción para el tamaño del sistema teniendo en cuenta el número medio de días nublados o diseñarlo con un enfoque híbrido añadiéndole un generador o un aerogenerador.

La capacidad de la batería disminuye a temperaturas más bajas mientras que aumenta su vida útil.

Al decidir el tamaño de una batería, puede compensar los efectos de la temperatura por medio de un multiplicador de la temperatura de batería. Multiplica la capacidad de la batería que necesita por el multiplicador de la temperatura de batería

4.1.6. Regulador de voltaje.

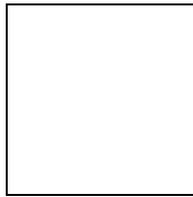


Figura 4.3. Regulador como protector de sobrecarga.

- Objeto / Importancia.

El Regulador de Voltaje impide que el panel fotovoltaico sobrecargue la batería mediante la regulación de la tensión, manteniéndola siempre por debajo de un determinado límite. La batería especificará que no puede seguir aceptando corriente pasando una determinada carga. El regulador de tensión baja la corriente según se va llegando a este límite, a fin de disminuir la cantidad de corriente de carga de la batería.

4.1.7. Controlador de baja tensión.

- Objeto / Importancia.

Un interruptor automático de baja tensión impide la descarga demasiado profunda de la batería.

Este automático desconecta la carga CC de la fuente para no dañar la batería con una descarga excesiva.

Si las baterías se descargan a un bajo nivel, un controlador puede medir la corriente que fluye de la batería a la carga CC.

El automático de baja tensión debe ser capaz de manejar el mayor amperaje o corriente de carga.

También se pueden usar luces o timbres en un controlador para cargas críticas en lugar del automático. Esto es importante para aparatos tales como refrigeradores que no se deben cortar de un suministro de energía sin la debida advertencia.

4.1.8 .Medidor.

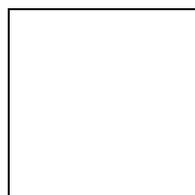


Figura 4.4. Contador/Indicador.

- Objeto / Importancia.

Un contador actúa como un indicador que le informa de la cantidad y el lugar en que está consumiendo la potencia del sistema.

- Voltímetro.

Voltaje de la batería (estado de carga).

Voltaje del panel, corriente, Potencia y Energía Total producidos durante un determinado período.

4.1.9 .Controlador de carga.

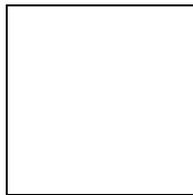


Figura 4.5. Controlador/Regulador

- Objeto / Importancia.

El controlador de carga funciona como un regulador de voltaje. La función principal de un controlador es evitar que los paneles sobrecarguen la batería.

El controlador de carga es capaz de "sentir" el actual estado de voltaje de la batería. Cuando la batería está completamente cargada, el controlador o bien

detiene o bien frena la cantidad de corriente que fluye en la batería desde las placas solares.

Hay controladores de carga de diferentes tamaños y estos tienen que corresponderse con el voltaje de las placas.

El controlador también debe ser capaz de manejar la máxima corriente procedente de los paneles y que fluye a través del controlador en un momento dado.

4.1.10. Inversor.

Inversores conversores de CC a CA. Para alimentar cualquier carga CA, la corriente debe ser convertida a través de un inversor.

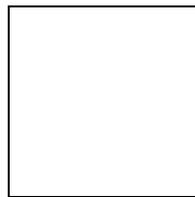


Figura 4.6. Inversión CC/CA

- Objeto / Importancia.

Los módulos fotovoltaicos generan sólo CC. Las baterías pueden almacenar sólo CC. Un inversor se utiliza como un "puente", que convierte la corriente continua en alterna.

CA es más fácil de transportar a largas distancias, este es un componente importante de muchos montajes fotovoltaicos.

Los aparatos que funcionan con corriente alterna se han convertido en el estándar de la electricidad convencional moderna, los inversores de energía son necesarios para cualquier tipo de carga alterna.

- Vatios de salida.

Esto indica los vatios que el inversor puede suministrar durante su funcionamiento normal.

Elija un inversor que puede manejar el sistema del máximo volumen de carga CA.

Voltaje de entrada o voltaje de la batería.

Esto indica que el voltaje de entrada CC que el inversor necesita para funcionar, por lo general 12, 24, ó 48 voltios.

El voltaje de entrada del inversor debe coincidir con el voltaje nominal del sistema fotovoltaico.

4.1.11 .Generador.

Un generador es una alternativa opcional a una fuente de alimentación adicional para los que necesitan la garantía de que habrá energía disponible para su sistema en tiempos de necesidad.

¡Error! No se puede leer o presentar el archivo.

Figura 4.7 Generador como fuente de alimentación.

- Los generadores puede ser CA o CC.

El diagrama de arriba muestra cómo un generador de CA puede ser conectado a través del inversor para suministrar corriente continua a la batería y a cargas que funcionen bajo CC. Sólo hay un grupo de inversores que son capaces de operar de esta manera.

Los generadores CC pueden conectarse directamente a través del controlador de carga para abastecer a todo el sistema.

4.1.12. Cableado.

Código de colores.

Tabla 4.1 Codificación por colores

Codificación por colores del cableado

Cableado CC	Rojo = Positivo
Cableado para CA	
Cableado para CA	Rojo = Positivo
Verde o cobre = Tie	

- Tamaño del cable.

Corriente máxima: La capacidad del cable de flujo de corriente. Por lo tanto, cuanto más grande es el alambre, permite un mayor flujo de corriente.

Caída de tensión: La pérdida de tensión debido a la resistencia del cable y su longitud.

El dimensionado del cable debe basarse en la máxima corriente y la longitud actual a través del cableado.

4.1.13. Protección sobre corriente.

Operar demasiadas cargas a la vez o cableado defectuoso quemará el fusible que protege los cables y sistemas de daños de sobrecarga de corriente.

- Fusibles.

Los fusibles consisten en un hilo metálico o cable que se quemará cuando la corriente que pase a través del fusible exceda un máximo predeterminado, que abre el circuito para evitar que los cables se dañen.

- Interruptores diferenciales o disyuntor.

Los interruptores diferenciales, también llamados disyuntores, a diferencia de los fusibles, no necesitan ser reemplazados. Cuando la corriente excede el amperaje permitido por el diferencial, el circuito se abre y se detiene el flujo de corriente.

- Desconectores.

Cada componente en el sistema debe ser capaz de desconectarse de todas las fuentes de energía. Los desconectores pueden ser tanto fusibles como disyuntores.

- Tierra.

Conectar un cable a masa significa conectarlo a la tierra o a algún elemento conductor que sirve de la tierra.

La masa limita voltaje debido a tormentas, subidas de corriente o contacto con líneas de alta tensión.

La conexión a tierra estabiliza el voltaje.

Las tomas a tierra proporcionan una cierta protección frente a derivaciones de descargas en personas.

4.1.14. Dimensionamiento de un sistema.

Calcular el tamaño de su sistema requiere siete pasos:

1. Estimación de su carga eléctrica.

2. Estimación de la energía solar disponible.
3. Dimensionamiento de un conjunto fotovoltaico.
4. Dimensionamiento de baterías.
5. Especificar un controlador.
6. Dimensionamiento de un inversor.
7. El calibrado del sistema de cableado e automáticos.

4.2. ESQUEMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA.

4.2.1. Sistema de protección eléctrica.

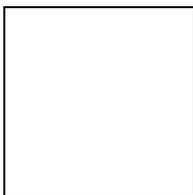


Figura 4.8. Protección Eléctrica.

4.2.2. Puesta a tierra del sistema.

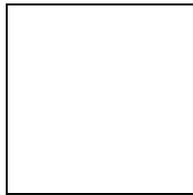


Figura 4.9 Puesta a Tierra.

4.2.3. Puesta a tierra de los equipos.

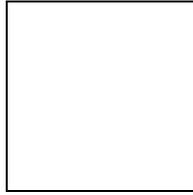


Figura 4.10. Puesta a tierra de los equipos.

4.2.4. Configuración Serie, Paralelo, Mixto De Módulos Fotovoltaicos

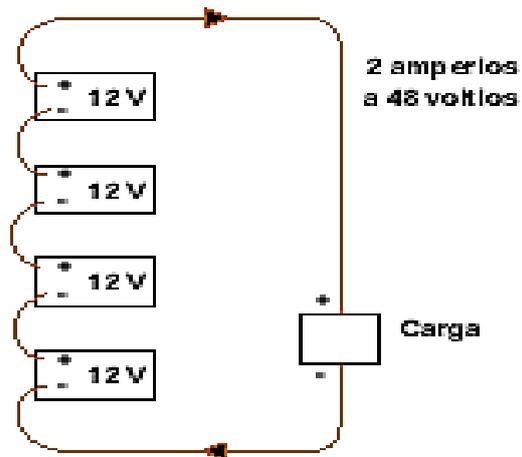


Figura 4.11. Configuración en serie.

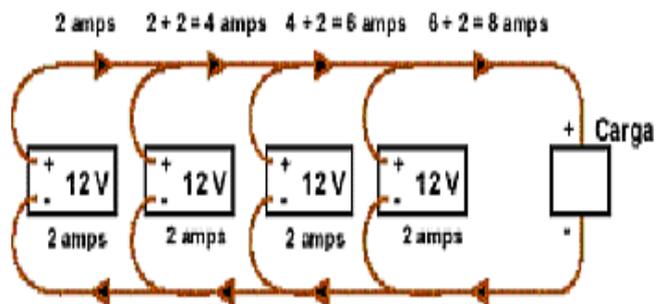


Figura 4.12. Configuración en paralelo.

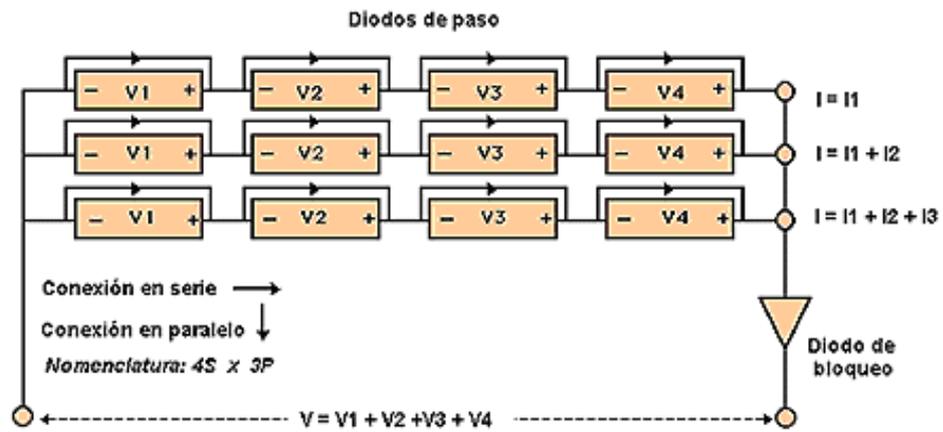


Figura 4.13. Configuración mixta.

4.2.5. Configuración serie, paralelo y serie/paralelo de acumuladores.

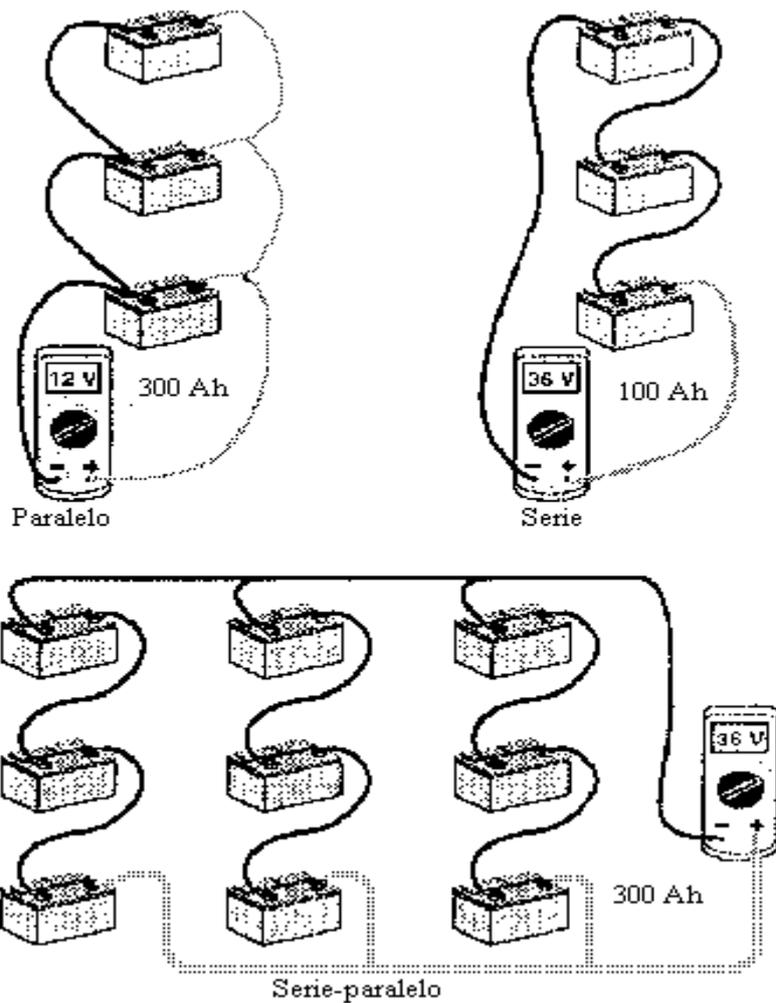


Figura 4.14. Configuración de Acumuladores.

4.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A lo largo de este trabajo de investigación se ha pretendido abordar la realización de estudios sistemáticos de confiabilidad en una tecnología y aplicación, la electrificación fotovoltaica, que se ha mantenido relativamente alejada de esta clase de análisis, ya comunes en otros sectores. Se ha tratado de asociar la fiabilidad con el dimensionado de las instalaciones, factor dependiente de la aleatoriedad de la radiación solar y de la incertidumbre del consumo futuro de cada usuario, y la fiabilidad asociada a averías, por otra parte marcada por el tiempo no operativo del sistema a la espera del mantenimiento y por los propios recursos destinados. Son aspectos, sin embargo, con una importante dependencia entre ellos, como se ha mostrado a lo largo del trabajo.

Asimismo, se ha intentado avanzar en el conocimiento técnico de los sistemas fotovoltaicos en operación real, tratando con especial profundidad el comportamiento de las baterías y su regulación de carga, los aspectos teóricos básicos y, fundamentalmente, las características técnicas de los equipos existentes en el mercado y las opciones de mejora teniendo presente el

entorno de aplicación habitual de este tipo de instalaciones. Dicho todo esto podemos concluir lo siguiente:

- Los sistemas fotovoltaicos autónomos constituyen una alternativa adecuada para la electrificación en entornos descentralizados. Sin embargo, existen aún deficiencias que deben resolverse, fundamentalmente centradas en la calidad técnica de equipos e instalaciones y en la planificación del mantenimiento.

- La energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable, contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc.) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc.).

- La producción está basada en el fenómeno físico denominado "efecto fotovoltaico", que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados celdas fotovoltaicas.

- La energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como es el caso por ejemplo de los Espacios Naturales Protegidos.

- La energía fotovoltaica es permanente incluso en días nublados, aunque su rendimiento disminuye linealmente a la luz que incide sobre el panel.

- Para garantizar que los consumos durante todo el periodo de utilización de la instalación se toma de base para el cálculo los consumos del mes más desfavorable del año. Este método basa su análisis en garantizar la cobertura del servicio que la instalación debe prestar durante el mes en el que el valor medio de la irradiación global diaria sobre la superficie de los módulos es más desfavorable con relación al consumo previsto.

- Los usuarios de la instalación deben ser conscientes de la importancia de respetar los valores de consumo previstos un fracaso muy común de estas instalaciones es cuando los consumos superan en gran medida los previstos.

Para un óptimo funcionamiento de un sistema fotovoltaico se puede recomendar lo siguiente:

- Evitar cualquier sombra sobre los paneles ya que esto limita la generación de electricidad para el sistema.

- Evitar la presencia de cualquier objeto sobre los módulos.

- Considerar que en el transcurso del tiempo no existan objetos de cualquier índole que produzcan sombras sobre los módulos.

- Evitar golpes sobre los paneles puesto que sus celdas son muy sensibles.

- Los equipos que conforman un sistema fotovoltaico excepto los módulos se deben colocar en lugares secos y de temperatura favorable.

- No colocar objetos metálicos en la batería, puede provocar un cortocircuito y una explosión.

- Evitar que se produzca combustiones de cualquier tipo cerca de los equipos.

- Dar el uso adecuado a todos los equipos del sistema.

- Durante la instalación del sistema se debe prestar gran atención a la polaridad, pues una mala conexión del positivo y negativo podría provocar daños a los equipos.

- Antes de conectar cualquier equipo al inversor asegurar de que la potencia de este es menor que la del propio inversor y de que los picos de arranque del mismo puedan ser soportados por el inversor.
- No abusar de las horas de utilización de los equipos. Ahorre energía y el sistema funcionara mucho mejor y durante mucho más tiempo.
- Se debe apagar los equipos cuando no se este utilizando el sistema.
- No se debe sobre dimensionar el sistema ya que esto provoca daños severos en todo el sistema.
- Una de las recomendaciones más importantes es, preparar al personal continuamente sobre la instalación manipulación y mantenimiento del sistema.
- Realizar un plan de mantenimiento preventivo mensual para el sistema.
- Cuando el sistema requiera mantenimiento correctivo el que lo realice debe ser solo el personal autorizado (técnico).

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- E. ALCOR, Instalaciones Solares Fotovoltaicas.
- SANDIA NATIONAL LABORATORIES, Sistemas de energía fotovoltaica y el Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos. Prácticas recomendadas. (Traducido al castellano por Censolar)
- F. ANTONY, C. DÜRSCHNER, K. REMMERS, Fotovoltaica Para Profesionales (Diseño, instalación y comercialización de plantas solares fotovoltaicas).
- EDUARDO LORENZO, Radiación solar y dispositivos fotovoltaicos Volumen II de la obra *Electricidad Solar Fotovoltaica*.
- L. LEJARDI, Acumuladores de electricidad. Manual práctico.
- M. Castro Gil, J. Carpio Ibáñez, Energía Solar Fotovoltaica.
- Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF) Sistemas de energía fotovoltaica. Manual del instalador.
- A. Fuentes, M. Álvarez, Prácticas de Energía Solar Fotovoltaica.
- NICOLSON, El Sol. .

- WWW.ENERGIAFOTOVOLTAICA.COM.
- WWW.CENSOLAR.COM.ES
- WWW.ISOFOTON.COM.ES
- WWW.ISOEQUINOCCIAL.COM.EC
- WWW.ISES.COM
- WWW.ECOSOLAR.COM.AR

ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ALTA TENSIÓN: se denominan instalaciones de alta tensión a aquellas en las que la tensión nominal es superior a 1.000 Voltios en corriente alterna.

BAJA TENSIÓN: aquellas instalaciones eléctricas cuya tensión nominal es igual o inferior a 1.000 Voltios para corriente alterna y 1.500 Voltios para corriente continua.

BATERÍAS: dispositivos que acumulan la energía que reciben de los paneles para su posterior consumo.

CÉLULA FOTOVOLTAICA: unidad básica del sistema fotovoltaico, normalmente compuesto por silicio, donde se produce la transformación de la radiación solar incidente en energía eléctrica.

CENTRAL FOTOVOLTAICA: conjunto de instalaciones destinadas a la generación y suministro de energía eléctrica a la red mediante el empleo de sistemas fotovoltaicos a gran escala.

COGENERACIÓN: sistema de generación eléctrica que se apoya en la producción de calor para su utilización en otros usos industriales (ladrilleras, secaderos.).

CONTADOR: en las instalaciones fotovoltaicas un contador principal mide la energía producida (kWh) y enviada a la red, para que pueda ser facturada a la compañía a los precios autorizados. Además, un contador secundario mide los

pequeños consumos de cada uno de los equipos fotovoltaicos para descontarlos de la energía producida.

EFECTO FOTOVOLTAICO: conversión directa de la energía luminosa en energía eléctrica.

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN: porcentaje de energía solar que es transformada en energía eléctrica por la célula fotovoltaica. En función de la tecnología y la producción técnica, este porcentaje puede variar entre un 5% y un 30%.

ENERGÍA: Propiedad de los cuerpos que se manifiesta por su capacidad de realizar un cambio (de posición o de cualquier otro tipo).

ENERGÍA ALTERNATIVA: se consideran energías alternativas las que pueden sustituir a la energía “convencional” (fuel, carbón y centrales nucleares), y que no implican impactos negativos significativos sobre el ecosistema. Son consideradas alternativas entre otras la energía solar, eólica, biomasa, ect...

ENERGÍA LIMPIA: aquellas cuya utilización no tiene riesgos potenciales añadidos y suponen un nulo o escaso impacto ambiental, aunque prácticamente no existe una energía limpia 100%, las alteraciones que ésta pueda provocar, teniendo en cuenta su ciclo de vida, no son relevantes como para alterar el ecosistema. Las energías limpias son al mismo tiempo renovables.

ENERGÍA DE ORIGEN RENOVABLE: la considerada como fuente de energía inagotable y con un nulo o escaso impacto ambiental. Emplea para la generación de energía recursos continuos, cuya oferta no se ve afectada por la actividad humana (radiación solar y energía eólica), y recursos renovables (plantas, animales, agua...), que gracias a la regeneración pueden seguir existiendo a lo largo del tiempo, pero que pueden llegar a agotarse si su consumo es más rápido que su renovación o si se producen alteraciones en los ecosistemas.

FOTÓN: cada una de las partículas que componen la luz.

FOTOVOLTAICO (FV): relativo a la generación de energía eléctrica por la acción de la luz solar.

HORA EQUIVALENTE: en una instalación fotovoltaica se entiende como hora equivalente la medida que relaciona la potencia producida (Kw/H) con la potencia instalada (Kwp).

INCLINACIÓN: ángulo que forma el panel fotovoltaico con el horizonte.

IRRADIACIÓN: cantidad de radiación solar recibida por una superficie, pudiendo ser directa, difusa y global.

KILOWATIO (KW): unidad de potencia equivalente a 1.000 vatios.

KILOWATIO HORA (KW/H): Unidad de energía utilizada para registrar los consumos. Equivale al consumo de un artefacto de 1.000 W de potencia durante una hora.

ONDULADOR O INVERSOR: elemento de una instalación fotovoltaica encargado de transformar la corriente continua que suministran las baterías o los paneles en corriente alterna para su uso en diferentes electrodomésticos o aplicaciones, tanto en sistemas aislados como sistemas conectados a red.

PANEL FOTOVOLTAICO: conjunto formado por las distintas células fotovoltaicas interconectadas, encapsuladas y protegidas por un vidrio en su cara anterior y por un marco en los laterales, provisto de terminales para su conexión a la instalación.

RADIACIÓN SOLAR: cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados. Su intensidad depende de la altura solar (latitud, fecha y hora de día), ubicación del panel, condición atmosférica y altura sobre el nivel del mar.

RADIACIÓN SOLAR DIFUSA: radiación solar esparcida y reflejada en la atmósfera que proviene de la bóveda celeste.

RADIACIÓN SOLAR DIRECTA: radiación solar que proviene directamente del sol.

RADIACIÓN SOLAR GLOBAL: suma de la radiación solar directa y la difusa.

SEGUIDOR SOLAR: dispositivo que permite seguir al sol en todo momento, de tal manera que siempre permite presentar una superficie perpendicular a la dirección de los rayos del sol.

SILICIO: elemento químico más abundante en el planeta del que se componen las células de un panel solar. De naturaleza metálica y de color gris oscuro posee excelentes propiedades semiconductoras.

SISTEMAS AISLADOS: sistemas fotovoltaicos autónomos sin conexión a la red eléctrica y destinada al autoabastecimiento, normalmente ubicados en áreas rurales y de difícil acceso.

SISTEMAS CONECTADOS A RED: sistemas fotovoltaicos que actúan como centrales generadoras de electricidad, suministrando energía a la red.

WATIO (W): unidad de potencia eléctrica que equivale a un julio por segundo.

WATIO PICO (WP): unidad de potencia que hace referencia al producto de la tensión por la intensidad (potencia pico) del panel fotovoltaico en unas condiciones estándares de medida (STC).

ANEXO B

**(MANUAL DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE ISOFOTÓN)**

1. INTRODUCCIÓN Y RECOMENDACIÓN GENERAL.

ISOFOTÓN, S.A., empresa española pionera y líder en el sector fotovoltaico, es fabricante de células y módulos desde su fundación en 1981. Debido a una larga experiencia, utilización de materiales de primera calidad y exhaustivos controles de calidad, los módulos fotovoltaicos fabricados por ISOFOTÓN, S.A. presentan una vida útil por encima de los 20 años con un funcionamiento óptimo desde el primero al último día.

Lea atentamente todas las instrucciones del presente documento antes de instalar, conectar o manipular el módulo fotovoltaico. Las recomendaciones dadas para un módulo fotovoltaico se pueden hacer extensivas para más de uno.

ISOFOTÓN, S.A. no asume responsabilidad alguna en caso de pérdida, rotura, deterioro o coste adicional debido a la mala manipulación del producto por personal ajeno a esta empresa.

El manual de instalación, uso y mantenimiento se entregará junto con los módulos.

2. DATOS TÉCNICOS.

Los módulos fotovoltaicos fabricados por ISOFOTÓN S.A. utilizan células pseudo cuadradas de silicio monocristalino de alta eficiencia para transformar la energía de la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua.

El circuito de células se lamina utilizando E.V.A. (acetato de etilen-vinilo) como encapsulante, en un conjunto formado por un vidrio templado en su cara frontal y un polímero plástico (TEDLAR) en la cara posterior, que proporciona resistencia a los agentes ambientales y aislamiento eléctrico.

El laminado se encaja en una estructura de aluminio anodizado. Las cajas de terminales con protección IP-65 están hechas a partir de plásticos resistentes a

temperaturas elevadas y contienen los terminales, las bornas de conexión y los diodos de protección (diodos de by-pass).

El marco dispone de varios agujeros para la fijación del módulo a la estructura soporte y su puesta a tierra en caso de ser necesario.

En la Figura 1 se muestra esquemáticamente la sección de un módulo fotovoltaico.

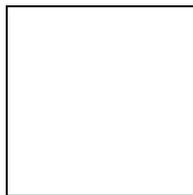


Figura 1. Sección de un modulo fotovoltaico.

En resumen, dependiendo de la radiación solar, la temperatura de las células y el equipo al cual esté conectado, los módulos fotovoltaicos generarán una cierta corriente a un determinado voltaje, el producto de los cuales define la potencia generada del módulo.

En la información técnica, se encuentran las características I-V de cada modelo en función de la radiación solar y la temperatura de las células, así como sus características físicas.

Bajo condiciones normales, es bastante probable que un módulo con células de silicio monocristalino produzcan más energía o voltaje que las especificadas bajo las condiciones estándar. En estos casos, para el diseño de fusibles, controladores, etc., los valores de ISC y Voc del sistema fotovoltaico deben ser multiplicados por un coeficiente de 1,25.

3. DIODOS DE PROTECCIÓN.

El sombreado de alguna célula puede provocar un voltaje inverso en ella. Esta célula consumiría por tanto potencia generada por las demás en serie con ella, produciéndose un calentamiento indeseado de la célula sombreada.

Este efecto, llamado de punto caliente, será tanto mayor cuanto mayor sea la radiación incidente sobre el resto de células y menor la que reciba esta célula debido a la sombra. En un caso extremo la célula podría llegar a romperse por sobrecalentamiento.

El uso de diodos de protección o by-pass reduce el riesgo de calentamiento de las células sombreadas, limitando la corriente que pueda circular por ellas y evitando de este modo la rotura de las mismas.

Todos los módulos con un número de células igual o superior a 33 en serie fabricados por ISOFOTÓN,S.A. se suministran con diodos de protección que se encuentran situados en las cajas de conexión tal y como se puede apreciar en los esquemas de las mismas incluidos en el capítulo siguiente.

En los módulos con menor número de células en serie no se hacen necesarios los diodos de by-pass, pues el efecto de punto caliente no llega al nivel de riesgo de rotura de las células.

4. CAJAS DE CONEXIÓN.

Las cajas de conexión de los módulos están situadas en la parte posterior de los mismos. Como se ha señalado anteriormente, estas son cajas estancas preparadas para intemperie con un IP-65, siempre y cuando se respete la estanqueidad en el pasa cable o prensaestopas al hacer pasar los cables a través de ellos. En este sentido, ISOFOTÓN no se responsabiliza de una mala instalación de estos cables (en el caso de módulos suministrados con cable).

En cada módulo existe bien una sola caja de conexiones para ambos terminales o bien una caja para el terminal positivo y otra para el negativo. Deberá respetarse la polaridad en las conexiones para el buen funcionamiento de los módulos.

Las tapas de las cajas de conexión disponen de un dibujo indicativo. Se abren introduciendo un destornillador plano en la pestaña correspondiente, en la

dirección que indica la flecha, haciendo ligera presión en la misma para su apertura. Para cerrar la tapa, es suficiente presionar la tapa hasta que se cierre. La tapa dispone de una brida que la sujeta a la base de la caja de conexión mientras se manipula el interior de la misma. Esta brida no debe ser cortada.

Las cajas de conexión no deben sufrir ningún tipo de presión a la hora de instalar el módulo en una estructura de soporte. Ningún elemento de la misma debe tocar la caja de conexión.

Las cajas de conexión son similares en los módulos con igual tensión nominal. En las Figuras 2 y 3 se muestran los esquemas de las cajas de conexión para módulos de tensión nominal 12V y 24V respectivamente.

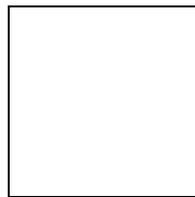


Figura 2. Cajas de conexión para módulos de tensión nominal 12 V.

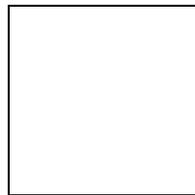


Figura 3. Cajas de conexión para módulos de tensión nominal 24 V.

5. RECOMENDACIONES DE USO.

Instale el módulo sobre la estructura de soporte mediante tortillería específica. Se recomienda instalar los módulos sobre la estructura fijándolos con sus correspondientes agujeros y por medio de un kit específico de tornillería (se

recomiendan medidas de 6x20 mm en acero inoxidable). El marco del módulo nunca debe ser taladrado ni presionado con otro sistema de sujeción. Las cotas de los módulos se encuentran especificadas en las fichas técnicas de los mismos, véase anexo II del presente certificado de garantía.

Instale el módulo en un lugar donde nunca esté en sombra. Compruebe que no existen árboles ni construcciones alrededor. Recuerde que el Sol varía de posición a lo largo del año y los árboles crecen.

Oriente el módulo correctamente. La cara frontal del módulo debe mirar al Sur en el hemisferio Norte y al Norte en el hemisferio Sur.

El módulo se instalará de manera que el aire pueda circular libremente a su alrededor. De este modo, se consigue disminuir la temperatura de trabajo de las células y, consecuentemente, mejorar el rendimiento del módulo.

Si se montan varios módulos, evite que se hagan sombra entre sí.

Si se usa un regulador, colóquelo en un lugar fácilmente accesible para que el usuario pueda comprobar los elementos de control. En el momento de su conexión se respetarán las polaridades eléctricas de todos los elementos, conectándolos en el siguiente orden: batería, módulos y consumo.

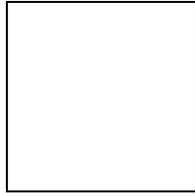
Los módulos de Isofotón son suministrados con o sin cable, bajo pedido. En el caso de módulos suministrados sin cable, se recomienda utilizar cables con un diámetro entre 10 y 7 AWG y una longitud mínima de 6 pulgadas. Se recomienda utilizar cables flexibles de cobre, con doble aislamiento que permita una fácil manipulación, además de unas altas prestaciones contra sobrecargas, cortocircuitos y condiciones ambientales (UV, ozono). Éstos no serán propagadores de llama ni fuego, baja contenido de gases corrosivos y resistentes a los ácidos y bases. Diríjase a los reglamentos de códigos estatales, así como al Código eléctrico nacional de Estados Unidos, Artículo 690, o al Código eléctrico de Canadá, CSA C22.1, para más información o métodos correctos de cableado.

Los módulos de Isofotón tienen un agujero en el lateral del marco, marcado con el símbolo " ", con el objeto de insertarle la toma de tierra. En el caso que la estructura soporte sea conductora, en el momento de la instalación, es necesario asegurar el contacto entre los marcos del módulo y la estructura; la estructura se conectada a tierra según la normativa en vigor. En el caso de estructuras no conductoras, el cable se conectará por medio de un apropiado sistema de fijación preferiblemente de acero inoxidable (grapado, remachado y atornillado). El sistema de fijación será conectado a un cable amarillo-verde con un diámetro mínimo de 13 AWG; también cada conductor tierra de cada módulo. Es recomendable conectarlo a tierra por franjas, de forma que al desinstalar uno de los módulos, la conexión de tierra no interrumpa al resto de los módulos. Diríjase a los reglamentos de códigos estatales, así como al Código eléctrico nacional de Estados Unidos, Artículo 690, o al Código eléctrico de Canadá, CSA C22.1, para más información o métodos correctos de conexión a tierra.

La sección de conductores empleados debe asegurar que la caída de tensión en la instalación no sobrepase el 2 % de la tensión nominal de la misma.

ANEXO C

MANUAL ISOTEL 30/60/90



EL PACK ISOTEL

Junto a su regulador ISOTEL se incluyen una serie de accesorios ubicados en el interior de la bornera (parte inferior del equipo). A continuación se listan todos los elementos que componen el pack ISOTEL. Compruebe que no falta ninguno de ellos antes de la instalación del equipo.

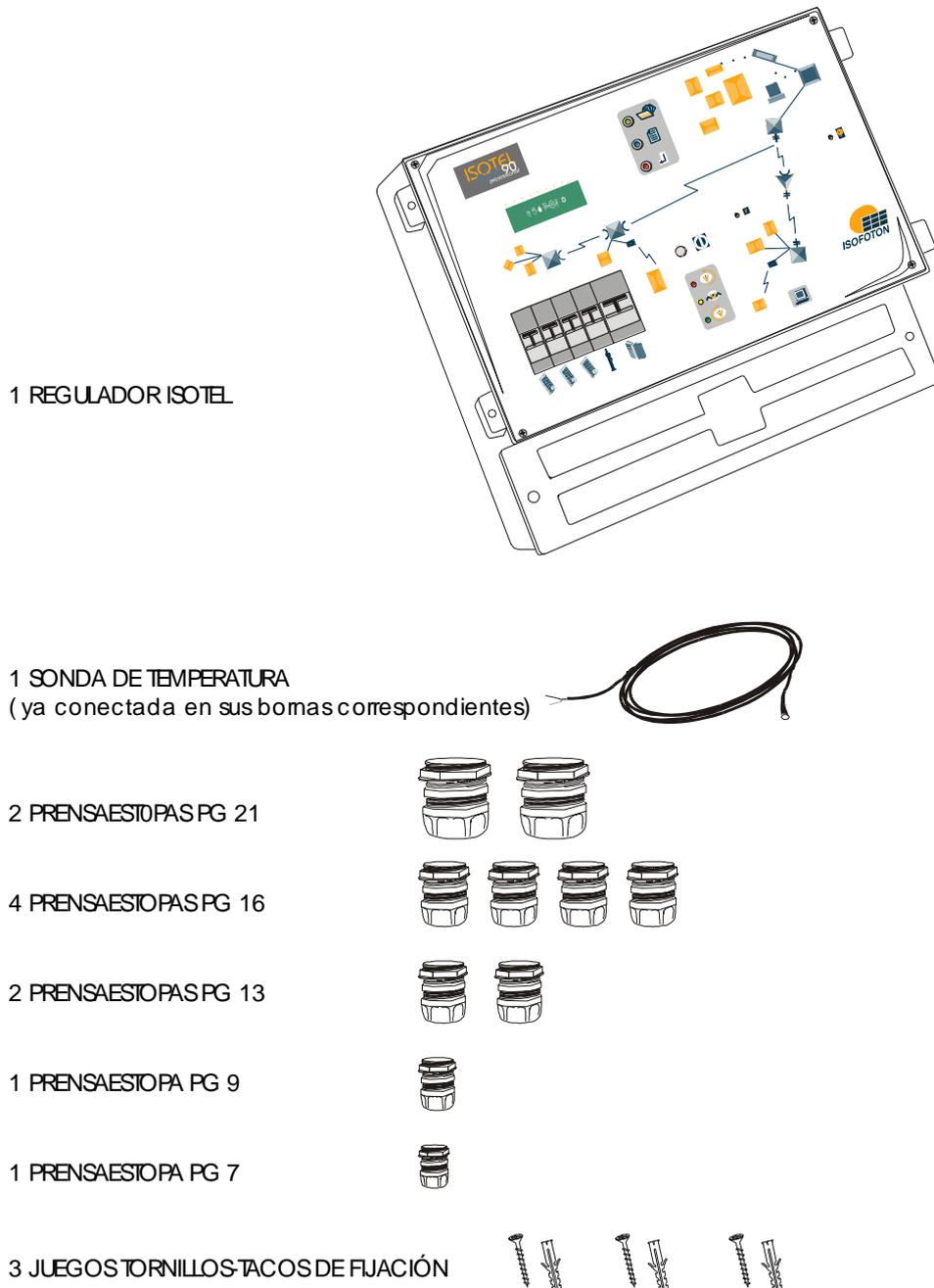


Fig.1.- Pack ISOTEL

1.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

Los equipos ISOTEL 30/60/90 han sido desarrollados para cubrir las necesidades de regulación y control de sistemas fotovoltaicos aislados de potencia media. A continuación se citan sus características técnicas más importantes.

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

- Regulación tipo serie con control por microprocesador y con relés de estado sólido.
- Sistema de regulación mediante carga profunda y flotación, permitiendo cargas periódicas de igualación de forma automática y manual.
- Línea de control de voltaje de batería independiente de la línea de potencia, lo que evita errores de medida de tensión debidos a las elevadas corrientes que pueden circular por la línea de batería.
- Desconexión del consumo por baja tensión de batería, con rearme automático.
- Compensación de los umbrales de actuación de carga con la temperatura medida en una sonda incorporada.
- Lectura por pantalla alfanumérica LCD (4 filas x 16 caracteres) de los siguientes parámetros: tensión del sistema, intensidad total y parcial por etapa de carga, intensidad de consumo, Ah generados por etapa y consumidos, Wh generados y consumidos totales, temperatura de la sonda, etc.
- Led y display de indicación de estado de carga de la batería.
- Alarma visual (led) y en pantalla (LCD) de tensión de batería alta o baja.
- Alarmas remotas mediante relé libre de potencial y display de: tensión alta y baja de batería, fallo de generación de paneles y fallo general del sistema.

- Dos entradas auxiliares programables de 0 a 5V (medida de radiación, temperatura ambiente o usos similares).
- Detección día/noche para sistemas de balizaje.
- Tablas de tensiones de baterías prefijadas en el software.
- Niveles de tensión ajustables por programa con acceso mediante password.
- Tres idiomas en la información de pantalla: español, francés e inglés.
- Línea de comunicación digital para transmisión de datos, vía RS232 (opcional).

1.2. DESCRIPCIÓN FRONTAL DEL EQUIPO.

En la Figura 2 se observa una vista frontal del equipo ISOTEL.

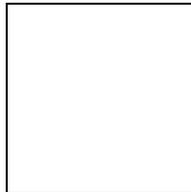


Figura 2 Vista frontal del equipo.

1.- Pantalla o Display	2.- Interruptor-magnetotérmico de baterías	3.- Interruptor-magnetotérmico de consumo	4.- Interruptor-magnetotérmico de baterías	5.- Interruptor-magnetotérmico de consumo
	2.- Interruptor-magnetotérmico de baterías	3.- Interruptor-magnetotérmico de consumo		
2.- Interruptor-magnetotérmico de baterías	3.- Interruptor-magnetotérmico de consumo		4.- Interruptor-magnetotérmico del Array FV-1	5.- Interruptor-magnetotérmico del Array FV-2

5.- Interruptor-magnetotérmico del Array FV-2	
6.- Interruptor-magnetotérmico del Array FV-3	7.- Tapa de protección de bornas de conexión
7.- Tapa de protección de bornas de conexión	8.- Pulsador de cambio de menu (PAGINA/SALIR)
8.- Pulsador de cambio de selección (CURSOR)	9.- Pulsador de cambio de selección (CURSOR)
8.- Pulsador de cambio de menu (PAGINA/SALIR)	9.- Pulsador de cambio de selección (CURSOR)
9.- Pulsador de cambio de selección (CURSOR)	10.- Conexión para adquisición de datos (opcional)
9.- Pulsador de cambio de selección (CURSOR)	
10.- Pulsador de selección (ENTRAR)	11.- Interruptor de marcha/paro
11.- Interruptor de marcha/paro	12.- Pulsador de reseteo
12.- Pulsador de reseteo	13.- Contraste de la pantalla o Display
13.- Contraste de la pantalla o Display	14.- Led de alarma de alta tensión
14.- Led de alarma de alta tensión	15.- Led de funcionamiento en flotación
15.- Led de funcionamiento en flotación	
16.- Led de alarma por baja tensión	17.- Conexión para adquisición de datos (opcional)
17.- Conexión para adquisición de datos	

(opcional)
17.- Conexión para adquisición de datos (opcional)

2. INSTALACIÓN

Para seleccionar el lugar de instalación del regulador ISOTEL se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Acceso al equipo que permita una cierta comodidad para la conexión y manipulación del mismo.

Distancia de seguridad hasta a los acumuladores (aunque menor que la longitud de la sonda de temperatura).

Ubicación resguardada, en la medida de lo posible, para su protección contra el polvo y agentes atmosféricos, así como el vandalismo. Aunque el ISOTEL está diseñado para su ubicación a la intemperie, un emplazamiento protegido garantizará una mayor durabilidad del equipo.

Minimización de la longitud de los conductores de la instalación fotovoltaica para evitar pérdidas innecesarias en la misma.

2.1. MONTAJE DEL REGULADOR.

El regulador ISOTEL está diseñado para su instalación en vertical sea sobre una pared o sobre una superficie mecanizada. Para su fijación se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Marcar los tres puntos de fijación en la superficie sobre la que se vaya a montar el regulador. Al final de este documento se incluye una plantilla a escala 1:1 que podrá ser utilizada para marcar los puntos en la superficie correspondiente. Es importante asegurarse de que la línea que une los puntos señalados como B y C se encuentre perfectamente en horizontal.
2. Realizar los taladros y poner los tacos correspondientes, incluidos en el Pack ISOTEL, salvo que exista una superficie ya mecanizada para este propósito.
3. Atornillar uno de los tornillos en la ubicación señalada como A, dejando espacio suficiente para poder colgar el equipo sobre el mismo.
4. Desatornillar y quitar la tapa de protección de bornas.
5. Colgar el equipo ISOTEL del agujero superior previsto al efecto sobre tornillo fijado anteriormente
6. Buscar la inclinación adecuada del equipo para que quede en posición completamente vertical. En esta posición los agujeros laterales del interior de la bornera deberán coincidir perfectamente con los taladros realizados.
7. Fijar los tornillos de los puntos B y C hasta que el equipo quede completamente fijo.

Si fuese necesario debido a la ubicación del regulador, la apertura de la tapa frontal se puede cambiar hacia el lateral que resulte más cómodo.

Se debe cerrar la tapa transparente correctamente para asegurar el grado de estanqueidad; para ello es necesario dar un cuarto de vuelta al pasador, tal y como se puede apreciar en la Figura 3.

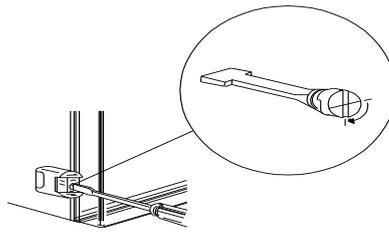


Fig.3.- Pasador de cierre del frontal del ISOTEL

2.2. MONTAJE DE LOS PRENSAESTOPAS

Para garantizar la estanqueidad del equipo y por tanto alargar su vida útil evitando humedades que podrían provocar corrosiones, el ISOTEL tiene previsto la entrada de cables de conexión a través de prensaestopas. Estos prensaestopas vienen incluidas en el Pack ISOTEL, ver Figura 1, pero tendrán que ser montados por el propio usuario o el instalador del equipo, para ello se seguirá los siguientes pasos:

1. Desenroscar la tuerca más exterior del prensaestopa hasta separarla de la misma.
2. Introducir el prensaestopa por el agujero mecanizado correspondiente. En la Figura 4 se representa una vista del ISOTEL desde abajo donde se indica el tamaño de prensaestopa para cada agujero.
3. Volver a enroscar la tuerca extraída anteriormente por el interior del equipo hasta fijar el prensaestopa a la carcasa del ISOTEL.

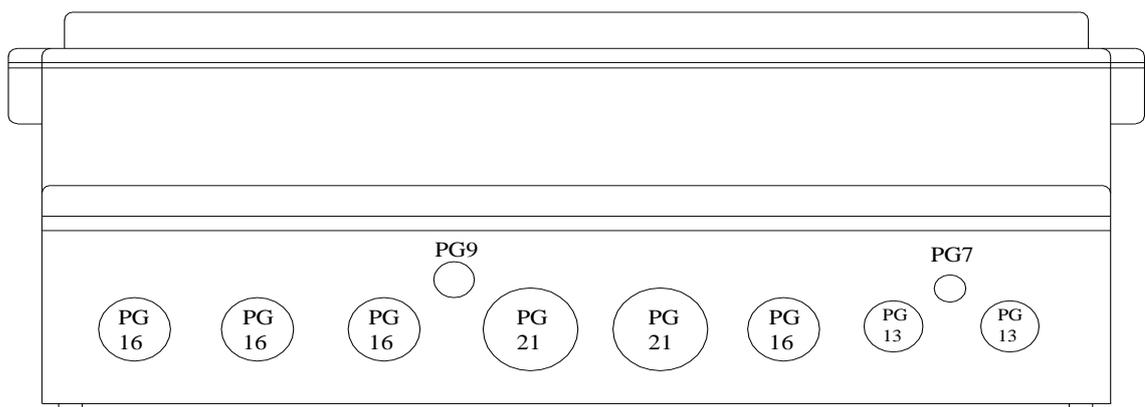


Fig.4.- Vista del ISOTEL desde abajo

2.3. CONEXIÓN ELÉCTRICA.

A la hora de realizar la conexión eléctrica de los distintos elementos de la instalación fotovoltaica con el ISOTEL, se debe respetar la sección de conductores calculada en el diseño del sistema, que será función de la longitud de los cables y la caída de tensión máxima admisible en el mismo.

El ISOTEL admite hasta 20 amperios de corriente por etapa de generación en los modelos de 48 V de tensión nominal y 30 amperios por etapa en los modelos de 12 y 24 V. Si no se llegara a emplear en los conductores secciones suficientes se producirían caídas de tensión que conllevarían pérdidas en el nivel de carga de las baterías.

Las bornas de conexión de los reguladores ISOTEL admiten las siguientes secciones:

1. Bornas de campos de paneles y consumo 25mm.

2. Bornas de batería:

Principal 50 mm² (*)

Secundaria (2 bornas) 25 mm

3. Bornas de teleseñalización y control 1.5mm

(*) Esta borna admite una sección de hasta 70 mm² si se deforman las terminaciones de los cables para adaptarlos a la forma de la misma, en este

caso se deberá utilizar un tornillo para apretar el cable más corto que el que viene en la propia bornera que se incluye en el Pack ISOTEL. Si no se cambiara el tornillo, la tapa de protección de bornas no cerraría correctamente peligrando por tanto la estanqueidad del equipo.

El generador fotovoltaico se conecta a la batería a través de los relés de estado sólido y de un interruptor magnetotérmico. Este interruptor servirá, además de protección del equipo y la instalación, para conectar o desconectar la etapa correspondiente.

PRECAUCIÓN: Los acumuladores en general y especialmente los abiertos, emiten gases altamente inflamables a ciertas concentraciones. Evitar siempre chispas o llamas cerca de las baterías. Comprobar la correcta ventilación del lugar antes de iniciar la conexión; en esta operación se pueden producir chispas que podrían provocar una explosión.

PRECAUCIÓN: Las entradas de potencia (campos fotovoltaicos), así como la salida de consumo y la entrada de batería no están protegidas contra inversión de polaridad. Una conexión errónea puede provocar un cortocircuito que incluso podría dejar fuera de servicio el equipo.

2.3.1. Conexiones principales

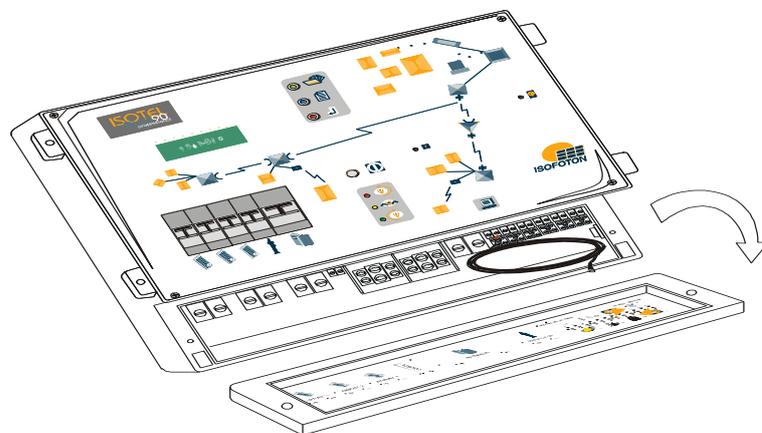


Fig.5.- Apertura de la tapa de protección de bornas

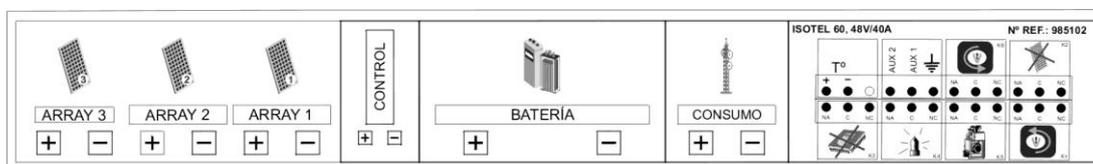


Fig.6.- Etiqueta de identificación de bornas.

Dado que el equipo utiliza el terminal positivo común, es aconsejable siempre que se realice una conexión comenzar por el positivo.

Antes de comenzar a conectar cualquiera de los elementos de la instalación, asegúrese de que se encuentren desactivados los interruptores magnetotérmicos y el botón de encendido.

Durante el conexionado de los distintos elementos es muy importante prestar atención a la polaridad de los mismos. Aunque no es necesario seguir un orden preestablecido en la conexión se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Comprobar que los interruptores magnetotérmicos (2, 3, 4, 5,6) del ISOTEL se encuentran desconectados (posición hacia abajo), así como el interruptor general (11).
2. Abrir la tapa de protección de bornas colocándola en un lugar donde se puedan identificar, a partir de la etiqueta, cada borna sin confusión.
3. Agujerear con un objeto punzante (punzón, destornillador o puntas de unas tijeras) y con precaución (para no romperlo completamente) el caucho interno de las prensaestopas

correspondientes a las conexiones que se vayan a realizar con el fin de poder introducir el cable correspondiente a través de la misma (OJO: el resto de las prensaestopas deberán dejarse intactas para que permanezcan perfectamente selladas)

4. Introducir el cable del positivo de batería a través de la prensaestopa correspondiente y conectar en la borna indicada en etiqueta como BATERIA (+)
5. Introducir el cable del negativo de batería a través de la prensaestopa correspondiente y conectar en la borna indicada en etiqueta como BATERIA (-)
6. Conectar positivo y negativo de control procediendo de forma similar a los pasos 4 y 5. Debido al reducido consumo de la tarjeta de control del regulador, la caída de tensión en esta línea es mínima aunque exista una distancia grande entre el regulador y la batería. Un cable de 1.5 mm² es suficiente para realizar esta conexión.
7. Conectar el positivo del primer campo de paneles en la borna correspondiente indicada en la etiqueta como ARRAY1 (+).
8. Conectar el negativo del primer campo de paneles en la borna correspondiente indicada en la etiqueta como ARRAY1 (-).
9. Idem pasos 5 y 6 para el ARRAY 2 si lo hubiera.
10. Idem pasos 5 y 6 para el ARRAY 3 si lo hubiera
10. Conectar el positivo del consumo en la borna correspondiente indicada en la etiqueta como CONSUMO (+).

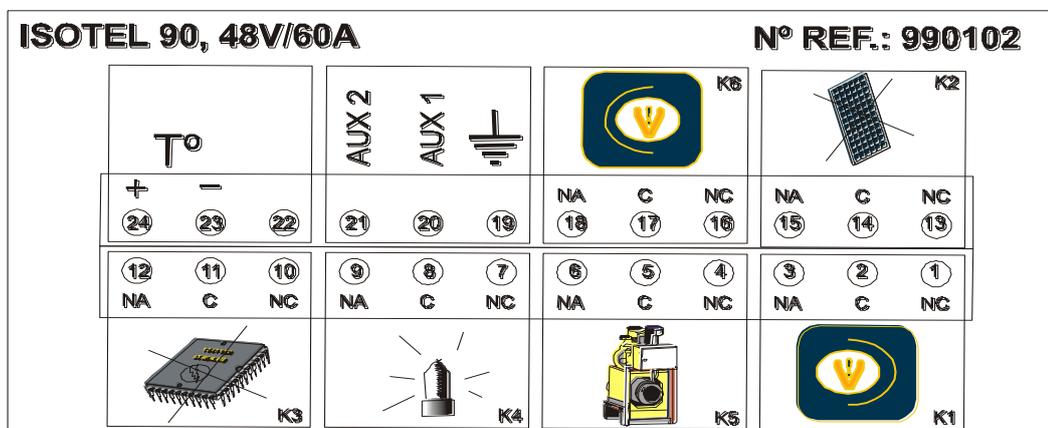
11. Conectar el negativo de baterías en la borna correspondiente indicada en la etiqueta como CONSUMO (-).

Una vez terminada la conexión, es conveniente revisar el grado de apriete de todas las bornas con el fin de garantizar un perfecto contacto eléctrico. Es recomendable así mismo prever una revisión de las bornas periódicamente, ya que las conexiones eléctricas con conductores de cobre pierden con el tiempo su apriete inicial.

2.3.2. Teles señalización

El regulador ISOTEL posee diversas alarmas remotas mediante relé libre de potencial que el usuario puede utilizar en función de sus necesidades. Dichas alarmas, así como dos entradas analógicas auxiliares (célula calibrada, sensores diversos) y la conexión de la sonda externa de temperatura, se encuentran disponibles en dos filas de distinta altura de клемas de conexión que están situadas en la parte derecha de la bornera de conexión del equipo.

Existe, además, un relé libre de potencial para el control de un sistema de balizaje o similar. Hay que tener en cuenta que por el relé no puede circular más de 1 amperio de corriente, por lo que la baliza o el equipo en cuestión no se debe activar directamente, sino mediante un relé de potencia externo cuya bobina sí podemos manejar con el relé de baliza del regulador.



A continuación se detallan cada una de las señales que dispone el ISOTEL tal y como aparecen en la etiqueta de identificación, situada, como es sabido, en la parte posterior de la tapa de protección de bornas.

- 1.- Normal cerrado relé de batería alta (K1)
- 2.- Común relé de batería alta (K1)
- 3.- Normal abierto relé de batería alta (K1)
- 4.- Normal cerrado (relé libre) (K5)
- 5.- Común (relé libre) (K5)
- 6.- Normal abierto (relé libre) (K5)
- 7.- Normal cerrado relé de baliza (K4)
- 8.- Común relé de baliza (K4)
- 9.- Normal abierto relé de baliza (K4)
- 10.- Normal cerrado relé fallo general (K3)
- 11.- Común relé de fallo general (K3)
- 12.- Normal abierto relé fallo general (K3)
- 13.- Normal cerrado fallo generación (K2)
- 14.- Común fallo generación (K2)
- 15.- Normal abierto fallo generación (K2)
- 16.- Normal cerrado relé batería baja (K6)
- 17.- Común relé de batería baja (K6)
- 18.- Normal abierto relé batería baja (K6)
- 19.- Negativo (0 voltios)
- 20.- Entrada auxiliar 1
- 21.- Entrada auxiliar 2
- 22.- No conectado
- 23.- Sonda de temperatura
- 24.- + 5 voltios

Como se puede apreciar están disponibles los contactos normalmente cerrados y abiertos de cada uno de los relés para que el usuario utilice el más apropiado en su aplicación específica. En cualquier caso, ISOFOTON proporcionará el asesoramiento técnico que sea requerido.

Las conexiones se realizarán según el caso con cable de 1 ó 1.5 mm² de sección. La sonda de temperatura (ya incluida en el Kit del ISOTEL) vendrá conectada en los terminales 23 y 24. Por otra parte, las entradas auxiliares han de conectarse a negativo (clema 19) cuando no se utilicen.

2.4. ENCENDIDO Y PUESTA EN SERVICIO

Una vez realizadas todas las conexiones podemos poner en marcha el equipo y consiguientemente toda la instalación fotovoltaica. Los pasos pues a seguir en el arranque son:

- a) Pulsar el interruptor de marcha/paro del equipo (11). En este momento, comenzará a funcionar el ISOTEL, y en el display (1) aparecerá una primera pantalla informativa con el número de serie,
- b) Levantar los magnetotérmicos. Es recomendable hacerlo en este orden:
 1. batería (2)
 2. paneles (4,5,6)
 3. consumo (3)
- c) Configuración del idioma y la fecha y hora del equipo.

A continuación se explican los pasos a seguir para la configuración de la fecha y hora así como el idioma. En el menú para configurar estos parámetros existe una opción denominada CONFIGURACION, que únicamente está disponible para el fabricante a efectos de modificar parámetros de diseño o chequear el funcionamiento del equipo. La opción de CONTADORES sirve para poner a cero los valores acumulados de energía y los máximos y picos del sistema.

2.4.1. Configuración del reloj.

1. Pulse el botón de selección (ENTRAR). La pantalla pasará del modo información al menú siguiente:

FECHA Y HORA
IDIOMA
CONTADORES
CONFIGURACION

2. Pulse nuevamente el botón de selección (ENTRAR) para pasar al menú de FECHA Y HORA y se mostrará:

MES
DIA
HORA
MINUTOS

3. Pulse nuevamente ENTRAR para seleccionar el mes:

MES:
0 0

4. Con el pulsador de cambio de menú (PAGINA/SALIR) podremos cambiar el primer dígito hasta colocarlo en el número deseado (presionando una vez para los meses 10 - Octubre, 11 - Noviembre, 12 - Diciembre, y ninguna vez para los demás meses).

5. Con el pulsador cambio de opción (CURSOR) pasamos al siguiente dígito:

MES:
1 0

6. Y nuevamente se pulsará PAGINA/SALIR tantas veces como corresponda al mes (una vez para Enero, dos para Febrero, dos para Diciembre, etc.)

7. Terminado de ajustar el mes pulsaremos ENTRAR para seleccionarlo y volver a la pantalla anterior.

8. Y pulsando CURSOR pasaremos a la opción de DIA para seleccionarla con ENTRAR y configurar el día siguiendo los mismos pasos que para el mes (sin más que en las pantallas se habrá sustituido MES por DIA).

9. La HORA y los MINUTOS se configurarán de igual modo y una vez terminemos de configurar todo pulsaremos ENTRAR para que se guarde la configuración y volvamos a las pantallas informativas, donde la pantalla de la hora empezará a funcionar con la que le hayamos configurado.

2.4.2. Configuración del idioma.

El ISOTEL permite mostrar los parámetros en pantalla en tres idiomas (español, inglés y francés). Para cambiar de idioma se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Pulsar el pulsador de selección (ENTRAR)
2. Pulsar el pulsador de cambio de opción (CURSOR) para posicionar el cursor en IDIOMA:

FECHA Y HORA
IDIOMA
CONTADORES
CONFIGURACION

3. Seleccionar esta opción presionando nuevamente ENTRAR.

4. Desplazar el cursor con el pulsador de cambio de opción (CURSOR) hasta posicionarlo bajo el idioma deseado.

5. Seleccionarlo con el pulsador de selección (ENTRAR) y volver a presionar este pulsador para pasar a las pantallas cíclicas de información.

2.5. APAGADO Y DESCONEXIÓN DEL EQUIPO.

Para apagar el equipo se deberán bajar los interruptores magnetotérmicos preferiblemente en el orden de consumo (3), paneles (4, 5, 6) y batería (2), y a continuación se pulsará el interruptor de marcha/paro (11) con lo que se apagará la pantalla y todo el sistema.

Cuando se vaya a proceder a desconectar el regulador del circuito, el orden será preferiblemente al igual que antes, al contrario que de conexión, primero el consumo, luego los paneles fotovoltaicos y por último la batería.

3. OPERACIÓN DEL ISOTEL.

El algoritmo de carga utilizado por el ISOTEL consiste en una carga inicial profunda hasta que la tensión de batería exceda la Tensión de carga profunda durante un tiempo determinado (tiempo para carga profunda), para evitar que un pico de tensión provoque que el sistema pase a la siguiente fase antes de que la batería esté prácticamente cargada.

Entonces comienza la fase de flotación en la que la tensión de batería se mantiene en una banda comprendida entre dos niveles de tensión prefijados. Si por cualquier motivo la tensión del sistema descendiese hasta la Tensión de recarga, significaría que la batería comienza a descargarse (normalmente después de varios días nublados seguidos o por entrar la noche) por lo que se realizará un ciclo de carga profunda.

Por otra parte, si la tensión de la batería baja del valor de Tensión de desconexión (en el menú de consumo) durante un Tiempo para desconexión se

desconecta el consumo y se inicia de nuevo una carga profunda de baterías, volviéndose a conectar el consumo si la tensión supera en algún momento la Tensión de reconexión.

Para asegurar un funcionamiento homogéneo de todas las baterías e incluso de cada uno de los vasos que las componen y garantizar de este modo una mayor vida útil del sistema de acumulación, el ISOTEL se encarga de realizar periódicamente una carga de igualación. Esta carga consiste en mantener la tensión en un valor definido como Tensión de igualación (por encima de la de carga profunda) durante el llamado Tiempo de igualación, pasando después a la etapa de flotación descrita anteriormente. El intervalo entre igualaciones cuenta desde el fin de una igualación hasta el comienzo de la siguiente y viene prefijado por el Período de igualación. Una vez iniciada la igualación sólo termina tras el tiempo fijado o por la pulsación de reset.

- Todos los parámetros descritos anteriormente a saber:
- Tensión de carga profunda
- Tiempo para carga profunda
- Tensión de recarga
- Tensión de desconexión
- Tiempo para desconexión
- Tensión de reconexión
- Tensión de igualación
- Tiempo de igualación

Los períodos de igualación serán configurados antes de que el equipo abandone la fábrica de acuerdo con los requerimientos de cada usuario, teniendo en cuenta los demás equipos de la instalación y otras especificaciones concretas.

3.1. PULSADORES DE CONTROL.

El ISOTEL consta de tres botones o pulsadores para su control y manejo.

Estos pulsadores son:

Pulsador de cambio de menú (PAGINA/SALIR): Su función es la de forzar el paso a la siguiente pantalla o menú. Se utiliza para llegar a la pantalla que nos interese sin esperar el salto automático. Además cuando se configure el reloj y el idioma, este pulsador servirá para cambiar el valor del dígito que se esté configurando.

Pulsador de cambio de opción (CURSOR): Este pulsador se emplea durante la configuración para pasar a la siguiente opción dentro de un menú. Si no se está configurando el equipo, este pulsador sirve para retardar el paso a la siguiente pantalla, y se emplea para prolongar la permanencia de una pantalla a fin de examinar con detalle su contenido.

Pulsador de selección (ENTRAR): Sirve para pasar al menú para configurar la fecha y hora y el idioma. Durante la configuración este pulsador se empleará para seleccionar la opción que esté señalada con el cursor.

3.2. PANTALLAS INFORMATIVAS.

Cuando se enciende o se resetea el equipo aparece durante breves instantes en el display una primera pantalla donde se muestra la versión del equipo y el número de serie del mismo. Esta pantalla durará unos segundos y no volverá a aparecer a menos que se vuelva a resetear el mismo o se apague y encienda otra vez.

Una vez desaparezca esta primera pantalla, el ISOTEL entrará en funcionamiento normal y se presentarán en el display pantallas informativas (de aquí en adelante las denominaremos Pantallas) que irán cambiando cíclicamente donde se informa acerca de la temperatura, corrientes de circulación, potencias instantáneas, energía generada, etc. A continuación se describe brevemente cada una de estas pantallas.

1.- Temperaturas. Muestra las temperaturas actual, mínima y máxima desde que se puso en funcionamiento el regulador o bien desde la última vez que se borraron los registros.

2.- Estado de batería. Indica la tensión y estado de la batería, así como la situación específica de funcionamiento en que se encuentra el regulador (carga de gaseo, flotación, etc.).

3.- Corriente por suministros. Informa de las corrientes actual y máxima por cada etapa de carga. Existe una pantalla por etapa de carga. El número de etapas depende del modelo del ISOTEL:

ISOTEL 30, 1 etapa.

ISOTEL 60, 2 etapas.

ISOTEL 90, 3 etapas.

4.- Corriente por consumo. Informa de las corrientes actual y máxima de consumo.

5.- Potencia. Facilita la potencia instantánea total de generación así como del consumo, actual y máximo.

6.- Energía (Wh). Indica la energía generada y la energía consumida desde que se puso en funcionamiento el equipo o se reinicializaron los contadores (ver apartado 3.3.: Puesta a cero de los contadores)

7.- Líneas externas. Muestra el nivel de tensión en porcentajes sobre 5V de las dos líneas auxiliares externas que dispone el equipo. NOTA: Ignorar el contenido de esta pantalla si no se ha solicitado a ISOFOTÓN el uso de estas líneas externas antes de la adquisición del equipo.

8.- Reloj. Fecha, estación del año, hora y tiempo transcurrido desde la última igualación. NOTA: Es preciso ajustar todos los parámetros cuando se conecta el equipo por primera vez. Para lo que se procederá de acuerdo al apartado

9.- Alarmas. Informa del estado de las alarmas del equipo. La pantalla de alarmas consta de tres filas: Estado del equipo, fallo general y fallo de suministro, respectivamente. En cada línea se indica una serie de alarmas de tal forma que si la alarma está activada aparecerá el número correspondiente y en caso contrario aparecerá un guión.

- En la primera fila ESTADO, los primeros 5 guiones se corresponden con el estado de los relés libres de potencial de la teleseñalización desde K1 hasta K5, el sexto se refiere al relé K6 y al LED ROJO simultáneamente, y el séptimo y octavo con los relés amarillo y verde respectivamente. (ver apartado 4: Alarmas, para el significado de cada señal).

- La segunda fila F.GRAL: se refiere a un fallo general de la instalación según se -explica en el cuadro de alarmas del apartado 4.

- Y la tercera fila C. SUM.: indica el paso de corriente por cada una de las etapas de suministro (un guión por cada etapa). Ver el apartado 4: Alarmas.

3.3. PUESTA A CERO DE CONTADORES.

Como se ha indicado anteriormente, el ISOTEL almacena los valores máximos de temperatura, tensión, corriente y potencia, así como los valores acumulados de energía generada y consumida. Para reinicializar estos registros se debe pulsar ENTRAR y seleccionar la opción CONTADORES. El equipo pedirá una

confirmación antes de poner a cero estos valores así como los picos de corriente, tensión, potencia y temperatura.

3.4. AJUSTE DEL CONTRASTE DE LA PANTALLA.

La pantalla del ISOTEL es un display del tipo LCD que permite ajustar el contraste a través de un potenciómetro. Generalmente el contraste viene prefijado de fábrica para que el usuario no tenga necesidad de ajustarlo. En cualquier caso se puede acceder al potenciómetro de ajuste (13) mediante un destornillador muy fino o "trimmer". Una vez encajado el mismo se hará girar el potenciómetro hasta conseguir el nivel de contraste de pantalla deseado.

3.5. PILOTOS DE ESTADO DE BATERÍA.

A pesar de que ya se incluye en las pantallas descritas anteriormente, el ISOTEL dispone de tres pilotos o leds que permiten obtener una información directa y a simple vista sobre el estado de carga de las baterías. Estos pilotos se corresponden con las referencias 14, 15 y 16 del esquema de la página 4 e indican lo siguiente:

- LED ROJO: Tensión de batería baja. Nivel de carga de batería bajo.
- LED AMARILLO: Tensión de batería alta.
- LED VERDE: Este led indica la posición de los relés de estado sólido de generación:

Apagado = relé cerrado.

Encendido = relé abierto.

Durante funcionamiento del regulador en flotación este led se apagará y encenderá intermitentemente, lo cual indicará que el regulador conecta y desconecta las etapas de generación para mantener la batería entre los umbrales de tensión prefijados.

4. ALARMAS Y SEÑALIZACIONES.

El regulador Isotel incluye una serie de alarmas que informan del estado general de todo el sistema fotovoltaico: baterías, generadores fotovoltaicos, electrónica de control, etc. Para mayor fiabilidad de la instalación, en algunos casos estas indicaciones son redundantes sean a través de la pantalla, los pilotos de estado de baterías y los relés de teleseñalización.

4.1. INDICACIÓN DE ESTADO DE CARGA DE BATERÍA

El ISOTEL muestra indicaciones visuales del estado de carga de baterías, así como la fase o modo de carga en el que se encuentra. Las indicaciones se dan de dos formas distintas:

- Pantalla (ver punto 2 del apartado 3.2.: Pantallas informativas)
- Pilotos de estado de baterías (ver apartado 3.3.: Pilotos de estado de batería)

4.2. ALARMA POR ALTA TENSIÓN

La alarma de tensión alta se dispara cuando la tensión de batería supera la Tensión de alta - prefijada en función de las baterías empleadas- durante un tiempo definido por configuración, y se desconecta cuando la tensión es menor que la Tensión de fin de alta. Las indicaciones que muestra el regulador son:

Pantalla: indicará alarma por alta tensión de batería. Este mensaje aparece dentro del ciclo normal de pantallas que presenta el regulador en modo información. Además en la pantalla de alarmas, en la línea ESTADO, aparecerá un 1 en lugar del primer guión.

Relé de señalización K1 activado.

Piloto de tensión alta: Led amarillo.

4.3. ALARMA POR BAJA TENSIÓN.

La alarma de baja se dispara cuando la tensión de batería es menor que la tensión Baja tensión durante un tiempo definido por configuración y se desconecta cuando la tensión es mayor que la tensión Fin baja tensión.

NOTA: el hecho de que se dispare la alarma por batería baja, significa también que en poco tiempo (dependiendo de la capacidad de la batería y de la autonomía del sistema) se cortará el suministro, exactamente al llegar a un valor tensión de desconexión y una vez que transcurra un tiempo de desconexión.

El regulador presenta las siguientes indicaciones:

Pantalla: indicará alarma por tensión baja de batería. Igual que en el caso de batería alta, el mensaje aparece en ciclo normal de presentación de pantallas del modo información. Además en la pantalla de alarmas, en la línea de ESTADO, aparecerá un 6 en lugar del sexto guión.

Relé de señalización K6 activado.

Piloto de batería baja: Led rojo.

4.4. ALARMA DE FALLO DE GENERACIÓN.

Cuando falla al menos una de las etapas de carga del regulador, pero no todas.

Entonces se indicará:

Pantalla de alarma: Al activarse el relé K2 aparece un 2 en el segundo guión de la línea ESTADO.

Se activa el relé de señalización K2.

4.5. ALARMA DE FALLO GENERAL DEL SISTEMA.

La situación de fallo del sistema se dá en los siguientes casos:

1. Fallo de generación en al menos un campo de generación pero no en todos.
2. Fallo de corte en algún un campo de generación. Esto ocurre cuando se manda cortar la corriente de generación y sin embargo sigue pasando corriente por dicha etapa.
3. Fallo al cerrar el FET de consumo, es decir se mandó abrir el circuito hacia consumo pero sigue pasando corriente por el mismo.
4. Avería en el microprocesador. Este error aunque se señala con la activación del relé K3, no podrá visualizarse en pantalla al fallar el propio equipo.

En todos estos casos se activará el relé de señalización K3, y los tres primeros se señalarán en la pantalla de alarmas, línea de F. GRAL, con un 1, 2 ó 3 respectivamente.

4.6. SEÑAL DE NOCHE.

El ISOTEL también tiene previsto un indicativo de que es de noche. Este indicativo se corresponde con:

Pantalla de alarmas: ESTADO, cuarto guión con un 4.

Relé de señalización K4 activado.

4.7. SEÑAL DE SUMINISTROS ACTIVOS.

En estado de flotación, cuando se está suministrando corriente a través de las etapas de generación aparecerán las siguientes señales:

Pantalla de alarmas: en la línea ESTADO, séptimo guión con un 7. y en la línea C.SUMS, aparecerá el número de la etapa que está inyectando energía.

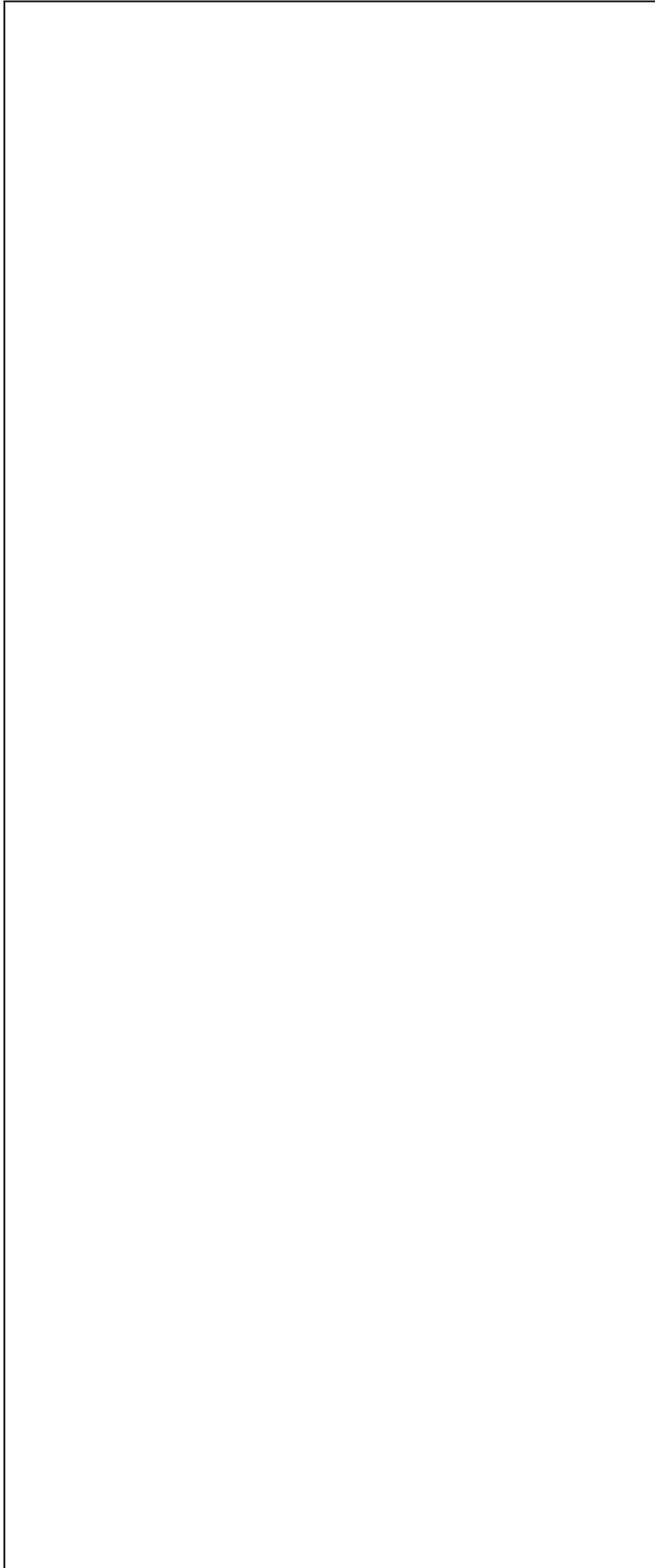
Led verde encendido.

4.8. TELESEÑALIZACIÓN DE LAS ALARMAS.

Como ya se ha indicado el ISOTEL dispone de una serie de relés libres de potencial que permiten la teleseñalización de todas las alarmas descritas anteriormente. Estos relés se nombran desde el K1 al K6, y funcionan con lógicas diferentes dependiendo de su asignación. En el cuadro resumen de las alarmas se observan para cada uno de los relés su lógica de control, la descripción de la alarma que le corresponde así como su visualización en el equipo.

4.9. CUADRO RESUMEN DE ALARMAS Y SEÑALIZACIONES.

En el siguiente cuadro se describen para cada una de las señales que dispone el equipo, su lógica (NC: normalmente cerrado o positiva y NA: normalmente abierto o negativa), visualización y la descripción de la alarma a la que corresponde.



d
e
p
a
n
e
l
e
s
p
e
r
o
n
o
t
o
d
o
s

X l i
l e n
(o n
*) t
) d e e
e (p
* g o
) e r
n n
D e n
e r p a i
e c e n g
d ó n u
i n o
e n e ,
d n l
o o o
c d a q
d e s u
e i e
l a t e
o a q
a d u
l o i
a s v
r a l
n l e
a o e
s a
1 , s
, 2 u q
, n r u
3 i n e
. n e
i s s
t r d

o s . 2 - F a l l o d e c o r t e e n a l r e n o s u n s u r i n i s t r e n o c h e (r e l é d e s e n e r g i z a d o) .

o
.
3
-
S
e
r
r
a
n
d
ó
c
e
r
r
a
r
e
l
f
e
t
d
e
c
o
n
s
u
r
o
p
e
r
o

s
i
g
u
e

p
a
s
a
n
d
o

c
o
r
r
i
e
n
t
e
.
4
-

A
v
e
r
i
a

d
e
l

r
i
c
r
o
.

N
C
T
A

n
o
s
e

i
n
d
i
c
a

e
n
p
a
n
t
a
l
l
a

.

ANEXO D

MANUAL DE BATERÍAS DE TECNOLOGÍA GEL: ELEMENTOS OPzV Y MONOBLOCKS OPZV (SGV)

1. INSTALACIÓN

1.1. CONDICIONES AMBIENTALES.

Temperatura normal de funcionamiento: 20 °C

Margen recomendado de temperatura: Entre 5 y 35 °C

Máxima temperatura: no debe exceder de 45 °C

Un aumento de temperatura implica una reducción de la vida.

La humedad ambiental no debe exceder 80 % HR

1.2. CONEXIONADO.

Las baterías se pueden conectar bien en serie o bien en paralelo. Para instalaciones de gran importancia se emplea frecuentemente ramas en paralelo, y se prefieren debido a la alta fiabilidad que conllevan para la batería completa, ya que en estos casos, un fallo producido en un elemento o en una conexión no provocará el fallo de la batería completa. Asimismo, una conexión en paralelo facilita el servicio a la batería y la prueba de capacidad.

En el caso de instalaciones en armarios se deberá asegurar una ventilación adecuada para lograr una buena disipación del calor producido por la batería.

Una ventilación insuficiente puede llevar a un innecesario calentamiento del interior del armario y la consiguiente reducción de la vida de la batería. Incluso en situaciones extremas, una temperatura elevada, unida o no a un exceso de tensión de flotación, puede provocar embalamiento térmico.

El conexionado exterior entre elementos o monoblocks se realiza mediante conexión flexible de cable o pletinas de cobre de baja resistencia eléctrica. En el caso de monoblocs, que están formados por varias celdas, las conexiones interiores entre ellas son del tipo soldadura TTP (Through The Partition), diseñadas para poder soportar altas corrientes y con una resistencia interna muy pequeña. La unión cable-terminal está aislada.

Las conexiones deben colocarse tras haber asegurado la perfecta limpieza de las zonas de contacto. Los tornillos deben ser apretados con llave dinamométrica asegurando el siguiente par de apriete:

Elementos OpzV: 25 N.m

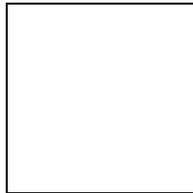
Monoblocks SGV: 12 N.m

S. E. del Acumulador

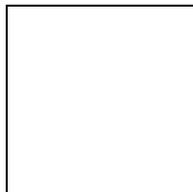
1.3. ESTANTES.

El montaje de los elementos se puede hacer sobre diversos estantes. TUDOR LA CARTUJA propone tres tipos:

Estante Tudor Standard: formado por largueros y apoyos, sobre los que se colocan los elementos en posición vertical en una única altura.



Estante a varias alturas: a base de largueros y escalerillas que permiten la colocación de los elementos a varias alturas.



Estante Antisísmico: Tudor dispone de varios estantes a prueba de vibraciones, adecuados para aquellas zonas con riesgo de movimientos sísmicos. (Para más información, consulte con nuestro Dpto. Técnico).

Instalación en posición horizontal: Los elementos Tudor OPzV pueden instalarse también en posición horizontal, reduciendo de este modo el espacio necesario.

Tudor puede, así mismo, suministrar los estantes adecuados.

En este caso es particularmente recomendable el uso de aisladores adecuados entre elementos y estante, o bien el uso de un estante recubierto con pintura aislante antiácido.

De esta forma se consigue una importante seguridad añadida. También se recomienda una ligera inclinación hacia atrás de los elementos (5° aproximadamente).

En cualquier caso, el transporte de los elementos debe hacerse siempre en posición vertical.

2. PUESTA EN MARCHA.

2.1. PRIMERA CARGA.

Durante el almacenamiento, los elementos sufren una pérdida gradual de capacidad. Para compensar esta autodescarga y asegurar el estado de plena carga de los elementos al inicio de su trabajo, es necesario realizar una primera carga de la batería, de acuerdo a uno de los dos siguientes procedimientos:

a) Ajustar la tensión del cargador entre 2.35 y 2.40v. por celda cargando durante 14 horas, y pasando a flotación al terminar este paso (Ver apartado 3.1).

Máxima Intensidad de carga: 0.25 veces la Capacidad en 10 horas.

b) Carga IUla :

1º. Cargar con intensidad constante $I = 0.25 C_{10}$ hasta que la tensión sube a 2.40 v/celda.

2º. Cargar con tensión constante $U = 2.40$ v/celda hasta $I = 0.01 C_{10}$.

3º. Cargar con intensidad constante $I = 0.01 C_{10}$ durante 10 horas.

* Se recomienda preferentemente seguir el procedimiento b).

2.2. CAPACIDAD INICIAL.

En caso de que se desee comprobar si la batería puede aportar a la instalación la energía nominal indicada por el fabricante, esta comprobación debe realizarse de acuerdo a CEI-896-2, cuyo extracto se detalla a continuación:

Asegurado el estado de plena carga de la batería, se le somete a una descarga a la Intensidad I definida como $I = C/t$ siendo C la Capacidad en Amperios-hora a la temperatura de 20°C durante un tiempo t (horas) hasta una tensión final U (voltios).

Los tiempos t recomendados son 5 ó 10 horas.

Se debe registrar la evolución de las tensiones para saber la duración de la descarga hasta que la tensión de la batería es $n \times U$, siendo n el número de elementos.

En el primer ciclo la batería debe aportar el 95% de su Capacidad Nominal.

Normalmente las instalaciones se diseñan para considerar la vida de la batería agotada cuando la capacidad sea inferior al 80% de la nominal.

Ejemplo: batería compuesta por 4 monoblocks de 6v y Capacidad Nominal 100Ah. en 10 horas hasta 5.25v. /bloque (20°C). Descargado con $I = 100/10$, 10

A. la duración cuando la tensión de la batería sea $4 \times 5.25 = 22\text{v}$. debe ser igual o mayor a 9.5 horas (si ha durado 9.8 horas la Capacidad será $10\text{A} \times 9.8\text{h} = 98\text{Ah}$., un 98% de la nominal)

S. E. del Acumulador

Ajuste por temperatura: El valor de la temperatura media de los elementos al inicio de la prueba afecta a su resultado, por lo tanto, si difiere del valor de referencia, se calculará de la siguiente forma: $C_{20^\circ\text{C}} = 97\% C_{25^\circ\text{C}}$; $94\% C_{30^\circ\text{C}}$; $103\% C_{15^\circ\text{C}}$; $106\% C_{10^\circ\text{C}}$.

3. OPERACIÓN.

3.1. FLOTACIÓN.

Se dice que la batería se encuentra en Flotación cuando se mantiene, en régimen constante, a la suficiente tensión para mantenerla completamente cargada. Dicha tensión se conoce como Tensión de flotación. En este estado, el cargador aporta la corriente necesaria para mantener la carga y compensar las pérdidas internas de las baterías. Para esto es obligatorio que el cargador mantenga constante la tensión con una variación máxima del 1% y un rizado de corriente RMS máximo de $0.1 \times C_{10}$.

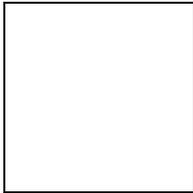
La tensión de flotación depende de la temperatura de trabajo y la determinación de su valor correcto es fundamental para el rendimiento óptimo de la batería y su garantía.

Parámetros de trabajo:

Tensión de flotación: (2.25 ± 0.02) V/elemento a 20°C x nº elementos

Máxima Intensidad de carga: 0.25 veces la Capacidad en 10 horas.

Corrección por Temperatura:



Una tensión superior a la indicada producirá un excesivo consumo de agua y, por tanto, una menor vida de la batería.

Una tensión inferior a la indicada descargará paulatinamente la batería con una irreversible sulfatación, lo cual también acortará la vida de la misma.

La pérdida de vida es mayor cuando la tensión de flotación es menor que la especificada que cuando se excede.

3.2. CARGA RÁPIDA.

Después de una descarga se puede acelerar el proceso de recarga aplicando una tensión superior (nunca mayor de 2.40 v.) hasta cargar la batería pasando posteriormente a flotación.

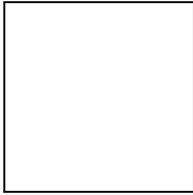
Procedimiento:

S. E. del Acumulador

Tensión: 2.35-2.40 \pm 0.02v. por elemento a 20°C

Máxima Intensidad de carga 0.25 veces la Capacidad en 10horas

Corrección por Temperatura



Se deben respetar las limitaciones de tensión siempre que se recargue una batería de electrolito gelificado, con el fin de evitar un exceso de gasificación y el consecuente secado. Superar esos valores de tensión lleva además el riesgo de embalamiento térmico.

Las baterías Tudor gelificadas, debido a su baja generación térmica y a su mayor volumen de electrolito, son menos susceptibles a estos problemas. No obstante, la tensión de carga aplicada a estos elementos se debe limitar a un máximo de 2,40 V/e a fin de garantizar de este modo la máxima seguridad y fiabilidad durante la operación.

4. MANTENIMIENTO.

Como actividades de mantenimiento, cada seis meses se deben medir y registrar los siguientes parámetros:

- Tensión de la batería
- Tensión de cada elemento o monoblock
- Temperatura superficial de cada elemento o monoblock
- Temperatura ambiente así como comprobar y mantener:
- Limpieza de la batería
- Buen aspecto (sin corrosión) de las conexiones

Si la tensión de algún elemento o monoblock está por debajo en 0.05 v/elemento de la tensión de flotación requerida, deberá seguirse uno de los siguientes procedimientos (*):

a) Realizar una carga de igualación:

Tensión = 2.35-2.40 v/elemento durante 14 horas

Máxima intensidad de carga = 0.25 C10.

b) Carga IUla :

S. E. del Acumulador

1º. Cargar con intensidad constante $I = 0.25 C10$ hasta que la tensión sube a 2.40 v/celda.

2º. Cargar con tensión constante $U = 2.40$ v/celda hasta $I = 0.01 C10$.

3º. Cargar con intensidad constante $I_a = 0.01 C10$ durante 10 horas.

* Se recomienda preferentemente seguir el procedimiento b).

De acuerdo a las indicaciones de la Norma provisional IEC de referencia 21/420/NP sobre el control de baterías estacionarias, las tensiones de este tipo de elementos se debe medir después de un mínimo de 14 días después de la descarga, si se ha realizado, y la dispersión de las tensiones sólo será significativa a los seis meses de la puesta en marcha de la batería.

Si en un mismo elemento se detectan 3 lecturas consecutivas (con las consideraciones anteriores) de tensión cada vez inferior a la anterior, se realizará una prueba de descarga (igual a lo indicado en el punto 2.2 Capacidad Inicial) para establecer si el elemento es defectuoso (Capacidad real < 80% Capacidad nominal).

Recomendaciones generales:

No fumar.

No colocar instrumentos metálicos en la batería. Peligro de cortocircuitos

Usar guantes y gafas de protección para la manipulación de la batería.

Seguir las instrucciones de uso S. E. del Acumulador

Funcionamiento:

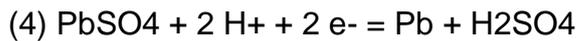
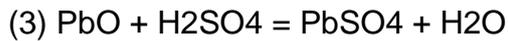
Cuando una batería de plomo-ácido se somete a un proceso de carga, la electrólisis del agua del electrolito produce oxígeno en el electrodo positivo e hidrógeno en el negativo. Esto conlleva en las baterías abiertas una pérdida de agua y, como consecuencia, la necesidad de rellenar el elemento. Durante la carga, lo primero que se produce es el oxígeno en la placa positiva. El hidrógeno se produce posteriormente cuando la placa negativa está prácticamente cargada. Este intervalo de tiempo que transcurre desde que empieza la producción de oxígeno hasta que comienza la del hidrógeno es debido a la baja eficiencia en la carga de la placa positiva.

Las diferencias de funcionamiento dentro de las baterías de recombinación TUDOR y las baterías abiertas radican en la evolución del oxígeno e hidrógeno generados en la carga: mientras en las baterías convencionales dichos gases escapan a la atmósfera, en las baterías de recombinación OPzV el oxígeno generado en la carga se difunde a través del GEL hacia la placa negativa, donde mediante una secuencia de reacciones químicas y electroquímicas es reducido, incorporándose de nuevo al electrolito.



Las reacciones más importantes que se producen son:





Cuando empieza a producirse oxígeno en el electrodo positivo (1), la placa negativa está parcialmente cargada y tiene una cantidad considerable de plomo esponjoso. Por lo tanto, si se es capaz de transportar ese oxígeno al electrodo negativo, permanecerá dentro del elemento, sin salir al exterior, y reaccionará con el plomo del electrodo negativo (2) formando óxido de plomo.

En una batería de electrolito gelificado, este transporte de oxígeno se efectúa a través de las microgrietas (micro cracks) del gel.

El óxido de plomo (PbO) reacciona con el electrolito (ácido sulfúrico H₂SO₄) formando sulfato de plomo (3). El resultado de esto es una autodescarga en el electrodo negativo, reacción que es igual que la de carga, pero en sentido inverso (4).

De este modo, el electrodo negativo no llega a estar completamente cargado y no se genera hidrógeno.

Las reacciones descritas anteriormente suceden, naturalmente, en todas las baterías de plomo-ácido, pero en el caso de las baterías de recombinación OPzV tienen lugar a una escala muy reducida. La cuestión radica en hacer que todo el oxígeno generado en las placas positivas llegue a las negativas, para poder aprovechar así completamente este fenómeno también denominado ciclo de O₂ y, como consecuencia, conseguir una batería en la que la generación de gas sea prácticamente inexistente. Con esto se logra que el consumo de agua sea tan insignificante que su reposición sea innecesaria.

Existen dos tipos de diseño para conseguir un ciclo de oxígeno de tanta eficiencia como para eliminar el relleno de agua:

Batería con electrolito absorbido en un separador de fibra de vidrio (tecnología AGM).

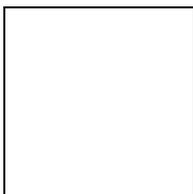
Batería con electrolito gelificado mediante la adición de sílice (tecnología GEL).

En el caso de diseño de electrolito en forma de gel, el electrolito se inmoviliza (se gelifica) mediante la adición de dióxido de silicio (SiO_2). Tal y como se ha señalado anteriormente, el transporte del oxígeno desde las placas positivas hasta las negativas se hace a través de las microgrietas del gel. Tudor emplea este proceso en una batería con válvula regulada especialmente diseñada para conjuntar los beneficios del electrolito gelificado por una parte con los de las ampliamente probadas placas positivas tubulares de Tudor. El resultado es la batería con válvula regulada tipo OPzV (elementos OPzV y monobloc OPzV o SGV).

Resistencia Interna e Intensidad de Cortocircuito

La resistencia interna (R_i) que presentan estas baterías es muy baja como consecuencia de varios factores que afectan a su diseño interno, como son la alta porosidad del separador y el dimensionado de placas y conexiones. Esta baja resistencia interna hace que sean la gama de baterías más adecuada para aplicaciones de alta potencia en descarga de más de 1 hora.

La intensidad de cortocircuito (I_{cc}) en baterías de recombinación gel es muy elevada, como consecuencia de su baja resistencia interna. Los valores correspondientes de R_i e I_{cc} en estado de plena carga y a temperatura de 20°C son los indicados en la siguiente tabla (Valores calculados según norma IEC 8961):

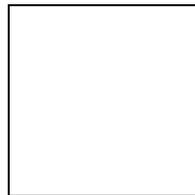


* Los valores de resistencia interna corresponden a un solo elemento, de 2 V de tensión nominal. Por tanto, en el caso de los monoblock de 6 V y 12 V, la resistencia interna de cada monoblock se obtendrá multiplicando el valor de la

tabla por el número de celdas que forma cada uno de ellos, es decir, por 3 ó 6 respectivamente.

Autodescarga

El índice de autodescarga de las baterías Tudor de electrolito gelificado viene dado, al igual que en el resto de las baterías de plomo-ácido, como función de la temperatura (Véase la figura siguiente). Se recomienda no mantener más de 6 meses la batería a circuito abierto. Al cabo de ese tiempo la batería debe ser recargada.



Almacenamiento

Las baterías que se prevea no van a ser instaladas para su uso inmediatamente después de la entrega se deberán almacenar en un lugar seco y, si es posible, sin exceso de temperatura con el objeto de minimizar el proceso natural de la autodescarga.

No obstante se acepta, siempre que sea durante períodos muy breves, una temperatura máxima de 60 °C, p. e. durante el transporte.

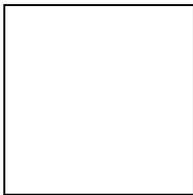
Las baterías y sus embalajes deberán estar protegidos siempre de la luz solar directa.

A fin de compensar la propia autodescarga, las baterías que permanezcan almacenadas sin conectar a una fuente de alimentación se deberán cargar por lo menos una vez cada 6 meses o incluso antes si la tensión a circuito abierto desciende por debajo de 2,04 V/e. El procedimiento de carga será de 12 a 16 horas a 2,37 V/e sin sobrepasar la intensidad máxima de 10 A por cada 100 Ah o 45°C por elemento.

Vida operativa

En un funcionamiento cíclico, el número de descargas que se pueden realizar depende de la profundidad de las mismas. Un valor típico de las baterías OPzV es el de 900 ciclos con descargas de 3 horas a 2·I10 (IEC 896-2).

Todas las baterías de plomo-ácido son, por supuesto, sensibles al cambio de temperatura. Un sistema de refrigeración en los locales en los que se encuentre instalada la batería permitirá disminuir los costes de su reposición. Obsérvese en la figura siguiente la relación existente entre la vida operacional y la temperatura ambiente.

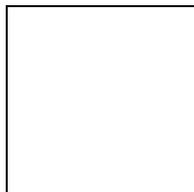


Los elementos Tudor de tipo gelificado tienen una vida según diseño de hasta 15 años bajo circunstancias normales de funcionamiento en flotación a 20 °C.

El diseño de esta batería es tal que un incremento continuo de la temperatura de trabajo en 10 °C disminuirá la vida operacional en un 50 %, quedando reducida a 7 u 8 años.

ANEXO. E

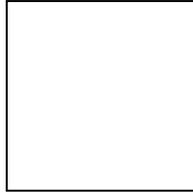
MANUAL DE INSTALACIÓN, USO Y MANTENIMIENTO DEL INVERSOR ISOVERTER 1500/3000 W 12/24/48



1. DESCRIPCIÓN DEL ISOVERTER.

El ISOVERTER es un convertidor DC/AC de onda senoidal pura diseñado para aplicaciones fotovoltaicas controlado por un microprocesador. Este inversor ha sido diseñado para suministrar una corriente alterna a un voltaje de 230V/50Hz

(120V/60HZ) a partir de un voltaje de continua (12,24 ó 48 V) procedente de acumuladores electro-químicos.



Para ello emplea componentes de última generación, tales como IGBTs, microcontroladores de 32 bits y módulos LCD. Además de su función básica como inversor permite la monitorización de la instalación fotovoltaica mostrando información acerca de la energía, intensidad y otros parámetros de control. El diseño de trabajo en alta frecuencia disminuye considerablemente el tamaño del transformador, lo que contribuye a disminuir el peso y volumen del equipo.

Es capaz de suministrar el pico de arranque a televisores, proyectores, vídeos, computadoras, refrigeradores, lavadoras, bombas sumergibles etc. Sin ninguna dificultad.

El ISOVERTER se autoprotege contra cortocircuito, sobrecarga, sobre temperatura, sobre voltaje e inversión de polaridad. La protección contra inversión de polaridad no se logra mediante la fusión del fusible de entrada (como ocurre en otros inversores comerciales), simplemente deja de funcionar.

Es posible la puesta en marcha y paro por control remoto a través de una línea de control que en él existe. Mediante unos sencillos menús de programación accesibles por el usuario se pueden ajustar los parámetros de funcionamiento del inversor (tensión baja, tensión alta, carga mínima, etc.) para adaptar el equipo a las condiciones particulares de cualquier posible configuración de instalación fotovoltaica.

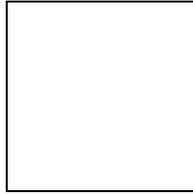
Este inversor se reconecta automáticamente cuando las causas que lo hacen autoprotgerse desaparecen (alta o baja tensión de batería, sobre temperatura o una señal de control comandada exteriormente). Si detecta sobrecarga o una situación de cortocircuito durante un número de veces predeterminado se tendrá que hacer un reset manual.

La detección de carga es un estado de espera durante el cual el inversor reduce su consumo al mínimo en espera de una carga igual o superior a la prefijada para su encendido. Cuando la detecta, el inversor arranca y pasa a modo normal de funcionamiento. Cuando el consumo cae por debajo del límite fijado, el inversor pasa de nuevo al estado de detección de carga. Si se conecta un consumo de potencia inferior a la prefijada entonces el inversor testeará la carga una vez por segundo hasta que esta supere este valor fijado. Este modo de funcionamiento en standby, reduce considerablemente el autoconsumo del equipo.

El inversor dispone también de una conexión RS 232 que permite actualizar el software en caso necesario (mejoras, implementaciones especiales, etc.) así como un conector desde el que se puede monitorizar el estado de los leds del frontal.

Se incorpora además una línea de sensing que evita errores de lectura en los valores de tensión de batería, debido a las caídas de tensión que pueden existir en los cables de potencia al manejarse corrientes elevadas. La tensión de batería es medida por esta línea con más precisión, lo que mejora notablemente las actuaciones del inversor en función del estado de la batería (cortes por alta, baja etc.).

2. DESCRIPCIÓN DEL FRONTAL



La figura muestra una vista frontal del ISOVERTER, con todos los elementos disponibles para el usuario. Las referencias de estos elementos se usarán a lo largo del presente manual.

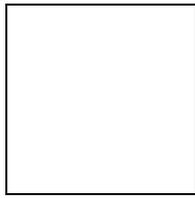
1. Indicador cortocircuito/sobrecarga
2. Indicador de sobretensión
3. Indicador de alta/baja tensión de batería
4. Indicador de marcha
5. Pantalla alfanumérica
6. Teclado
7. Interruptor on/off/remote

3. MENÚ DEL ISOVERTER.

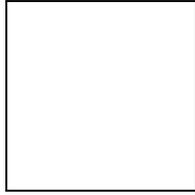
El ISOVERTER dispone de un display alfanumérico que se utiliza tanto para mostrar información general del estado del convertidor y de la instalación fotovoltaica, como para presentar varios menús mediante los cuales el usuario puede variar márgenes de parámetros de funcionamiento del equipo, para optimizar su instalación.

3.1. DESCRIPCIÓN DE MENÚS.

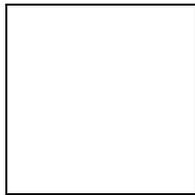
El acceso a los distintos menús y la modificación de parámetros se efectúa mediante los cuatro pulsadores que configuran un pequeño teclado, situado en el frontal del equipo. Estos cuatro pulsadores están señalizados en el frontal del inversor con los siguientes símbolos:



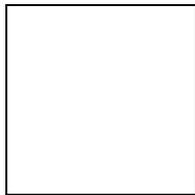
Escape/enter



Avance hacia arriba



Avance hacia abajo

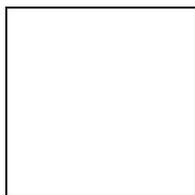


Avance hacia la derecha

Los distintos menús programados en el Isoverter se describen a continuación.

3.1.1. Conexión.

Al poner en funcionamiento el equipo, el display muestra de forma automática y secuencial las siguientes pantallas (ejemplo con modelo de 24 V):

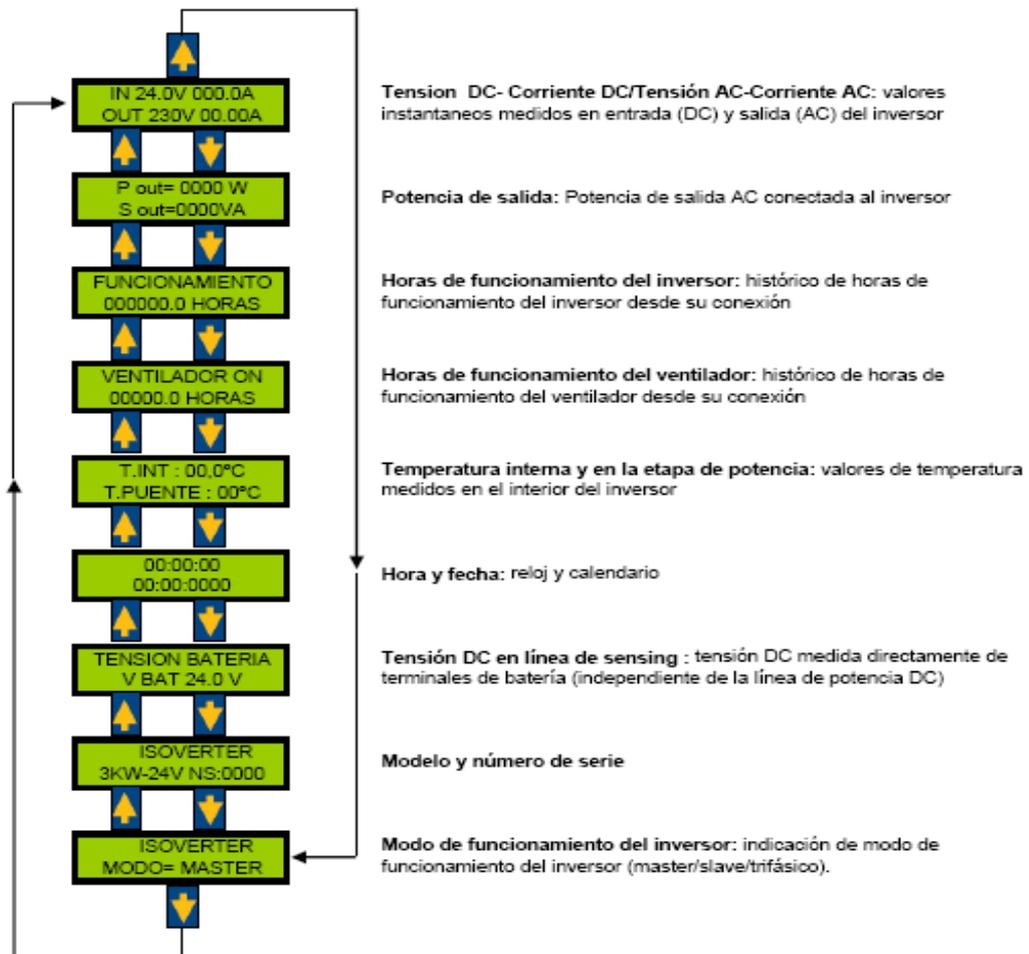


El equipo permanece en la pantalla de tensión de entrada y salida mientras no se actúe en el teclado.

3.1.2. Información.

A partir de que es mostrada la última pantalla del menú de conexión del equipo, podemos acceder al menú de información. El desplazamiento por las pantallas de información del sistema se realiza pulsando las teclas (subir en el menú), y (bajar en el menú). A continuación se muestran y explican brevemente todas las pantallas existentes en este menú (ejemplo para modelo de 24 V).

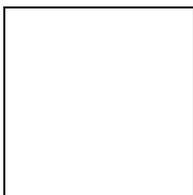
MENU



3.1.3. Programación.

Mediante el menú de programación se puede variar la carga mínima del inversor y ajustar la fecha y hora del mismo. También se puede acceder al menú parámetros, que permite el ajuste de tensiones de trabajo de entrada, tensiones de salida AC etc. (ver anexo 1).

Se muestran a continuación las distintas pantallas del menú de programación y el modo de acceso (ejemplo para modelo de 24 V).

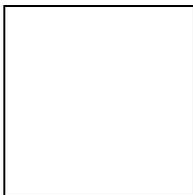


3.2. OPERACIÓN DE MENÚS.

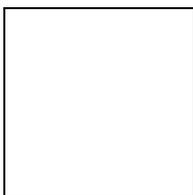
Como ya se ha apuntado en el manual, utilizando el teclado del que dispone el ISOVERTER en el frontal, podemos desplazarnos por los distintos menús así como variar valores preestablecidos de fábrica, con el objeto de optimizar el funcionamiento de la instalación.

3.2.1. Ejemplos.

Modificación de carga mínima (modelo de 24 V).



De la misma forma, podemos ajustar hora y fecha del inversor, y habilitar o inhibir la alarma acústica, recordando estos pasos:



3.2.2. Rangos de programación y valores de fábrica.

A continuación se presentan en una tabla los parámetros configurables del Isoverter, así como su valor por defecto (de fábrica) y sus rangos de ajuste.

NOTA: la modificación de cualquier parámetro de funcionamiento queda internamente registrada en el equipo para una eventual consulta por parte de los técnicos de ISOFOTON en caso de avería o revisión.

NOTA: varios de los parámetros ajustables están vinculados entre sí, es decir, dependiendo de algunos de los valores fijados, no se dispone de todo el rango posible en otros. Se evitan así ajustes no lógicos de ciertos parámetros:

Ejemplo. (para modelo 24 V): si fijamos el valor de V ON GRUPO a 22 V, no podremos ajustar el paro del mismo (V OFF GRUPO) a ningún valor por debajo de 22,1 V.

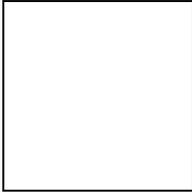
4. FUNCIONAMIENTO DEL ISOVERTER.

Después de encender el inversor éste pasa a realizar un test de autocomprobación. Si se detecta algún error la causa del fallo será reflejada en el display LCD. Este fallo no permite al inversor trabajar adecuadamente y cortará el suministro de carga. Como parte del test de autocomprobación los ventiladores internos funcionan durante 0,5 sg y todos los leds del equipo se encienden momentáneamente.

Después del autotest el voltaje de salida en AC aumentará poco a poco desde 0 hasta el valor nominal (arranque suave). Si el circuito de detección de carga no encuentra cargas superiores a las ajustadas, el inversor pasará al modo de detección de carga reduciendo su consumo y tratando de arrancar una vez por segundo.

Cuando la tensión de batería esté por debajo de la prefijada en VIN MIN ALARMA durante 10 segundos, se activará la alarma acústica y el LED correspondiente a "tensión incorrecta" se enciende. Si la tensión de batería sigue bajando y se llega al valor VIN MIN PARO durante más de 10 segundos

el inversor se para. Si el voltaje de batería aumenta hasta llegar al valor VIN MIN ARRANQUE, el ISOVERTER arranca de forma automática apagándose el LED y desactivando la alarma acústica.



El LED de "tensión incorrecta" también se enciende si la tensión de batería llega a la tensión fijada como VIN MAX PARO en el menú correspondiente. Si la tensión se mantiene en este valor durante más de 10 segundos el inversor se para.

Cuando ésta alcanza un valor inferior a VIN MAX ARRANQUE el inversor arranca automáticamente.

Cuando los IGBT alcanzan una temperatura programada, el ventilador interno se pondrá en funcionamiento, deteniéndose cuando la temperatura alcanza un valor inferior predeterminado. Pero si por el contrario la temperatura continúa aumentando (generalmente porque la carga conectada es demasiado elevada o el equipo se encuentra mal ventilado) entonces el LED de "sobretensión" se ilumina, desconectando la salida del inversor pero no el ventilador. Cuando la temperatura disminuye hasta el punto de rearme el inversor arranca automáticamente apagando el LED.

Si se sitúa el interruptor de encendido en la posición remote, es necesario cerrar mediante un interruptor externo los dos contactos de las bornas indicadas para poner en funcionamiento el inversor. No se debe aplicar ninguna tensión en dichas bornas.

Si se produce un cortocircuito en la salida del inversor, éste limita automáticamente su potencia de salida a su potencia nominal para proteger la

instalación. El LED de “sobrecorriente” se enciende y se activará la alarma acústica.

Transcurridos 10 segundos bajo estas condiciones, se para el inversor. Una vez resuelto el problema del cortocircuito es necesario reiniciar el equipo (mediante el pulsador) para poder restablecer la carga en AC de nuevo.

Cuando se detecta una sobrecarga, el inversor limita el tiempo durante el cual alimenta la carga (el tiempo de suministro decrece a medida que crece la sobrecarga).

El LED de “sobrecorriente/cortocircuito” parpadeará y se activará la alarma acústica.

Una vez pasado este tiempo, el inversor se detiene y se enciende el LED de "desconexión de carga" y el de “sobrecarga/cortocircuito”. Para tener la unidad operativa de nuevo será necesario hacer un reset al equipo tal y como se describía en el caso anterior. El tiempo de funcionamiento del inversor en función del tanto por ciento de sobrecarga a la que se le somete está reflejado en el apartado de características técnicas (gráfica Tiempo de funcionamiento Vs % de sobrecarga sobre P nominal).

5. SEÑALIZACIONES E INDICADORES.

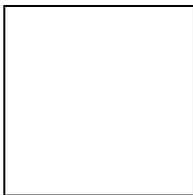
EL inversor está equipado con un display LCD alfanumérico de 2 líneas que muestra información del estado del inversor y de la instalación. En el panel frontal existen 4 LEDs que indican (de abajo a arriba):

- Encendido (LED verde): significa que el equipo tiene la batería conectada correctamente.
- Tensión incorrecta (LED rojo): se iluminará cuando la tensión de batería esté fuera del rango de correcto funcionamiento del equipo. Indica alarma y desconexión por baja o alta tensión de batería.

- Sobretemperatura (LED rojo): se enciende cuando la temperatura interna es demasiado elevada.

- Cortocircuito/sobrecarga (LED rojo): se iluminará cuando la carga conectada sea superior a la nominal o cuando existe una situación de cortocircuito. Permanece encendido hasta que se le hace un reset al equipo (previamente solucionada la situación anormal).

El LED que permanezca encendido muestra la causa por la cual el inversor se ha parado. En la pantalla se podrá encontrar información acerca de la causa de la parada del inversor.



Una señal acústica consistente en un beep por segundo sonará previo a la desconexión del aparato cuando los LEDs correspondientes a "tensión incorrecta", "cortocircuito/sobrecarga" o sobretemperatura están encendidos. Se puede desactivar el zumbador pulsando, aunque el inversor permanece con el led correspondiente encendido.

En el display LCD se muestra, en pantallas secuenciales, información acerca del inversor (voltaje e intensidad de entrada y salida, potencia de salida, temperatura interna, tiempo de trabajo...) y la razón por la cual se ha parado el inversor.

El circuito de detección de carga se ajusta de fábrica para que el equipo arranque en búsqueda de una carga de unos 15-18 W una vez es conectado (7% en el parámetro CARGA MIN). El instalador debe decidir y ajustar, si fuera necesario, la carga mínima que ha de detectar el inversor.

5.1. RELÉ DE ARRANQUE DE GRUPO ELECTRÓGENO.

El ISOVERTER incorpora de serie un relé cuyo estado está asociado a la tensión de batería. Dicho relé se activa cuando durante 10 segundos la tensión de batería es igual o menor al valor fijado en el parámetro V ON GRUPO y se desactiva cuando pasa el tiempo fijado en el parámetro T MIN GRUPO o cuando se alcanza un valor en tensión de batería igual o mayor al valor fijado en el parámetro V OFF GRUPO (ver cuadro de ajustes de fábrica). El parámetro V OFF GRUPO tiene prioridad sobre T MIN GRUPO.

El relé es normal abierto y los contactos están libres de potencial. Esta implementación del equipo permite arrancar un grupo electrógeno que alimente un cargador de baterías (por ejemplo) en el caso de que la tensión de batería se acerque a valores bajos, próximos al corte por baja del inversor. También se puede utilizar como señalización remota de batería baja para reducir consumo, etc.

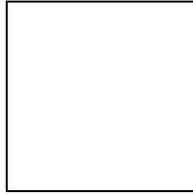
6. PROTECCIONES DEL ISOVERTER.

El inversor está protegido contra inversión de polaridad, sobrecarga, cortocircuito, sobretensión y tensiones de batería fuera de los límites máximo y mínimo.

En los siguientes apartados se describe con detalle cada una de las protecciones.

6.1. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

El ISOVERTER está equipado con una ultra-rápida protección contra sobrecargas y cortocircuito. Corta el suministro de energía tras un tiempo determinado que dependerá de la potencia demandada.



Tras una parada del equipo por sobrecarga, y una vez resuelto el problema de consumo, se ha de realizar un reset manual del mismo. El estado de parada por sobrecarga o cortocircuito es mostrado en el display con la indicación de cómo realizar un reset manual al equipo, una vez solucionado el problema en la línea de salida de alterna.

Para hacer un reset al equipo en caso de sobrecarga es necesario pulsar la tecla.

6.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENPERATURA.

Como el inversor no tiene un rendimiento del 100%, la diferencia entre potencia utilizada/potencia generada se disipa en forma de calor, siendo este hecho especialmente notable cuando el equipo está funcionando a potencia nominal.

Cuando el inversor está sometido a una carga elevada durante un periodo de tiempo prolongado, la temperatura de la etapa de potencia aumenta, activándose la protección por temperatura si se supera un límite prefijado. En un primer momento se conectan los ventiladores internos y si esto no es suficiente y la temperatura sigue aumentando, el equipo se para.

Cuando la temperatura desciende hasta un cierto valor predeterminado, el equipo arranca de nuevo automáticamente.

6.3. PROTECCIÓN CONTRA ALTAS Y BAJAS TENSIONES DE BATERÍA.

El inversor funciona con un rango determinado de tensiones de entrada de continua. Este rango se ajusta en fábrica dependiendo del modelo de inversor (12,24 ó 48 V DC) y de las características de la batería que se vaya a utilizar.

La parada del inversor cuando la tensión de batería es baja previene una descarga excesiva de la misma, hecho que podría provocar un daño irreparable de esta. Se programa un tiempo de espera en el circuito con el objeto de permitir que el voltaje de batería baje de estos niveles de forma momentánea. De esta manera el ISOVERTER es capaz de arrancar motores de inducción.

El ISOVERTER da una alarma por batería baja cuando la tensión de la misma es igual o inferior al valor fijado en V IN MIN ALARMA (visual y acústica). Si la tensión sigue bajando hasta alcanzar el valor fijado en V IN MIN CORTE durante 10 segundos, el equipo desconecta la salida.

El equipo se rearma automáticamente cuando la tensión se recupera hasta el valor fijado en el parámetro V IN MIN ARRANQUE.

Si la tensión de batería llega a la tensión fijada como VIN MAX PARO en el menú correspondiente el ISOVERTER da también alarma visual y acústica de tensión.

Si la tensión se mantiene en estos valores durante más de 10 segundos o sigue el inversor desconecta la salida. Cuando ésta alcanza un valor inferior a VIN MAX ARRANQUE el inversor arranca automáticamente.

La parada del inversor cuando la tensión de batería es muy elevada se hace con el objeto de proteger a éste de voltajes de entrada excesivos.

7. INSTALACIÓN DEL INVERSOR.

7.1. COLOCACIÓN DEL ISOVERTER.

El ISOVERTER se ha de colocar sobre una superficie vertical, con sus bornas de conexión hacia abajo y con 10 cms 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. Hay que evitar que pueda caer agua sobre el equipo ya que podrían producirse averías graves.

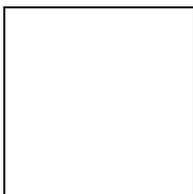
El inversor se fijará mediante tornillos empleando los cuatro taladros previstos a tal efecto.

7.2. CONEXIÓN ELÉCTRICA.

El ISOVERTER dispone de cuatro pasacables de salida situados en su parte inferior.

Estos cuatro pasacables se utilizan para realizar todas las conexiones necesarias entre el inversor y el resto de elementos de la instalación (batería, salidade alterna, control remoto si lo hubiera, etc.).

La figura muestra las bornas de conexión.

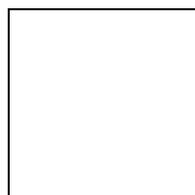


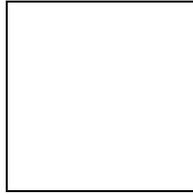
Antes de conectar la unidad asegúrese de que el interruptor REMOTE/ON/OFF situado en el frontal está en la posición OFF, después proceda de la siguiente forma respetando el orden:

- Conecte los cables de AC1 y AC2 (salida alterna) al diferencial externo, uniendo AC2 y el terminal marcado como GND (ver diagrama “conexión recomendada del ISOVERTER”).
- Conecte la línea de sensing al inversor. Se recomienda realizar esta conexión con cable rígido de 0.25 mm² e instalar un fusible rápido de 2 A en línea.
- Conecte la línea de sensing a la batería.
- Conecte el cable positivo suministrado a la pletina positiva del inversor.
- Conecte el cable negativo suministrado a la pletina negativa del inversor.
- Conecte el cable positivo al positivo de batería.
- Conecte el cable negativo al negativo de batería.
- Conecte la línea de sensing al inversor. Se recomienda realizar esta conexión con cable rígido de 0.25 mm² e instalar un fusible rápido de 2 A en línea.
- Conecte el cable de control remoto a las bornas marcadas como remoto si procede.

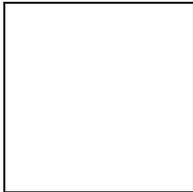
La desconexión del equipo se ha de realizar en sentido inverso al descrito en el párrafo anterior.

Para la conexión entre la batería y el inversor deberán utilizarse los cables suministrados. Otras secciones o longitudes de cable podrían producir caídas de tensión importantes en el cableado que ocasionasen un incorrecto funcionamiento del inversor.





ATENCIÓN



- El voltaje de AC de salida es muy peligroso. Siempre debe instalar un diferencial a la salida del inversor para protección.
- Apague el inversor y ponga en off el diferencial antes de manipular, podría arrancar automáticamente sin indicación previa.

8. PROCEDIMIENTO DE PUESTA EN MARCHA.

- Asegúrese que todas las conexiones están correctamente fijadas.
- Encienda el equipo mediante el interruptor REMOTE/OFF/ON.
- Cierre el magnetotérmico a la salida en alterna del inversor.
- Si la carga conectada al inversor es mayor que la ajustada en el parámetro "CARGA MÍNIMA" (y si la línea de control externo está activa, en el caso de disponer de ella), entonces el ISOVERTER arrancará y la carga será alimentada por 230 Vac.

9. PROCEDIMIENTO DE APAGADO.

Sitúe el interruptor REMOTE/OFF/ON del inversor en OFF.

10. PRECAUCIONES.

- No abra el equipo y no manipule el interior. Incluso sin tensión de alimentación, hay zonas de los circuitos internos que pueden provocar descargas eléctricas.

- LA MANIPULACIÓN DEL EQUIPO SIN AUTORIZACION EXPRESA DE ISOFTON SUPONDRÁ LA PÉRDIDA INMEDIATA DE TODAS LAS GARANTÍAS QUE CUBREN EL EQUIPO.

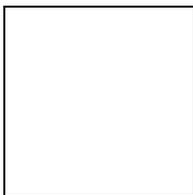
- No conecte ninguna fuente de corriente a la salida del inversor.
- No cubra las rejillas de ventilación.
- Proteja la unidad de la exposición directa al sol y al agua.
- No deje caer objetos metálicos a través de las rejillas de ventilación.

11. MANTENIMIENTO.

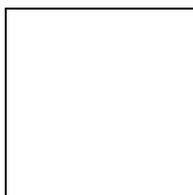
El ISOVERTER no precisa de ningún mantenimiento especial. Tan sólo será necesaria una limpieza periódica de la caja mediante un paño seco.

12. SEGURIDAD.

El inversor está protegido electrónicamente (protecciones mediante hardware y software) contra la mayoría de las causas que lo podrían dañar. La tabla siguiente muestra las distintas causas de parada del inversor y sus posibles soluciones.

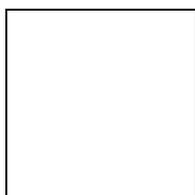


13. FICHAS TÉCNICAS.



14. ACCESO A MENÚ PARÁMETROS

El acceso al menú parámetros exige introducir una clave de cuatro dígitos (1919), que protege el menú de accesos accidentales y cambios de valores no deseados. A continuación se describe la secuencia de introducción de dicha clave y el menú.



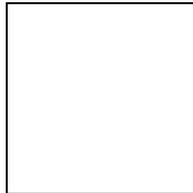
15. MODIFICACIÓN DE TENSIÓN DE ARRANQUE DE GRUPO.

Como ya se ha explicado en este manual (ver punto 5.1- Relé de arranque de grupo electrógeno) el Isoverter incorpora un relé que puede ser utilizado para arrancar un grupo electrógeno si la tensión de batería cae por debajo de un valor preajustado.

A continuación se muestra como variar la tensión de arranque de grupo (ejemplo para modelo de 24 V) del valor de fábrica (23.3 V) al valor 23.1 V:

Acceder al menú parámetros

Una vez dentro del menú PARAMETROS seguir estos pasos:



ANEXO F

DIMENSIONAMIENTO SEGÚN NECESIDADES DEL BS- 50 "TAISHA"

Latacunga, Julio del 2008

Elaborado por:

Sgos. de Trp. Ponce Rommel

Cbop. de Com. Viteri Byron

EL DIRECTOR DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA

Ing. Armando Álvarez S.

EL SECRETARIO ACADÉMICO DE LA ESPE SEDE LATACUNGA

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar