

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PEQUEÑA ESCALA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Programa Práctico de Entrenamiento



Centro de Conservación de
Energía y del Ambiente
CENERGIA



Servicio Nacional de Adiestramiento
en Trabajo Industrial
SENATI



Energía y Medio Ambiente
ECOFYS
Utrecht - Holanda

**GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD
A PEQUEÑA ESCALA CON
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Programa Práctico de Entrenamiento

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PEQUEÑA ESCALA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Programa Práctico de Entrenamiento

SENATI

CENERGIA

ECOFYS

Utrecht/Lima 1999

Este manual ha sido elaborado por:

Ing. Carlos Orbegozo Reto (CENERGIA)

Ing. Bob Schulte (ECOFYS)

Ing. Gert J. Hoogenstrijd (Desarrollo de Energías Renovables)

Manual publicado por:

ECOFYS

Energía y Ambiente

Kanaalweg 16-G
3526 KL Utrecht
Holanda



**Centro de Conservación de
Energía y del Ambiente**

Calle Deraín 198
San Borja – Lima 41
Perú

Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción parcial o total por impresión, fotografía, microfilm o por cualquier otro medio, sin autorización escrita de los editores.

Esta publicación ha sido posible gracias al aporte económico de la **Fundación Hulsebosch Prior**, Holanda.

La información contenida en esta publicación ha sido recopilada con el mayor cuidado en cuanto a su legitimidad. Sin embargo, tanto los editores como los autores quedan exentos de toda responsabilidad legal por cualquier daño o perjuicio producido como consecuencia de la aplicación de los métodos en ella descritos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN PARA LOS ESTUDIANTES	9
<i>EJERCICIOS</i>	11
<i>EJERCICIO 1: MEDIR LA RADIACIÓN SOLAR</i>	11
1.1 Funcionamiento	11
1.2 Medición momentánea.....	11
1.3 Medición de período.....	11
<i>EJERCICIO 2: ENSAMBLAR Y CONTROLAR UNA UNIDAD DE CONTROL</i> ...	12
2.1 Introducción.....	12
2.2 Instrucciones de funcionamiento.....	12
2.3 Comprender el esquema de la unidad	13
2.4 Ensamblar la unidad de control.....	14
2.5 Medición y control de la unidad.....	16
<i>EJERCICIO 3: MEDICIONES PRÁCTICAS</i>	21
3.1 Radiación y corriente abierta del panel FV	21
3.2 Corriente abierta y sombra	21
3.3 Corriente de cortocircuito y radiación.....	21
3.4 Corriente de cortocircuito y sombreado.....	22
<i>EJERCICIO 4: SELECCIÓN DEL LUGAR PARA UN SISTEMA FV</i>	23
<i>EJERCICIO 5: MEDICIONES PRÁCTICAS</i>	24
5.1 Instalación de un sistema.....	24
5.2 Monitoreo del sistema	24
<i>EJERCICIO 6: MEDIR LA CAPACIDAD DE CARGA DE UNA BATERÍA NUEVA Y USADA</i>	25
6.1 Introducción.....	25
6.2 Instrucciones de seguridad	26
6.3 Método del densímetro.....	27
6.4 Ejercicios con el densímetro	27

6.5 Método del voltímetro	29
6.6 Ejercicio de medición de voltaje a través de los bornes de la batería	29
6.7 Eficiencia de la batería	30

EJERCICIO 7: DAR MANTENIMIENTO A UNA BATERÍA 31

7.1 Inspección visual	31
7.2 Limpieza	31
7.3 Nivel de electrolito	31
7.4 Abrazaderas y soporte	31
7.5 Estado de carga.....	32

EJERCICIO 8: INSPECCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y "SOLUCIÓN DE PROBLEMAS" 33

EJERCICIO 9: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS..... 34

9.1 No hay corriente de carga	34
9.2 Baterías en bajo estado de carga	35
9.3 Sobrecarga excesiva	35
9.4 No hay potencia en la lámpara	36
9.5 Los fusibles vuelan aún después de ser reemplazados	37

ANEXO A: LISTA DE INSPECCIÓN DEL SISTEMA FV..... 39

CONTENIDO..... 41

ANEXO B: GUÍA PRÁCTICA DE INSTALACIÓN DE MÓDULOS SOLARES PEQUEÑOS 59

Guía Práctica de Instalación de Módulos Solares Pequeños 61

1. Secuencia de instalación sugerida.....	61
2. Mantenimiento y servicio para los módulos solares pequeños	66
3. Problemas típicos y recurrentes / soluciones.....	70

INTRODUCCIÓN PARA LOS ESTUDIANTES

En esta parte del Módulo Fotovoltaico se examinará la tecnología fotovoltaica más práctica. Los objetivos de este módulo son: enseñar a los participantes como realizar mediciones y cómo controlar el funcionamiento de un sistema solar. El participante también aprenderá a detectar y reparar las posibles fallas de un sistema solar FV y de sus componentes.

Durante las prácticas se construirá una instalación pequeña de energía solar, donde se llevarán a cabo algunas mediciones.

EJERCICIOS

EJERCICIO 1: MEDIR LA RADIACIÓN SOLAR

1.1 Funcionamiento

Un solarímetro puede ser usado para medir la radiación solar mediante la toma de los valores de salida del solarímetro con un milivoltímetro.

La radiación directa e indirecta del sol cae sobre una pequeña placa negra. Es convertida en una pequeña corriente eléctrica que puede ser medida. Si se sabe el factor de conversión de milivoltio a Watt, fácilmente se puede calcular la radiación.

Cuando el solarímetro se coloca horizontalmente, toda la radiación incidente es capturada (un hemisferio completo). El medidor debe ser colocado horizontalmente si se desea medir la radiación total que alcanza la superficie terrestre. Si se desea monitorear un sistema de energía solar, se deberá colocar el solarímetro al mismo ángulo de los paneles solares.

El solarímetro está calibrado bajo las Condiciones Estandarizadas para Pruebas - CEP: radiación a $1,000 \text{ W/m}^2$ con masa de aire de 1.2 y temperatura de célula de 25°C .

Tome en cuenta medir con el solarímetro en grandes altitudes. Las circunstancias de tiempo pueden ser diferentes. Por causa de la baja densidad del aire, la radiación puede ser ampliamente mas alta que $1,000 \text{ W/ m}^2$.

1.2 Medición momentánea

Con una radiación de $1,000 \text{ W/m}^2$, el solarímetro produce una tensión de 11.8 mV (la radiación por milivoltio es $1,000/11.8 = 84.75 \text{ W/ m}^2$).

Ejemplo:

Si la célula produce una tensión de 2.9 mV, esto corresponde a una radiación de: $2.9 \times 84.75 = 245.78 \text{ W/m}^2$. El valor dado de un panel FV, por ejemplo 50 W_p , es medido con CEP. Si la medición momentánea con el solarímetro es 2.9 mV, entonces la potencia producida por un panel de $2.9 \text{ mV}/11.8 \text{ mV} \times 50 \text{ W}_p = 12.9 \text{ W}$ ($2.9/11.8$ ó $245.78/1,000$ se podrían considerar como "factor de radiación").

Ahora: mida la radiación en cierto lugar. Primero ponga el solarímetro horizontalmente, luego varíe el ángulo. ¿Cuál es el efecto?

1.3 Medición del período

Mida la radiación por ciertos períodos (por ejemplo: 10 minutos, cada minuto o cada hora, cada 5 minutos). Calcule la radiación en este período.

EJERCICIO 2: ENSAMBLAR Y CONTROLAR UNA UNIDAD DE CONTROL

2.1 Introducción

La generación de electricidad por energía solar se utiliza en lugares donde no existen posibilidades de conexión a la red pública. Aquel que desee utilizar electricidad generada por esta energía, deberá cargar una batería durante las horas de sol para luego consumirla durante la noche.

Baterías conectadas a paneles solares no deben cargarse por largos períodos de tiempo, ya que de otro modo los componentes químicos de la batería se gasifican y la batería se puede destruir. Esta unidad de control desconecta automáticamente la corriente de carga al alcanzar su tensión máxima de carga y la conecta nuevamente al detectar la tensión mínima (13.0 V). Tres LEDs señalan “batería cargada”, “carga interrumpida” y “batería cargándose”. La unidad de control de carga se conectará simplemente entre el panel solar y la batería.

2.2 Instrucciones de funcionamiento

- El uso de la unidad de control es solamente para la carga de baterías de plomo mediante paneles solares.
- El funcionamiento de la unidad de control se debe realizar solamente bajo la tensión especificada.
- Si se conecta la unidad de control a un panel solar, éste no debe sobrepasar 53 W de potencia. Para la instalación de la unidad de control se debe tomar en cuenta el diámetro del cable de conexión.
- La temperatura ambiente (del cuarto de trabajo) no debe ser menor ni mayor de 0°-40°C mientras esta funcionando. En caso de condensación se deberá tomar en cuenta un tiempo de aclimatación de hasta 2 horas.
- La unidad de control ha sido fabricada para su uso en ambientes secos y limpios. Está prohibido su uso al aire libre o en ambientes húmedos.
- La unidad de control no debe ser usada junto a líquidos altamente inflamables.
- Después de su uso, la unidad de control se debe desconectar de la red eléctrica.

Datos técnicos

Tensión de funcionamiento.....	12 - 15 V = (el suministro se realiza con la batería conectada)
Corriente de carga.....	máximo 4 A Para paneles solares hasta máximo 53 W
Medidas.....	52 × 50 mm

2.1 Comprender el esquema de la unidad

La función básica es clara: La batería (+B/-B) acumula energía directamente del panel solar (+S/-S); cuando la tensión del panel (VS) es más grande que la tensión de la batería (VB) y la batería está completamente cargada, se debe desconectar el panel solar. Esto puede resultar no muy eficiente, pues la energía solar no se aprovecha, pero al mismo tiempo se evitan daños en la batería.

El conmutador se compone de las siguientes partes: El transistor T1 genera la tensión de referencia que forma la base para el control del estado de carga. El amplificador operativo (Amp. Op.) 1.2 se acopla como comparador para cotejar la tensión de carga con la de referencia.

El transistor T3 trabaja como conmutador; con la batería cargada se interrumpe el circuito negativo, de tal manera que la batería se separa del panel. El Amp. Op 1.1 forma, junto con el MOSFET de potencia T4, un conmutador de regulación, el cual alimenta a la batería con la corriente solar por la parte negativa; cuando $VS \leq VB$, el Amp.Op. 1.1 desconecta completamente el transistor T4.

Básicamente existen cuatro estados que pueden aparecer durante el funcionamiento; tres LEDs señalan cada situación:

1. Hay suficiente tensión solar VS: la salida del circuito integrado CI 1.1 se conmuta a positivo (B=HIGH), al mismo tiempo la batería está cargada y también conduce hacia positivo al CI 1.2 (A=HIGH). En ese caso se prende solamente el LED verde. Esto significa que se produce un excedente de energía solar que no puede ser almacenado; si esto se repite frecuentemente, se deberá controlar la capacidad de la batería (o eventualmente aumentarla).
2. Hay suficiente tensión solar VS (B=HIGH), pero la batería esta parcialmente cargada: la salida del CI 1.2 conmuta hacia la masa (A=LOW) y se prende el LED amarillo.
3. La tensión solar VS es más pequeña que la tensión de la batería VB, de tal manera que la salida de CI 1.1 conmuta hacia la masa: se prende el LED rojo. Independientemente de esto existen dos probabilidades:
 - 3a. La batería está cargada, lo cual se aprecia en el LED verde prendido: el LED rojo, prendido al mismo tiempo, no representa ninguna preocupación porque la batería está cargada.
 - 3b. La batería está parcialmente cargada, lo cual se aprecia por el LED rojo prendido; en este estado la batería suministra energía al usuario sin ser recargada. Por otra parte puede existir radiación solar, la cual no produce una suficiente cantidad de tensión solar ($VS < VB$). Con un buen dimensionamiento de la batería se tendrá suficiente reserva como para evitar estos estados.

En lo que se refiere al control de la tensión de carga de la batería, se trata de valores absolutos en donde tiene que existir una medida de referencia estable en temperatura y en largos períodos. Al mismo tiempo esta referencia no debe malograr el balance de energía, esto quiere decir que su autoconsumo debe ser mínimo.

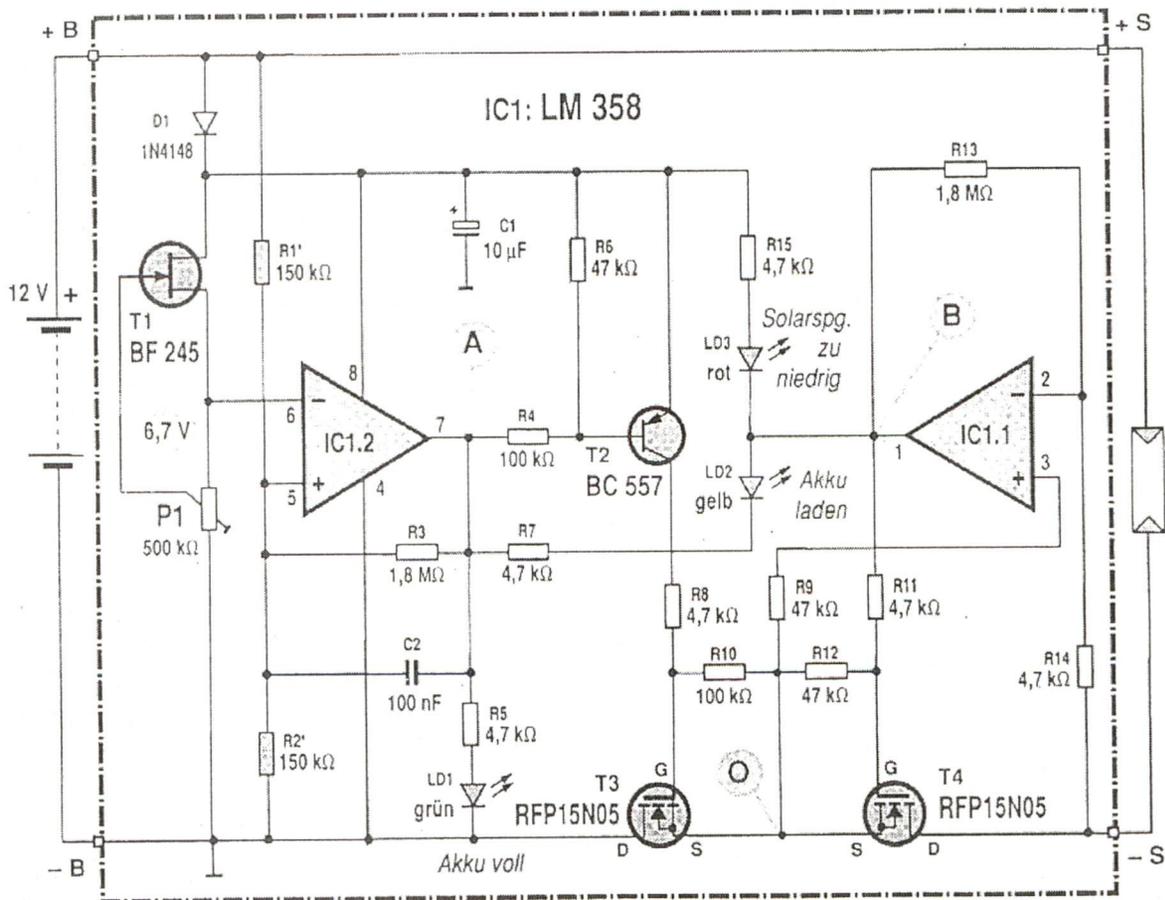
En estos casos se ofrece una fuente de corriente constante mediante un transistor FET conectado a una resistencia, el cual produce una tensión constante de referencia. El FET BF245 es el más apropiado para este fin. Se necesita como referencia una tensión de 6.7V, este valor se sitúa justo sobre del límite de la tensión de corte de aprox. 8V, de tal manera que el FET solamente recibe algunos μA .

2.4 Ensamblar la unidad de control

Indicaciones generales de ensamblado

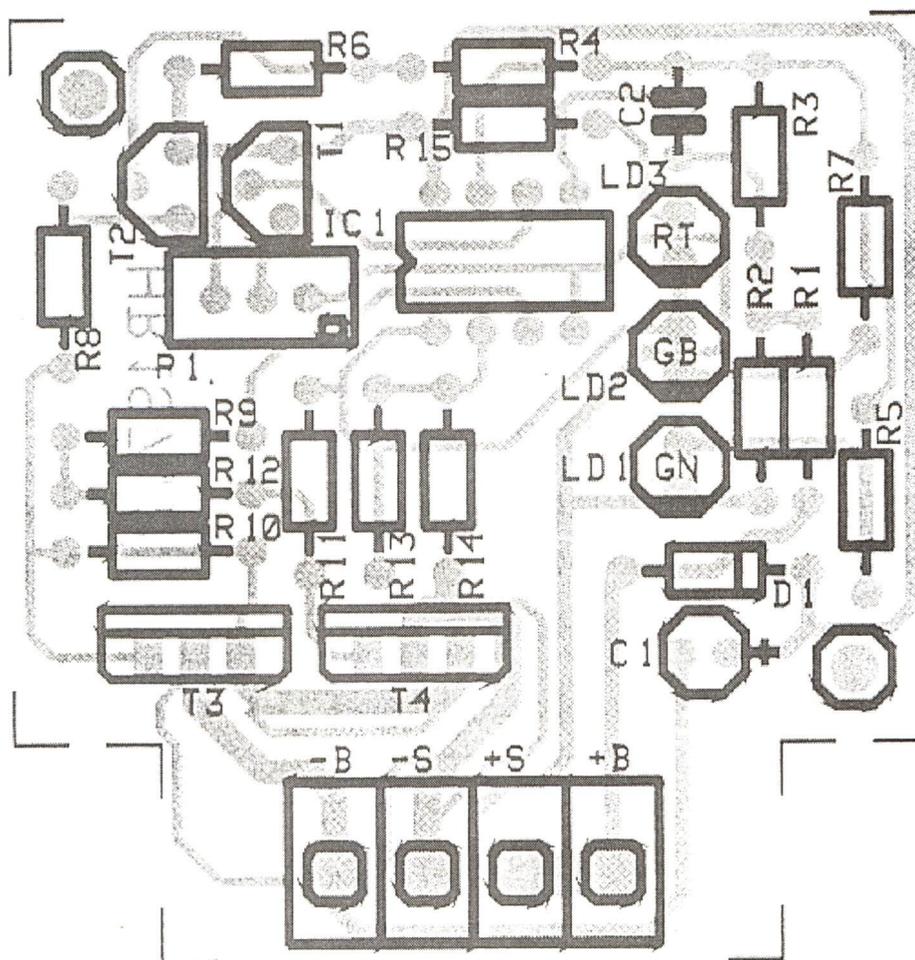
- Controle dos veces cada paso y cada conexión antes de que continúe. Siga las indicaciones del manual.
- Un motivo frecuente de que no funcione es un error en las piezas: por ejemplo, componentes conectados al revés, como CIs, diodos y condensadores electrolíticos. Observe bien los anillos de colores de las resistencias, ya que algunos colores se pueden confundir.
- Tenga cuidado con los valores de los condensadores, por ejemplo: $n\ 10 = 100\ \text{pF}$ (y no nF).
- Ver el circuito electrónico y el esquema de conexiones, impreso sobre la placa.

Figura 1: Circuito electrónico



Nachdruck mit freundlicher Genehmigung des ELECTRONIC ACTUELL Magazins

Figura 2: Esquema de conexiones sobre la placa



1. Nivel 1: Montaje de los componentes sobre la placa

1.1. Resistencias

Primero se doblan los alambres en ángulo recto, de acuerdo a la longitud de las perforaciones en la placa y se introducen en ellas. Para que los componentes no se caigan al voltear la placa, dóblense los alambres 45° y procédase a soldarlos a la espalda de la placa. Al final se procederá a cortar el alambre sobrante.

Tenga en cuenta que este conmutador se compondrá de dos diferentes clases de resistencias.

Las resistencias más usuales son las que poseen una capa de carbono y tienen una tolerancia de 5% y están marcadas por un anillo amarillo “de tolerancia”. Resistencias con película de metal tienen una tolerancia de 1% y están marcadas por un anillo marrón “de tolerancia”.

R 1 = 150 k	marrón,	verde,	negro,	naranja (película metálica)
R 2 = 150 k	marrón,	verde,	negro,	naranja (película metálica)
R 3 = 1 M8	marrón,	gris,	verde	

R 4 =	100 k	marrón,	negro,	amarillo
R 5 =	4 k 7	amarillo,	violeta,	rojo
R 6 =	47 k	amarillo,	violeta,	naranja
R 7 =	4 k 7	amarillo,	violeta,	rojo
R 8 =	4 k 7	amarillo,	violeta,	rojo
R 9 =	47 k	amarillo,	violeta,	naranja
R 10 =	100 k	marrón,	negro,	amarillo
R 11 =	4 k 7	amarillo,	violeta,	rojo
R 12 =	47 k	amarillo,	violeta,	naranja
R 13 =	1 M8	marrón,	gris,	verde
R 14 =	4 k 7	amarillo,	violeta,	rojo
R 15 =	4 k 7	amarillo,	violeta,	rojo

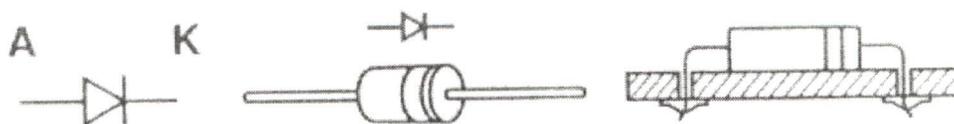


1.2. Diodos

Se doblan los alambres en ángulo recto, de acuerdo a la longitud de las perforaciones en la placa y se introducen en ellas. Tenga en cuenta la polaridad. Proceda posteriormente como en el caso de las resistencias.

D 1 = 1 N 4148

Diodo universal de silicio



1.3. Condensadores

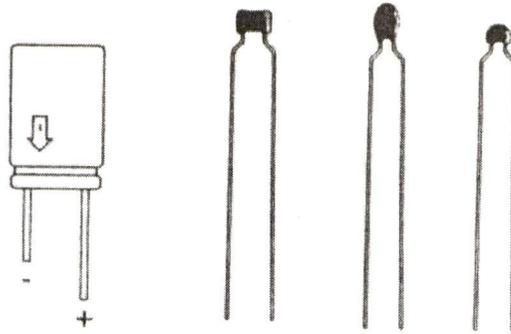
Introduzca los condensadores en las perforaciones respectivas, separe los alambres y suéldelos. En el caso de los condensadores electrolíticos se debe tomar en cuenta su polaridad (+/-).

IMPORTANTE:

Los condensadores electrolíticos poseen diferentes marcas, de acuerdo a su fabricación. Algunos fabricantes los marcan con “+” y otros con “-“. Decisiva es la marca de polaridad que el fabricante imprime.

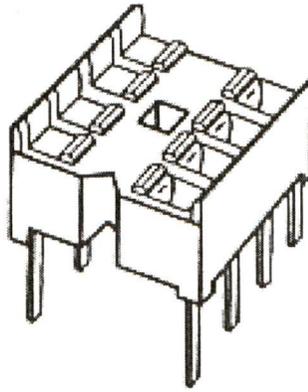
C 1 = 10 μ F 16 V condensadores electrolíticos

C 2 = 0.1 μ F = 100 nF = 100,000 pF = 104 condensadores cerámicos



1.4. Circuitos integrados

Introduzca los CIs en la posición apropiada sobre la placa.



1.5. Transistores

En esta parte se colocarán los transistores en la parte apropiada de la placa. Ponga atención que los contornos de la cápsula de los transistores, tienen que coincidir con el de las marcas en la placa.

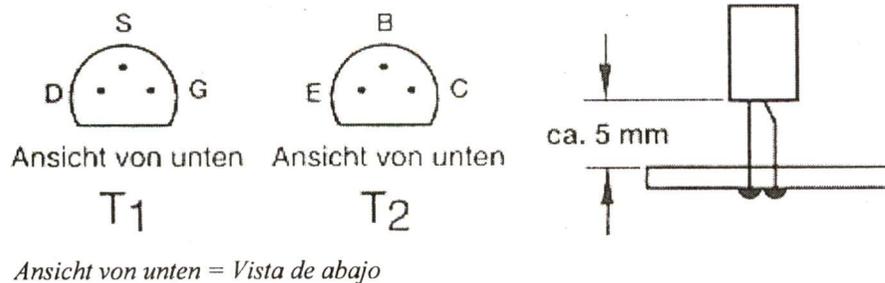
Los terminales de conexión no deben cruzarse, además los componentes deben soldarse en la placa con aprox. 5 mm de distancia.

Procure soldar rápidamente, para que los transistores no se dañen por el sobrecalentamiento.

T 1 = BF 245 C Transistor de N-Canal-Campo-Efecto

T 2 = BC 307, 308, 309, 557, 558, 559 A, B o C.

Ambos transistores de potencia T3 y T4 se montarán más tarde



Ansicht von unten = Vista de abajo

1.6. Diodos luminosos (LEDs)

Ahora suelde los LEDs (según figura) con la polaridad adecuada en el circuito. Los terminales más cortos son los cátodos.

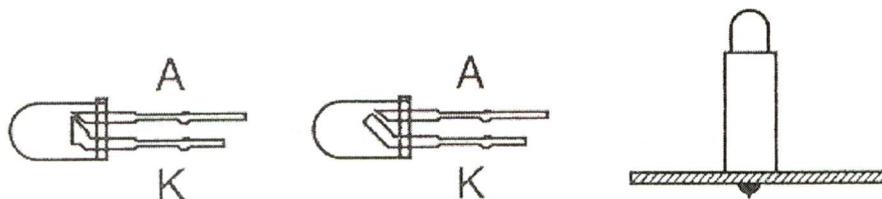
Si se mira un LED contra la luz, se podrá reconocer al cátodo como el electrodo más grande dentro del LED. Sobre la placa marcada se representa la posición del cátodo mediante una raya gruesa en el contorno de la cápsula.

En el montaje se introducirán los LEDs en el separador de LEDs adjunto. Con este separador existen dos variantes de conexión. Si se coloca el LED por un lado en el tubo pequeño, entonces desaparece la mitad del LED dentro de la placa y sale a la superficie solamente una parte de su "cabeza". Si se gira el pequeño tubo con 180°, entonces permanece el LED hacia arriba. Su cápsula se asoma completamente del separador.

Coloque los LEDs en el separador de manera que solamente las "cabezas" salgan de los tubitos.

Los LEDs usados en este montaje son LEDs de baja corriente, quiere decir que se prenden con solo una corriente de entrada de 2 mA (verde: 4 mA).

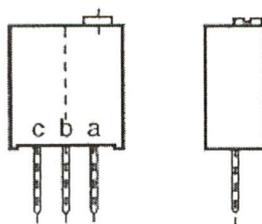
LD 1 = verde	φ 3 mm	baja corriente (batería llena)
LD 2 = amarillo	φ 3 mm	baja corriente (cargando)
LD 3 = rojo	φ 3 mm	baja corriente (cargado interrumpido o muy bajo)



1.7. Potenciómetro trimmer

Suelde el trimmer en el circuito y tenga cuidado con la posición de los terminales.

P 1 = 500 k (voltaje de cierre de carga)

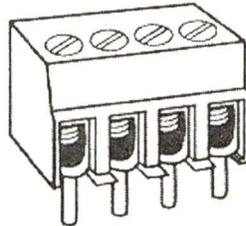


1.8. Bornes de conexión

Junte los terminales de ambos bornes de conexión bipolares de tal modo que resulte un borne cuatripolar.

Ahora introduzca los bornes de rosca en la posición apropiada sobre la placa y suelde los terminales de conexión.

1 × borne de conexión cuatripolar



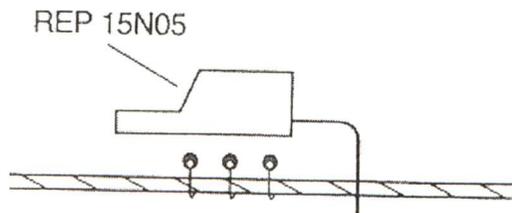
1.9. Transistor de potencia

En este paso se montarán los transistores de potencia. Para esto los terminales de conexión se deben doblar hacia abajo justo detrás del cilindro plástico e introducir en las perforaciones previstas.

El transistor debe estar a 3 mm por encima de las resistencias halladas en este lugar.

T 3 = REP 15 N 05 ó GEP 15 N 05 MOSFET de potencia

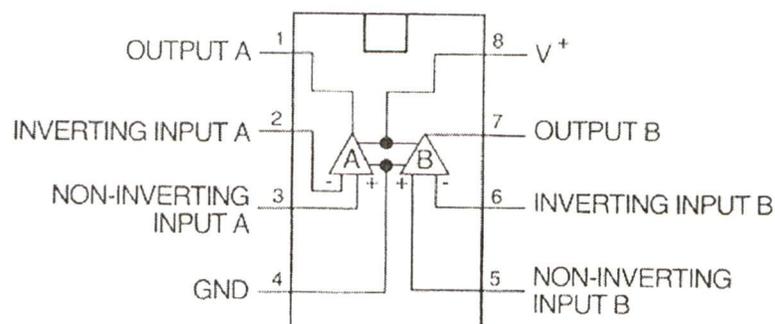
T 4 = REP 15 N 05 ó GEP 15 N 05 MOSFET de potencia



1.10. Circuitos integrados (CIs)

Al final se conectarán los circuitos integrados en la placa teniendo en cuenta la polaridad.

CI 1 = LM 358 Amplificador doble de operación
(el corte o punto debe señalar hacia P 1)



1.11. Control final

Controle nuevamente el circuito antes de hacerlo funcionar, si todos los componentes están bien conectados y con la polaridad correcta. Se controlarán las soldaduras y se retirarán los restos, también los sobrantes de los terminales de conexión, con el fin de evitar cortocircuitos.

2. Nivel 2: *Conexión/Funcionamiento*

Luego de que la placa fue controlada en busca de errores, se puede llevar a cabo una primera prueba de funcionamiento.

Tenga cuidado que esta unidad de control solamente puede funcionar a corriente directa o desde una batería. Estas fuentes de energía deberán suministrar la corriente necesaria.

Aparatos de carga de baterías para autos o transformadores de juguetes no son apropiados como fuentes de energía, ya que podrían conducir a daños en los componentes.

2.5 Medición y control de la unidad

Lista de control

- ¿Está bien polarizada la tensión de trabajo?
- ¿Se mantiene el valor de la tensión en 14 V aún después de conectarse el circuito?
- Apagar nuevamente la fuente de tensión.
- ¿Han sido soldadas correctamente las resistencias? Controle los valores una vez más usando el subtítulo 1.1.
- ¿Ha sido correctamente soldado el diodo D 1?, ¿Concuerda el anillo del cátodo del diodo con la marca sobre la placa? El anillo del cátodo de D 1 deberá señalar hacia R 5.
- ¿Están los LEDs correctamente soldados y polarizados?
- Observe un LED a contraluz y reconocerá el cátodo en el electrodo más largo en el interior del LED. En el lado impreso de la placa se representa el lugar del cátodo mediante una línea gruesa en el contorno de la cápsula del LED.
- ¿Está el trimmer P1 correctamente soldado? El botón de ajuste debe de señalar hacia el circuito CI 1.
- ¿Están bien soldados los transistores T1 y T2? ¿Se cruzan sus terminales de conexión? ¿Coincide la parte impresa de la placa con los contornos de los transistores?
- ¿Se han soldados los transistores apropiados? Controle nuevamente las características de los transistores con la lista de componentes.
- ¿Está correctamente polarizado el condensador electrolítico?
- Compare el dato de polaridad impreso en el condensador con el de la parte impresa de la placa. Tenga en cuenta que, de acuerdo al fabricante, los condensadores pueden estar impresos en “+” o en “-”.
- ¿Está correctamente polarizado el circuito integrado en el marco? El corte o en punto del CI 1 debe estar situado hacia el P1.
- ¿Están todas las conexiones del CI 1 verdaderamente en su posición?
- Sucede a menudo que al introducirlos, una conexión se doble o se pase a otro lugar.

EJERCICIO 3: MEDICIONES PRÁCTICAS

Estos ejercicios son implementados para familiarizar al estudiante con el funcionamiento de un panel FV en diferentes circunstancias y con las mediciones que permiten determinar si el panel funciona bien o no.

3.1 Radiación y corriente abierta del panel FV

Mediciones:

- * Mida en la entrada voltímetro la tensión en mV que viene del solarímetro → convertir a radiación actual, multiplicando la lectura por el factor de radiación. Preste atención a las variaciones de radiación.
- * Mida, sin conectar los alambres del panel, la tensión del panel (primero >20VDC eventualmente después <20VDC si es posible). La corriente ahora es de 0 ADC.

Preguntas:

- * ¿Cuál es la radiación (en mV → W/ m²) que corresponde a cada tensión medida?
- * ¿Cómo se compara este resultado al valor dado del panel (CEP)?
- * ¿Cuál es el nivel de radiación (alta, baja, normal)?

3.2 Tensión abierta y sombra

Mediciones:

- * Sombree con la mano una pequeña parte del panel, la superficie de una célula. ¿Cuál es ahora la tensión abierta de una radiación comparada a un valor medido anteriormente?
- * Sombree ahora una parte mayor del panel (por ejemplo 1/3) y mida ahora la tensión abierta.
- * Ahora, mida la tensión abierta sin sombrear.
- * Observe también la variación de la tensión sin la radiación.

Preguntas:

- * ¿Cuál es la conclusión con respecto a sombrear parcialmente?
- * ¿Qué le parece al participante la radiación? (alta, baja, normal, probablemente le parece la radiación más constante de lo que realmente es, también resultará que hay más energía en la luz que se supone con cielo nublado). ¿Cuál es la explicación de esto?
- * ¿El ángulo de inclinación es variable? En caso que así sea, entonces repita las mediciones bajo diferentes ángulos y determine el ángulo de inclinación óptimo.

3.3 Corriente de cortocircuito y radiación

Mediciones:

- Mida en la entrada del medidor mVh la corriente en mV que viene del solarímetro → convertir a radiación actual o factor de radiación.

- Ponga en cortocircuito el panel FV por medio del medidor universal (posición 10 ADC), la corriente prevista de un panel FV de aprox. $55 W_p$ es 3.5 ADC máximo, (en general la corriente de cortocircuito es aproximadamente un 10% más alta que la corriente de $1000 W/m^2$ radiación) y lea la posición (la corriente ahora es 0 VDC). Calcule ahora el factor de radiación del panel por medio de dividir la corriente cortocircuito por la corriente cortocircuito máxima (por ejemplo $1.25A/3.5A = 0.36$).

Preguntas:

- * ¿Qué radiación (en $mV \rightarrow W/m^2$) corresponde con qué corriente de cortocircuito, ¿Cómo se proporcionan los factores de radiación?
- * ¿Cómo se proporciona esto con el valor dado del panel (CEP)?

3.4 Corriente de cortocircuito y sombreado

Mediciones:

- * Sombree una pequeña parte del panel, por ejemplo con la mano, aproximadamente la superficie de una célula. ¿Cuál es la corriente de una radiación comparable con el valor medido anteriormente?
- * Sombree ahora una parte más grande del panel (por ejemplo 1/3) y mida ahora la corriente de cortocircuito. Varíe también el lugar del sombreado: sombree una cantidad de células que sean en serie y una cantidad de células que sean paralelas.
- * Mida la corriente de cortocircuito sin sombrear.

Preguntas:

- * ¿Cuál es la conclusión acerca de los diferentes sombreados?
- * Note también cómo varía la corriente con la radiación.

EJERCICIO 4: SELECCIÓN DE UN LUGAR PARA UN SISTEMA FV

Determine el lugar óptimo para un sistema FV de $50 W_p$ cerca del lugar de la práctica. Tome en cuenta todas las mediciones y también piense en el recorrido del sol. Este recorrido es diferente en cada época del año y obstáculos que no obstruyen el sol ahora, pueden obstruir el sol en otra época (véase sección 2.6).

Los requisitos fueron mencionados en sección 4.6 y son repetidos aquí:

- i. Situación de los paneles: se necesita suficiente espacio en el techo o en la tierra o un palo para poner los paneles. Se debe evitar la sombra, véase el método en la sección de recursos solares para determinar la sombra de los obstáculos circundantes.
- ii. Perfeccione el ángulo de la inclinación y la orientación de los paneles lo mejor posible; paneles dando al sol y en una cuesta igual a una latitud (de no menos de 15 grados) o 15 grados más para nivelar fluctuaciones estacionales.
- iii. La estructura del techo o del palo/marco soporte debería ser bastante fuerte para soportar el peso de los paneles y suficientemente fuerte para soportar la fuerza extrema del viento (especialmente en aéreas tempestuosas es un requisito importante).
- iv. Los paneles deben ser montados en tal manera que todavía sean accesibles para limpieza y servicio. Esto también se aplica a la unidad de control y la batería.
- v. Los paneles deben estar situados cerca de la unidad de control y las baterías para así evitar el uso de cables largos, los cuales son más caros y causan más pérdidas de electricidad. También mantenga la distancia de los cables de la unidad de control a los puntos de uso final tan corta como sea posible.
- vi. Los paneles deben ser protegidos contra robo o cualquier otra fuente de daño (vandalismo, niños jugando, cocos cayendo, etc.).
- vii. Los paneles no deben ser situados cerca de fuentes contaminantes como chimeneas industriales, calles polvorientas, etc.
- viii. La unidad de control y almacenamiento de la batería deben estar situados dentro de la casa o en una caja que soporte todo tipo de clima (piense en proveer suficiente ventilación para refrigeración de los componentes eléctricos y las baterías descargadas).
- ix. Mantenga la batería a una temperatura moderada (10 – 35 grados Celsius) para incrementar la vida de la batería. Evite sitios en luz solar directa.

EJERCICIO 5: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FV

5.1 Instalación de un sistema

Instale un sistema FV pequeño en el sitio elegido del ejercicio 4.

Instale el sistema FV según los siguientes pasos:

1. Ponga el panel FV, colóquelo en el techo, marco o en un palo.
2. Ponga la batería y el panel de control en los lugares apropiados (no haga las conexiones todavía).
3. Conecte el panel de control según las instrucciones del fabricante de la unidad de control (anexo A):
 - * Conecte el panel solar.
 - * Conecte la carga.
 - * Inmediatamente después de terminar las conexiones, mida el voltaje de la batería.

SIEMPRE TENGA CUIDADO EXTREMADAMENTE CON LAS POLARIDADES:

**CONECTE + CON +
 CONECTE - CON -**

5.2 Monitoreo del sistema

El voltaje de la batería fue medido en la parte 1. Ahora incluya el medidor universal en el conducto FV como amperímetro y lea la corriente de carga del panel. La tensión y la corriente son más bajas que la tensión abierta y la corriente de cortocircuito, respectivamente.

Luego desconecte el medidor universal y conecte el panel FV al regulador. Tome la posición del medidor de la radiación y el medidor mWh. Repita estas mediciones al final de las prácticas y determine con ayuda de los datos obtenidos el rendimiento del sistema FV.

EJERCICIO 6: MEDIR LA CAPACIDAD DE CARGA DE UNA BATERÍA NUEVA Y UNA BATERÍA USADA

6.1 Introducción

Se verifica el estado de carga con el fin de determinar: 1) si la batería se está descargando demasiado, y 2) si existen fallas en las celdas. En el caso de las baterías de un sistema solar eléctrico, se debe verificar el estado de carga de cada una de ellas por lo menos una o dos veces al año.

Al medir el estado de carga, revise el nivel de electrolito de cada celda para asegurarse que no haya disminuido demasiado por causa de la gasificación.

Existen dos métodos para determinar el estado de carga de una batería de ácido plomo, el método del densímetro y el método del voltímetro. Un densímetro es un instrumento que mide la concentración de ácido sulfúrico. En general, los densímetros más precisos que los voltímetros. El método del densímetro no puede emplearse para dar mantenimiento a baterías selladas, frecuentemente usadas en los sistemas solares FV domiciliarios, ya que este tipo de batería no puede abrirse.

6.2 Instrucciones de Seguridad

Antes de empezar con los ejercicios, lea cuidadosamente las medidas de seguridad que aparecen a continuación.

Medidas de seguridad para el uso y mantenimiento de baterías

Las baterías contienen ácido sulfúrico. Asimismo, generan mezclas explosivas de gases de hidrógeno y oxígeno en cada celda. Un cortocircuito en los terminales de la batería puede generar corrientes muy altas. Para estar en capacidad de manipular baterías con un riesgo mínimo, deberán tomarse algunas medidas de seguridad muy simples.

No deje que objetos de metal conecten ambos terminales, positivo y negativo de la batería.

Hacer cortocircuito en los terminales de la batería provocará chispas. Si el cortocircuito dura cierto tiempo, tanto el cableado como la batería se calentarán considerablemente. Esto puede producir fuego, o puede hacer que la batería explote.

Sea muy cuidadoso al echar agua a una batería

Las baterías contienen ácido. Si este ácido cae en los ojos, puede ser muy peligroso. Esto se evita utilizando lentes de protección. En caso de que caiga ácido en los ojos, manténgalos abiertos y enjuáguelos inmediatamente con mucha agua. Luego, consulte a un médico.

El ácido también es dañino para la piel y para la ropa. En caso de que caiga ácido en la piel o la ropa, enjuáguese inmediatamente con mucha agua. Finalmente, lávese siempre las manos después de haber manipulado una batería.

Sea cuidadoso al cargar una batería

Al cargar una batería, coloque sus manos debajo de ella para evitar que se resbale o se caiga. Una caída puede producir daños en los electrodos y ocasionar cortocircuitos internos. Esto puede provocar que la batería explote. Al cargar una batería, levántela firmemente.

No haga chispas cerca de una batería

Las baterías producen una mezcla de gases de oxígeno e hidrógeno que explota cuando se enciende. Evite hacer chispas y no fume o haga soldaduras cerca de una batería.

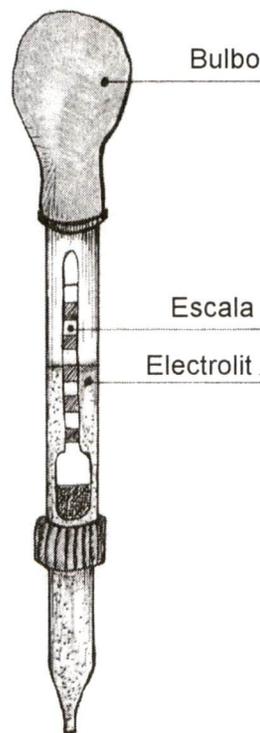
6.3 Método del Densímetro

Este método se emplea para medir la densidad o el volumen por unidad de peso del electrolito de ácido sulfúrico en una celda. A esto se denomina también gravedad específica, la cual está directamente relacionada con el estado de carga de la batería. Cuando una batería de ácido plomo se descarga, el ácido sulfúrico contenido en cada celda se convierte en agua, cuya densidad es menor a la del ácido sulfúrico. Al descargarse la celda, el electrolito se torna menos denso y el estado de carga de la batería disminuye.

Densímetro

El densímetro típico contiene una escala flotante con lecturas de gravedad específicas (ver figura a continuación).

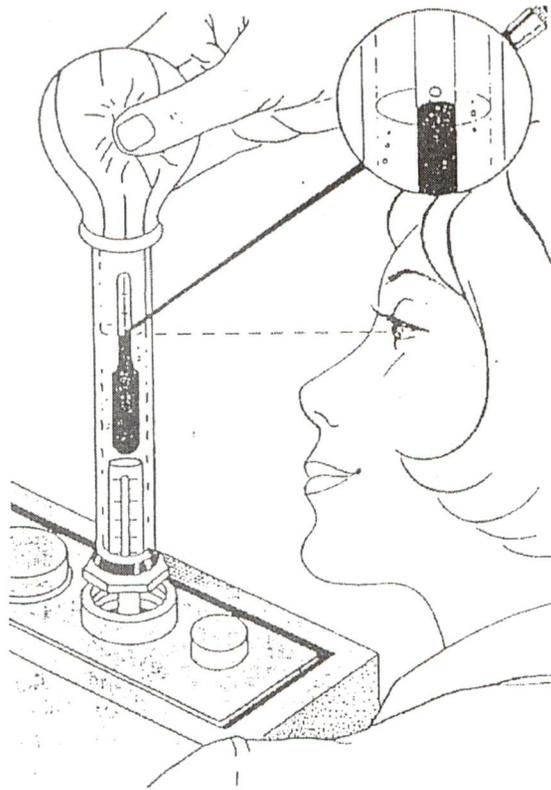
Figura 6.1: *Densímetro típico*



6.4 Ejercicios con el densímetro

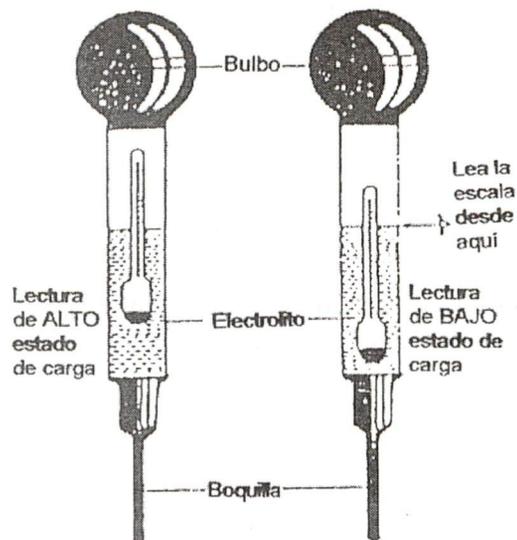
1. Retire los tapones acodados o cubiertas de la batería
2. Traspase ácido sulfúrico de la celda de la batería al densímetro, presionando el bulbo mientras la boquilla del densímetro se encuentra dentro de la celda (ver figura 6.2)

Figura 6.2: Uso del Densímetro



3. La escala flota a un nivel que varía de acuerdo a la densidad del ácido y al estado de carga de la celda.
4. Lea cuál es la gravedad específica de la celda, desde la escala flotante del ácido (ver la figura a continuación). En ocasiones, la escala del densímetro no muestra la gravedad específica, pero indica si el estado de carga de la batería es alto, medio o bajo.

Figura 6.3: Lectura del Densímetro



5. Consulte la siguiente tabla que aparece a continuación, en la cual se establece la relación entre la lectura del densímetro y el estado de carga de una batería típica de ácido plomo. Estos valores variarán ligeramente, y dependerán del electrolito utilizado para llenar la batería y de la temperatura del medio ambiente.

Tabla 6.1: *Valores típicos de gravedad específica del electrolito para diferentes estados de carga*

Gravedad específica	Estado de carga
1.24	100% carga total
1.21	75% " "
1.18	50% " "
1.14	25% " "
1.11	0% descarga total

Cuando la gravedad específica es menor que 1.18, o cuando la diferencia en la lectura entre la celda más alta y la más baja es mayor que 0.005, significa que la batería está cargada. Si la lectura es demasiado alta, verifique el nivel de electrolito y agregue agua destilada, de ser necesario.

6.5 Método del Voltímetro

Este método se emplea también para medir el estado de carga de una batería. Cuando el estado de carga de una batería disminuye, el voltaje abierto entre las abrazaderas de los terminales también disminuye. Por ejemplo, una batería solar ABM con un estado de carga al 100% tiene un voltaje de 12.7 voltios aproximadamente; cuando su estado de carga disminuye un 50%, su voltaje será de 12.1 voltios aproximadamente (ver tabla 6.2).

Este método es menos preciso, en comparación con el método del densímetro. Sin embargo, si se mide el voltaje durante distintas etapas de carga y descarga, el uso del voltímetro nos dará un indicio de la calidad de la batería. Por otro lado, es muy difícil, sino imposible, obtener este dato empleando el método del densímetro.

Observe que la lectura real varía según el tipo de batería y según la temperatura.

6.6 Ejercicio de medición del voltaje a través de los terminales de la batería

Si la batería acaba de ser cargada, entonces deberá desconectarse por lo menos 30 minutos antes de llevar a cabo la medición.

1. Al momento de medir el voltaje, apague cualquier carga que esté conectada a la batería.
2. Conecte los conductores del voltímetro a los terminales (positivo y negativo) de la batería.
3. Lea el voltaje en el voltímetro y compárelo con la lectura del estado de carga adecuado para su batería.

La siguiente tabla establece la relación entre la lectura del voltímetro y el estado de carga.

Tabla 6.2: *Voltaje de reposo de una batería de ácido plomo de 12 voltios, para diferentes estados de carga*

Voltaje de la batería (V)	Estado de carga
12.6	100 % carga total
12.4	75% “ “
12.2	50% “ “
12.0	25% “ “
11.8	0 descarga total

1. ¿Cuál es el estado de carga de su batería?

6.7 Eficiencia de la batería

Es muy difícil medir la eficiencia de una batería, ya que ésta está determinada, entre otros, por el uso de la batería y por los parámetros de carga/descarga. Para tener una idea de la calidad de la batería (si se trata de una batería en buen estado o en mal estado), se pueden efectuar las siguientes mediciones:

- ⇒ Cargue la batería de un tomacorriente de la red o con un panel FV (cuide que la carga sea cero o que la batería no esté completamente cargada) y mida el voltaje de carga.
- ⇒ Desconecte la batería de la red pública o panel FV.
- ⇒ Mida el voltaje de la batería.
- ⇒ Conecte una carga a la batería, desconecte el panel FV y mida el voltaje.

Si los tres voltajes obtenidos difieren demasiado, significa que la batería está en mal estado. Si la batería está cargada, el voltaje de carga aumentará rápidamente y la eficiencia de cargado disminuirá. Lo opuesto ocurrirá durante el descargado: el voltaje disminuirá y la batería suministrará muy poca energía. Para una batería en buen estado, la carga y descarga no diferirá más de 1 – 2 voltios.

EJERCICIO 7: DAR MANTENIMIENTO A UNA BATERÍA

Se facilitará una batería usada durante la lección.

7.1 Inspección Visual

Busque algún posible daño en los bornes de los terminales de la batería.

- ⇒ Los bornes de los terminales deberán mantenerse firmes y derechos, y deberán encajar perfectamente dentro de la tapa de la batería.
- ⇒ Asimismo, busque cualquier posible rajadura en el estuche o la tapa de la batería. Un electrolito fuera del estuche o un nivel de electrolito muy bajo en una o más celdas, pueden ser indicadores de una caja o tapa rajada.

7.2 Limpieza

- ⇒ Limpie la tapa y el estuche de la batería con un trapo.
- ⇒ Limpie los bornes y abrazaderas de los terminales con lija o con una escobilla de alambre. Luego, enjuáguelos con agua tibia mezclada con amoníaco casero o polvo de hornear.
- ⇒ El polvo en la batería absorbe electrolito, el que conduce electricidad y descarga la batería. También corroe los terminales y el metal cercano. Para evitar esto, aplique grasa o petróleo sólido a los terminales. La limpieza de los terminales asegura un buen contacto eléctrico con el módulo solar y la carga.

7.3 Nivel del Electrolito

- ⇒ Retire los tapones acodados o cubiertas y revise si hay electrolito en los electrodos.

Un electrolito deberá mantenerse a aproximadamente 1 cm por encima de las placas, a menos que la batería tenga especificaciones especiales. Este nivel deberá ser verificado una vez al mes, como mínimo.

- ⇒ Cuando el nivel de electrolito está demasiado bajo, agregue agua destilada en las aberturas de la batería.

Tenga cuidado de no llenar demasiado la batería; de otro modo, cuando se trata de una batería usada, el electrolito se sale de la batería.

7.4 Abrazaderas y soporte

- ⇒ Verifique si las abrazaderas de los terminales están ajustadas. De ser necesario, reajústelas, asegurándose de no ajustar demasiado las tuercas.

Cuando las abrazaderas de los terminales están flojas, la batería no se cargará adecuadamente.

EJERCICIO 8: INSPECCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS (TROUBLE SHOOTING)

Inspeccione la instalación con la lista de inspección del anexo A. Note que esa lista de chequeo para instalación fue hecha para sistemas FV grandes. Se puede usar para sistemas pequeños también, pero algunas de las preguntas no necesitan ser respondidas porque no se aplican.

EJERCICIO 9: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

(M) procedimientos de mantenimiento que pueden llevarse a cabo por los usuarios; (E) procedimientos y tareas a cargo de usuarios experimentados o electricistas.

9.1 Problema: No hay corriente de carga

- Indicadores**
- * El indicador de carga solar no se enciende cuando la luz solar es directa.
 - * El voltaje de un sistema de 12 V no está sobre 11.5V
 - * El diodo bloqueador de la unidad de control no se calienta.

Causa posibles	Prueba	Solución
Malas conexiones a la batería	(M) Verificar si las conexiones están sueltas. (M) Buscar signos de corrosión como polvo blanco (E) Medir voltaje entre la abrazadera y el terminal	(M) Ajustar abrazaderas sueltas (M) Limpiar las conexiones (M) Limpiar las conexiones
Fusible quemado en la unidad de control	(M) Retirar los fusibles y verificar o inspeccionar su continuidad	(M) Reemplazar los fusibles
Cortocircuito o rompimiento de cables entre el módulo y la unidad de control	(E) Inspeccionar las conexiones en el módulo y unidad de control (E) Desconectar los cables en ambos extremos y verificar la continuidad	(E) Ajustar conexiones sueltas (E) Reparar la sección dañada o reemplazar los cables.
Módulo dañado	(M) Inspeccionar el frente del módulo en busca de conexiones rotas y signos de corrosión (M) Inspeccionar la parte posterior del módulo en busca de daños (E) Medir V_{oc} e I_{sc} bajo plena luz solar y comparar con el comportamiento especificado.	(E) Reemplazar el módulo si está defectuoso.

9.2 Problema: Baterías en bajo estado de carga

- Indicadores**
- * La carga es desconectada automáticamente por la unidad de control
 - * El voltaje se encuentra en la sección "baja" de la escala expandida del voltímetro

Causas posibles	Prueba	Solución
Sobre uso de electricidad	(M) La lámpara no se desconecta aún después del periodo prefijado o no se apaga.	(E) Reparar el controlador automático para asegurar la desconexión de la lámpara a tiempo
Malas conexiones a la batería	(M) Verifique si las conexiones están sueltas (M) Busque signos de corrosión como polvo blanco (E) Mida el voltaje entre la abrazadera y el terminal.	(M) Ajuste las abrazaderas sueltas (M) Limpie la conexiones (M) Limpie las conexiones
Módulos sucios	(M) Verifique cuándo fueron limpiados los módulos por última vez	(M) Limpie los vidrios
Fusible quemado en la unidad de control	(M) Retire los fusibles y verifique la continuidad	(M) Reemplace los fusibles
Una celda en la batería tiene una falla	(E) Mida la gravedad específica y el voltaje de cada celda ventilada donde sea posible.	(E) Reemplace la batería
La auto descarga de las baterías es alta.	(E) Mida la auto descarga	(E) Reemplace la batería

9.3 Problema: Sobrecarga excesiva

- Indicadores**
- * Las baterías ventiladas debe rellenarse con mayor frecuencia de lo esperado
 - * El voltaje está frecuentemente sobre 14.5 V al mediodía en un sistema de 12 V.

Causas posibles	Prueba	Solución
Unidad de control imperfecta	(E) medir los voltajes en la unidad de control cuando los módulos están bajo luz del sol (E) Verificar el funcionamiento de la unidad de control de acuerdo a las instrucciones del fabricante	(E) Reemplazar la unidad de control imperfecta.
Tapa de recombinación imperfecta	(E) Sentir la temperatura de la tapa	(E) Reemplazar las tapas que estén frías
Sub utilización en un sistema auto regulado	(E) Comparar el uso real con el esperado	(E) Si el uso real es bajo, usar más electricidad cada día.

9.4 Problema: No hay potencia en la lámpara

Indicadores * La lámpara no enciende

Causas posibles	Prueba	Solución
Desconexión automática por la unidad de control	Verificar el estado de la unidad de control	Reducir el consumo de electricidad
Los circuitos de la lámpara no se encienden en la unidad de control	Revisar la unidad de control	Encender los circuitos
Los interruptores no encienden	Verificar que los interruptores estén en la posición correcta	Prender el interruptor
El tubo se ha malogrado/roto	(no hay prueba)	Desconecte el circuito y reemplace el tubo roto por uno bueno
Fusible quemado o corroído	Retirar los fusibles y verificar la continuidad	Reemplazar los fusibles quemados y asegurarse que los sujetadores están limpios
El voltaje es demasiado bajo para hacer funcionar el inversor para la lámpara	(no hay prueba)	(E) Mejorar la calidad de todas las conexiones
El inversor se malogró	(E) Verificar si hay un sistema de voltaje completo en las conexiones del inversor	(E) Reemplazar el inversor
Cables dañados	(E) Medir el voltaje en los puntos de acceso a lo largo del cable	(E) Reparar o reemplazar la sección que tiene una baja excesiva de voltaje
Demasiado bajo en el voltaje a lo largo del cable	(E) Verificar el tamaño de los cables de acuerdo a las cargas	(E) Aumentar más cable o reducir la carga total en el cable

9.5 Problema: Los fusibles vuelan aún después de ser reemplazados

Posibles causas	Prueba	Solución
Los fusibles no son los adecuados	Verificar el tipo en los documentos del sistema	Utilizar los fusibles correctos
Corto circuito	(E) Desconectar los cables en ambos extremos y verificar la continuidad (ver más abajo)	(E) Reparar la sección dañada o reemplazar los cables
Más lámparas u otras cargas conectadas al mismo tiempo	(no hay prueba)	No conecte otra carga que la lámpara fluorescente compacta especificada.

El procedimiento para verificar la continuidad es como sigue:

1. Desconecte y etiquete los alambres positivo y negativo en ambos extremos del cable.
2. En un extremo del cable, empalme los dos alambres para hacer un contacto eléctrico.
3. En el otro extremo del cable mida la resistencia entre los dos alambres. La resistencia alta (sobre 100 ohm) indica daño o rompimiento. Busque el daño y repare o reemplace los cables según se requiera.
4. Para volver a conectar, primero asegúrese de que los alambres en el extremo donde hizo la medición en el paso 3, no puedan tocarse entre sí.
5. Deshaga el empalme de los alambres en el otro extremo y vuelva a conectar de acuerdo a las etiquetas.
6. Vuelva a conectar los demás alambres.
7. Verifique los indicadores en la unidad de control y los instrumentos para asegurarse de que el circuito esté completo.

ANEXO A

LISTA DE INSPECCION DEL SISTEMA FV

CONTENIDO

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Cliente
- 1.2. Inspección
- 1.3. Distribución del sistema FV
- 1.4. Comentarios generales sobre la inspección.

2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN LA INSPECCIÓN

3. GENERADOR FV

- 3.1. Datos del módulo FV
- 3.2. Datos del sistema FV
- 3.3. Distribución del sistema FV (esquema)
- 3.4. Dibujo a mano alzada de los alrededores del sistema FV
- 3.5. Mediciones generador FV
 - 3.5.1. Especificaciones de fábrica (medidas bajo CEP)
 - 3.5.2. Datos de medición

4. ESTRUCTURA DE SOPORTE

- 4.1. Descripción de la estructura de soporte
- 4.2. Dibujo a mano alzada de la estructura de soporte
- 4.3. Observaciones / Hallazgos

5. CABLEADO CC

- 5.1. Especificaciones del cableado del módulo
- 5.2. Especificaciones del conductor principal CC
- 5.3. Observaciones / Hallazgos

6. CAJAS DE TERMINALES

- 6.1. Especificaciones de la caja de terminales
- 6.2. Observaciones / Hallazgos

7. BATERIAS

- 7.1. Datos de la batería
- 7.2. Dibujo a mano alzada de la distribución de la batería
- 7.3. Lecturas

8. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- 8.1. Interruptor CC
- 8.2. Seguridad en el lado CC
- 8.3. Protección contra sobrevoltaje en lado CC
- 8.4. Protección de la red
- 8.5. Conductores de protección
- 8.6. Observaciones / Hallazgos

1

DATOS GENERALES

1.1

Cliente

Nombre
Dirección
.....
Teléfono
Fax
Persona contactada

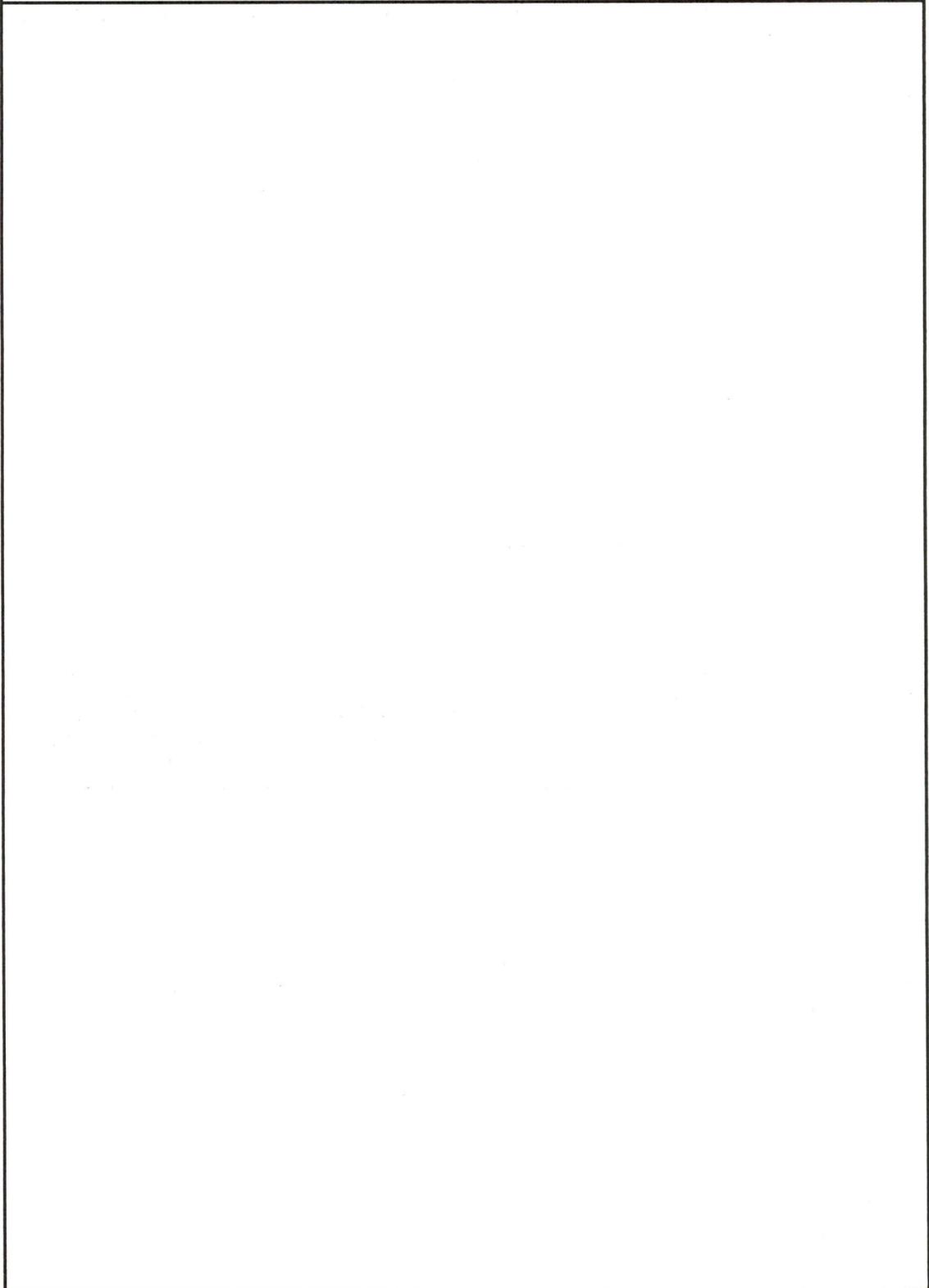
1.2

Inspección

Fecha de inspección
Fecha de puesta en
marcha del sistema
Técnico
Condiciones
climáticas

1.3

Distribución del sistema FV



1.4 Comentarios generales sobre la inspección

--

2

INSTRUMENTOS DE MEDICION UTILIZADOS EN LA INSPECCIÓN		
Cantidad media	Construcción, tipo	Clase/exactitud
Orientación de la instalación		
Angulo de inclinación de la instalación		
Irradiación		
Temperatura ambiente		
Corriente CC		
Voltaje CC		
Potencia CC		
Potencia CA		

3

GENERADOR FV

3.1

Datos del módulo FV

Construcción:
 Tipo:
 Material de la celda:
 Número de celdas:
 Estilo del módulo: bastidor estándar/laminado/otros:
 Potencia:
 Desviación permitida de la potencia:
 Diodos de by pass: en caja de conexión/módulo/ninguna
 Area de la superficie del módulo: m²
 Peso del módulokg

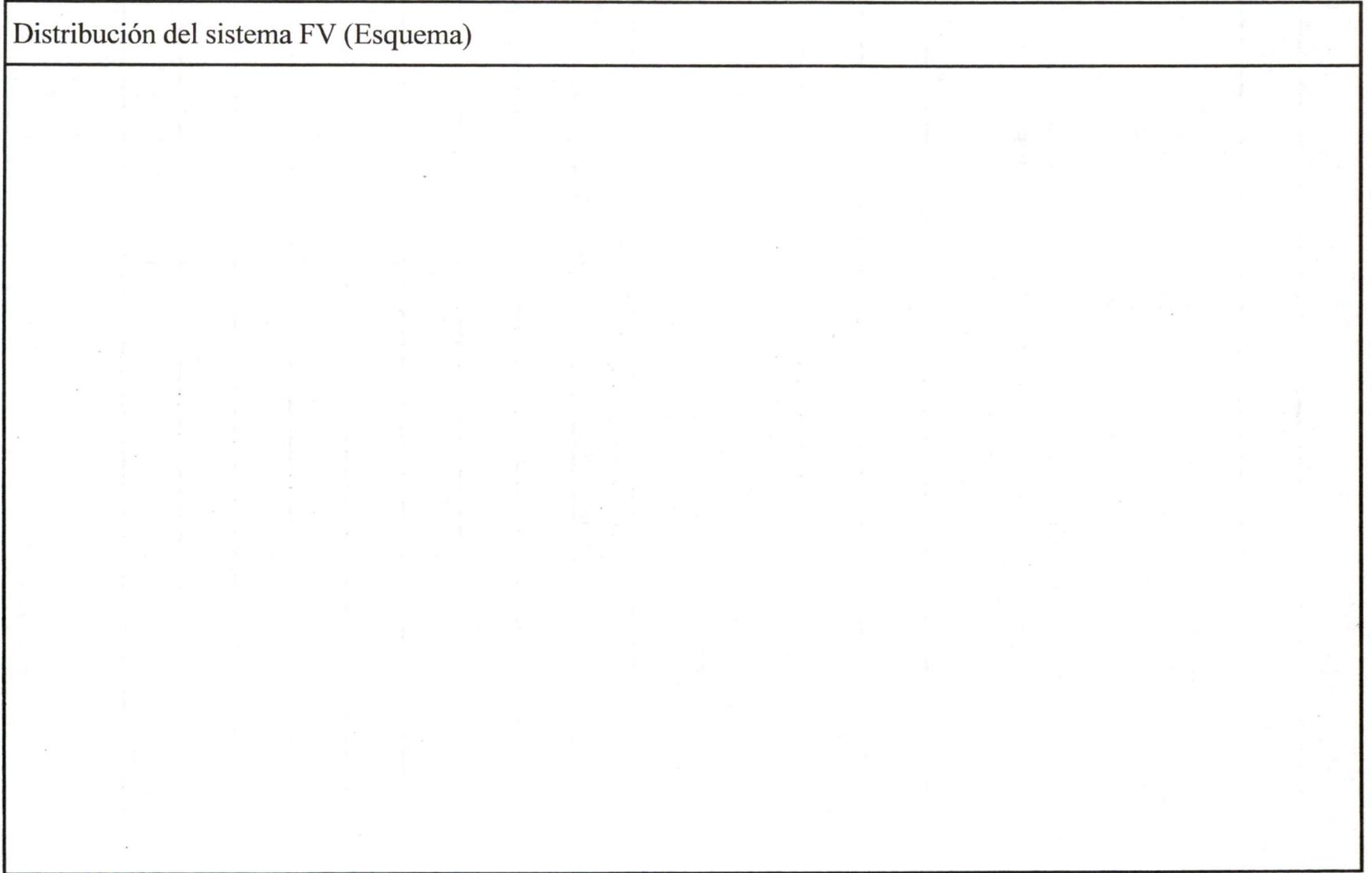
3.2

Datos del sistema FV

Número total de módulos:
 Area total: m²
 Número de líneas paralelas:
 Número de módulos por línea:
 Diseños disponibles: si/no

Línea	Ángulo de inclinación (o desde el horizonte)	Orientación (o desde el sur)
Línea 1		
Línea 2		
Línea 3		
Línea 4		
Línea 5		
Línea 6		
Línea 7		
Línea 8		

3.3 Distribución del sistema FV (Esquema)



Dibujo a mano alzada de los alrededores del sistema FV (pérdida de sombras)

3.4

3.5 Mediciones generador FV

3.5.1 Especificaciones de fábrica (Medidas bajo Condiciones Estándar de Prueba – CEP)

	Módulo	Línea	Generador FV							
Datos de medición										
Línea	Irradiación (W/m ²)	V _{oc} (V)		I _{sc} (A)		V _{mmp} (V)		P _{mmp} (W)		
		Medido	CEP	Medido	CEP	Medido	CEP	Medido	CEP	
Todo el generador										
Línea 1										
Línea 2										
Línea 3										
Línea 4										
Línea 5										
Línea 6										
Línea 7										
Línea 8										
Numeración de líneas: ver distribución a mano alzada del conjunto FV						Observaciones:				

Observaciones / Hallazgos

Diferencia en mediciones / especificaciones

4

ESTRUCTURA DE SOPORTE

4.1

Descripción de la estructura de soporte

Tipo de soporte: integrado / libre
Apoyo en: techo / cubierta / otros. Ej:
Material de la base:
Espacio libre debajo del sistema:..... m
Materiales de construcción:
.....
Instalación de los paneles:
Proveedor de la construcción:
.....
Garantía sobre la construcción: año

4.2 Dibujo a mano alzada de la estructura de soporte

--

4.3 Observaciones / Hallazgos

Fallas observadas:

--

5 CABLEADO CC

5.1 Especificaciones del cableado del sistema:

Tipo de conexión del módulo: conector no fijo / conector en caja / caja
 Construcción, Tipo de conexión del módulo:
 Clase protegida (valor IP)
 Sistema CC: flotante / puesta a tierra central

Construcción, tipo de cableado del módulo:

Voltaje nominal: V

Prueba de voltaje: V

Material de cable:

Diámetro del núcleo: mm²

Corriente máxima por línea: A

Voltaje máximo sobre línea: V

Resistencia UV:

Resistencia al calor:

5.2 Especificaciones del conductor principal de CC

Construcción, tipo de cable:

Material del cable:

Diámetro del núcleo: mm²

Largo del conductor principal: m

Diámetro mínimo requerido: mm²

5.3

Observaciones / Hallazgos

Cifrado ordenado: si / no

Fallas observado:

6

CAJA DE TERMINALES

6.1

Especificaciones de la caja de terminales

Construcción:

Tipo:

Material de la carcasa:

Lugar: (closet / ático /)

Condiciones ambientales:

Clase de seguridad:

Puesta a tierra: si / no

6.2

Observaciones / Hallazgos

Fallas observado:

Cifrado ordenado: si / no

7 BATERIAS

7.1 Datos de la batería

Tipo de celda/Fabricación:
Capacidad de la celda:
Tipo de celda: sellada / ventilada / tubular / pegada
Número de celdas en serie
 Por batería
Número de baterías
 En paralelo:
Voltaje de carga nominal
 De la batería: V

7.2 Dibujo a mano alzada de la distribución de la batería

7.3 Lecturas

Estas lecturas deberán ser tomadas en una batería completamente cargada, sin carga en el sistema. Los voltajes deben tomarse 15 minutos después de la desconexión¹

	Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4	Celda 5	Celda 6	Celda 7	Celda 8	Celda 9	Celda 10	Celda 11	Celda 12	
Voltajes de celdas (V)													
Niveles de electrolito ² (mm)													
Gravedad específica (kg/l)													
	Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4	Celda 5	Celda 6	Celda 7	Celda 8	Celda 9	Celda 10	Celda 11	Celda 12	
Voltaje de celdas (V)													
Nivel de electrolito (mm)													
Gravedad específica (kg/l)													

¹ Tome en cuenta que desconectar las baterías puede causar problemas de sobrevoltaje, debido al alto voltaje en el terminal abierto Voc.

² El nivel se mide a través del llenado del orificio en la tapa de la batería, por ejemplo, con un calibrador tipo Vernier. Un valor alto indica un nivel bajo de electrolitos.

8 MEDIDAS DE SEGURIDAD

8.1 Interruptor CC

Construcción y tipo de carcasa:
 Lugar: (closet)
 Condiciones ambientales:
 Tipo de interruptores: (interruptor / fusible / clavija)
 Corriente máxima de interrupción: A

8.2 Seguridad en el lado de CC

Protección contra cortocircuito: si / no
 Resistencia aislante en el lado CC
 Incluido generador FV:
 Puesta a tierra de seguridad
 Del generador FV:
 Descripción de aislamiento de protección:

8.3 Protección contra sobrevoltaje en el lado CC

Construcción y tipo de protección contra sobrevoltaje:
 Lugar de protección contra sobrevoltaje:
 Principio de operación de la protección contra sobrevoltaje:
 Protección contra sobrevoltaje conectada a:
 Tipo de cableado utilizado:
 Detección de la falla: ninguna / óptica / remota / óptica y remota

8.4

Protección de la red

Ubicación de la protección a la red: en inversor / externa
 Tipo de interruptor:
 Voltajes de interrupción:
 Verificar fases 1 y 3: 1 / 3
 Frecuencias de interrupción: + Hz, - Hz

8.5

Conductores de protección

Existe un dispositivo contra descarga: si / no
 Sistema FV conectado al dispositivo
 Contra descargas: si / no
 Puesta a tierra: Cobre sólido, mm²

 Estructura de soporte del conjunto FV puesto
 A tierra: si / no
 Conexión a tierra: Cobre sólido, mm²

 Protección contra descarga: si / no

8.6

Observaciones / Hallazgos

Fallas observadas:

ANEXO B

GUÍA PRÁCTICA DE INSTALACIÓN DE MODULOS SOLARES PEQUEÑOS

GUÍA PRÁCTICA DE INSTALACIÓN

DE MÓDULOS SOLARES PEQUEÑOS

1. Secuencia de instalación sugerida

Fase 1	<ul style="list-style-type: none"> • Prepare y organice el trabajo 	Según se describe en la sección 1.1
Fase 2	<ul style="list-style-type: none"> • Fije todos los componentes principales (módulo, controlador, batería, cargas y cables) 	Según los procedimientos de instalación descritos en las secciones 1.2 – 1.5
Fase 3	<ul style="list-style-type: none"> • Conecte los cables a las cargas 	Según se describe en la sección 1.5
Fase 4	<ul style="list-style-type: none"> • Proceda a dar los acabados 	Según se describe en la sección 1.6

1.1 *Prepare y organice el trabajo*

Antes de instalar los componentes, lleve a cabo los siguientes pasos:

1. **Converse con el cliente** acerca del lugar donde desea instalar los componentes (cargas, controladores, módulos, etc.). Explíquelo en forma sencilla las limitaciones de algunos de ellos y lleguen a un acuerdo que satisfaga al cliente. Sólo después de que el cliente haya comprendido los factores que afectan a cada componente y su ubicación, usted podrá comenzar con la instalación del sistema.
2. **Lea toda la información técnica disponible** incluida en el empaque del equipo. Aplique todas las recomendaciones referentes a la instalación y mantenimiento. Las pautas dadas en este manual deberán ajustarse dichas recomendaciones.
3. **Asegúrese de tener a la mano todas las herramientas y los componentes del sistema, desde el módulo hasta los tornillos para madera.**
4. **Trace con una tiza los lugares donde colocará los componentes** y, líneas horizontales o verticales para la distribución del cable. Esto asegurará una instalación rápida, profesional y de aspecto ordenado.
5. **Prepare sólidas estructuras de soporte, en madera**, para lámparas, interruptores e, incluso, cables, en caso de que los muros de soporte sean demasiado débiles (por ejemplo, un viejo muro de adobe). Clávelas y atorníllelas firmemente. De ese modo, será fácil fijar los componentes del módulo solar.

1.2 Procedimiento de instalación del Módulo Fotovoltaico

1. Defina la ubicación exacta del módulo con el fin de: evitar que obstáculos cercanos (árboles, muros, etc.) le den sombra, tener fácil acceso para su limpieza y prevenir robos y vandalismo. Por lo general, será colocado sobre un techo.
2. Diseñe una sólida estructura de soporte para el techo; ella permitirá que el módulo:
 - Esté orientado al sur en el Hemisferio Norte (es decir, en el Perú, por encima de la línea ecuatorial latitud de Lima) o al norte en el Hemisferio Sur (es decir, por debajo de la línea ecuatorial latitud de Lima).
 - Tenga un ángulo de inclinación de 10°. Lo ideal es que el ángulo corresponda a la latitud del lugar donde está ubicado el módulo: en Uganda, entre 12° y 24°. Sin embargo, es necesaria una inclinación mayor para asegurar una adecuada caída de la lluvia. Un ángulo de 25° es aceptable.
 - Esté por lo menos a 0.20 m por encima del techo para obtener una buena aireación natural.
3. Instale la estructura de montaje (tome precauciones para evitar una caída).
4. Verifique la salida de voltaje y la polaridad dentro de la caja de conexión del módulo.
5. Conecte el cable, asegurándose de que sea imposible la penetración de agua a la caja de conexión.
6. Fije el módulo a la estructura.
7. Proteja el cable de la luz solar, a menos que sea resistente a la intemperie.
8. Jale el cable del módulo hasta el área del controlador, pero no lo conecte todavía.

Esta estructura de soporte hecha de fierro angular es suficientemente fuerte como para ser montada sobre un tubo de fierro.

1.3 Procedimiento de instalación del controlador

1. Escoja un lugar de fácil acceso para el cliente, en el mismo ambiente de la batería y donde pueda colocarse un letrero con información clave para el usuario.
2. Fíjelo a 1.5 m de altura (altura del ojo), de preferencia sobre un sólido tablero de madera y en alineación vertical con la batería.

ADVERTENCIA: No conecte ningún cable al controlador en esta etapa. Ése es uno de los últimos pasos de la instalación, antes de encender la luz. (Vea subtítulo 1.6)

Organice su trabajo para evitar desorden en los cables.

1.4 Procedimiento de instalación de la batería

(Se asume que se trata de una batería de carro nueva, que aún no ha sido llenada con electrolito. Éste último deberá estar disponible en un envase de plástico)

ADVERTENCIA: Al preparar una batería, trabaje bajo sombra, en una habitación limpia y libre de polvo.

1. Verifique el voltaje abierto, el cual deberá ser cero.
2. Mida la densidad del electrolito en el envase. Deberá estar entre 1.24 y 1.25.
3. Limpie la tapa de la batería con un trapo seco.
4. Retire los tapones.
5. Utilizando un embudo, vierta el electrolito celda por celda, hasta el nivel mínimo indicado en la batería. Deje que se asiente durante unos minutos.
6. Mida el voltaje. Deberá estar por encima de 12 V.
7. Termine de echar el electrolito hasta el nivel máximo.
8. Vuelva a colocar los tapones, y limpie la tapa de la batería con un trapo seco.
9. Coloque la batería en el suelo, de preferencia sobre un soporte para batería o un pedestal pequeño. La batería deberá estar alineada con el controlador (vea sección 1.3).
10. Utilizando las abrazaderas de la batería, conecte los cables a los terminales de la misma, y engrase cada conexión. Aísle el otro extremo de los cables para evitar un corto circuito. Aún no los conecte al controlador.

La caja de la batería puede ser construida por usted mismo, utilizando madera resistente. Las dimensiones del interior deberán ser, por lo menos, 0.10 m más grandes que el tamaño de la batería. Deberá tener agujeros para ventilación. La cubierta superior deberá tener una inclinación para evitar que la utilicen como asiento o repisa.

Observe la posición del flotador del densímetro según el estado de carga de la batería.

Lea el flotador al nivel del electrolito.

Estado de carga BAJO

Estado de carga MEDIO

Estado de carga ALTO

1.5 Procedimiento de instalación del cable y la carga

Lámparas

- Colóquelas cerca del lugar donde necesita iluminación, por ejemplo, encima de la mesa de comedor o cerca de la cama, en el dormitorio.
- Colóquelas donde le brinden más luz, ya sea en una pared o en el techo.
- Evite que la lámpara esté por encima de los 2.5 m. De ser necesario, reduzca la altura colocando una estructura de madera o colgándola con una cadena pequeña.
- Aconseje al cliente que pinte de blanco sus paredes/techo, o, al menos, el área ubicada justo detrás de la luz.
- Si la lámpara está fuera de la casa, coloque un reflector que, además, la protegerá de la lluvia (puede emplear un pedazo de papel corrugado).

Toma corrientes

- Colóquelos por lo menos a 0.20 m del suelo.
- Fíjelos bien para evitar que se aflojen con el uso.

Interruptores

- Colóquelos firmemente a 1.20 m del suelo, en el interior de la habitación que será iluminada.
- Señale las posiciones “ON” y “OFF”, en caso de que no estén claramente indicadas en el interruptor.

Cableado

- Respete la longitud de los cables establecida durante el proceso de medición y cotización.
- Respete estrictamente las líneas verticales y horizontales trazadas.
- Coloque grapas para cable cada 0.25 m, como mínimo.
- Evite que los cables queden colgando, pues se dañarían rápidamente.
- Asegúrese de que el cableado esté derecho, mas no tirante.
- Dé un poco más de longitud al cable en el interior de la caja de la batería, a nivel del controlador y del módulo (por ejemplo, 0.15 m de cable extra). Esto será útil cuando cambie componentes o realice pruebas.
- Respete el código de colores del cable (por ejemplo, rojo para el positivo y negro para el negativo)
- Marque el extremo de los cables con un pedazo de papel (por ejemplo, módulo +, módulo -).
- Verifique un par de veces la polaridad a intervalos regulares.
- Utilice siempre cables de 2.5 mm², por lo menos.

- No utilice cables ya existentes, a menos que haya verificado sus longitudes y secciones.
- Puesta a tierra (sólo es necesario si el área está sometida a iluminación frecuente). Conecte un cable a la estructura de aluminio del módulo y tírelo hacia el suelo. Conéctelo a una varilla, previamente enterrada en suelo húmedo.

Emplee un mismo procedimiento para todos los artefactos similares (por ejemplo, coloque todos los interruptores a la misma altura) con el fin que la instalación luzca bien.

1.6 Acabado de la instalación

1. Revise todo el cableado que va hacia las cargas (para evitar que se produzcan cortocircuitos cuando conecte la batería).
2. Conecte los cables al controlador, siguiendo las instrucciones del fabricante – por lo general, en la secuencia: 1. Batería al Controlador, 2. Módulo al Controlador; 3 Cargas al Controlador.
3. Encienda las cargas, una después de otra, y verifique si hay algún problema (consulte el capítulo 11).
4. Verifique que los indicadores en el controlador den los parámetros correctos.
5. Utilizando un marcador, señale la fecha de instalación en la batería, el controlador y las lámparas. De ser posible, escriba también sus datos (nombre y dirección).
6. Coloque cerca del controlador una nota con indicaciones para el usuario, es decir, información clave para el uso y mantenimiento básico por parte del cliente.
7. Entregue un libro de registros donde el cliente pueda anotar diversos hechos relacionados con los sistemas: limpieza de los módulos, fallas, revisiones de la batería, etc.
8. Anote la información técnica relacionada la instalación para referencias futuras (el número de serie del módulo y del controlador, las diferencias de tensión para cada carga). Esta información, junto con el formato de medidas y la cotización, conformará el archivo del módulo solar.
9. Capacite al cliente para que dé un **mantenimiento básico y regular** al módulo.
10. Informe al cliente acerca de su disponibilidad para futuras consultas, reparaciones y servicio de mantenimiento. No dé su trabajo por terminado tan pronto las luces estén encendidas. Un día puede presentarse un problema y el cliente necesitará de usted.

Otra pequeña recomendación: *Explique al cliente que deberá dejar que la batería cargue por 3 días como mínimo, antes de que pueda usar al máximo su sistema. Esto ayudará a un mejor rendimiento de la misma.*

2. Mantenimiento y servicio para los módulos solares pequeños

Los sistemas FV requieren un mantenimiento mínimo, pero esencial.

Hay dos niveles de mantenimiento:

- El primero es **el mantenimiento básico y regular**. Es realizado por el cliente e incluye tareas relativamente directas, como limpiar el módulo una o dos veces al mes, verificar que no esté bajo sombra, revisar el nivel de electrolito de la batería una vez al mes; echar agua destilada, si fuera necesario, o reemplazar un tubo fluorescente o un fusible. La labor del técnico es asegurar que el cliente comprenda y pueda llevar a cabo estas tareas.
- El segundo es **el servicio de mantenimiento**. Es realizado por técnicos capacitados, equipados con las herramientas apropiadas. Este capítulo describe los procedimientos del **servicio de mantenimiento** para cada componente del módulo.

Secuencia sugerida de trabajo:

Fase 1	<ul style="list-style-type: none">• Planifique su trabajo	Tal como se detalla en la sección 2.1
Fase 2	<ul style="list-style-type: none">• Revise el módulo, el controlador, etc.	Tal como se detalla en las secciones de 2.2 a la 2.5
Fase 3	<ul style="list-style-type: none">• Proceda a dar el acabado final	Tal como se detalla en la sección 2.6

2.1 *Planifique su trabajo*

1. Antes de comenzar con las tareas de mantenimiento, converse con el usuario acerca del sistema, ya que él constituye la fuente clave de información. Pregúntele cuáles son los aspectos del sistema que operan satisfactoriamente y cuáles no. Estas preguntas le ayudarán a hacer mejor su trabajo.
2. Consulte el libro de registro y su información personal acerca de los módulos solares, si la tuviera.
3. Verifique que ninguno de los componentes haya sido dañado o mal utilizado.
4. Limpie cada uno de los componentes con la ayuda del cliente. Esto permite, además, a tener una idea de qué tipo de mantenimiento le da el cliente al módulo.

ADVERTENCIA: Siga en forma sistemática los procedimientos de servicio para cada componente.

2.2 Servicio de mantenimiento del Módulo Fotovoltaico

1. Limpie los módulos con agua y un trapo durante las primeras horas de la mañana, o tarde en la noche. Evite usar jabón, sustancias químicas, etc.
2. Verifique que el módulo esté bien colocado, orientado e inclinado.
3. Revise las celdas para ver si hay un cambio de color, corrosión o si se ha roto el vidrio.
4. Verifique que el módulo no reciba sombra (por ejemplo, por la presencia de un nuevo edificio o de arbustos que estén creciendo en el área).
5. Verifique la buena ventilación del módulo (por ejemplo, retire los nidos de pájaros, etc.)
6. Prueba comparativa A: Mida, al mismo tiempo, la corriente de cortocircuito del sistema y la de otro sistema limpio, ubicado en la misma área, o con un módulo de referencia.
7. Prueba comparativa B: Mida, al mismo tiempo, el voltaje abierto del sistema y el de otro cercano, o con un módulo de referencia.
8. Si la relación (ratio) de I_{sc} (o U_{V_0}) está dentro del 20% de las relaciones teóricas indicadas por el fabricante, el sistema está en buenas condiciones.
9. En caso contrario, desconecte los módulos del sistema y repita las pruebas comparativas en forma separada para cada módulo.
10. Una vez finalizadas las pruebas, ajuste todas las conexiones.

Ejemplo práctico de las pruebas A y B:

	Condiciones climáticas: Soleado				Hora: 11:30				Fecha: 12 Nov. 98	
	Sistema evaluado				Sistema de referencia				Comparación	
	Watt pico (Wp)	Nº de módulos	Isc para el sistema	U_{V_0}	Watt pico (Wp)	Nº de módulos	Isc	U_{V_0}	Ratio I_{sc}/I_{sc}	Ratio U_{V_0}/U_{V_0}
Indicaciones del fabricante	110	2	7	21.7	10	1	0.64	21.2	$7/0.64 = 10.9$	$21.7/21.2 = 1.02$
Datos de mediciones			5	18			0.44	16	$5/0.44 = 11.3$	$1.8/16 = 1.12$
									OK!	OK!

Las pruebas A y B deben ser practicadas con un alto nivel de irradiación (no durante un día de lluvia, ni tampoco en las primeras horas de la mañana o al terminar la tarde). El sistema de referencia deberá tener la misma orientación, inclinación y temperatura que el sistema evaluado.

2.3 Servicio de mantenimiento del controlador

1. Limpie el exterior del controlador con un trapo seco (El polvo puede evitar una buena ventilación)
2. Asegúrese de que el soporte esté bien fijo.
3. Revise los varistores si están protegidos contra rayos.
4. Revise cualquier calentamiento inusual alrededor de los componentes electrónicos y de las conexiones principales. Ajuste todas las conexiones.
5. Verifique que los indicadores estén funcionando de manera apropiada (LED, voltímetros). Ajústelos si es necesario, en especial los voltímetros.
6. Verifique que las funciones de carga y descarga estén funcionando adecuadamente.
7. Verifique los voltajes de entrada según la información técnica del fabricante.
8. Compare el voltaje del sistema con el de la batería al momento de cargar; la diferencia no deberá ser mayor que la indicada por el fabricante (por ejemplo, 0.7 contra 1.5 V)
9. Compare el voltaje de la batería con el de la carga al momento de cargar; la diferencia no deberá ser mayor que la indicada por el fabricante (por ejemplo, 0.5 contra 1 V)
10. Revise y ajuste todas las conexiones.

Tenga cuidado de no provocar un cortocircuito, ya que éstos siempre ocasionan muchos daños.

Los controladores están compuestos por componentes electrónicos frágiles. Por lo tanto, el mantenimiento del controlador debe hacerse con mucha calma y cuidado.

2.4 Servicio de mantenimiento de la batería

1. Comience siempre preguntando al cliente:
 - Si tiene agua destilada almacenada y qué cantidad
 - Cuándo echó agua destilada, qué cantidad y a qué celdas
 - Si el nivel de electrolito estuvo siempre por encima de las placas
 - De dónde proviene el agua destilada
 - En qué recipiente se almacena el agua destilada
 - Si considera que la batería es deficiente, y por qué
2. Desconecte el sistema de las baterías y de todas las cargas, espere 30 minutos antes de llevar a cabo cualquier medición eléctrica.
3. Realice una inspección visual para detectar filtraciones en el recipiente o cuerpos extraños en la batería. Elimine todos los que encuentre.

4. Mida el voltaje abierto.
5. Mida la gravedad específica del electrolito y su temperatura:
 - Limpie y seque la parte superior de la batería
 - En cada celda, presione el bulbo; suéltelo en la celda; presione una segunda vez; lea la gravedad específica (anote el valor; por ejemplo: 1.150, 1.260)
 - Vuelva a colocar el electrolito en la misma celda (no lo mezcle con otro).
6. Para averiguar si la batería está en buen estado, compare con la curva del fabricante. Recargue la batería reconectándola al sistema.
7. Revise el nivel del electrolito.
8. De ser necesario, agregue agua destilada, utilizando un embudo (no toque las placas con el embudo, ya que existe el riesgo que se rompan). Si la batería está descargada, NUNCA vuelva a llenarla con electrolito.
9. Mida el voltaje bajo el voltaje de carga estándar.
10. Asegúrese de que el agujero de ventilación de cada tapón esté limpio.
11. Si los conectadores de la batería están sucios, límpielos con un cepillo o escobilla metálico.
12. Ajuste los conectadores y cúbralos con silicona o grasa de carro para evitar la corrosión.

***Acerca del Paso 9,** resulta útil medir la diferencia de tensión de la batería cuando la carga estándar está conectada. Si esta información es recolectada periódicamente desde que la batería es nueva, será posible diagnosticar anticipadamente cualquier falla. La diferencia de voltaje se incrementará poco a poco hasta hacerse inaceptable. Entonces, la batería deberá ser reemplazada antes de que ocurra una falla mayor.*

2.5 Servicio de mantenimiento de cables y cargas

Cargas

Cada tipo de carga tiene diferentes necesidades de mantenimiento, demasiadas para ser detalladas aquí. Sin embargo, las siguientes pautas se aplican a la mayoría de cargas:

- Mida regularmente el consumo de energía de las cargas para evitar un consumo extra, el cual podría tener un serio efecto en el funcionamiento y tiempo de vida del sistema (es decir, de las baterías).
- Revise para ver si existe un consumo de energía oculto (por ejemplo, de un adaptador de CC – CC o un inversor)

- Reemplace los tubos fluorescentes ennegrecidos, sólo a pedido del usuario. Evalúe su tiempo de funcionamiento después de la falla. Deberán durar de 3,000 a 5,000 horas como mínimo (por ejemplo, un tubo que se quemó después de 3 años y que ha estado encendido 4 horas al día, ha trabajado $3 \times 365 \text{ días} \times 4 \text{ horas} = 4,380 \text{ horas}$). Si el tubo se ha quemado antes de tiempo, es posible que la lámpara tenga un problema.
- Revise todos los fusibles para ver si han sido manipulados (por ejemplo, reemplazados con cordones de alambre de cobre)

Cables

- Asegúrese de que los cables estén bien fijos. De ser necesario, asegure las fijaciones. No espere que el cable se afloje, pues colgará y correrá el riesgo de ser tocado por los niños.

El servicio de mantenimiento incluye, también, el fijar bien los tomacorrientes que estén flojos.

2.6 Acabados del servicio de mantenimiento

1. Marque todos los componentes instalados (nuevos o reemplazados) con la fecha de instalación.
2. Apunte en el libro de registros de cada sistema los resultados y mediciones obtenidas durante estos procesos para su uso posterior.
3. Invite al usuario a hacer un recorrido por todo el sistema y enciendan juntos todas las cargas.
4. Informe al usuario sobre qué servicios han sido prestados y qué componentes fueron reemplazados en su sistema.
5. Capacite al cliente acerca de cómo realizar **un mantenimiento básico y regular**.
6. Informe al cliente acerca de su disponibilidad para consultas posteriores, reparaciones y mantenimiento. No dé por terminado su trabajo una vez que las luces hayan encendido. Un día puede ocurrir una falla y el cliente puede necesitar de usted.

Paso 1. Escriba la fecha de reemplazo en la parte superior de la batería recién instalada.

3. Problemas típicos y recurrentes / soluciones

Nota preliminar:

Aún cuando la falla no esté en la batería, la mayor parte de problemas llevarán a su mal funcionamiento prematuro. Por lo tanto, es importante asegurarse que cualquier falla sea corregida tan pronto como sea posible.

3.1 Módulo FV

Problemas	Causas	Soluciones
Corriente Baja	<p>Demasiado polvo</p> <p>Parte o todo el módulo bajo sombra</p> <p>Mala ventilación alrededor del módulo</p>	<p>Límpielo</p> <p>Retire el módulo de la sombra</p> <p>Limpie detrás del módulo; eventualmente modifique la instalación</p>
Corriente muy baja	<p>Celda(s) cubiertas por grandes hojas de árboles o por excremento de aves (pueden dañar el módulo)</p>	<p>Límpielo</p> <p>Coloque un espantapájaros</p>
No hay corriente	<p>Las conexiones dentro de la caja de conexión están en mal estado / flojas / corroídas</p>	<p>Límpielas / ajústelas</p>
Voltaje abierto por debajo de 12 V (incluso a medio día)	<p>Posible voladura del diodo de by pass del módulo (generalmente por rayos)</p>	<p>Cambie el diodo de by pass (para sistemas de 12 V ó 24 V; retírelo en caso de que no haya un repuesto disponible)</p>
Vidrio roto	<p>Daño intencional, por ejemplo, vandalismo</p> <p>Módulo impactado directamente por un rayo (impacto semejante al de una disparo de bala)</p>	<p>Los módulos podrán trabajar así por un par de años; luego, la humedad corroerá las conexiones entre las celdas.</p> <p>Cambie el módulo</p>

3.2 Controlador

Problemas	Causas	Soluciones
Hay calor inusual en el controlador	El sistema, la batería o las conexiones de carga se encuentran flojos.	Ajústelos. Para ciertos controladores, es normal que haya una ligera generación/disipación de calor.
No hay suministro de energía para los artefactos	Voladura del fusible de carga o de batería	Cambie el fusible.
Lós voltajes de entrada son incorrectos	Los componentes tienen fallas. El regulador ha sido manipulado	Ajuste la entrada del controlador o reemplácelo antes de que este problema estropee la batería.
Controlador desviado	Por lo general, el usuario lo hace para obtener más energía de la batería.	Retire la desviación y explique al usuario la función del controlador.
Los indicadores dan parámetros falsos	Diversas	Ajuste o reemplace los indicadores.
El controlador corta la carga demasiado pronto	El controlador está dañado. La batería ha perdido su capacidad.	Ajuste los accesos del controlador. Si todo está bien, recargue la batería e intente nuevamente. Si vuelve a presentarse el mismo problema, cambie la batería.
El controlador corta la carga pero la batería aparece completamente cargada.	Las cargas están dañadas La batería puede estar sulfatada o dañada	Aumente la capacidad de la batería (esto reducirá la diferencia de tensión) o cambie la batería Cambie la batería

3.3 Bateria

Problemas	Causas	Soluciones
Bajo estado de carga permanente	Suministro inadecuado de energía; es decir que no hay suficientes picos de potencia, que el controlador es deficiente, etc.	Reconsidere el dimensionamiento de la instalación
Alto consumo de agua destilada	El lugar donde está la batería es demasiado caliente. La entrada de carga es demasiado alta. La corriente de carga es demasiado alta. Ciclo profundo frecuente	Mejore la ventilación / refrigeración de la batería. Redúzcala. Revise el tamaño. Cambie la batería.
El electrolito tiene un olor extraño.	Hay partículas extrañas dentro de la batería. El agua destilada es de baja calidad. Una celda está dañada.	Retírelas. Verifique la calidad del agua destilada que va usar. Se aconseja reemplazar la batería.
Las placas están en contacto con el aire (falta de electrolito)	Falta de mantenimiento	Cambie la batería (es probable que las placas hayan sufrido un daño permanente).
El consumo de agua destilada varía para cada celda.	Celdas muertas.	Cambie la batería.
La lectura de la gravedad específica de la celda está por debajo de 1.100	Es probable que la batería (o, al menor, una celda) esté muerta.	Haga una prueba y, de ser necesario, reemplace la batería.
El voltaje abierto está por debajo de los 9 V.	Probablemente, la batería esté dañada.	Cambie la batería.
El voltaje aumenta con mucha rapidez, al momento en que el controlador se conecta a los módulos.	La batería está sulfatada (por ejemplo, si se le ha dejado descargada por mucho tiempo o si es una batería muy antigua, etc.)	Intente una recarga completa, siguiendo las instrucciones del fabricante de la batería. Si no da resultado, cambie la batería.

La temperatura de la batería aumenta mucho durante el cargado; hay muchas burbujas / gases	La corriente de carga es demasiado alta. La batería está sulfatada.	Reduzca la corriente de carga (verifique el valor) Cambie la batería.
Los terminales de la batería están corroídos.	Electrolito derramado – falta de mantenimiento.	Limpie los terminales con una esponja de metal, reconéctelos y écheles grasa para carro para protegerlos.
Alta auto-descarga	Humedad en la parte superior de la batería. Falta de ventilación	Limpie y seque la parte superior de la batería. Asegúrese de colocarla en una habitación fresca y bien ventilada.

3.4 Lista de Herramientas

Herramientas esenciales: Caja o Bolsa de Herramientas conteniendo:

<ul style="list-style-type: none"> • Compás • Filtro (para el electrolito; por ejemplo, medias de nylon) • Martillo • Densímetro • Cuchillo • Nivel marcado, hecho de madera (para revisar el nivel del electrolito) • Alicates multiuso • Multímetro con CC hasta 10 A • Calculadora • <i>Manual técnico (documentos acerca de productos FV, procedimientos para dimensionamiento, cotización, este manual)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Embudo de plástico • Juego de destornilladores (2 planos y 2 en estrella) • Nivel de burbuja • Wincha (2 a 3 m) • Marcador indeleble • Cinta aislante • Trapos y franelas para limpieza • Tiza • <i>Cuaderno de anotaciones, lápiz y tajador</i>
--	--

Herramientas útiles, pero no indispensables:

<ul style="list-style-type: none"> • Cortadora • Perforadora de mano y brocas • Cautín (30 W, 12 V) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cortador de alambre • Pelador de alambre • Escuadra • Módulo FV pequeño, de silicio cristalino de 5 a 10 W_p
--	---

Herramientas útiles, pero no siempre necesarias:

<ul style="list-style-type: none">• Herramientas de carpintería• Cepilladora• Escalera (el usuario debería proporcionársela, ya que es de uso regular para la limpieza del módulo)	<ul style="list-style-type: none">• Baldes de plástico• Guantes protectores
--	--

El técnico deberá tener a la mano repuestos para el sistema (lámparas, tubos fluorescentes, interruptores, etc.) y diversos componentes, tales como fusibles, grasa, agua destilada, cables adicionales y pedazos de conector.

Impreso en los talleres de
GOVI - 4 E.I.R.L
R.U.C. 11080871
Av. Petit Thouars 1887 - Lince
Telefax: 265-6273
Lima - Perú