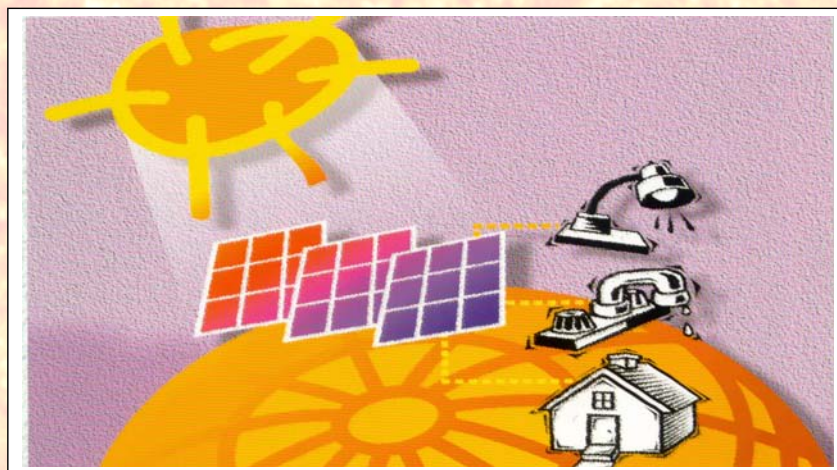


SIMULADOR DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA ESF 70142



**Manual de manuseamento
Manual de prácticas**

0 ÍNDICE

1 MANUAL DE MANUSEAMENTO

2 ESPECIFICAÇÕES

3 MANUAL DE PRÁTICAS

ANEXO I

EXEMPLO DE CÁLCULO DE UMA INSTALAÇÃO COMPLETA.

ANEXO II

EXEMPLO DE CÁLCULO DE UMA INSTALAÇÃO BÁSICA

ANEXO III

MEDIDOR DE RADIAÇÃO SOLAR SLM-7500

0 ÍNDICE

ÍNDICE DO MANUAL

1. MANUAL DE MANUSEAMENTO

- 1.1. Composição do equipamento
 - 1.1.1. Conjunto didático painel solar fotovoltaico. ESF 70422
 - 1.1.2. Módulo didático de corrente contínua. ESF 70441
 - 1.1.3. Bateria. ESF 70471
 - 1.1.4. Módulo didático de corrente alternada. ESF 70451
 - 1.1.5. Conjunto de cabos. ESF 70470
 - 1.1.6. Bastidor didático de secretária ESF 70415
 - 1.1.7. Medidor didático de energia solar SLM 7500
- 1.2. Precauções a ter em conta durante a montagem

2. ESPECIFICAÇÕES

- 2.1. Módulos.
- 2.2. Painel solar.
- 2.3. Regulador de Carga.
- 2.4. Bateria.
- 2.5. Inversor (conversor).

3. MANUAL DE PRÁTICAS

- 3.1. Fichas de aluno
 - ASFV01 Descrição do simulador fotovoltaico e os seus componentes.
 - ASFV02 Verificação da tensão de circuito aberto e a intensidade de curto-circuito, do painel fotovoltaico.
 - ASFV03 Verificação da qualidade do painel fotovoltaico.
 - ASFV04 Rendimento de um painel ou célula fotovoltaica
 - ASFV05 Ligação e colocação em funcionamento de uma instalação completa de energia solar fotovoltaica.
 - ASFV06 Variação da produção do painel dependendo do ângulo do sol sobre o horizonte e da orientação azimutal.

- ASFV07 Comportamento do painel quando existem sombras parciais sobre as células.
- ASFV08 Ajuste de leitura das magnitudes de intensidade e tensão no regulador.
- ASFV09 Equilíbrio corrente num sistema fotovoltaico.
- ASFV010 Verificação da carga da bateria através da densidade do electrólito.
- ASFV011 Verificação e regulação dos valores programados para a carga do acumulador.
- ASFV012 Sistemas de desconexão e alarmas do regulador.
- ASFV013 Verificação da tensão, frequência e forma de onda do conversor.
- ASFV014 Cálculo do rendimento do conversor e o seu dimensionamento.
- ASFV015 A secção dos condutores numa instalação solar fotovoltaica.

3.2. Fichas de professor

- PSFV01. Descrição do simulador fotovoltaico e os seus componentes.
- PSFV02. Verificação da tensão de circuito aberto e a intensidade de curto-circuito do painel.
- PSFV03. Verificação da qualidade do painel fotovoltaico.
- PSFV04. Rendimento de um painel ou célula fotovoltaica
- PSFV05. Ligação e colocação em funcionamento de uma instalação completa de energia solar fotovoltaica.
- PSFV06. Variação da produção do painel dependendo do ângulo do sol sobre o horizonte e da orientação.
- PSFV07. Comportamento do painel quando existem sombras parciais sobre as células.
- PSFV08. Ajuste da leitura das magnitudes de intensidade e tensão no regulador.
- PSFV09. Equilíbrio de correntes num sistema fotovoltaico.
- PSFV010. Verificação da carga da bateria através da densidade do electrólito.
- PSFV011. Verificação e regulação dos valores programados para a carga do acumulador.
- PSFV012. Sistemas de desconexão e alarmas do regulador.
- PSFV013. Verificação da tensão, frequência e forma de onda do conversor.
- PSFV014. Cálculo do rendimento do conversor e o seu dimensionamento.
- PSFV015. A secção dos condutores numa instalação solar fotovoltaica.

1 MANUAL DE MANUSEAMENTO

1	MANUAL DE MANUSEAMENTO
1	COMPOSIÇÃO DO EQUIPAMENTO

1.1. COMPOSIÇÃO DO EQUIPAMENTO

Este manual é comum para os simuladores da série ESF 70140

Os simuladores que compõem a série ESF 70140 são:

- ESF 70142 SIMULADOR COMPLETO DE SECRETÁRIA
- ESF 70143 SIMULADOR DE INICIAÇÃO (SÓ C.C.)

Na seguinte tabela é indicada a composição de cada simulador:

COMPONENTES	SIMULADOR	
	ESF 70142	ESF 70143
ESF 70415	✓	✓
ESF 70422	✓	✓
ESF 70441	✓	✓
ESF 70451	✓	
ESF 70471	✓	✓
ESF 70470	✓	✓
ESF 70490	✓	✓
SLM 7500	✓	✓

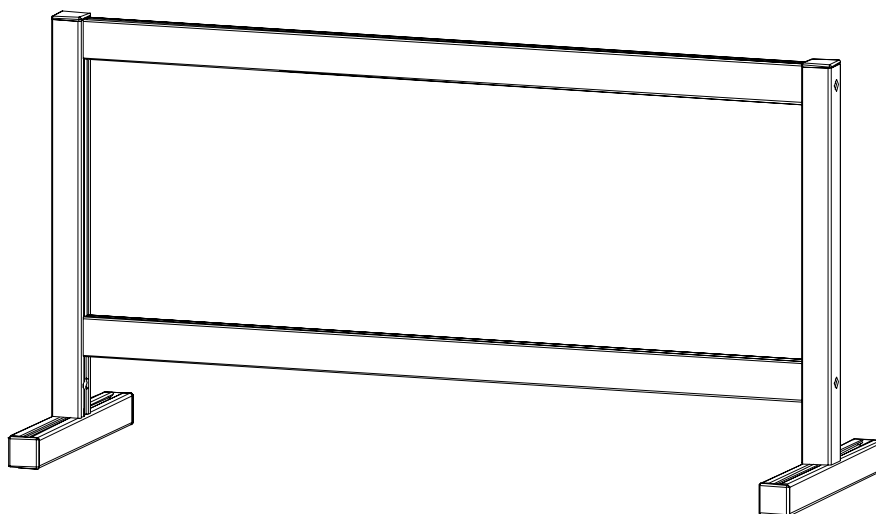
Descrição dos componentes:

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
ESF 70415	BASTIDOR DIDACTICO DE SECRETÁRIA
ESF 70422	CONJUNTO DIDACTICO PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO COM SUPORTE AUXILIAR
ESF 70441	MODULO DIDACTICO DE CORRENTE CONTINUA
ESF 70451	MODULO DIDACTICO DE CORRENTE ALTERNA
ESF 70471	BATERIA ESTACIONARIA
ESF 70470	CONJUNTO DE CABOS
ESF 70490	CONJUNTO DE MANUAIS
SLM 7500	MEDIDOR DIDACTICO DE ENERGIA SOLAR

MANUAL DE MANUSEAMENTO	1
COMPOSIÇÃO DO EQUIPAMENTO	1

1.1.1. Bastidor didático de secretária ESF 70415

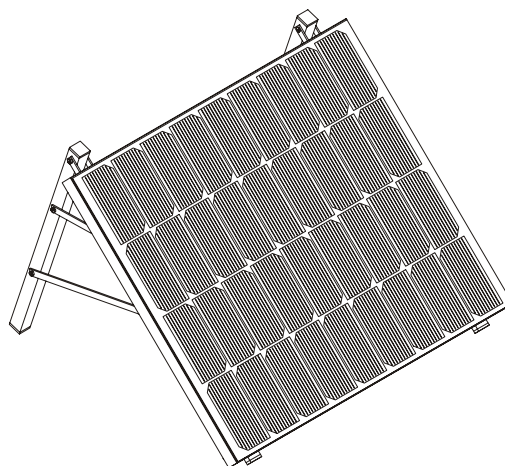
Este bastidor permite a localização dos módulos CC e CA.



1.1.2. Conjunto didático painel solar fotovoltaico ESF 70422

O painel solar está montado no *Suporte Auxiliar de alojamento*. Liga-se a través do seu próprio cabo ao conector correspondente do *Módulo didático de corrente contínua*.

Os bornes de saída do painel encontram-se na parte posterior do mesmo



1	MANUAL DE MANUSEAMENTO
1	COMPOSIÇÃO DO EQUIPAMENTO

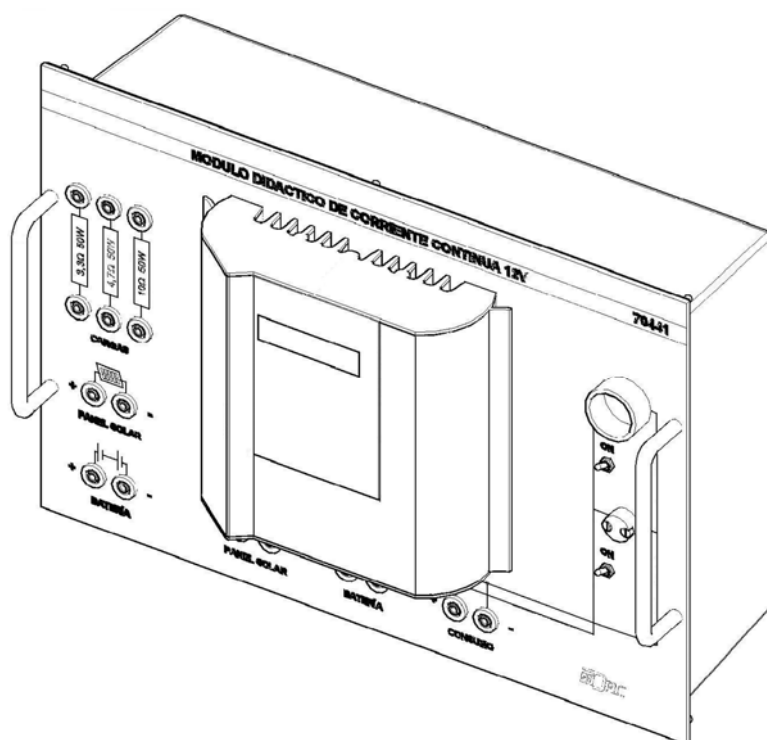
1.1.3. Módulo didáctico de corrente contínua ESF 70441

Este módulo está auto-contido. Pode encontrar neste módulo os elementos imprescindíveis para realizar a experiências práticas em corrente contínua.

Devido ao seu peso, tem duas pegas que facilitam a sua introdução e remoção do bastidor.

Na parte frontal do módulo, estão os bornes que permitem aceder ao painel solar, à bateria, às cargas resistivas, ao regulador de carga e aos porta-lâmpadas.

E na parte traseira do módulo liga-se o painel e a bateria.



O painel solar e a bateria ligam-se na parte posterior do módulo. Na parte frontal encontram-se os bornes que permitem o acesso aos referidos componentes.

As cargas são compostas por três resistências de potência (os seus valores são: 3,3 Ω /50W; 4,7 Ω /50W, 10 Ω /50W). Fazendo uma série de combinações entre elas (sozinhas, em série, em paralelo e em série-paralelo), obtém-se uma vasta gama de valores de carga.

MANUAL DE MANUSEAMENTO	1
COMPOSIÇÃO DO EQUIPAMENTO	1

O regulador de carga tem 6 pontos de contacto. Da esquerda para a direita: positivo e negativo do painel solar, positivo e negativo para bateria e positivo e negativo para consumo (12V)

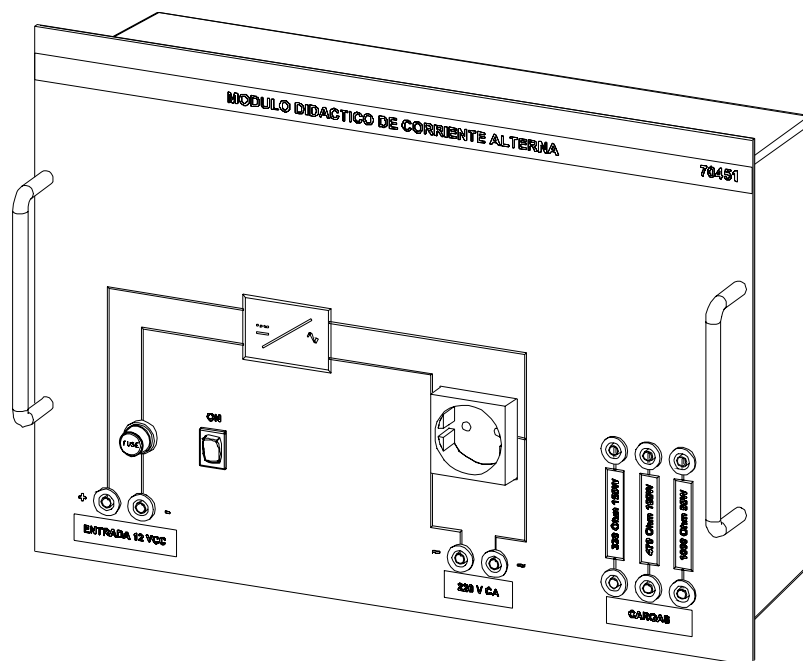
Deve ter especial atenção para não trocar estas ligações, dado que podem ocorrer avarias. Deve ser colocado o mais perto possível da bateria.

Este equipamento é programável por um jumper para se adaptar ao tipo de acumulador.

Os dois porta-lâmpadas; um para casquilho E27 e outro para lâmpadas halogéneas; estão ligados à saída de consumo (12V) do regulador de carga. Cada porta-lâmpadas tem um interruptor para a sua conexão ou desconexão da saída de consumo do regulador de carga.

1.1.4. Módulo didáctico de corrente alterna ESF 70451

O inversor contido neste módulo (modelo DC/AC CP-150) proporciona uma potência de saída de 150W. Devido ao seu peso, tem duas pegas que facilitam a sua introdução e remoção do bastidor.



Na parte direita do módulo existem três cargas de potência (os seus valores são: $330 \Omega / 150W$; $470 \Omega / 100W$, $1000 \Omega / 50W$). Fazendo uma série de combinações entre elas (sozinhas, em série, em paralelo e em série-paralelo), obtém-se uma ampla gama de valores de carga.

1	MANUAL DE MANUSEAMENTO
1	COMPOSIÇÃO DO EQUIPAMENTO

Este módulo tem uma ligação de segurança, o que impede o acesso com uma chave de parafusos ou com qualquer outro elemento condutor.

Tem de ter em conta

Este módulo deve ser colocado o mais perto possível do Módulo de corrente contínua ESF70441.

Tem de se certificar de que as grelhas de ventilação estão livres.

Deve procurar evitar que possíveis emissões de gás da bateria o possam afetar.

Deve ter especial atenção à polaridade dos cabos de entrada, uma vez que uma inversão dos mesmos vai fundir o fusível de protecção da entrada.

Ter atenção quando se tomarem medidas em corrente alternada e se manipularem as cargas. Se for necessário desligar o inversor.

Ventilador

Devido ao calor gerado no interior deste módulo e para facilitar a ventilação, incluiu-se um ventilador no lado direito e umas ranhuras na parte posterior do módulo.

O ventilador entra em funcionamento ao alimentar a 12VDC e desliga-se ao desligar esta alimentação. O efeito de carga deste ventilador é mínimo.

1.1.5. Bateria ESF 70471

Liga-se à parte posterior do *Módulo didáctico de corrente contínua*.

Verificações: Deve verificar a tensão com alguma periodicidade. Ao ser de Gel não é necessário realizar nenhum tipo de manutenção.

Manter os bornes sem sulfato protegendo-os com uma camada de vaselina neutra.

MANUAL DE MANUSEAMENTO	1
COMPOSIÇÃO DO EQUIPAMENTO	1

1.1.6. Conjunto de cabos ESF 70470

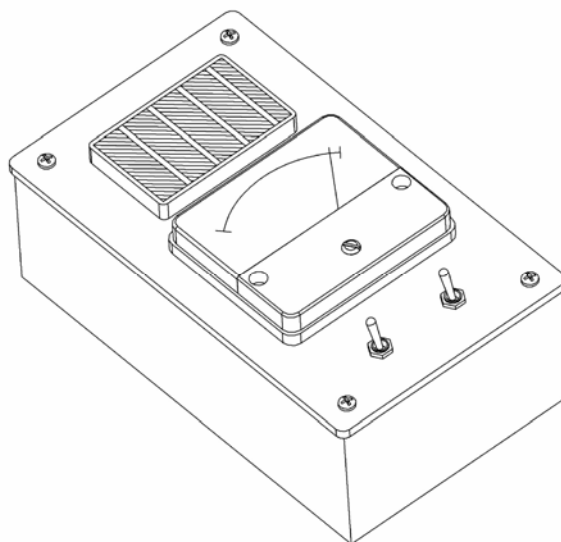
Existem dois tipos de cabos de ligação:

- Os cabos que ligam o painel solar e a bateria ao *Módulo didático de corrente contínua*.
- Os que permitem realizar as interligações entre as diversas partes de cada módulo e entre ambos os módulos.
Têm bananas de segurança em ambas as extremidades.

Todos os cabos têm o calibre adequado para as correntes máximas da instalação.

1.1.7. Medidor didático de energia solar SLM 7500

Este medidor solar tem duas escalas: 300 e 1000 W/m². É portátil e não necessita de pilhas. (Ver Anexo III para ampliar a informação).



1.2. PRECAUÇÕES A TER EM CONTA A MONTAGEM

Deve ter especial atenção para manter a polaridade correta.

A bateria deverá ser o primeiro componente a ligar e o último a ser desligado.

2 ESPECIFICAÇÕES

2. ESPECIFICAÇÕES

2.1. Módulos

- Todos os módulos têm conectores de 4 mm de segurança.
- O *Módulo didático de corrente contínua* tem conectores, na parte posterior, para ligar o painel solar e a bateria. Além disso, tem vários porta-lâmpadas e de cargas resistivas para realizar medidas em corrente contínua.
- O *Módulo didático de corrente alternada* tem cargas resistivas para realizar medidas em corrente alternada.

2.2. Painel solar

- O módulo solar é constituído por metades de células quadradas fotovoltaicas de silício monocristalino. De acordo com o modelo fornecido o número de metades de células é:

Modelo	A45	A50	A55	A66
Nº. de ½ células	32	36	36	36

- A célula base é de 6 polegadas e de alta eficácia. Este tipo de célula garante uma produção que se estende desde o amanhecer até ao anoitecer, aproveitando toda a potência útil possível que é fornecida pelo Sol.
- A alta tecnologia de construção e os materiais utilizados para esse efeito: Vidro temperado com baixo conteúdo de ferro, EVA e TEDLAR para o laminado e um forte suporte de alumínio anodizado; garante uma vida elevada destes módulos para todos os pequenos sistemas fotovoltaicos onde habitualmente são usados. Tudo isto, permite o perfeito funcionamento do sistema fotovoltaico mesmo em condições climáticas mais duras.
- O painel dispõe de uma caixa de ligações, para o terminal positivo e para o terminal negativo, tendo incorporados os correspondentes diodos de derivação que reduzem a possibilidade de perda de energia por sombras parciais de um ou vários módulos dentro de um conjunto, assim como as falhas elétricas por elas produzidas, que darão como resultado a avaria irreversível dos módulos.

Características elétricas	A-45	A-50	A-55	A-66
Potência (W em prova 10%)	45 W	50 W	55 W	66 W
Número 1/2 de células em série de 6"	32	36	36	36
Corrente no ponto de máxima potência	3,00 A	3,13 A	3,4 A	3,7 A
Tensão no ponto de máxima potência	15,00 V	16,00 V	16,20 V	17,80 V
Corrente de curto-circuito	3,20 A	3,50 A	3,7 A	4,05 A
Tensão de circuito aberto	18,00 V	20,00 V	20,50 V	22,25 V

Homologado segundo CEC-SPECIFICATION nº503 por el JRC de ISPRA

Características físicas	A-45	A-50	A-55	A-66
Comprimento	669 mm	778 mm	778 mm	778 mm
Largura	659 mm	659 mm	659 mm	659 mm
Espessura	35 mm	35 mm	35 mm	35 mm
Peso	6,2 Kg	6,5 Kg	6,2 Kg	6,2 Kg

Especificações em condições de prova standard de:

- 1000 W / m², temperatura da célula 25°C e massa ao ar de 1,5

2.3. Regulador de carga

O sistema de regulação e controlo da série LEO introduz a utilização do microcontrolador na gestão de um sistema fotovoltaico. A programação elaborada adapta-se às diferentes situações automaticamente, permitindo a modificação manual dos seus parâmetros de funcionamento e com memorização da instalação durante um tempo determinado. O design desta série de regulação responde a sistemas de pequena e média potência, não sendo necessária instrumentação adicional e se pretende implementar um completo sistema de regulação digital que seja fiável, de muito baixo consumo, flexível e de baixo custo.

O instalador pode seleccionar o funcionamento de baterias de chumbo-ácido ou gel na própria instalação de um jumper.

Funções incorporadas

O equipamento inclui as seguintes funções:

- Ajuste a flutuar carga alta e baixa, a carga de profundidade e modo noturno.
- Relés de estado sólido para carga e consumo.
- Protecção contra curto-circuitos com reativação automática na linha de consumo
- Display LCD para a leitura da intensidade de carga, a intensidade de descarga, a tensão de bateria e alarmes.

- Desconexão da saída de consumo por baixa tensão.
- Desconexão da entrada de painéis por alta tensão.
- Controlo protegido contra inversão de polaridade.
- Correção automática das tensões de ativação e reativação em função da temperatura, a capacidade da bateria e a corrente de carga.
- Cálculo das tensões de flutuação em função do estado de carga registrado durante os últimos dias.
- Seleção da capacidade da bateria instalada.
- Seleção do tipo de bateria.

Regulador de Carga

A carga-sistema de controle é de série do modelo em quatro fases: A carga de profundidade, a dinâmica de alta flutuação, linha de água baixa e modo noturno. Se o ácido de bateria usado é aplicado a cada 30 dias um programa para manter estes. Fazer ajustes compensado em temperatura, estado da bateria histórica capacidade da bateria, ao contrário de carga e as correntes de descarga.

A linha de carga de sistema de comutação usa um relé de estado sólido, que proporciona confiabilidade de operação e de duração muito superior aos sistemas eletromecânicos, em que o número de operações, estresse no trabalho e as condições ambientais afetam operação e reduzir significativamente a sua vida

Alarma por tensão alta

Dispõe de um sinal visual para indicar uma tensão elevada na bateria, por exemplo, uma situação de carga com um retificador auxiliar poderia fazer com que a tensão fosse mais elevada na bateria do que tecnicamente seria aconselhável. Esta situação poderia produzir um alarme por tensão alta. Uma vez solucionado o problema, o sinal luminoso apaga-se.

Alarma por tensão baixa

Dispõe de um sinal acústico e visual, utilizando o botão de leitura de tensão da bateria para desligar o alarme sonoro, permanecendo ligado o alarme visual. O sinal luminoso apaga-se quando a tensão de bateria atinge a tensão de reativação da saída de consumo. O sinal sonoro utilizado é do tipo piezoelétrico de baixo consumo.

Desconexão do Consumo

Tem uma linha de saída para o consumo do sistema fotovoltaico que incorpora uma protecção para evitar descargas profundas que interrompe o fornecimento de corrente quando a tensão do acumulador estiver excessivamente baixa durante um determinado tempo.

Quando alcançar a tensão nominal do sistema, substitui-se o fornecimento de corrente de forma automática. O instalador pode modificar a tensão de corte de consumo a partir do teclado na própria instalação.

Protecções

Embora se trate de um dispositivo de regulação simples, incluem-se as protecções necessárias que permitem garantir o funcionamento do equipamento em determinadas situações.

Curto-circuitos

A saída de consumo tem um sistema eletrónico de protecção contra curto-circuitos com reativação automática. Para prevenir o curto-circuito na linha de carga é necessário incluir a opção de diodo de bloqueio.

Proteção contra descarga excessiva

Regulador LEO10 protege a bateria contra descarga excessiva, estabelecendo um nível mínimo de carga (SOC), cerca de 20% da capacidade nominal da bateria. Se esse limite for ultrapassado, a saída de consumo é automaticamente desligado.

Sobretensões

Tem uma protecção contra sobretensões nas linhas de painel, bateria e consumo. Este tipo de protecção permite absorver sobretensões incluídas até um determinado nível, permite-nos garantir a protecção face à queda de um raio diretamente sobre a instalação ou sobretensões elevadas por indução.

Sobrecarga

O equipamento pode suportar sobrecargas de 100% durante períodos de curta duração. A protecção de curto-circuito não inclui a protecção de sobrecarga. Para ter uma protecção contra sobrecargas de longa duração, é necessário utilizar um fusível eletrónico opcional.

Inversão de polaridade

O equipamento permite a inversão de polaridade nas ligações dos três elementos, painel, bateria e consumo. Existem situações de ligação errada que não são inversões de polaridade, que podem provocar a avaria do equipamento, estas são:

- Curto-circuito na linha de painel sem a opção do diodo de bloqueio.
- Ligar a bateria nos bornes do painel
- Desligar a bateria estando ligados os painéis e o consumo
- Ligação de um positivo e um negativo da bateria sobre dois positivos ou sobre dois negativos.

Ligação eléctrica

O regulador tem um bloco de ligação na sua parte inferior devidamente identificado com os símbolos de cada linha.

Podem identificar-se as três linhas, Painel, Bateria e Consumo respectivamente com a polaridade indicada em cada uma delas.

Características eléctricas

Referencia	Modelos Bitensão 12/24V	
	LEO 10/16	LEO 10/25
Tensão de trabalho	12-24 V	12-24 V
Intensidade máxima linha de carga	16 A	25 A
Intensidade máxima linha consumo	16 A	25 A
Consumo típico	15 mA	

Tensões de manobra por defeito

		Modelos Bitensão 12/24V	
		12 V	24 V
C H U M B O -	Tensão final de carga a 25° C	14,5V	29 V
	Intervalo de flutuação a 25°C	13,6-13,9 V	27,2 V-27,8 V
	Tensão de reativação de consumo a 25°C	12,4 V	24.8 V

À C I D O	Desconexão à saída de consumo a 25° C	11,6 V	23,2 V
-----------------------	---------------------------------------	--------	--------

Características físicas

A caixa tem uma base metálica de alumínio com uma cobertura de alumínio injectado. A cobertura é de policarbonato com um visor LCD de 16 caracteres alfanuméricos e 2 linhas.

Dimensões :

Largura :	200 mm
Altura:	180 mm
Profundidade:	63 mm
Peso aprox,:	1,25 Kilogramas

2.4. Bateria

Entre os diversos sistemas de acumulação, convém destacar as **baterias de Gel**. Entre as suas vantagens destacam-se:

- Não há necessidade de manutenção. O uso de Gel elimina esta necessidade, uma vez que não tem de manter a densidade do electrólito dentro das margens tal como acontece com as baterias estacionárias.
- Facilidade de funcionamento. Pode ser transportada com segurança porque não há perigo de derrame de nenhum tipo de líquido. O que permite coloca-las em qualquer posição.
- Permite descarga profunda. Assim como a sua recuperação sem afeitar o rendimento da bateria.
- Podem armazenar-se totalmente carregadas durante um longo período de tempo, sem necessidade de as recarregar.

Outro tipo de bateria muito utilizado em instalações solares são as **baterias estacionarias** que também são adequadas para usos fotovoltaicos. Tal como acontece com as baterias de Gel, apresentam uma excepcional capacidade de funcionamento em regimes de carga e descarga lenta, assim como uma vida muito dilatada. Os inconvenientes que apresentam relativamente às baterias de Gel são :

- Necessitam de manutenção.
- Têm de ser tomadas medidas de prevenção para o transporte a fim de evitar derrames .

Entre os diferentes tipos que são comercializados:

- Monobloco (É a que é fornecida e é de 12 V 110Ah/5h).
- Elementos de 2V translúcidos (TSE).
- Elementos de 2V transparentes (EAN).

A diferença entre os acumuladores monobloco e os compostos por elementos soltos está na facilidade de substituição dos referidos elementos em caso de avaria, assim como uma maior capacidade de reserva do electrólito, o que faz com que a manutenção tenha de ser constante. Pelo contrário, as monobloco têm a vantagem do pouco espaço que ocupam, assim como uma maior rapidez na sua instalação, sendo muito robustas e compactas.

Instruções de utilização e manutenção das Baterias Estacionárias

Tensão da bateria.

A tensão em circuito aberto oscila entre 2,04 e 2,09 V por elemento, de acordo com a densidade do electrólito e pressupondo que a bateria está totalmente carregada.

Densidade do electrólito

Nas baterias tubulares são usadas densidades compreendidas entre 1,24 y 1,26 gr/cm³.

Estes valores correspondem à bateria totalmente carregada, a uma temperatura de 25°C. A densidade do electrólito é um dos dados mais fiáveis para avaliar o estado de carga de um acumulador de chumbo, uma vez que existe uma relação quase linear entre ambas as magnitudes.

Enchimento

Uma das operações básicas da manutenção das baterias de acumuladores é o enchimento dos diferentes elementos com água sem impurezas, mantendo o nível do electrólito dentro dos limites claramente determinados marcados nos vasos transparentes ou translúcidos das baterias. A água a usar para o enchimento dos elementos de uma bateria de chumbo deve ser desmineralizada ou destilada.

Se o nível do electrólito num elemento for suficientemente baixo para deixar a descoberto as suas placas, estas vão ficar sulfatadas ao entrar em contacto com o ar num breve espaço de tempo, ficando assim inutilizado.

Se o nível for excessivamente alto atingir o orifício de ventilação dos tampões e ser expulso sendo arrastado pelos gases, que na última fase de carga podem ser produzidos na bateria.

A causa principal da perda de água é muito pequena. A necessidade de completar com muita frequência o nível do electrólito é sinal evidente de que está submetido habitualmente a uma carga excessiva, sendo que o valor da tensão de flutuação é excessivo e convém reduzi-lo.

Tem de fazer o enchimento com o auxilio de um funil e um jarro de plástico, vidro ou ebonite, mas em caso algum poder ser um jarro metálico ou atacável pelo ácido sulfúrico.

Localização

A temperatura ambiente recomendável no local da instalação encontra-se entre 15 y 25°C. Se a temperatura for mais elevada vai diminuir a vida útil da bateria, pelo que se aconselha que não ultrapasse os 38°C. Se a temperatura for mais baixa, ocorre uma diminuição da capacidade, pelo que deve aumentar a capacidade ao calcular o acumulador.

Práticas periódicas de manutenção e controlo

Deve verificar periodicamente:

- **A Voltagem** total da bateria.
- **O nível do electrólito** em cada um dos elementos, adicionando água purificada nos elementos cujo nível esteja abaixo do nível admissível.
- **A densidade** do electrólito em cada um dos elementos da bateria.
- **O aspecto exterior da bateria**, certificando-se de que os recipientes não têm nenhuma fissura que possa afeitar o seu funcionamento, nem existem fugas de electrólito. Manter os bornes e terminais sem sulfato e revestidos com uma camada de vaselina neutra.

2.5. Inversor (conversor)

O conversor CP150 é um equipamento desenhado para transformar a corrente contínua de 12Vcc em corrente alterna de 220Vca, com uma capacidade máxima de 150W em regime contínuo.

As aplicações deste equipamento são muito variadas, sendo muito útil em sectores como energia solar fotovoltaica, náutica, sistemas de emergência, caravanas e em geral, onde exista uma bateria e possa ser necessária a corrente alterna convencional.

As suas aplicações podem alargar-se a TV a cores, iluminação com lâmpadas de baixo consumo, moinhos de café, batedeiras, máquinas de barbear, equipamentos de música, ventiladores, pequenos computadores, rádio, etc.

Em sistemas de emergência, este conversor pode ser utilizado para fornecer 220V-50Hz e 150W de potência face a um corte do fornecimento elétrico convencional. Para esta situação, o sistema será composto pelo conversor, um acumulador e um equipamento retificador-carregador de bateria.

Protecções contra sobrecargas e curto-circuitos

O CP150 permite pontas de arranque de até 300W, trabalhando os seus sistemas transitórios a 25% em condições nominais.

Além disso incorpora uma protecção contra sobrecargas. Se a potência exigida for superior a 170W, baixa a sua tensão de saída e reduz a potência fornecida para evitar excessos de temperatura que ponham fim à vida do conversor.

Também pode suportar curto-circuitos durante mais de dois minutos sem provocar uma avaria da sua etapa de potência.

Estas condições, sobrecargas e curto-circuitos, não estão assinalados na parte da frente do equipamento.

Características eléctricas

• De tipo de onda quadrada modulada	
• Potência nominal	150 W
• Tensão nominal de entrada	12Vcc
• Tensão nominal de saída	220Vca
• Frequência de saída	50 Hz
• Consumo em vazio	8 W
• Capacidade da ponta de arranque	300 W
• Sobrecarga admissível em 5 seg.	200 %
• Rendimento em plena carga	>90%
• Variações da tensão de entrada	+25% -15%
• Variações da tensão de saída	± 7 %
• Variações da frequência de saída	± 2 %
• Fusível de protecção de entrada	incluído

Instruções de instalação

Para conseguir obter o máximo rendimento do equipamento é muito importante seguir detalhadamente as instruções de instalação.

Localização

A localização adequada para a instalação do conversor deve cumprir os seguintes requisitos

- Temperatura ambiente inferior a 40°C.
- Lugar seco protegido das intempéries.
- O mais próximo possível do regulador de carga.
- Sem emissão de gases das baterias.
- As grelhas de ventilação não devem ficar tapadas.

Ligação elétrica

A secção dos condutores entre a bateria e o conversor deve ser a adequada em função do comprimento da linha. A entrada de corrente contínua pode cegar a condutor 15 A, o que pressupõe grandes quedas de tensão se não forem usadas as secções corretas, reduzindo o rendimento e inclusive danificando o conversor ao receber a tensão de entrada fora da margem permitida.

Por este motivo, o conversor deve situar-se o mais próximo possível do Regulador de Carga.

Para estar dentro dos valores de queda de tensão admissíveis na entrada de corrente contínua, devem usar-se as seguintes secções:

	CP 150W - 12V
Até 3 metros	6 mm ²
Até 5 metros	10 mm ²
Até 12 metros	16 mm ²

O condutor utilizado deve ter terminais para a sua fixação aos bornes do conversor. Um mau contacto poder ser a causa de quedas de tensão importantes, bem como provocar aquecimentos.

A linha de corrente alterna a 220V não apresenta problemas de quedas importantes. Pode usar 1,5 mm² de secção para instalações de comprimentos de até 40 metros e de 2,5 mm² para distâncias maiores.

Antes de fazer a ligação aos bornes de entrada de corrente da bateria, **verificar a polaridade dos cabos**. Uma inversão de polaridade vai fundir o fusível na entrada.

Instruções de utilização e manutenção

Na parte frontal estão localizados todos os elementos de ligação e manobra. Para o seu funcionamento, é necessário ligar a entrada de corrente contínua aos bornes indicados com (+) e (-) respectivamente.

Esta ligação deve ser realizada com o interruptor de colocação em funcionamento posição **OFF**. Ligada a entrada de corrente contínua, ao acionar o interruptor de colocação em funcionamento, o equipamento está preparado para alimentar as cargas que estejam ligada na sua saída de 220V.

O conversor tem um pequeno consumo ao estar ligado em vazio pelo que é conveniente voltar à posição **OFF** uma vez finalizada a sua utilização a 220V.

Este equipamento não necessita manutenção para proporcionar um funcionamento prolongado durante anos.

Cargas indutivas

As cargas indutivas ligadas ao conversor produzem uma corrente reativa que pode afetar o funcionamento do conjunto. Esta corrente reativa pode ser mínima instalando em cada ponto de consumo um condensador adequado que compense o factor de potência.

Para conseguir obter um maior rendimento e melhorar o funcionamento do equipamento, sempre que se liguem cargas indutivas deve incluir o seu condensador correspondente.

3 MANUAL DE PRÁCTICAS

Autores : Jaume Martin Yepes

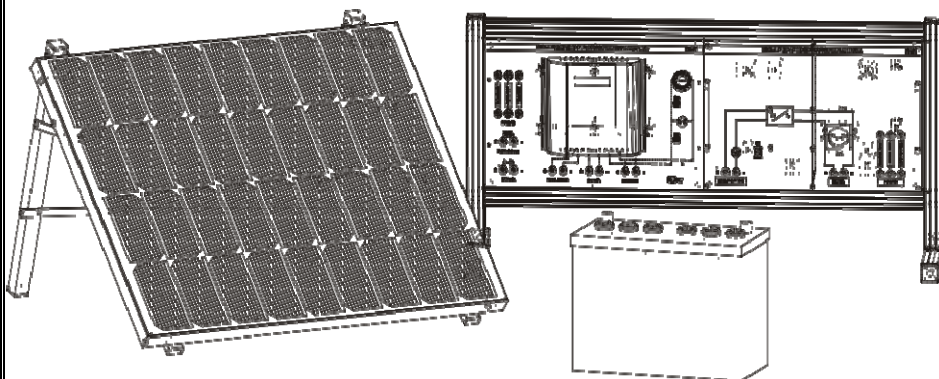
Carlos Olartecoechea Iturbe

3 MANUAL DE PRÁTICAS

- Fichas de aluno**

OBJECTIVOS

- Conhecer os componentes básicos de uma instalação fotovoltaica.
- Identificar e conhecer cada uma das peças do simulador fotovoltaico SIDAC.

DESENHO CONSTRUTIVO

DESCRIÇÃO
Painel solar (Conjunto Didáctico Painel Solar Fotovoltaico ESF 740422)

- Módulo solar fotovoltaico de silício monocristalino (ver a seguinte tabela de acordo com o painel fornecido)

MODELO	A-45	A-50	A-55
POTENCIA	45 W	50 W	55 W
CORRIENTE	3 A	3,13 A	3,4 W

Regulador de carga (Módulo Didáctico de corrente continua ESF 70441)

- Regulador de 12 Vcc de tecnologia digital. Com amperímetro e voltímetro incorporado. Sonda de temperatura interna. Corretor automático dos níveis de carga.

Bateria estacionária ESF 70471

- Bateria monobloco estacionária de 108 Ah. Descarga em 5h

Conversor / Inversor (Módulo Didáctico de corrente alterna ESF 70451)

- De tipo de onda quadrada modulada. Potencia nominal: 150W. Tensão nominal de entrada: 12 v. Tensão nominal de saída: 220 Vca. Freqüência de saída: 50Hz. Consumo em vazio: 8 W. Capacidade da ponta de arranque: 300 W. Sobrecarga permitida (durante 5 seg.): 300 W. Rendimento em plena carga: >90%.

QUESTIONÁRIO

- 1) Por quantas células fotovoltaicas é constituído o painel solar?.
- 2) Calcule a superfície de uma das células.
- 3) Calcule a intensidade e a potência eléctrica que gera uma célula do painel sabendo que a intensidade solar luminosa máxima é de 100 mW/cm² e o valor máximo de tensão eléctrica da célula é de 0,5 V e o seu rendimento de 12%.
- 4) Quantas baterias estacionárias de 2 volts têm de ser ligadas para obter uma tensão de trabalho de 48 Vcc? De que forma deve ligá-las em série ou em paralelo?.

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

Com um comprovador de continuidade tem de identificar no *Módulo didáctico de corrente continua*, cada borne com:

- Os bornes dos componentes da tampa posterior (Ligações do painel e da bateria).
- A sua correspondente ligação no regulador.

Com um ohmímetro para medir as cargas no *Módulo didáctico de corrente continua* e *Módulo didáctico de corrente alterna*.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV01-2

2/3

ACTIVIDADE: Descrição do simulador fotovoltaico e os seus componentes

TEMPO: 1 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV01-3

ACTIVIDADE: Descrição do simulador fotovoltaico e os seus componentes

TEMPO: 1 h.

3/3

ANEXO

Painéis fotovoltaicos

São elementos de geração eléctrica. São formados por um número variável de células fotovoltaicas ligadas em série e/ou paralelo para poder produzir uma tensão nominal de 12 volts. As células estão encapsuladas entre uma lâmina plástica por trás e um revestimento transparente na frente. Todo o conjunto está fechado por uma caixa periférica metálica, com a qual fica um conjunto estanque protegido da humidade.

Os painéis fotovoltaicos devem estar orientados sempre para Sul. A inclinação com que têm de ser instalados depende da latitude da localização. Pode variar desde a horizontalidade do equador até à verticalidade dos pólos. Se tiverem de ficar fixos é melhor escolher a inclinação óptima de inverno.

Regulador

A função deste aparelho é proteger as baterias contra a sobrecarga e a descarga excessiva. No primeiro caso, coloca as placas em curto-circuito e corta a passagem de corrente para as baterias. No segundo caso, avisa o consumidor a través de um alarme que indica que a tensão das baterias vai começar a descer abaixo do nível de segurança, ou seja, em alguns modelos, corta o fornecimento se o consumo continuar sem que haja carga suficiente. Também actuam como indicadores do estado de carga das baterias, da intensidade de corrente de carga das baterias e do consumo.

Um bom sistema de regulação não só permite aproveitar ao máximo a energia fornecida pelas placas fotovoltaicas mas também é essencial para garantir uma boa protecção e utilização das baterias.

Baterias

Como a intensidade solar varia durante o dia é necessário armazenar a energia eléctrica gerada. Para isso, habitualmente são usadas baterias, que é o sistema mais eficaz e económico. As instalações fotovoltaicas utilizam normalmente baterias estacionárias com recipientes independentes de 2 V que ligados em série, oferecem a tensão de trabalho adequada. A capacidade de armazenamento de electricidade necessária é calculada com base no consumo diário estimado e do número de dias de autonomia que se considere tendo em conta o número máximo de dias nublados que pode fazer no clima normal da zona. A esse resultado tem de se adicionar a fracção de capacidade de carga ou carga residual, abaixo da qual não pode descer.

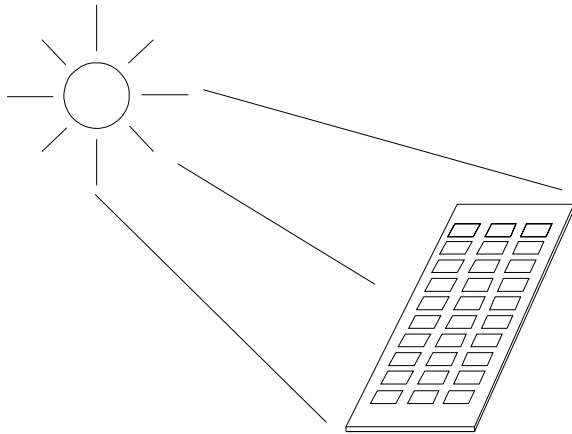
A vida activa da bateria vai depender da boa utilização e da qualidade do sistema de regulação de carga e descarga. A bateria nunca deve ser descarregada abaixo dos 80% da sua carga e periodicamente deve usar a carga completa. É importante que o dimensionamento placas-baterias, relativamente ao consumo, seja correto já que um excesso da capacidade de armazenamento pode significar que nunca se fez a carga completa, o que irá prejudicar as baterias. Caso contrário, ou seja uma capacidade de armazenamento muito baixa, equivale a correr o risco de ficar sem electricidade em períodos de mau tempo.

Conversor

A maior parte dos eletrodomésticos são concebidos para trabalhar em corrente alterna sinusoidal de 50 Hz e 220 V. Habitualmente a transformação da corrente continua das baterias (12, 24 ou 48 V) para alterna (220 V) é feita através de um aparelho eletrónico denominado ondulator, inversor ou conversor, que pode produzir uma onda sinusoidal ou quadrada.

OBJECTIVOS

- Verificar a intensidade do curto-circuito do painel solar
- Verificar a tensão de circuito aberto do painel solar

ILUMINAÇÃO DO PAINEL

DESCRIÇÃO

- Para obter a I_{cc} , deve medir a intensidade com um amperímetro ligado diretamente à saída do painel, sem carga.
- Para obter a V_o , deve medir a tensão com um voltímetro ligado diretamente à saída do painel, sem carga.

QUESTIONÁRIO

- 1) Qual o rendimento (%) que terá uma célula de 100 mm de diâmetro cuja intensidade máxima produzida é de 2,5 A e está exposta a uma radiação luminosa de $100\text{mW}/\text{cm}^2$?
- 2) Que intensidade pode produzir uma célula de 150 mm de diâmetro, que tem um rendimento de 12% e que está exposta a uma radiação de $75\text{ mW}/\text{cm}^2$?
- 3) Qual será a tensão de dois grupos de células em série que tenham sido ligados em?
- 4) Conhecendo a tensão de circuito aberto do painel fotovoltaico do equipamento, calcular quantas placas são necessárias para gerar 150 Vcc?. ¿De que maneira vão ser ligadas?

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- a) Orientar o painel para a fonte luminosa.
- b) Ligar o painel ao simulador.
- c) Ligar o amperímetro à saída do painel do simulador.
- d) Realizar a medição.
- e) Ligar o voltímetro à saída do painel do simulador.
- f) Realizar a medição.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV02-2

2/3

ACTIVIDADE: Verificação da tensão de circuito aberto e a intensidade de curto-circuito do painel fotovoltaico

TEMPO: 1,5 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

- Obter a I_{cc} e a V_o com diferentes valores de radiação. Tirar conclusões



UNIDADE DIDÁTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV02-3

3/3

ACTIVIDADE: Verificação da tensão de circuito aberto e a intensidade de curto-circuito do painel fotovoltaico

TEMPO: 1,5 h.

ANEXO

Intensidade de curto-circuito I_{cc}

É aquela que é produzida com tensão zero e pode-se medir com um amperímetro ligado diretamente à saída do painel fotovoltaico. O seu valor pode variar em função da superfície das células e da radiação luminosa que estas recebem.

Para células de 100 mm de diâmetro, o seu valor está próximo dos 2,5 amperes para uma radiação de 100 mW/cm^2 .

Tensão de circuito aberto V_o

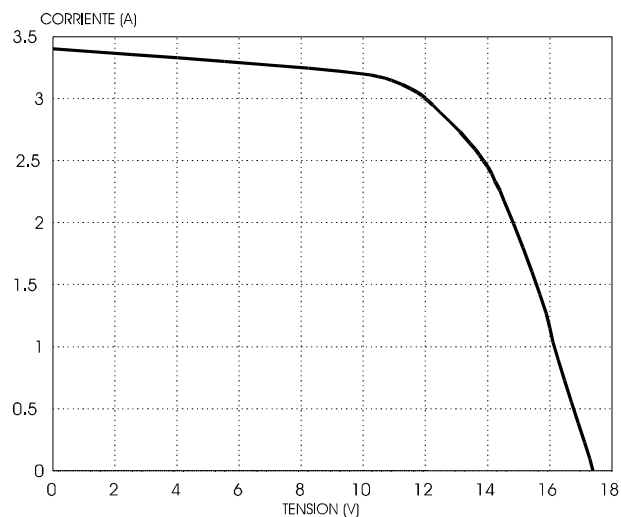
É a tensão máxima resultante sem que exista nenhuma carga ligada à placa. A sua medição é feita ligando um voltímetro diretamente aos bornes da placa fotovoltaica. O seu valor oscila em cerca de 0,5 V por cada célula da placa e a tensão total vai depender do número de células que esta tenha,

OBJECTIVOS

- Calcular o ponto de potência máxima do painel.
- Obter o índice de qualidade do painel com base no parâmetro do factor de forma.

DESCRIÇÃO

- Para calcular o ponto de potência máxima do painel deve fazer uma curva (I,V) a partir dos pares de valores obtidos para diferentes cargas desde vazio a curto-circuito.
- Uma vez obtido o ponto de potência máxima, vai obter o factor de forma que indica a qualidade das células do painel fotovoltaico.

CURVA (I,V)

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- Orientar o painel para a fonte luminosa
- Ligar o painel ao simulador
- Adicionar uma resistência variável de 3,3 Ω a 100 Ω/4 A, nos bornes de geração. Ligar um voltímetro e um amperímetro a esses bornes
- Variar a resistência, desde o seu valor máximo até ao seu valor mínimo, realizando 15 ou mais medições (I,V) de forma gradual
- Com os valores obtidos, realizar o gráfico na secção “Desenho construtivo”
- Retirar da atividade 2 o valor obtido da corrente do painel em curto-circuito.
- Retirar da atividade 2 o valor da tensão do painel em circuito aberto.
- Obter o produto dos pares de valores (I,V).
- Obter o par de valores (I,V) da curva, cujo produto é máximo.
- Calcular o factor de forma (FF) a partir dos valores obtidos e dos valores recuperados através da fórmula

QUESTIONÁRIO

- Dado um valor de factor de forma 0,7 de outro painel, compará-lo com o valor do ensaio e deduzir qual dos dois é de melhor qualidade.
- Partindo do princípio de que não dispõe da resistência variável, que valores de resistência fixa deve ter para poder realizar o gráfico?
- Se a resistência volta ao valor zero, poderá prejudicar o painel?. Explicar a resposta.
- A qualidade da placa varia com a radiação solar?

$$FF = \frac{I_p V_p}{I_{cc} V_o}$$

Ver anexo

- Verificar se o valor obtido se ajusta ao valor de qualidade das células comerciais.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV03-2

2/3

ACTIVIDADE: Verificação da qualidade do painel fotovoltaico

TEMPO: 3 h.

DESENHO CONSTRUTIVO

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

- Obter O FF para diferentes valores de radiação. Comparar os resultados.

ANEXO
Potência de pico Wp

É a potência eléctrica máxima que pode fornecer a uma célula ou painel solar para um valor de radiação concreto. Define-se pelo ponto da curva I,V onde o produto da intensidade produzida e a tensão é máximo. Todos os pontos restantes da curva geram valores inferiores do referido produto. $Wp=Vp \cdot Ip$

Factor de forma FF

É um valor variável entre zero e um. Quanto mais este valor se aproximar da unidade maior qualidade terá a célula. Define-se através de expressão:

$$FF = \frac{Ip Vp}{Icc Vo}$$

Onde:

- FF = factor de forma
- I_p = Intensidade que define a potência pico
- V_p = Tensão que define a potência pico
- I_{cc} = Intensidade de curto-circuito do painel
- V_o = Tensão de vazio do painel

Normalmente nas células comerciais o FF está compreendido entre 0,7 e 0,8, tendo as de silício monocristalino melhor valor que as fabricadas com silício policristalino.

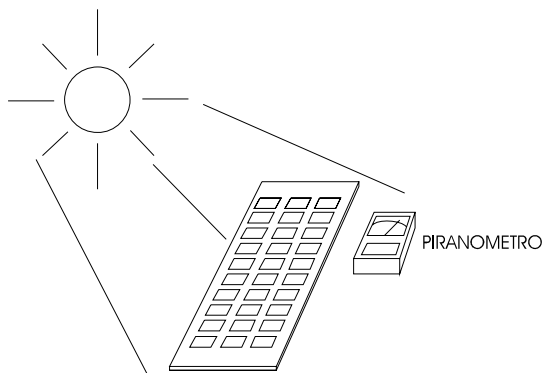
O factor de forma é um parâmetro de grande utilidade prática uma vez que ao ser avaliado com o de outro tipo de célula nos dá uma ideia da sua qualidade .

OBJECTIVOS

- Obter o rendimento do painel fotovoltaico
- Diferenciar entre qualidade e rendimento de um célula fotovoltaica
- Saber converter a radiação incidente de calorías/cm² minuto a W/m²

DESCRIÇÃO

- Para calcular o rendimento de uma célula ou painel fotovoltaico deve relacionar a potência de pico com a potência de radiação incidente sobre a célula ou painel solar.
- O valor da potência da radiação incidente será dado por tabelas ou gráficos que reflectem o lugar, a época do ano e a hora em que se faz a medição. Também se pode medir com um piranómetro. Ver anexo (a). A potência de pico já foi obtida na atividade anterior.

DESENHO CONSTRUTIVO

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- Recuperar da atividade 3 o valor obtido a potência de pico Wp.
- Recuperar da atividade 1 o valor da superfície útil do painel
- Procurar a potência de radiação incidente numa tabela, num gráfico ou fazer a medição com um piranómetro.
- Fazer as conversões de unidades se for necessário
- Obter o rendimento (η) a partir dos valores obtidos e os valores recuperados através da fórmula.

$$\eta = \frac{W_p}{W_r} \cdot 100$$

QUESTIONÁRIO

- Um rendimento de 25% é um valor alto ou baixo para uma célula monocristalina? Explicar a resposta.
- Uma célula de muito alta qualidade pode ter um rendimento superior a um? Explicar a resposta.
- O rendimento é um factor dependente de:
 - O tempo de exposição?
 - A superfície do painel?
 Explicar as respostas.
- Classificar os diferentes tipos de células em função dos seus rendimentos. Explicar as respostas.
- A temperatura do painel tem alguma influência no rendimento do mesmo?

Ver anexo 1

- Verificar se o valor obtido se ajusta aos valores de rendimento das células comerciais.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV04-2

2/4

ACTIVIDADE: Rendimento de um painel ou célula fotovoltaica

TEMPO: 2 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

- Obter o rendimento para diferentes valores de radiação. Comparar os resultados.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV04-3

ACTIVIDADE: Rendimento de um painel ou célula fotovoltaica

TEMPO: 2 h.

3/4

ANEXO 1

Radiação incidente.

Para ser precisos, a radiação incidente deve ser obtida no mesmo momento em que se calculam os pares de valores (I,V) para o cálculo do FF. Se se considerar a radiação incidente das tabelas, os valores que estas indicam podem não reflectir a radiação real desse momento, dado que estas são calculadas com base na média máxima de cada período indicado. A forma mais correta de realizar a medição será usando um piranómetro, embora a disponibilidade deste aparelho seja pouco frequente

Rendimento de uma célula ou painel solar

É um factor que relaciona a potência útil ou produzida por este painel com a potência de entrada ou radiação incidente. É variável em função da insolação. O rendimento standard da célula é calculado por isso para condições concretas de insolação: 1000 W/m².

Rendimento

É um valor variável entre zero e um. Quanto mais se aproximar da unidade maior rendimento terá a célula.

Define-se a través da expressão:

$$\eta = \frac{W_p}{W_r} \cdot 100$$

Onde:

η = Rendimento

W_p = Potência de pico

W_r = Potência da radiação incidente sobre a superfície útil do painel

Normalmente nas células comerciais η está compreendido entre 10% que corresponde às de silício policristalino e 14% das silício monocristalino. As de arsenieto de gálio têm um rendimento de cerca de 27%. Parece lógico pensar que estas últimas seriam as mais indicadas APRA o fabrico de painéis devido ao seu alto rendimento, mas o problema principal está em que este material é raro e pouco abundante. Actualmente está em fase de experimentação e não se fabrica de forma industrial.

O rendimento resulta num parâmetro de grande utilidade prática já que, ao ser avaliado, dá a ideia da eficácia de um tipo de célula.

ANEXO 2
Transformação de unidades

É usual dar o valor da radiação incidente em $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ e também em W/m^2 existindo a seguinte relação entre eles:

a) Transformação dos valores em W/m^2 a $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{min}$

1 Julio = 0,24 cal.

$$1\text{W} = \frac{1\text{J}}{\text{s}} = \frac{0,24\text{cal}}{\text{s}} = \frac{0,24 \cdot 60\text{cal}}{\text{min}}$$

$$\frac{1\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{0,24 \cdot 60\text{cal}}{\text{min} \cdot \text{m}^2} = \frac{0,24 \cdot 60\text{cal}}{\text{min} \cdot 10^4 \cdot \text{cm}^2}$$

e por tanto, obtendo convenientemente esta igualdade

$$\frac{1\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min.}} = \frac{694,4\text{W}}{\text{m}^2}$$

e

$$\frac{1\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{0,00144\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min.}}$$

b) Transformação de J/m^2 a $\text{W} \cdot \text{h/m}^2$

$$1\text{ Julio} = 1\text{W} \cdot \text{s}$$

$$3600\text{ H} = 1\text{W} \cdot \text{h}$$

$$\frac{3600\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{1\text{W} \cdot \text{h}}{\text{m}^2}$$

**UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

CÓDIGO: ASFV05-1

1/2

ACTIVIDADE: Ligação e colocação em funcionamento de uma instalação completa de energia solar fotovoltaica.

TEMPO: 3 h.

OBJECTIVOS

- Conhecer a função de cada um dos elementos que constituem o equipamento
- Saber interligar todos os elementos mantendo a seqüência descrita
- Saber realizar a colocação em funcionamento e comprovação de funcionamento do equipamento
- Familiarizar-se com a interpretação da informação técnica.

DESCRIÇÃO

- Ligação de todo o equipamento e verificação do seu bom funcionamento.
- Leitura e interpretação dos catálogos fornecidos pelos fabricantes.

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- a) Ligação do equipamento seguindo a seguinte seqüência :
- 1) Ligar o painel solar e a bateria ao seu módulo correspondente.
 - 2) Ligar com as bananas a saída da regulação ao acumulador. Verificar sempre a polaridade.
 - 3) Premir a tecla **V** do regulador e confirmar que indica uma tensão próxima à da bateria.
 - 4) Ligar a saída de consumo da regulação à entrada do conversor e aos consumos em CC. Verificar se funcionam em CA e CC.
 - 5) Ligar a entrada do regulador ao painel gerador. Se existir radiação suficiente e se estiver em fase de carga (1 led iluminado), e confirmar que há intensidade de entrada sempre que não exista nenhum consumo ligado.
- b) Verificação do bom funcionamento do conjunto
- Ver as leituras de tensão e a intensidade que indica o visor do regulador. Verificar que carrega a bateria. Observar se entra intensidade.
- c) Ligar uma carga de 100W, em cc ou em ca, e verificar no regulador a magnitude da intensidade de consumo.
- d) Leitura da informação técnica sobre o regulador.
- e) Leitura da informação técnica sobre o conversor.

QUESTIONÁRIO

- 1) Seria correcto ligar a entrada do regulador directamente aos bornes da bateria?. Explicar a resposta.
- 2) O que iria ocorrer no caso de o painel não indicar intensidade suficiente para carregar a bateria e houvesse consumo?. E se não houver consumo?
- 3) Será possível ligar uma TV com um consumo de 230W á saída do conversor?. Porquê?.
- 4) É de noite e está alimentar-se um consumo de 20W, se a bateria estiver descarregada em 70% da sua capacidade:
 - a) Como actua o regulador?
 - b) E se for de dia com uma radiação máxima?
- 5) Será correto ligar aos bornes do conversor um transformador em vazio que representa-se uma carga de 50 W?



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV05-2

2/2

ACTIVIDADE: Ligação e colocação em funcionamento de uma instalação completa de energia solar fotovoltaica.

TEMPO: 3 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

- Ver com um osciloscópio a forma de onda de saída do conversor quando alimenta uma carga resistiva.
- Repetir a operação com uma carga indutiva.
- Tirar conclusões

OBJECTIVOS

- Estudar a produção de energia relativamente à posição do painel e à da radiação solar incidente
- Determinar os valores de orientação geográfica e de inclinação sobre o horizonte para uma produção de energia solar fotovoltaica próxima da máxima

DESCRIÇÃO

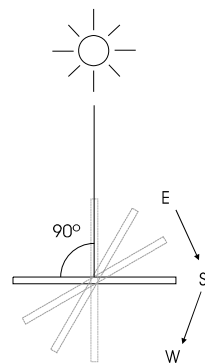
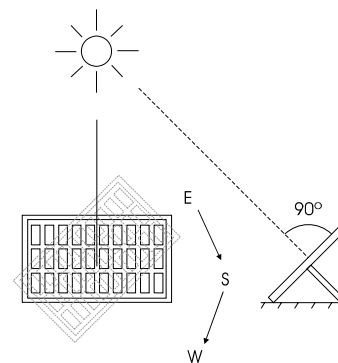
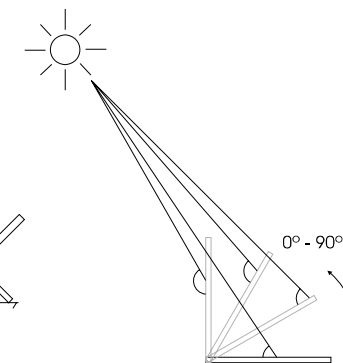
- Para a observação dos efeitos do ângulo da radiação sobre o painel, move-se este fazendo rodar o painel entre 0° e 90° de inclinação sobre o horizonte (Fig. 2). Noutra manobra semelhante move-se o painel de Este para Oeste geográfico passando pelo Sul (Fig. 1^a). Em ambos os casos os movimento serão feitos em aumentos de 10°
- Sobre uma resistência constante de 10Ω que permita a passagem de uma intensidade de $4 A$, serão medidos os diferentes pares de valores de V e I que permitem calcular a potência em cada caso.

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- Deixar ligada apenas a resistência nos bornes da geração. Retirar todas as outras ligações
- Com o painel colocado com uma inclinação sobre o horizonte perpendicular ao sol (Fig. 1 b), variar a orientação do. Este geográfico para ao Oeste, passando por Sul, em incrementos de 10° . Em cada orientação serão medidos os valores de tensão e intensidade e calcula-se a potência emitida pelo painel
- Para uma orientação geográfica do painel perpendicular ao sol, variar a inclinação sobre o horizonte de 0° até 90° , em incrementos de 10° (Fig. 2) . Em cada posição medem-se os valores de tensão e intensidade e calcula-se a potência emitida pelo painel
- Colocar o painel de costas para o sol e novamente medir a tensão e intensidade. Calcular a potência.

QUESTIONÁRIO

- Para a posição do painel de costas para o sol, comprovou-se que existe produção. Explicar a que se deve se os raios solares não lhe tocam.
- Qual é a posição adequada do painel relativamente ao sol que permite a máxima produção?
- Entre que valores do ângulo, tanto geográfico como de inclinação sobre o horizonte, se pode mover o painel para que a produção seja aceitável?. Margem aceitável da diminuição da radiação: 5%
- Partindo do princípio que fabricar um painel com duas posições fixas de inclinação sobre o horizonte com o objetivo de otimizar a produção que orientação e inclinação sobre o horizonte seriam as mais corretas se o painel estiver em Barcelona no Inverno? E se fosse Verão?. Em que época se fará a mudança da posição?.


FIG. 1

b)

FIG. 2

**UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

CÓDIGO: ASFV06-2

2/3

ACTIVIDADE: Variação da produção do painel dependendo do ângulo do sol sobre o horizonte e da orientação azimutal

TEMPO: 3 h.

ESQUEMA / MONTAGEM**MATERIAIS****INSTRUMENTAÇÃO****OUTROS RECURSOS****PROPOSTA DE TRABALHOS**

- Analisar as tabelas de radiação e deduzir qual é a inclinação mais adequada para cada mês do ano.
- Numa tabela de radiação diária, procurar, para cada mês, a hora em que a radiação é máxima. Ver anexo.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV06-3

3/3

ACTIVIDADE: Variação da produção do painel dependendo do ângulo do sol sobre o horizonte e da orientação azimutal.

TEMPO: 3 h.

ANEXO

Azimute: Arco de horizonte contado desde o ponto cardinal Norte ou Sul para a vertical do astro. No hemisfério Norte conta-se a partir do Sul e no hemisfério Sul conta-se a partir do Norte.

Tabela da radiação diária. Província de Castellón. Unidades kJ/m²

Inclinação 60°. Orientação Sul

Hora Solar	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	TOTAL
Janeiro	0	0	446	673	1509	1931	2146	2146	1931	1509	673	446	0	0	14010
Fevereiro	0	0	669	1458	2107	2610	2899	2899	2610	2107	1458	669	0	0	19486
Março	0	200	700	1391	1938	2387	2660	2660	2387	1938	1391	700	200	0	18552
Abril	8	213	702	1287	1754	2138	2379	2379	2138	1754	1287	702	213	8	16962
Mai	84	238	705	1234	1669	2000	2227	2227	2000	1669	1234	705	238	84	16312
Junho	118	261	710	1233	1669	1986	2216	2216	1986	1669	1233	710	261	118	16386
Julho	101	243	736	1296	1760	2104	2347	2347	2104	1760	1296	736	243	101	17174
Agosto	38	227	729	1316	1789	2169	2413	2413	2169	1789	1316	729	227	38	17362
Setembro	0	197	726	1399	1930	2342	2642	2642	2342	1930	1399	726	197	0	18532
Outubro	0	0	595	1255	1801	2230	2487	2487	2230	1801	1255	595	0	0	16738
Novembro	0	0	403	929	1429	1819	2025	2025	1819	1429	929	403	0	0	13210
Dezembro	0	0	0	926	1462	1891	2101	2101	1891	1462	926	0	0	0	13832

**UNIDADE DIDÁTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA****CÓDIGO: ASFV07-1****ACTIVIDADE: Comportamento do painel quando existem sobras parciais sobre as células****TEMPO: 2 h.**

1/3

OBJECTIVOS

- Observar o comportamento do painel quando aparecem sombras sobre uma ou mais células do mesmo.
- Analisar o equilíbrio de tensões, intensidades e potências para diferentes situações de sombra das células.
- Observar o aumento de temperatura numa célula parcialmente tapada.

DESCRIÇÃO

- Realização de ensaios tapando paulatinamente parte das células do painel.
- Verificação dos valores da tensão, intensidade e potência para as diferentes situações de sombra das células.
- Verificação do aumento de temperatura sobre uma célula afetada pela sombra
- Conclusões

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- a) Para tapar as células podem usar-se pedaços de papel previamente recortados à medida de $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3 e 4 células.
- b) Ligar a saída do painel diretamente sobre a resistência regulável ajustada a 5 ohms:
 - 1) Tapar 4 células e tirar a medida da tensão e intensidade do painel.
 - 2) Repetir o processo para 3, 2, 1 e $\frac{1}{2}$ célula. No último ensaio verificar se a célula tapada parcialmente tem um aumento de temperatura, por isso é conveniente não estar demasiado tempo.
- c) Realizar todo a secção b) em três zonas diferentes do painel que podem ser:
 - Nas células da entrada, nas do centro e nas da saída do painel.
- d) Fazer uma tabela (ver anexo) com todos os valores obtidos e tirar conclusões.
- e) Envolver com papel de estanho a vulva de um termómetro de laboratório que alcance 100°C, tirar a temperatura superficial de uma das células e anota-la. Tapar agora metade de qualquer uma das células e sobre a parte tapada voltar a tirar a temperatura. Observar se ocorreu um aumento substancial da mesma

QUESTIONÁRIO

- 1) Tendo o painel ligado ao simulador a trabalhar corretamente, em que situação não seria correto fazer os ensaios propostos. Porquê?
- 2) Se uma célula ficar totalmente tapada, poderá ficar avariada devido ao calor gerado pela potência dissipada se o painel estivesse em curto-circuito?
- 3) Numa instalação onde existem vários painéis ligados em série para aumentar a tensão de saída, como poderá minimizar o efeito de sombra sobre um painel?



UNIDADE DIDÁTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV07-2

2/3

ACTIVIDADE: Comportamento do painel quando existem sobras parciais sobre as células

TEMPO: 2 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

- Em vez de fazer os ensaios ligando o painel à resistência, faça-os com todo o simulador montado. Deliberar sobre se existem diferenças substanciais ao fazê-lo desta forma..



UNIDADE DIDÁTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV07-3

3/3

ACTIVIDADE: Comportamento do painel quando existem sombras parciais sobre as células

TEMPO: 2 h.

ANEXO

Num painel solar é normal que todas as células que o compõem tenham sido seleccionadas no que diz respeito ao seu comportamento elétrico com o objetivo de que todas tenham características o mais parecidas possíveis. Se existirem células com diferentes características, o comportamento do módulo será deficiente e o seu rendimento baixo.

Partindo do princípio que todas as células são semelhantes, a possibilidade de que uma delas não gere a mesma intensidade, se não estiver danificada, deve-se ao factor de existirem sombras totais ou parciais sobre ela. Quando uma célula estiver a trabalhar nestas condições, verifica-se um efeito de tendência para a inversão.

Quando uma ou várias células geram menos corrente, a intensidade total continua a circular da mesma forma para todas elas quando todas as células do painel estiverem ligadas em série. As células que recebam sombra m vez de se comportarem como um gerador, fazem-no como um receptor que dissipa uma determinada potência, notando-se um aumento de calor. Esta potência dissipada é o produto da tensão pela corrente ao longo de toda a sua curva de comportamento, por isso a pior condição, para efeitos de calor, ocorre quando o painel estiver em curto-circuito.

Tabelas para os ensaios.

Primeiro ensaio		4 células	3 células	2 células	1 célula	½ célula
	Tensão					
	Intensidade					
	Potência					

Segundo ensaio		4 células	3 células	2 células	1 célula	½ célula
	Tensão					
	Intensidade					
	Potência					

Terceiro ensaio		4 células	3 células	2 células	1 célula	½ célula
	Tensão					
	Intensidade					
	Potência					

**UNIDADE DIDÁTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

CÓDIGO: ASFV09-1

ACTIVIDADE: Equilíbrio de correntes num sistema fotovoltaico

TEMPO: 2 h.

1/2

OBJECTIVOS

- Estudar como se estabelece a divisão de intensidades num sistema fotovoltaico
- Entender o funcionamento do regulador na instalação
- Verificar o sinal (sentido) da intensidades da bateria quando existir uma carga alta ou uma carga baixa

DESCRIÇÃO

- Verificar a intensidade diferencial entre a entrada do painel, a saída para as cargas e a da bateria em função do consumo que tenha a instalação.

SEQUÊNCIA DE REALIZACION

- Verificar se a bateria está no estado de carga. Se estiver em flutuação, descarregar a bateria até entrar no estado de carga.
- Colocar uma carga de 50 W em CC (pode ser uma lâmpada halogéna de 12V) e medir a intensidade de consumo. Medir também a intensidade na entrada de geração e a intensidade de carga da bateria. Verificar o sinal desta última. Anotar os valores na tabela..
- Através de o regulador verificar se coincide com a medida de entrada para geração. Verificar se é a mesma que a medida na carga.
- Repetir os pontos 2 e 3 com uma carga de 13W (pode ser uma lâmpada de baixo consumo de CC.). Preencher a seguinte tabela.

	I geração	I consumo	(+) I bateria	(-) I bateria
Carga 50W				
Carga 13W				

QUESTIONÁRIO

- 1) Poderá funcionar uma instalação sem o regulador, só o painel, bateria e consumo?. E sem o regulador e a bateria, só o painel e consumo?.
- 2) Partindo do princípio que o acumulador está totalmente carregado e conhecendo as suas margens de trabalho, calcular quanto tempo poderá trabalhar o simulador supondo que a intensidade de entrada nos bornes de geração é de 2,5 A e a de uma carga, ligada em corrente contínua, é de 6 A..
- 3) Na caso de ter a carga de 100 W em corrente contínua e pressuposto uma radiação standard de 1000W/m^2 , irá entrar carga para a bateria?.

- e) Tirar conclusões



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV09-2

2/2

ACTIVIDADE: Equilíbrio de correntes num sistema fotovoltaico

TEMPO: 2 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

**UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

CÓDIGO: ASFV10-1

1/4

ACTIVIDADE: Comprovação da carga da bateria através da densidade do electrólito.

TEMPO: 1 h.

OBJECTIVOS

- Saber avaliar o estado de carga de uma bateria em função da densidade do electrólito.
- Entender a importância do controlo periódico dos níveis.

DESCRIÇÃO

- Controlo do nível do electrólito da bateria.
- Controlo da densidade do electrólito.
- Acções a realizar.

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- a) Comprovar o nível de cada um dos recipientes da bateria. Se estiver baixo adicionar água destilada até que o electrólito tape as placas em 1cm. Ver anexo (b) (fig.1).
- b) Uma vez realizada a operação anterior, com um densímetro, ver a densidade de cada um dos recipientes para poder estabelecer:
 - 1) Que não está nenhum avariado.
 - 2) O estado de carga de cada um deles. Ver anexo (b) (fig. 2).

QUESTIONÁRIO

- 1) No tempo frio, para evitar que o electrólito congele, é melhor que a bateria esteja totalmente carregada ou descarregada. Porquê?.
- 2) Se a bateria tiver de permanecer muito tempo sem ser utilizada, é melhor que a bateria esteja totalmente carregada ou descarrega. Porquê?.
- 3) Numa instalação fotovoltaica está ligada uma bateria estacionária de 120Ah/descarga em 10h. Se desejar alimentar um consumo de 200W. será correta a bateria existente?.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV10-2

2/4

ACTIVIDADE: Comprovação da carga da bateria através da densidade do electrólito.

TEMPO: 1 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

ANEXO A
O processo de carga da bateria

No processo de carga de uma bateria, se uma ou todas as células estiverem sobrecarregadas, os excessos de iões de hidrógeno e de iões de oxigénio convertem-se em gases que escapam, reduzindo o nível de água do electrólito. Isto acontece também durante a carga normal embora em menor Grau. Este factor pode fazer com que a quantidade de água se reduza a um ponto em que o nível do electrólito seja demasiado baixo e o conteúdo relativo de ácido sulfúrico seja excessivo. Isto faz com que as áreas expostas dos eléctrodos se sulfatem mais rapidamente e o electrólito excessivamente concentrado, ataque o membro de suporte da célula, o qual não deve reagir com a solução.

O nível do electrólito deve ser revisto periodicamente e juntar-se água destilada para manter o nível aproximadamente a um centímetro acima das placas dos eléctrodos.

Nas bateria de chumbo-ácido, a natureza química do electrólito depende do estado de carga em que se encontra a célula ou o recipiente. Quando a célula estiver totalmente carregada, o electrólito tem um alto conteúdo de ácido sulfúrico e quando a célula estiver descarregada o ácido sulfúrico escasseia no electrólito. Por isso podem fazer-se provas no electrólito para determinar o estado de carga de cada recipiente. Como o ácido sulfúrico é mais denso do que a água, também o será uma mistura deste com a água. Um método simples para comprovar o estado de carga será medir a densidade do electrólito. As densidades altas correspondem então a estados de carga altos e densidades baixas a estados de carga baixos.

No entanto, deve ter em conta que a densidade do ácido sulfúrico varia segundo a temperatura, pelo que, para ser estritos, deve usar a temperatura do electrólito juntamente com a densidade deste e fazer as correções que sejam pertinentes.

A seguinte tabela pode servir de referência para estabelecer o estado de carga em função da densidade do electrólito

Densidade do electrólito		
De	Para	
1,280 g/cm ³	1,260 g/cm ³	100 % carregada
1,250 g/cm ³	1,230 g/cm ³	75 % carregada
1,220 g/cm ³	1,200 g/cm ³	50 % carregada
1,190 g/cm ³	1,170 g/cm ³	25 % carregada
1,160 g/cm ³	1,140 g/cm ³	Muito pouca capacidade útil
1,130 g/cm ³	1,110 g/cm ³	Descarregada

ANEXO B

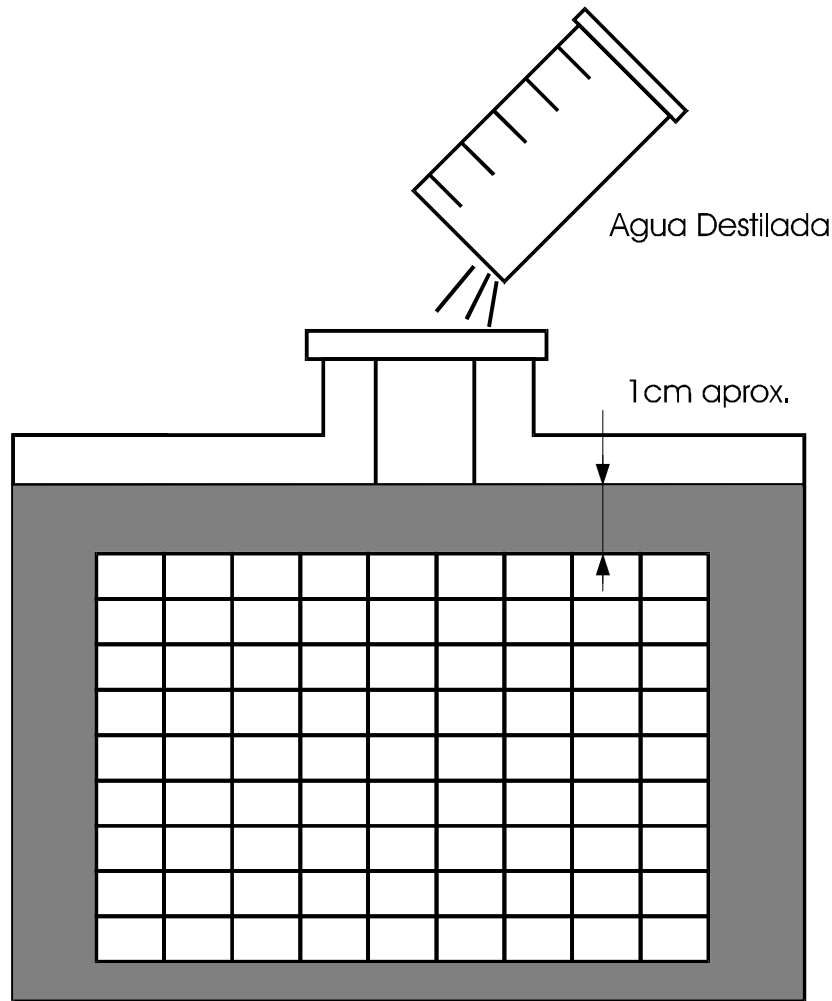


Fig. 1 Comprovação do nível do electrólito

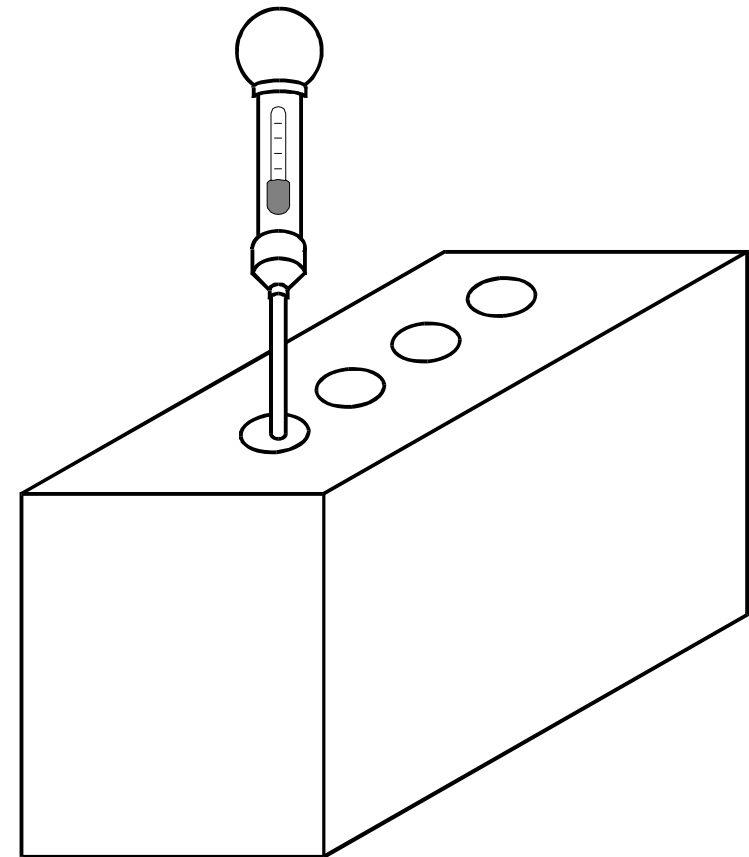


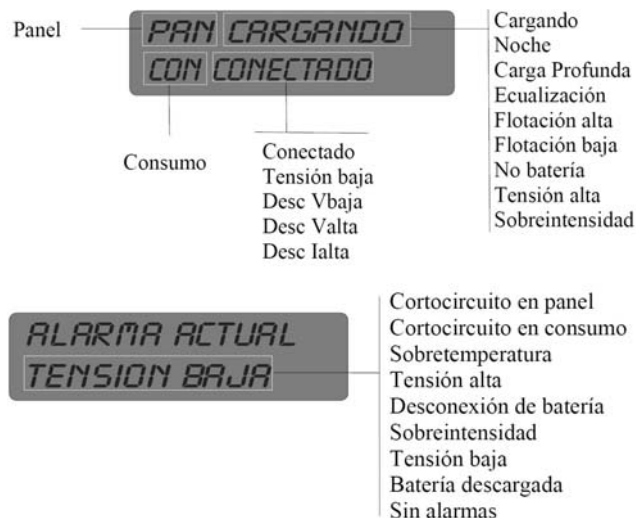
Fig.2 Comprovação da densidade do electrólito

OBJECTIVOS

- Verificar os sistemas de alarme do regulador por alta e baixa tensão da bateria.
- Verificar se ocorre a desconexão do consumo no regulador por baixa tensão da bateria.
- Verificar se se produz a reativação de consumo no regulador

DESCRIÇÃO

- Verificação do valores programados de tensão final de carga, tensão de desconexão de consumo e tensão de reativação de consumo
- Verificação do sistema de alarme por alta tensão de bateria
- Verificação do sistema de alarme por baixa tensão da bateria
- Verificação da desconexão de consumo por baixa tensão da bateria
- Verificação da tensão de reativação de consumo
- Verificação da fase de carga e flutuação

VISOR DE ALARMES E ESTADOS DO CONVERSOR LEO10

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- a) Verificar se os valores programados são os seguintes:

Tensão final de carga	14 V
Tensão reativação de consumo	12,4 V
Tensão de desconexão de consumo	11,6 V

Se estes valores não estiverem programados, consultar a atividade 9

- b) Sistema de alarme por alta tensão. Esta verificação não se realiza pelas causas que se especificam no anexo
- c) Para verificar o sistema de alarme por baixa tensão de bateria
- 1) Colocar uma lâmpada de 100 W na saída de “consumo” do conversor e ligá-la.
 - 2) Verificar a intensidade de entrada e a intensidade de saída. Tirar conclusões.
 - 3) Esperar que toque o alarme por baixo consumo de bateria. Verificar a tensão que se produz.
- d) Para verificar a desconexão de consumo por baixa tensão na bateria: Continuar com a lâmpada ligada à saída de “consumo” do conversor
- e) Para verificar a tensão de reativação de consumo:
- 1) Manter a lâmpada ligada à saída de “consumo” do conversor.
 - 2) Verificar se existe intensidade de carga do painel solar premindo A de saída. Esperar até que a lâmpada volte a acender-se. Verificar a tensão da bateria e comprovar se é a que se tinha programado.
- f) Desligar o consumo e verificar se a bateria volta á fase de carga até alcançar a de flutuação.

QUESTIONÁRIO

- 1) Descrever esquematicamente todas as funções realizadas pelo regulador Leo.
- 2) Averiguar se a tensão do painel deve ser sempre maior do que a tensão de bateria. Porquê?



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV12-2

2/3

ACTIVIDADE: Sistemas de desconexão e alarmes do regulador.

TEMPO: 2 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

- É recomendável, depois de ter variado os valores das tensões de regulação, voltar aos valores originais ou aos valores que o fabricante tem programados por defeito. Para este último caso consultar o anexo..



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV12-3

3/3

ACTIVIDADE: Sistemas de desconexão e alarmes do regulador.

TEMPO: 2 h.

ANEXO

Alarme por Alta Tensão na Bateria

Esta verificação não foi realizada porque o alarme por alta tensão na bateria se activa quando os acumuladores alcançam uma tensão superior a 0,03 volts/elemento acima da tensão final de carga. Esta situação pode ocorrer por uma avaria no controlo de regulação de carga, ou uma carga de geradores auxiliares sem sistema de regulação. Se a tensão superar este valor durante um período de 20 segundos aproximadamente, activa-se o alarme.

Em o visor de alarme ver a mensagem "Alta Tensão" em o visor de estados aparece-nos a mensagem de "Desc Valta"

A Intensidade na Fase de Flutuação

Na fase de carga, o relé que conduz deixa entrar toda a intensidade dos painéis até alcançar a tensão de flutuação máxima. Nesse momento deixa de conduzir com o qual, se estiver em flutuação, poderá ver 00,0 Amperes no visor.

**UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA****CÓDIGO: ASFV13-1**

1/3

ACTIVIDADE: Verificação da tensão , frequência e forma de onda do conversor.**TEMPO: 1,5 h.****OBJECTIVOS**

- Verificar a tensão de entrada e saída do conversor
- Verificar a frequência de saída do conversor
- Verificar a forma de onda do conversor

DESCRIÇÃO

- Verificação da tensão de entrada e saída do conversor em relação às suas tensões nominais e às variações que pode aceitar.
- Verificação da frequência de saída do conversor tendo em conta as variações que pode aceitar.
- Verificação da forma de onda de saída do conversor

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- a) Tensões de entrada e saída do conversor:
 - 1) Com um voltímetro de CC verificar a tensão de entrada do conversor, tendo em conta que a sua tensão nominal é de 12 V CC e que as variações que aceita oscilam entre +25 % e - 15 %. Anotar os valores na tabela do anexo.
 - 2) Com um voltímetro de CA verificar a tensão de saída do conversor tendo em conta que a sua tensão nominal é de 220 V CA e que as variações de tensão são $\pm 7\%$. Anotar os valores na tabela do anexo.
- b) Frequência de saída do conversor.

Com um Frecuencímetro verificar a frequência de saída do conversor tendo em conta que a variação é de $\pm 2\%$ para uma frequência de 50 Hz. Anotar os valores na tabela do anexo.
- c) Forma de onda do conversor.

Com um osciloscópio verificar a forma de onda de saída do conversor.

QUESTIONÁRIO

- 1) Como convém situar um conversor CC/CA (12 V/220 V) para que não se produzam queda de tensão altas:
 - a) o mais próximo possível das baterias
 - b) o mais próximo possível do consumo
 - c) é indiferente
- 2) Como convém situar um conversor CC/CC (24 V/12 V) para que não se produzam quedas de tensão altas:
 - a) o mais próximo possível das baterias
 - b) o mais próximo possível do consumo
 - c) é indiferente



UNIDADE DIDÁTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV13-2

2/3

ACTIVIDADE: Verificação da tensão , frequência e forma de onda do conversor.

TEMPO: 1,5 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

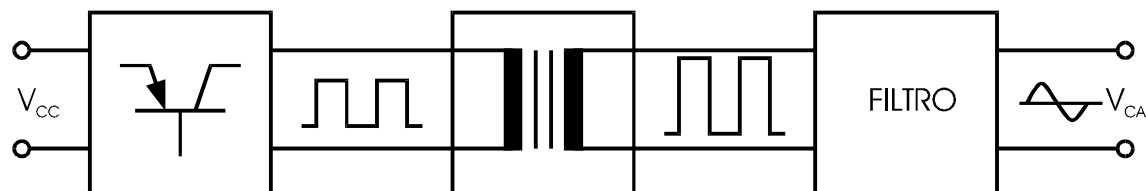
OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

- Realizar as mesmas verificações, como as efetuadas na tabela anexa, adicionando diferentes cargas a saída do conversor. Compare-as com as medições efetuadas em vazio.
- Realizar todas as medições apenas com o osciloscópio.

ANEXO A
Conversores continua – alterna

Os sistemas solares fotovoltaicos geram corrente continua enquanto que praticamente todos os aparelhos eléctricos domésticos estão preparados para a corrente alterna. Os conversores ou inversores são aparelhos destinados a converter essa corrente continua em corrente alterna. Constam de um circuito eletrónico, a base de transistores ou tiristores, que se encarrega de converter a CC em CA e um transformador para elevar a tensão (12, 24 V a 220 V). Os conversores criam uma onda de forma quadrada que se pode filtrar para obter uma forma de onda senoidal como a da rede eléctrica.



Para muitas aplicações a energia solar, é suficiente utilizar conversores de onda quadrada já que podem alimentar perfeitamente diferentes cargas como luzes incandescentes, pequenos motores, etc. Estes conversores por não existir filtro, têm um custo inferior e apresentam um rendimento mais elevado pelo que as perdas são mais pequenas

Tabela de valores do conversor

CONVERSOR											
V ENTRADA		VARIACÃO (%)		V SAIDA		VARIACÃO (%)		FREQUENCIA		VARIACÃO (%)	
nominal	registrada	aceite	registrada	nominal	registrada	aceite	registrada	nominal	registrada	aceite	registrada
12 V CC		+25%	-15%	220 V CA		±7%		50 HZ		±2%	

**UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA****CÓDIGO: ASFV14-1**

1/3

ACTIVIDADE: Cálculo do rendimento do conversor e o seu dimensionamento.**TEMPO: 1,5 h.****OBJECTIVOS**

- Conhecer as potências de entrada e de saída do conversor
- Saber calcular o rendimento do conversor
- Constatar a diminuição do rendimento quando se reduz a potência de saída
- Saber dimensionar o conversor de CC - CA

DESCRIÇÃO

- Verificação do rendimento do conversor
- Cálculo da potência de entrada do conversor
- Gráfica da curva de rendimento do conversor
- Dimensionamento do conversor

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

a) O cálculo de rendimento do conversor é dado pela seguinte fórmula:

$$\eta = \frac{\text{Potência de saída}}{\text{Potência de entrada}}$$

- b) Cálculo da potência de entrada
- 1) Obter, a partir das especificações técnicas do manual de energia solar fotovoltaica, a potência de saída (potência nominal) do conversor e o seu rendimento com a carga completa.
 - 2) Com os dados anteriores e a fórmula do rendimento, calcular a potência de entrada que se absorve da bateria.
 - 3) Calcular o rendimento do conversor se for utilizado 50% da sua potência nominal
- c) Gráfica da curva de rendimento do conversor
- 1) Com uma resistência variável de 330 a 3300 ohm acoplada ao consumo, obter as medições (dez no mínimo) das potências de entrada e de saída do conversor e anotá-las na tabela do anexo.
 - 2) A partir da fórmula da secção a) obter o rendimento para todos os valores obtidos e anotá-los na tabela do anexo.
 - 3) Fazer o gráfico de um sistema de coordenadas onde o rendimento esteja indicado no eixo de ordenadas e o das abcissas, a potência nominal ou de saída (em %)
 - 4) Verificar se o rendimento obtido a 50% da carga nominal, coincide com o indicado pelo fabricante.
- d) Dimensionamento do conversor
- Para a dimensionamento de um conversor numa instalação solar fotovoltaica tem de ter em conta:
- 1) Que a soma das pontas de arranque (ver anexo) dos equipamentos de consumo não ultrapasse a capacidade de ponta de arranque do conversor. No conversor do equipamento SDIAC é de 300 W, o dobro da sua potência nominal.
 - 2) Que a potência total de consumo de todos os receptores que a instalação solar fotovoltaica tem que alimentar, não ultrapasse a potência nominal do conversor.
- A partir do dimensionamento do conversor tem de dimensionar o resto da instalação solar fotovoltaica.

QUESTIONÁRIO

- 1) Que características tem de ter o conversor de uma instalação cujas pontas de arranque são 3 vezes maiores que a potência de consumo diário, sendo esta de 400 W aproximadamente, e tendo em conta que a sua capacidade de Ponta de arranque é o dobro da sua potência nominal?.
- 2) Calcular o consumo diário em Ah de uma instalação solar fotovoltaica que tem de alimentar cargas de 350 W durante três horas por dia. O conversor é de 12 V de entrada e 220 V de saída. Dado que as pontas de arranque actuam a 50% da sua potência nominal, sendo o seu rendimento de 70%
- 3) Quantas baterias de 12 V e 40 Ah são necessárias na instalação solar fotovoltaica descrita no problema anterior?.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV14-2

2/3

ACTIVIDADE: Cálculo do rendimento do conversor e o seu dimensionamento.

TEMPO: 1,5 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV14-3

3/3

ACTIVIDADE: Cálculo do rendimento do conversor e o seu dimensionamento.

TEMPO: 1,5 h.

ANEXO

A potência de saída do conversor em função da ponta de arranque do equipamento de corrente alterna.

Existem determinados equipamentos e aparelhos elétricos como o frigorífico, por exemplo, que no momento do arranque podem consumir até dez vezes a sua potência nominal. Esta pode ser uma causa de avaria nos conversores se estes não estiverem dimensionados para absorver essas pontas de arranque. Nas características técnicas dos conversores está especificada a sua potência nominal da a capacidades da ponta de arranque. A incorporação de condensadores em paralelo com as cargas pode reduzir consideravelmente as pontas de arranque, podendo acoplar-se outro conversor de potência mais reduzido. Este são os dados que tem de ter em conta para dimensionar corretamente o conversor numa instalação solar fotovoltaica.

Instalação de conversores

Os conversores ou inversores, tanto de onda quadrada como senoidal, devem ser instalados sempre o mais próximo possível das baterias. Se estiverem muito afastados das baterias podem produzir quedas de tensão importantes por estarem a trabalhar com tensões baixas. É importante também utilizar condutores de secção adequada para que as quedas de tensão sejam mínimas.

Uma vez feita a transformação para 220V as perdas serão mínimas mesmo utilizando condutores de secções pequenas.

Tabela de potências e rendimento do conversor

Carga (Ω)																				
Pe (W)																				
OSS (W e %)																				
η																				

Em que:

Pe = potência de entrada

Ps = potência de saída

η = rendimento

**UNIDADE DIDÁTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA****CÓDIGO: ASFV15-1****ACTIVIDADE: A secção dos condutores numa instalação solar fotovoltaica.****TEMPO: 2.5 h.**

1/3

OBJECTIVOS

- Saber calcular a secção dos condutores numa instalação solar fotovoltaica

DESCRIÇÃO

- O cálculo de secção dos condutores a utilizar é muito importante porque trabalha com CC de valor baixo (12 V) e as quedas de tensão nos condutores podem ser consideráveis se estes não estiverem bem dimensionados.
- Deve verificar a secção dos condutores de saída do painel fotovoltaico e, realizando o cálculo teórico, contrastar se esta secção está correta.
- Deve verificar a secção dos condutores de saída da bateria e realizar o cálculo teórico da secção dos condutores partindo do princípio que a bateria está situada a 2 metros de distância do conversor

SEQUÊNCIA DE REALIZAÇÃO

- a) Cálculo da secção de condutores de conexão entre o painel fotovoltaico e o simulador
- Verificar a secção dos condutores de saída do painel fotovoltaico. Medir o comprimento do cabo
 - Calcular a secção mínima necessária para que estes cabos apresentem uma queda de tensão máxima de 0,1 V, através da fórmula:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{56 \cdot (V_a - V_b)}$$

Sendo:

I = intensidade de curto-circuito máxima do painel (consultar a atividade 2), em amperes

L = comprimento do cabo desde o painel até ao simulador em metros

Va-Vb = queda de tensão máxima (0,1 V)

- Comparar se ajustar a secção obtida com a dos condutores do equipamento.

- b) Cálculo da secção dos condutores de saída da bateria

- Verificar a secção dos condutores de saída da bateria
- Calcular a secção mínima necessária para que estes cabos apresentem uma queda de tensão máxima de 0,2V, utilizando a mesma formula, e tendo em conta que a potência de saída do conversor é de 150W a 12V de entrada e está situado a 2 m da bateria:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{56 \cdot (V_a - V_b)}$$

Sendo:

I = potência do conversor / tensão de entrada

L = 2 m

Va-Vb = queda de tensão máxima (0,2 V)

- Comparar se ajustar a secção obtida com a dos condutores do equipamento.

QUESTIONÁRIO

- Que queda de tensão máxima será produzida desde o painel solar fotovoltaico até ao simulador do equipamento SIDAC se a secção destes condutores for de 4mm²
- Calcular a secção mínima necessária dos condutores do equipamento SIDAC se a bateria estiver separada do conversor por uma distância de 20 m, aceitando também uma queda de tensão máxima de 0,2 V
- Qual seria a intensidade máxima que poderia circular por uma linha de 4 mm de secção e 30 m de comprimento para não provocar uma queda de tensão superior a 5% da tensão nominal de 12 V



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: ASFV15-2

2/3

ACTIVIDADE: A secção dos condutores numa instalação solar fotovoltaica.

TEMPO: 2.5 h.

ESQUEMA / MONTAGEM

MATERIAIS

INSTRUMENTAÇÃO

OUTROS RECURSOS

PROPOSTA DE TRABALHOS

- Realizar o dimensionamento de uma instalação que possa ser alimentada de energia eléctrica a sala ou laboratório que esteja ocupando. Dimensionar o equipamento e realizar o cálculo das secções dos condutores

ANEXO
O cálculo da secção de condutores

A secção dos condutores numa instalação solar fotovoltaica tem de se adequar na perfeição às características técnicas da instalação. Realizar um cálculo da secção de condutores correto, é fundamental dado que normalmente se trabalha com baixas tensões (12 ou 24 V) e intensidades altas. Se não fizer um bom dimensionamento dos condutores as perdas podem ser importantes.

O valor de resistência de um condutor é calculado pelas seguintes fórmulas

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

ó

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{S}$$

(1)

Em que:

R = Resistência em Ω

L = Comprimento em metros

S = Secção do condutor em mm^2

ρ = Resistividade em $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}^2}$

σ = Condutividade (inversa da resistividade)

De acordo com a lei de Ohm

$$R = \frac{V_a - V_b}{I} \quad (2)$$

Substituindo o valor de R da fórmula (2) por (1), resulta que: $\frac{V_a - V_b}{I} = \rho \cdot \frac{L}{S}$

Sendo $S = \rho \cdot \frac{L \cdot I}{V_a - V_b}$ ó $S = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L \cdot I}{V_a - V_b}$

Geralmente o condutor que se utiliza é de cobre e o valor da sua resistividade é de $0,01786 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}^2}$. Sim: $\rho = \frac{1}{\sigma}$ então $\sigma = \frac{1}{0,01786} = 56$

Ficando finalmente a fórmula: $S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{56 \cdot (V_a - V_b)}$

Em que:

S = secção em mm^2

L = Comprimento em m até ao receptor

I = Intensidade em A

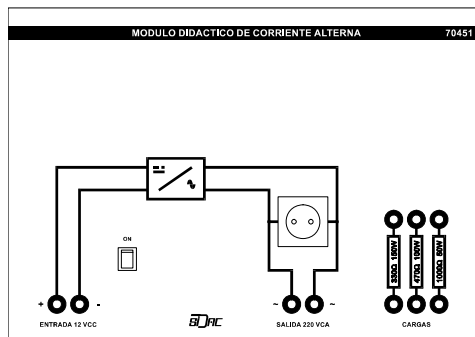
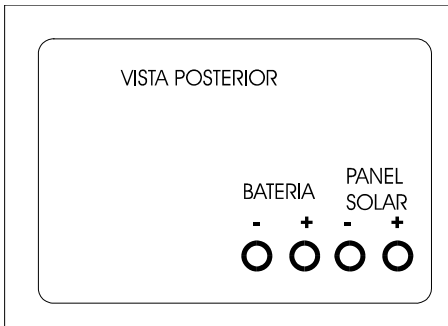
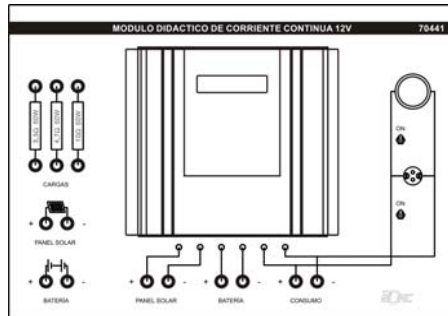
$V_a - V_b$ = Queda de tensão em V

3 MANUAL DE PRÁTICAS

- Fichas de professor**

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCIÓN



Respuesta al cuestionario:

1)

MODELO	A-45	A-50	A-55	A-66
Nº	32	36	36	36

2)

MODELO	A-45	A-50	A-55	A-66
1 célula (cm ²)	120,9	117	117	121
Todas (cm ²)	3744	4212	4212	4352

3) $P = 1,45 \text{ W}$ $I = 2,9 \text{ A}$.

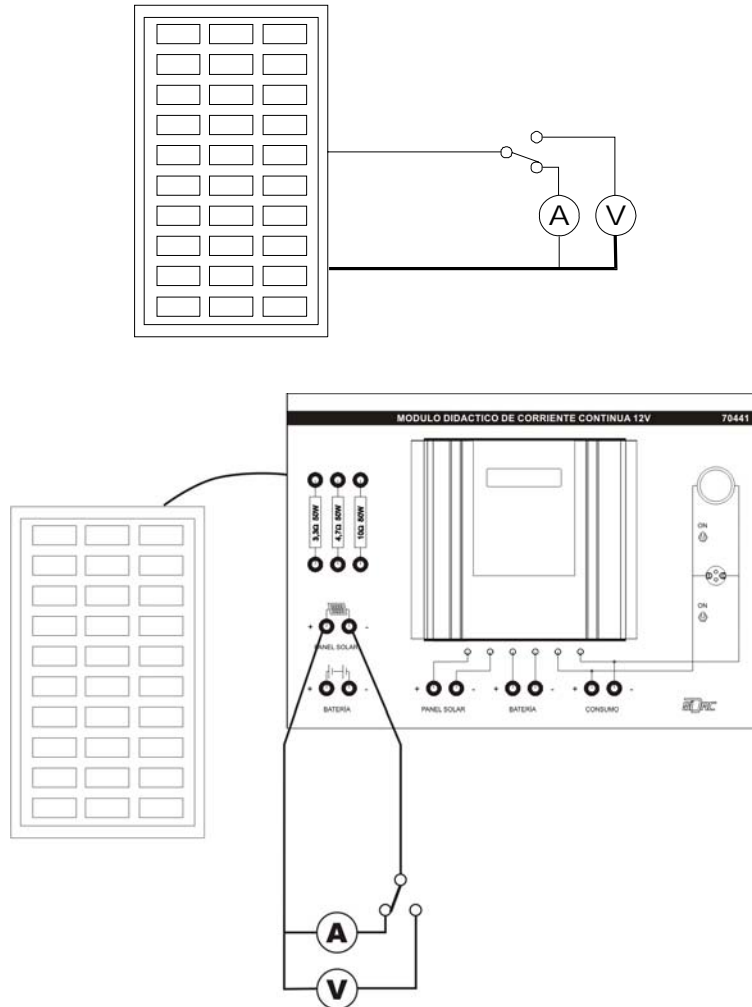
4) 24 baterías conectadas en serie.

INSTRUMENTACIÓN

- Comprobador de continuidad.

MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Módulo didáctico de corriente alterna ESF70451.

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCION

 Valores de I_{CC} y V_o obtenidos de la placa:

MODELO	A-45	A-50	A-55	A-66
I_{CC} (A)	2,5	3,6	3,2	4,21
V_o (V)	18,36	20,25	18	20,7

Respuesta al cuestionario

(En todos los casos se considera la tensión de una célula es de 0,5 v)

- 1) 15,9%.
- 2) 3,16 A.
- 3) 1.5 V.
- 4) 9 (a 18 V cada placa).

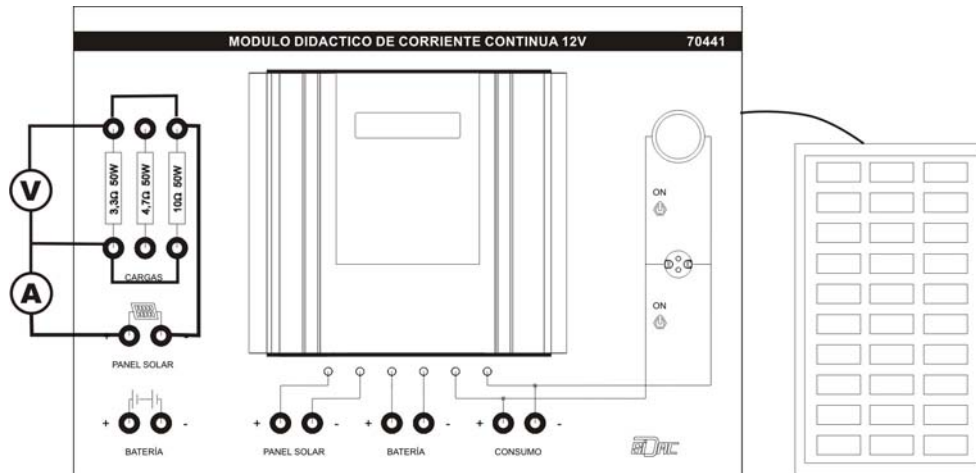
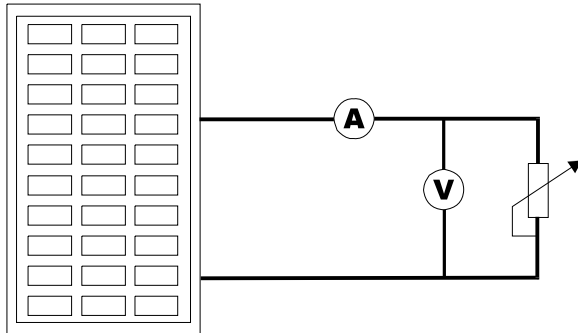
INSTRUMENTACION

- 1 Voltímetro de CC de 0 a 20 V.
- 1 Amperímetro de CC de 0 a 5 A.

MATERIALES

- Panel solar fotovoltaico.
- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Cables de conexión.

ESQUEMA/MONTAJE



SOLUCION

Respuesta al cuestionario.

1) Como el factor de forma del panel es(según panel suministrado):

Modulo	A45	A50	A55	A66
FF	0,62	0,52	0,61	0,67

- 2) de 0,62, éste será de inferior calidad.
- 3) A modo indicativo, los valores de resistencia podrían ser los siguientes: 50; 30; 25; 20; 17; 14; 11; 8; 6; 5; 4; 3; 2; 1,5; 1; 0,8; 0,6; 0,4 ohms. Las combinaciones que se obtienen con las cargas fijas del módulo son : 10+4,7+3,3; 10+4,7 ; 10+3,3 ; 10+(4,7//3,3) ; 10 ; 4,7+3,3 ; 4,7+(10//3,3) ; 3,3+(10//4,7) ; 4,7 ; 4,7//10 ; 3,3 ; 3,3//10 ; 3,3//4,7 ; 3,3//4,7//10 ohms. (Nota: la **suma** indica combinación de las resistencias en serie y **//** indica que están en paralelo)
- 4) Una resistencia de valor cero equivale a tener el panel en cortocircuito, por lo que el panel no queda perjudicado.
- 5) En principio la calidad no debería variar porque es una característica constructiva, pero si se realiza otro ensayo con menor radiación, el valor del FF resulta diferente.

INSTRUMENTACION

- 1 Voltímetro de CC de 0 a 20 V.
- 1 Amperímetro de CC de 0 a 5 A.

MATERIALES

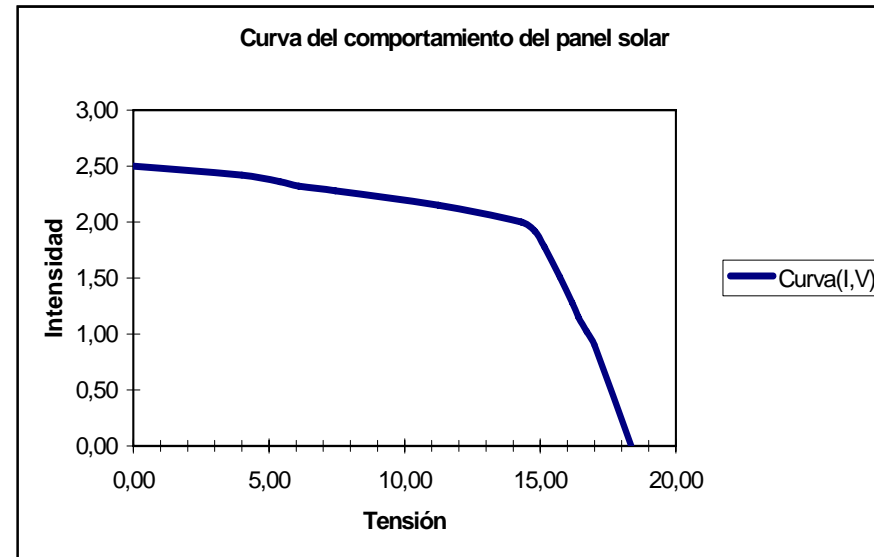
- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Panel Solar fotovoltaico.
- Cables de conexión.
- Opcional: 1 Resistencia variable de 3,3 a 100Ω, 4 A.

ANEXO – Curva del panel A45

Los valores del ensayo que se han utilizado para construir la gráfica son los de la tabla adjunta. En ella también aparecen calculados los valores de la potencia y la resistencia.

Nota : La siguiente tabla se ha obtenido con la combinación de resistencias del Módulo Didáctico de Corriente Continua ESF 70411.

V	I	POTENCIA	RESISTENCIA
18,36	0,00	0	INF
17,00	0,90	15,30	18,89
16,72	1,02	17,05	16,39
16,41	1,15	18,87	14,27
16,18	1,28	20,71	12,64
15,72	1,51	23,74	10,41
15,15	1,78	26,97	8,51
14,80	1,92	28,42	7,71
14,30	2,00	28,60	7,15
11,25	2,15	24,19	5,23
7,45	2,28	16,99	3,27
6,10	2,32	14,15	2,63
5,40	2,36	12,74	2,29
4,00	2,42	9,68	1,65
0,00	2,50	0,00	0,00

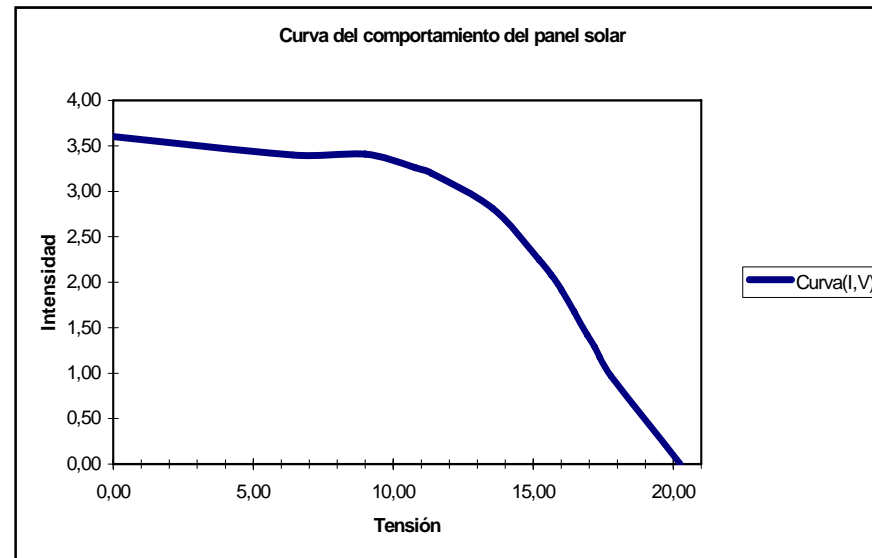


ANEXO – Curva del panel A50

Los valores del ensayo que se han utilizado para construir la gráfica son los de la tabla adjunta. En ella también aparecen calculados los valores de la potencia y la resistencia.

Nota : La siguiente tabla se ha obtenido con la combinación de resistencias del Módulo Didáctico de Corriente Continua ESF 70411.

V	I	POTENCIA	RESISTENCIA
20,25	0,00	0	INF
17,77	0,97	17,24	18,32
17,37	1,18	20,50	14,72
17,19	1,29	22,18	13,33
16,93	1,42	24,04	11,92
16,47	1,67	27,50	9,86
16,00	1,92	30,72	8,33
15,65	2,08	32,55	7,52
15,20	2,25	34,20	6,76
13,56	2,81	38,10	4,83
11,36	3,20	36,35	3,55
10,78	3,26	35,14	3,31
9,00	3,41	30,69	2,64
6,42	3,40	21,83	1,89
0,00	3,60	0,00	0,00

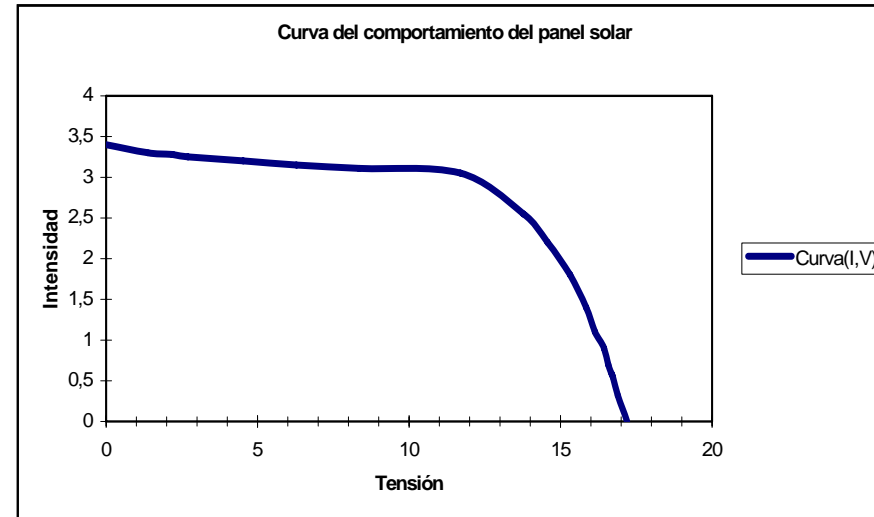


ANEXO – Curva del panel A55

Los valores del ensayo que se han utilizado para construir la gráfica son los de la tabla adjunta. En ella también aparecen calculados los valores de la potencia y la resistencia.

Nota : La siguiente tabla se ha obtenido con una resistencia variable de 3,3 a 100 Ω , 4 A.

V	I	POTENCIA	RESISTENCIA
17,2	0	0	INF
16,89	0,32	5,40	52,78
16,73	0,55	9,20	30,42
16,68	0,59	9,84	28,27
16,57	0,7	11,60	23,67
16,44	0,9	14,80	18,27
16,14	1,1	17,75	14,67
15,85	1,4	22,19	11,32
15,32	1,8	27,58	8,51
14,57	2,2	32,05	6,62
13,78	2,55	35,14	5,40
11,69	3,05	35,65	3,83
8,36	3,11	26,00	2,69
6,28	3,15	19,78	1,99
4,52	3,2	14,46	1,41
2,7	3,25	8,78	0,83
2,2	3,28	7,22	0,67
1,38	3,3	4,55	0,42
0	3,4	0	0

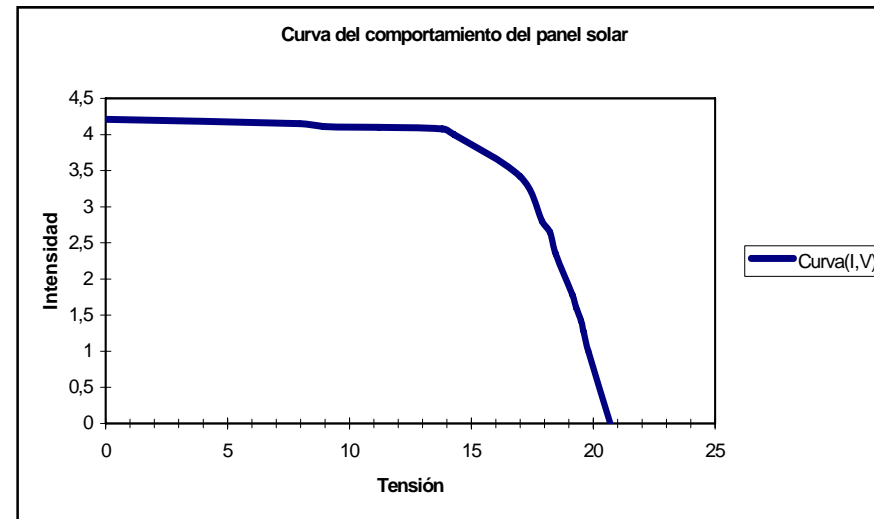


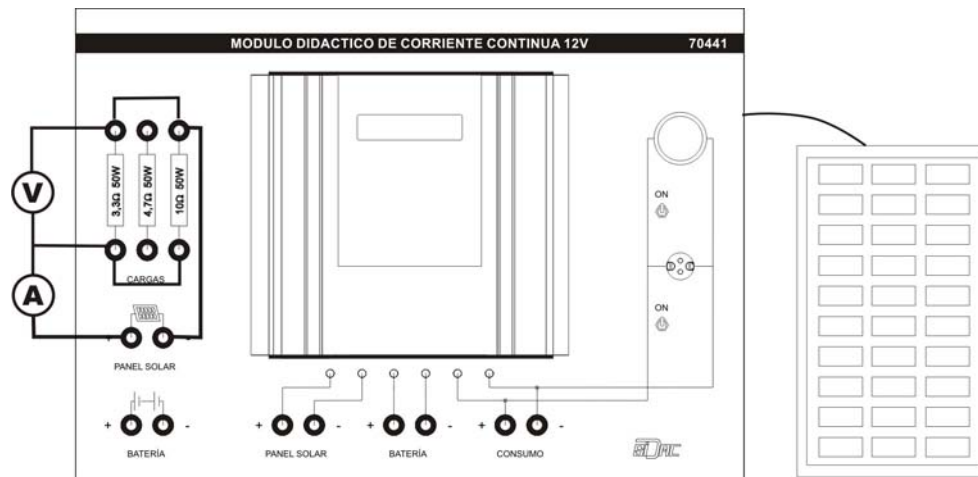
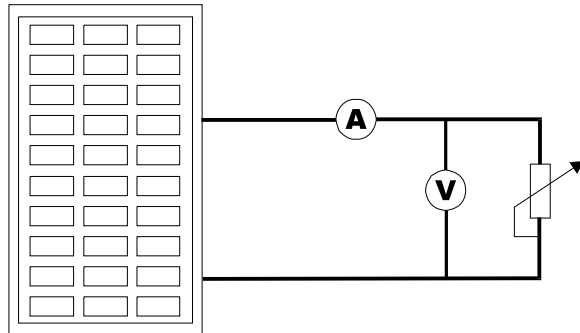
ANEXO – Curva del panel A66

Los valores del ensayo que se han utilizado para construir la gráfica son los de la tabla adjunta. En ella también aparecen calculados los valores de la potencia y la resistencia.

Nota : La siguiente tabla se ha obtenido con una resistencia variable de 3,3 a 100 Ω , 4 A.

	V	I	POTENCIA	RESISTENCIA
1	20,7	0	0	INF
2	19,8	1	19,80	19,80
3	19,6	1,27	24,89	15,43
4	19,5	1,42	27,69	13,73
5	19,3	1,6	30,88	12,06
6	19,15	1,78	34,09	10,76
7	18,46	2,35	43,38	7,86
8	18,22	2,65	48,28	6,88
9	17,9	2,8	50,12	6,39
10	17	3,42	58,14	4,97
11	14,3	4	57,20	3,58
12	13,8	4,08	56,30	3,38
13	11,2	4,1	45,92	2,73
14	8,92	4,11	36,66	2,17
15	7,97	4,15	33,08	1,92
	0	4,21	0	0



ESQUEMA/MONTAJE
SOLUCIÓN

Respuesta al cuestionario

- 1) Es un valor muy alto que solo se consigue con células experimentales de arseniuro de galio, que no se fabrican industrialmente.
- 2) Jamás una célula podrá tener un rendimiento superior a uno ya que ello supondría que cede más energía de la que le llega.
- 3) El rendimiento no depende del TEMPO de exposición ya que es un coeficiente sin unidad. Tampoco depende de la superficie ya que si la célula fuese mayor cedería más potencia pero también le llegaría más.
- 4) El rendimiento de una célula policristalina de silicio está actualmente sobre el 10%, las fabricadas con sulfuro de cadmio o sulfuro de cobre en forma industrial suelen tener un rendimiento del 5%, las de arseniuro de galio 27%, las bifaciales mejoran el rendimiento respecto a las monofaciales, las de silicio amorfo están sobre el 9% y las de silicio monocristalino sobre 14%.
- 5) Sí la tiene, ya que a mayor temperatura la tensión de circuito abierto es cada vez menor por lo que el rendimiento es mayor a bajas temperaturas.

INSTRUMENTACION

- Voltímetro de CC de 0 a 20 V.
- Amperímetro de CC de 0 a 5 A.
- Tablas o Piranómetro para medir la radiación solar.

MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Panel Solar fotovoltaico.
- Cables de conexión.
- Opcional : 1 Resistencia variable de 3,3 a 100Ω, 4 A.

ANEXO

Es usual dar el valor de la radiación incidente en $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ y también en W/m^2 existiendo la siguiente relación entre ellos:

a) Transformación de los valores en W/m^2 a $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$

1 Julio = 0,24 cal.

$$1\text{W} = \frac{1\text{J}}{\text{s}} = \frac{0,24\text{cal}}{\text{s}} = \frac{0,24 \cdot 60\text{cal}}{\text{min}}$$

$$\frac{1\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{0,24 \cdot 60\text{cal}}{\text{min} \cdot \text{m}^2} = \frac{0,24 \cdot 60\text{cal}}{\text{min} \cdot 10^4 \cdot \text{cm}^2}$$

y por tanto, arreglando convenientemente esta igualdad

$$\frac{10^4\text{W}}{\text{m}^2 \cdot 0,24 \cdot 60} = \frac{1\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}} = \frac{694,4\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{1\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}} = \frac{694,4\text{W}}{\text{m}^2}$$

y

$$\frac{1\text{W}}{\text{m}^2} = \frac{0,00144\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}}$$

b) Transformación de J/m^2 a $\text{W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$

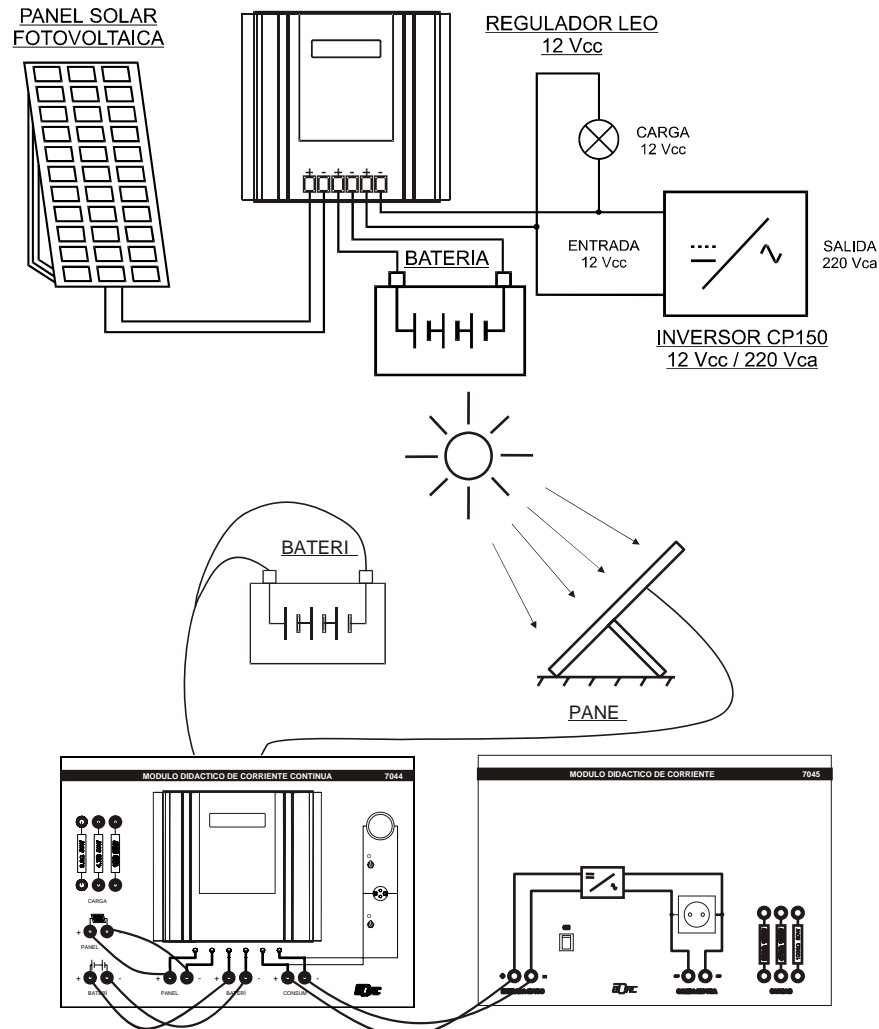
1 Julio = 1W·S

3600 H = 1W·h

$$\frac{3600\text{J}}{\text{m}^2} = \frac{1\text{W} \cdot \text{h}}{\text{m}^2}$$

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCION

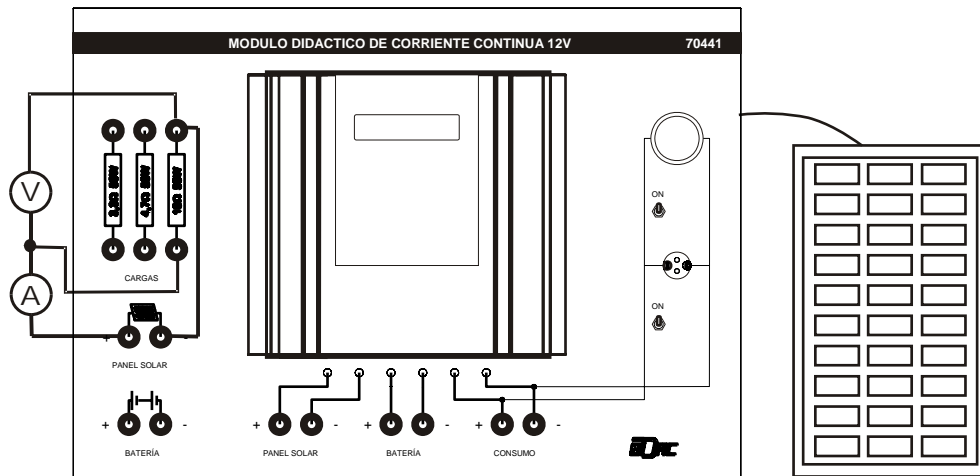
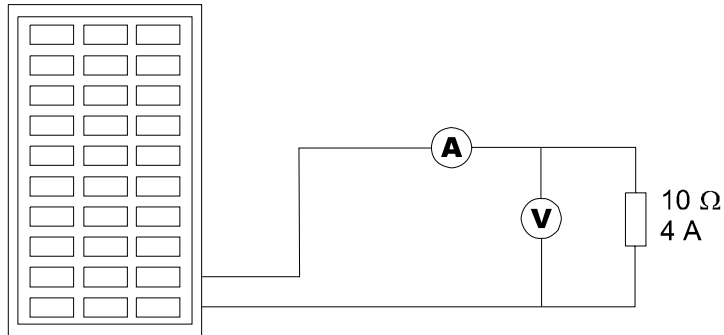


- 1) Sí, se podría hacer, pero no es del todo correcto, ya que el regulador tiene una salida específica para el control del consumo. Por tanto si en la descarga la tensión de batería baja en exceso y sale fuera de los límites previstos de baja tensión, el regulador actuará en consecuencia, mientras que si se hace una conexión directa no habrá esta posibilidad y se puede descargar en exceso la batería provocando daños irreparables en ella.
- 2) Que el consumo se alimentaría de la batería, descargándola. Si no hubiese consumo el sistema permanecería en reposo pero preparado para activarse.
- 3) No es posible porque el convertidor no puede asumir esta potencia.
- 4) En caso de ser de noche el panel no aporta corriente, por tanto el consumo hará disminuir la carga de la batería por debajo del 70% de su capacidad y el regulador desconectará la salida al consumo a la vez que se iluminara el led de desconexión de consumo 3 y el de baja tensión en batería 5. Si hubiese una insolación máxima, el consumo funcionaria correctamente a la vez que la batería se iría cargando, ya que a plena insolación el panel es capaz de proporcionar una potencia de 35 W aproximadamente.
- 5) No porque un transformador en vacío es una carga muy inductiva y en las instrucciones se advierte que estas cargas pueden afectar al funcionamiento del conjunto.

INSTRUMENTACIÓN

MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Módulo didáctico de corriente alterna ESF70451.
- Panel Solar fotovoltaico.
- Batería.
- Cables de conexión.

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCION

- 1) Aunque no le toque el sol directamente, recibe radiación difusa, la cual también contiene (aunque en menor cuantía), fotones capaces de excitar las células.
- 2) La perpendicularidad del panel respecto al sol, tanto para la inclinación sobre el horizonte como para la orientación geográfica.
- 3) De las pruebas realizadas y de la consulta de tablas, se desprende que una variación de 15° sobre el horizonte, sólo disminuye la radiación entre un 4 y un 5%. De forma similar la variación de 15° desde la perpendicular del sol hacia el este o el oeste modifica la radiación recibida entre un 4 y un 5%.
- 4) Como lo más importante es recoger la máxima energía, consultando las tablas se puede apreciar que para el invierno la inclinación más adecuada está sobre los 60° y para verano sobre los 10° . Los meses más adecuados podrían ser marzo y septiembre.

Nota: Estas inclinaciones varían con la latitud del lugar, por lo que habría que revisarlas para cada zona.

INSTRUMENTACION

- 1 Voltímetro de CC de 0 a 20 V.
- 1 Amperímetro de CC de 0 a 5 A.
- 1 Piranómetro 0-1500 W/m².

MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Panel Solar fotovoltaico.
- Cables de conexión.
- Resistencia de 10 Ω.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: PSFV06-2

ACTIVIDADE: Variação da produção do painel dependendo do ângulo do sol sobre o horizonte e da orientação azimutal

TEMPO: 3 h.

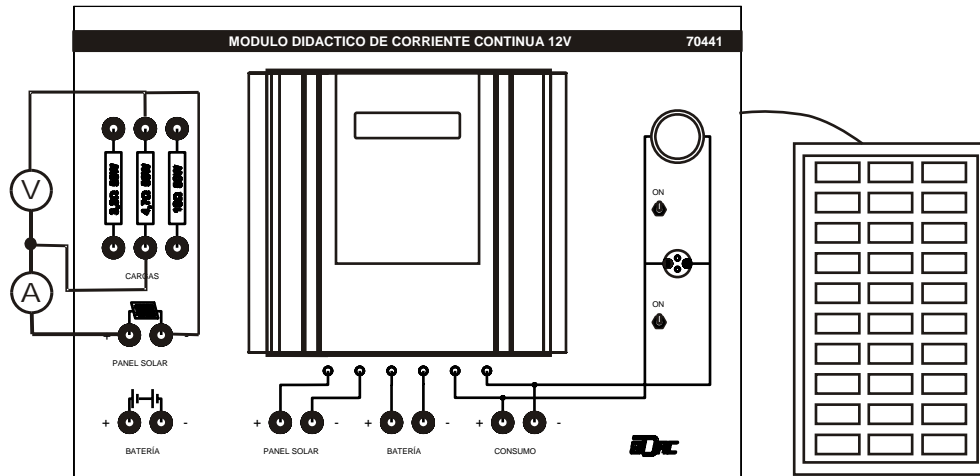
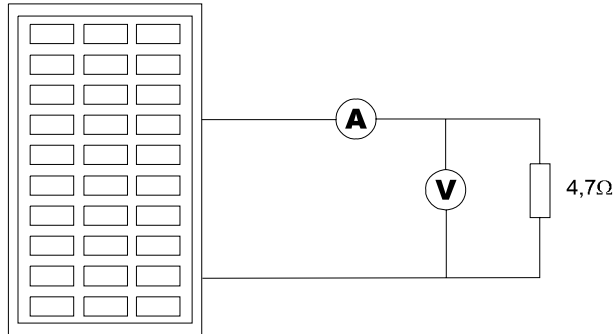
2/2

ANEXO

Tabla de radiación diaria . Provincia de Castellón. Unidades kJ/m²

Inclinación 60° . Orientación Sur.

Hora Solar	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
Enero	0	0	446	973	1509	1931	2146	2146	1931	1509	973	446	0	0	14010
Febreiro	0	0	669	1458	2107	2610	2899	2899	2610	2107	1458	669	0	0	19486
Marzo	0	200	700	1391	1938	2387	2660	2660	2387	1938	1391	700	200	0	18552
Abril	8	213	702	1287	1754	2138	2379	2379	2138	1754	1287	702	213	8	16962
Mayo	84	237	705	1234	1669	2000	2227	2227	2000	1669	1234	705	237	84	16312
Junio	118	261	710	1233	1669	1986	2216	2216	1986	1669	1233	710	261	118	16386
Julio	101	243	736	1296	1760	2104	2347	2347	2104	1760	1296	736	243	101	17174
Agosto	38	227	729	1316	1789	2169	2413	2413	2169	1789	1316	729	227	38	17362
Septiembre	0	197	726	1399	1930	2372	2642	2642	2372	1930	1399	726	197	0	18532
Octubre	0	0	595	1255	1801	223	2487	2487	223	1801	1255	595	0	0	16738
Noviembre	0	0	403	929	1429	1819	2025	2025	1819	1429	929	403	0	0	13210
Diciembre	0	0	0	926	1462	1891	2101	2101	1891	1462	926	0	0	0	13832

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCION

- 1) Cuando la batería está trabajando en flotación, porque en esta forma de funcionamiento hay periodos en que el panel trabaja prácticamente en vacío y por tanto no es observable el fenómeno de punto caliente o de disminución de la potencia de salida.
- 2) No, ya que al estar totalmente tapada no se genera en ella ninguna f.e.m. y la caída de tensión en bornes es muy próxima al valor de la fem. Por tanto la potencia disipada es similar a la de cortocircuito.
- 3) Cuando hay varios paneles en serie, es aconsejable el uso de un diodo en paralelo con el panel. El efecto del diodo es limitar el voltaje inverso a los 0,7 V de su caída interna, de forma que el panel no pueda actuar de receptor.

INSTRUMENTACION
MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Panel Solar fotovoltaico.
- Resistencia de 4,7Ω.
- 1 Grupo de papeles recortados para el tapado de las células.
- 1 Termómetro de laboratorio de 0°C a 100°C.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: PSFV07-2

2/2

ACTIVIDADE: Comportamento do painel quando existem sobras parciais sobres as células

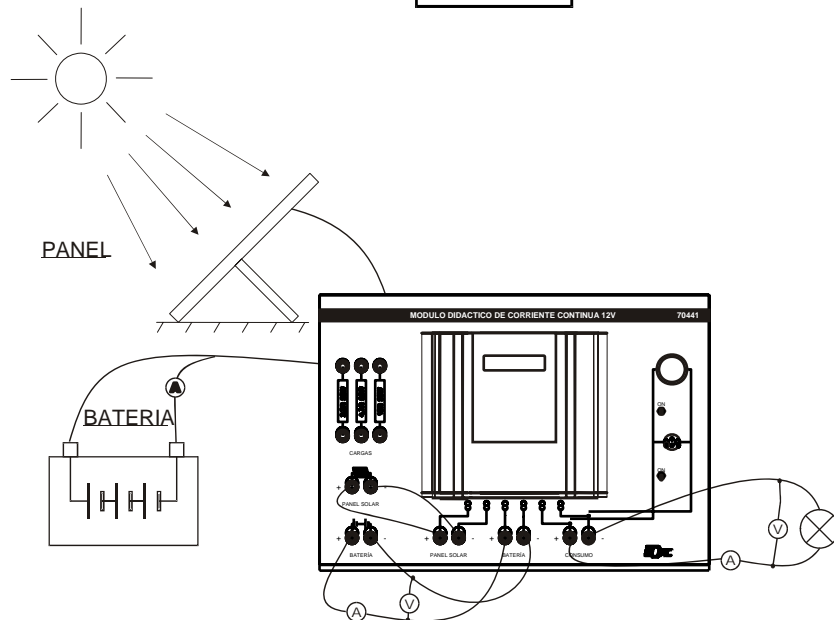
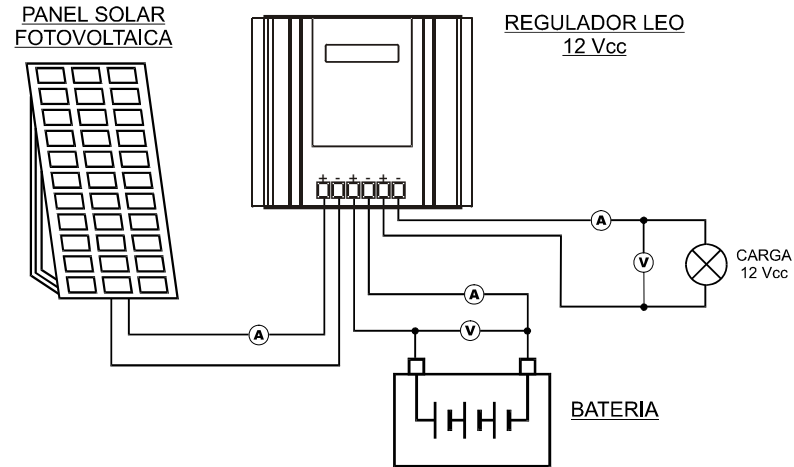
TEMPO: 2 h.

ANEXO

Primer ensayo		4 células	3 células	2 células	1 célula	½ célula
	Tensión					
	Intensidad					
	Potencia					

Segundo ensayo		4 células	3 células	2 células	1 célula	½ célula
	Tensión					
	Intensidad					
	Potencia					

Tercer ensayo		4 células	3 células	2 células	1 célula	½ célula
	Tensión					
	Intensidad					
	Potencia					

ESQUEMA/MONTAJE
SOLUCION


- 1) Si podría funcionar, pero la batería quedaría totalmente desprotegida frente a cargas o descargas excesivas. En el segundo caso también podría funcionar, simplemente alimentando cargas no demasiado exigentes en cuanto al TEMPO de funcionamiento ni a la estabilidad de la tensión. Hay aplicaciones de bombeo de agua funcionando en estas condiciones.
- 2) Si la entrada es de 2,5 A y la salida de 6 A, la batería debe suministrar la diferencia $6 - 2,5 = 3,5$ A. Como la capacidad de la batería es de 108 Ah y se considera descargada al 70% de su capacidad, el producto $108 \cdot 0,3 = 32,4$ Ah de disponibilidad por tanto $32,4 / 3,5 = 9,2$ horas.
- 3) Para una radiación de 1000 W/m^2 , el fabricante garantiza una potencia de 55 W. Si el consumo es de 100 W, la batería deberá aportar $100 - 55 = 45$ W, por lo que no se cargará.

INSTRUMENTACION

- 2 Voltímetros de CC. de 0 a 20 V.
- 3 Amperímetros de CC. de 0 a 5 A.

MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Panel Solar fotovoltaico.
- Batería.
- Cables de conexión.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: PSFV10-1

1/1

ACTIVIDADE: Comprovação da carga da bateria através da densidade do electrólito.

TEMPO: 2 h.

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCION

- 1) Cargada. Porque si está cargada la concentración de ácido sulfúrico en el electrolito es máxima y el punto de congelación de éste, mínimo.
- 2) Cargada. Si la batería se deja parcialmente cargada durante un periodo largo, el sulfato de plomo tiende a volverse duro y quebradizo (sulfatación). Este fenómeno hace que el área sulfatada no reaccione debidamente con el electrolito, de manera que la capacidad de corriente de la celda disminuya. El proceso de sulfatación puede continuar hasta que se haya perdido tal proporción de área de los electrodos, que la batería se vuelve demasiado débil e inútil.
- 3) La intensidad del consumo será $200/12 = 16,66A$. Si la batería es de 120 Ah y permite una descarga en 10 h, la intensidad de descarga máxima será $120/10 = 12 A$, por lo que el consumo es excesivo y no es conveniente conectarlo.

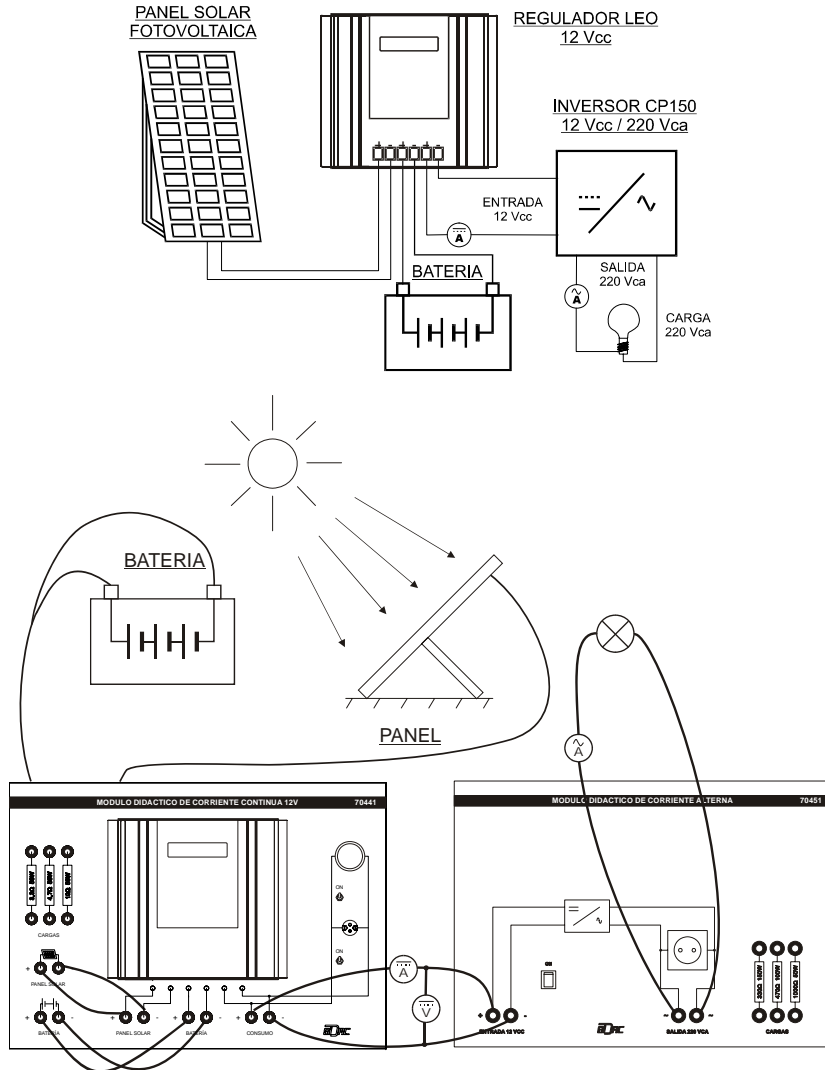
INSTRUMENTACION

MATERIALES

- 1 Batería.
- 1 Densímetro.

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCION



Respuesta al cuestionario:

- 1) Regulación tensión final de carga.
Regulación tensión final de carga.
Desconexión exceso de consumo.
Rearme de consumo.
Visualización del estado de carga.
Sistemas de alarma por:

- Cortocircuito en panel
- Cortocircuito en consumo
- Sobretensión
- Tensión alta
- Desconexión de batería
- Sobretensión
- Tensión baja
- Batería descargada
- Sin alarmas
- intensidad de consumo.
- tensión de batería.
- intensidad de carga.

Lecturas de:

- 2) Para que una batería se cargue en un TEMPO relativamente corto se necesita una tensión de carga mayor que la nominal. Si la batería está compuesta por elementos de 2 V nominales, se necesitarán entre 2,60 y 2,65 V/elemento para poder realizar dicha carga.

INSTRUMENTACION

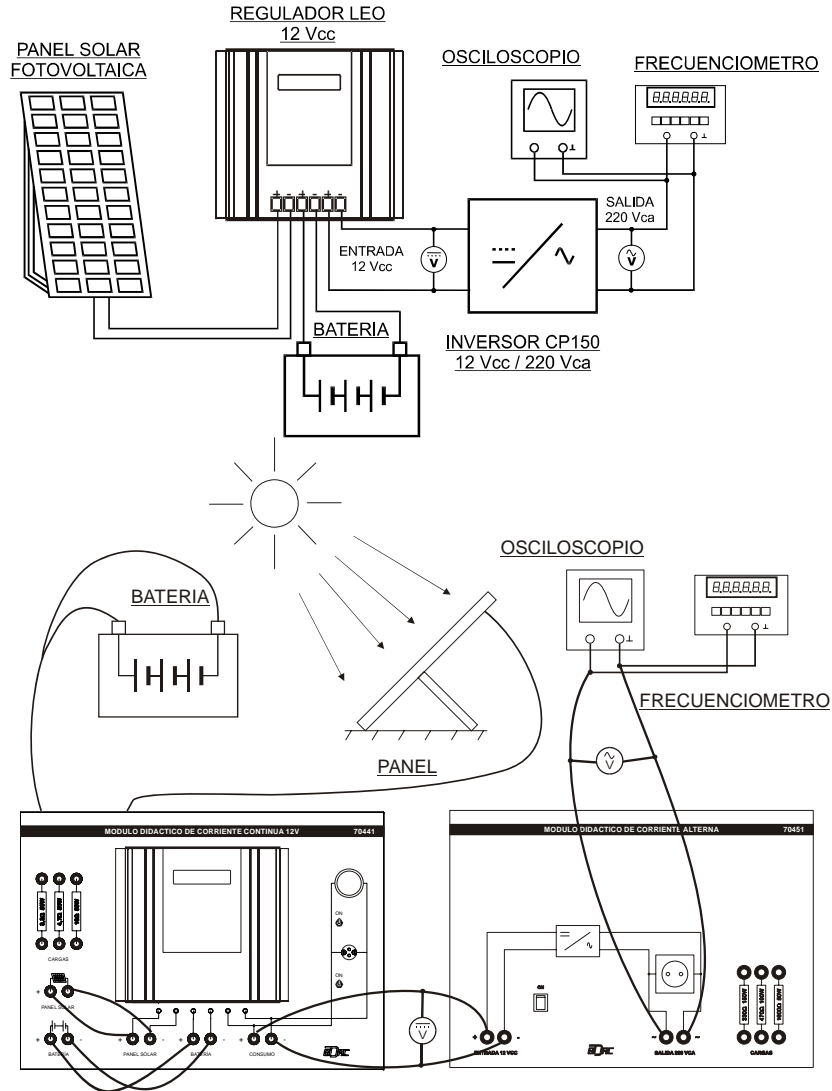
- Amperímetro de c.c. de 0 a 5 A.

MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Módulo didáctico de corriente alterna ESF70451.
- Panel solar fotovoltaico.
- Batería.
- Cables de conexión.
- Lámpara de 100 W.

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCION



Resposta al cuestionario:

- 1) La a).
- 2) La b).

INSTRUMENTACION

- Voltímetro de CC de 0 a 20 V.
- Voltímetro de CA de 0 a 250.
- Frecuencímetro.
- Osciloscopio.

MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Módulo didáctico de corriente alterna ESF70451.
- Panel solar fotovoltaico.
- Batería.
- Cables de conexión.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: PSFV13-2

2/2

ACTIVIDADE: Verificação da tensão , frequência e forma de onda do conversor.

TEMPO: 2 h.

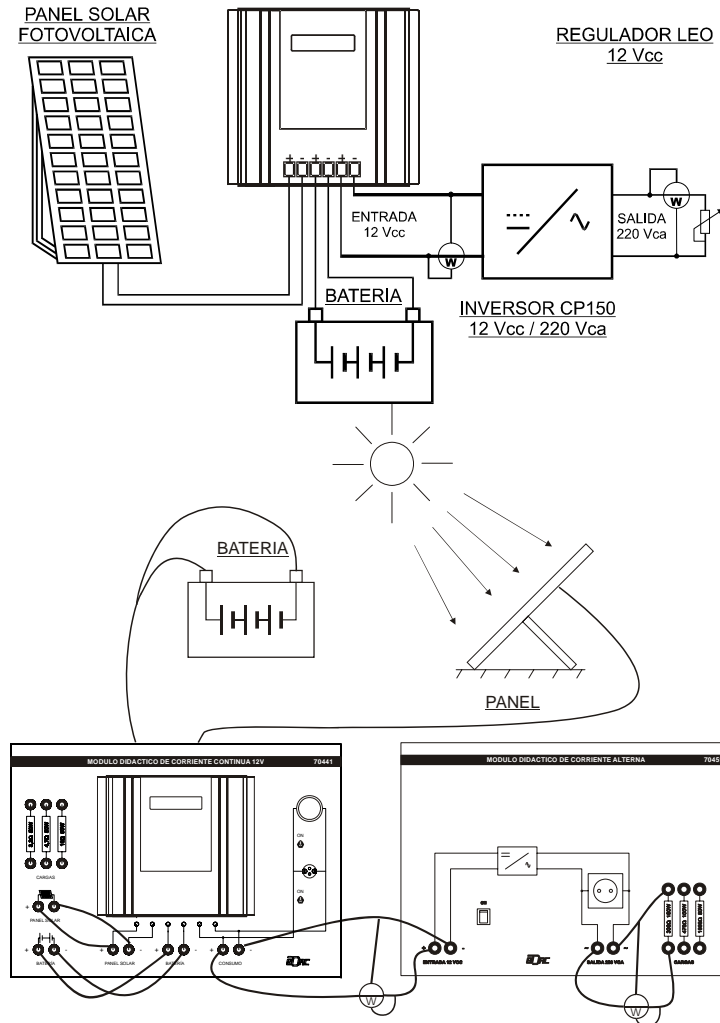
ANEXO

CONVERTIDOR

V ENTRADA		VARIACIÓN (%)		V SALIDA		VARIACIÓN (%)		FRECUENCIA		VARIACIÓN (%)	
nominal	registrada	aceptada	registrada	nominal	registrada	aceptada	registrada	nominal	registrada	aceptada	registrada
12 V CC		+25% -15%		220 V CA		+ - 7%		50Hz		+ - 2%	

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCION



Respuesta al cuestionario:

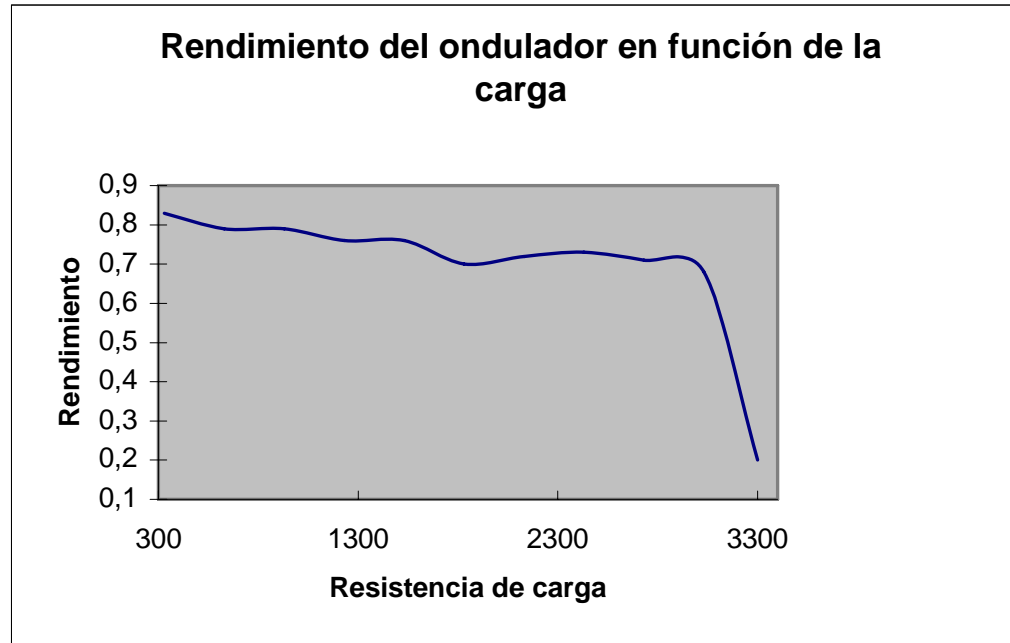
- 1) 600 W de potencia nominal. 1200 W de capacidad de punta de arranque.
- 2) 124,8 Ah/día.
- 3) 2 baterías de 40 Ah.

INSTRUMENTACION

- 1 Watímetro 220 V, 2 A .
- 1 óhmetro 4K.

MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Módulo didáctico de corriente alterna ESF70451.
- Opcional: 1 Resistencia variable de 330 a 3300 Ω , 4 A.

ANEXO

TABLA DE POTENCIAS Y RENDIMIENTO DEL CONVERTIDOR

Carga (Ω)	330	630	930	1230	1530	1830	2130	2430	2730	3030	3300
Pe (W)	134,94	92,04	62,73	48,75	40,96	35,1	31,44	27,72	25,66	23,64	22,11
Ps (W y %)	112,8 (75,2%)	73,15 (48,76%)	49,86 (33,24%)	37,31 (24,87%)	31,29 (20,86%)	24,75 (16,5%)	22,65 (15,1%)	20,5 (13,6%)	18,30 (12,2%)	16,08 (10,7%)	4,61 (3,07%)
η	0,83	0,79	0,79	0,76	0,76	0,70	0,72	0,73	0,71	0,68	0,20

Donde:

Pe = potencia de entrada

Ps = potencia de salida

η = rendimiento

Estas mediciones se han efectuado utilizando como carga un potenciómetro bobinado de 3300 ohms y 1000 watts. Todo el equipo solar fotovoltaico ha estado siempre conectado y recibiendo una radiación continua. Las mediciones se han realizado sin interrupciones.



UNIDADE DIDÁCTICA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

CÓDIGO: PSFV15-1

1/1

ACTIVIDADE: A secção dos condutores numa instalação solar fotovoltaica.

TEMPO: 2,5 h.

ESQUEMA/MONTAJE

SOLUCION

Respuesta al cuestionario:

- 1) 0,2 V.
- 2) 44,6 mm².
- 3) 2,24 A.

INSTRUMENTACION

MATERIALES

- Módulo didáctico de corriente continua ESF70441.
- Módulo didáctico de corriente alterna ESF70451.
- Panel Solar fotovoltaico.
- Batería.
- Cables de conexión.

ANEXO I

EXEMPLO DE CÁLCULO DE UMA INSTALAÇÃO COMPLETA.

ANEXO I

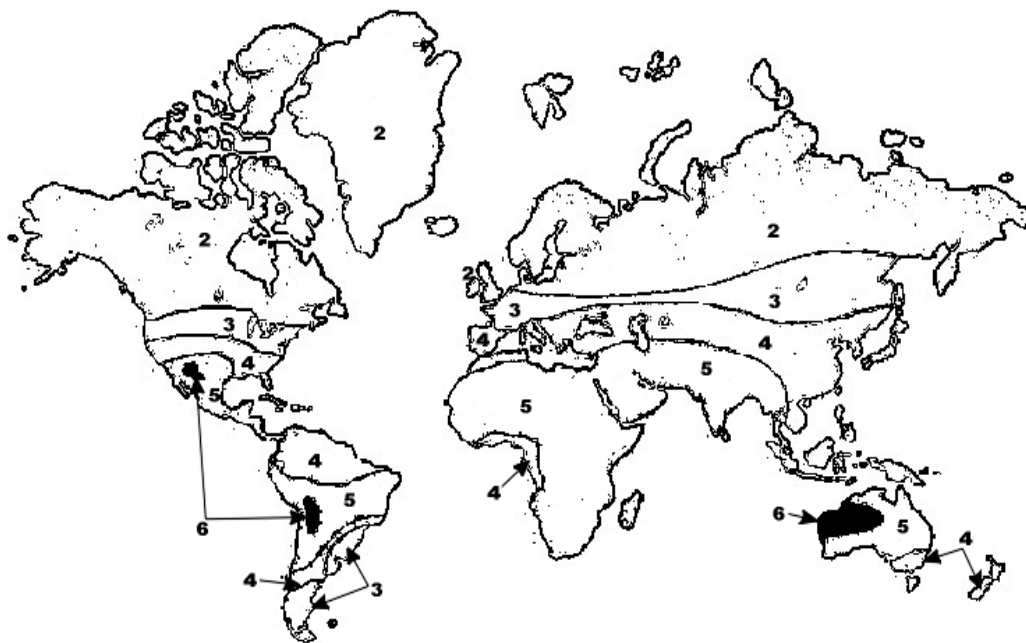
EXEMPLO DE CÁLCULO DE UNA INSTALAÇÃO COMPLETA

El presente ejemplo pretende ilustrar los cálculos que se han de realizar para determinar el equipo necesario para una instalación solar completa.

Se utilizarán paneles con una potencia nominal de 45W y la batería será de 12V.

Se deberá determinar el número de paneles necesarios, así como la potencia de la batería en Ah.

A continuación se presenta el mapa con el que se divide la zona de la tierra en 5 zonas con distintos factores regionales: estos tienen en cuenta la duración de la radiación solar diaria y la media anual de las temperaturas ambientales. Es posible que se produzcan diferencias locales considerables. Las condiciones climáticas locales de cada región así como el cambio de las estaciones influyen considerablemente en la irradiación solar.



**ANEXO I
INSTALAÇÃO
COMPLETA**

Demanda diaria de corriente continua	Aparatos	W x h	Wh
Apunte la potencia (W) que necesita cada consumidor de corriente continua. Multiplique cada valor de potencia por la duración útil diaria (en horas) del aparato en cuestión.	Lámpara de bajo consumo	13 x 3	39
	Televisor	45 x 3	135
	Ventilador	20 x 4	80
El valor total resultante indica la media diaria de demanda de potencia.	Media diaria de consumo de energía continua		254
Sume 30% a este valor	+ Suplemento por pérdidas de la batería y del sistema (30%)		+ 76
El resultado equivale a la media diaria de demanda de energía.	Media diaria de demanda de corriente continua		330

+

Demanda diaria de corriente Alterna	Aparatos	W x h	Wh
Apunte la potencia (W) que necesita cada consumidor de corriente alterna. Multiplique cada valor de potencia por la duración útil diaria (en horas) del aparato en cuestión.	Herramienta eléctrica	500 x 0,25	125
	Ordenador	40 x 3,5	140
	Equipo estéreo	35 x 2	70
El valor total resultante indica la media diaria de demanda de potencia.	Media diaria de consumo de energía continua		335
Suplemento por pérdidas de la batería y del sistema	Sume 40% a este valor		+134
Suplemento por pérdidas de la batería y del sistema	Media diaria de demanda de corriente alterna		469

=

Demanda total de energía que ha de cubrir el sistema fotovoltaico	
Sume la demanda energética de la corriente continua y la corriente alterna	799 Wh

-

Ajustar al generador de corriente de emergencia	
Reste la energía media que ha de producir un generador de corriente de emergencia	N/A

=

Demanda total de energía que ha de cubrir el sistema fotovoltaico	799 Wh
--	--------

Energía diaria por cada módulo (Wh)		Wh
Seleccione la potencia nominal de un módulo . Multiplique este valor por el factor regional.(Ver mapa)	45W*4	180

Cantidad de módulos necesarios		Nº de módulos
Divida la demanda total de energía por los vatios/hora producidos por un módulo en un día . Redondee el valor tomando el número entero más cercano.	799/180	5

Capacidad de reserva de la batería		Wh
Multiplique la demanda energética diaria por la autonomía del sistema expresada en días .	799 * 5	3995

+

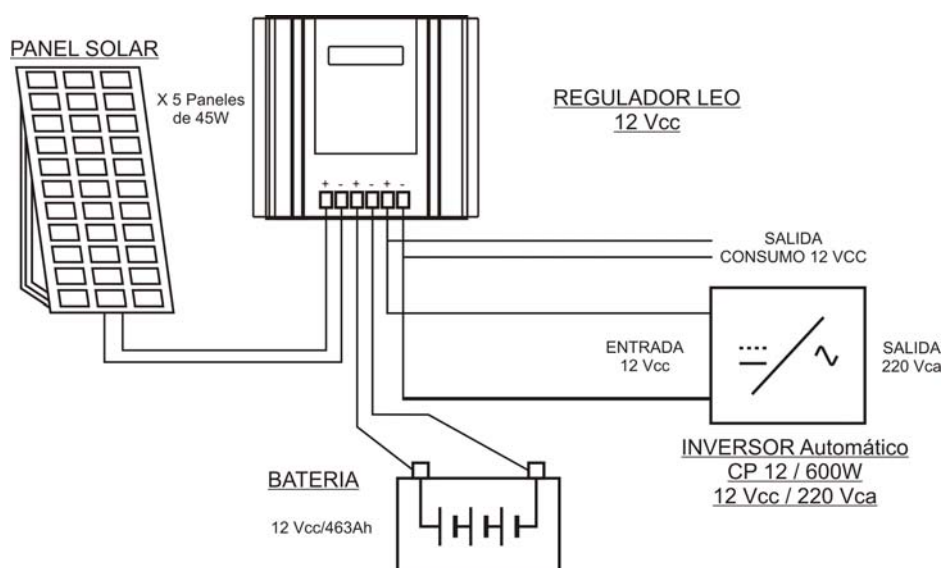
Factor de Seguridad		Wh
30% de reserva de capacidad		1199

=

Capacidad de batería necesaria (Wh)		5194
-------------------------------------	--	------

Capacidad de batería necesaria (Ah)		Ah
Se divide la capacidad de batería necesaria en Wh por la tensión de la batería . (En este ejemplo 12 V) Se ha de elegir una batería cuya capacidad sea igual o mayor a la calculada.	5194Wh/12V	433

A continuación se presenta el esquema de conexionado de los diversos elementos necesarios para realizar la instalación solar completa.



ESQUEMA ELÉCTRICO

**ANEXO I
INSTALAÇÃO
COMPLETA**



ANEXO II

EXEMPLO DE CÁLCULO DE UMA INSTALAÇÃO BÁSICA

ANEXO II

EXEMPLO DE CÁLCULO DE UMA INSTALAÇÃO SOLAR BÁSICA

Este segundo ejemplo pretende ilustrar el tipo de instalación típica que se puede realizar con el equipamiento que se ha utilizado para desarrollar las prácticas. Esta instalación se podría realizar en una cabaña de pastor a la que se le quiere dar una autonomía de dos días.

Al disponer de los elementos de la instalación fotovoltaica:

- Un panel de 45Wh de potencia nominal
- Una batería de 12 V y 108 Ah de capacidad.
- Un ondulador de 150W

El proceso de cálculo se limita a determinar que la suma de potencia de todos los aparatos elegidos, que se han de conectar al sistema fotovoltaico, no sobrepase la potencia máxima que es capaz de entregar el sistema fotovoltaico.

**ANEXO II
INSTALAÇÃO
BASICA**

Demanda diaria de corriente continua	Aparatos	W x h	Wh
Apunte la potencia (W) que necesita cada consumidor de corriente continua. Multiplique cada valor de potencia por la duración útil diaria (en horas) del aparato en cuestión.	Lámpara de bajo consumo	13 x 2	26
	Radio de 2W	2 x 1	2
El valor total resultante indica la media diaria de demanda de potencia.	Media diaria de consumo de energía continua		28
Sume 30% a este valor	+ Suplemento por pérdidas de la batería y del sistema (30%)		+ 8,4
El resultado equivale a la media diaria de demanda de energía.	Media diaria de demanda de corriente continua		36,4

1

Demanda diaria de corriente Alterna	Aparatos	W x h	Wh
Apunte la potencia (W) que necesita cada consumidor de corriente alterna. Multiplique cada valor de potencia por la duración útil diaria (en horas) del aparato en cuestión.	Frigorífico de 20 litros	4 x 24	96
El valor total resultante indica la media diaria de demanda de potencia.	Media diaria de consumo de energía continua		96
Suplemento por pérdidas de la batería y del sistema	Sume 40% a este valor		+38,4
Suplemento por pérdidas de la batería y del sistema	Media diaria de demanda de corriente alterna		134,4

=

Demanda total de energía que ha de cubrir el sistema fotovoltaico	
Sume la demanda energética de la corriente continua y la corriente alterna	171 Wh

-

Ajustar al generador de corriente de emergencia	
Reste la energía media que ha de producir un generador de corriente de emergencia	N/A

=

Demanda total de energía que ha de cubrir el sistema fotovoltaico	171 Wh
--	--------

Energía diaria por cada módulo (Wh)		Wh
Seleccione la potencia nominal de un módulo . Multiplique este valor por el factor regional. (Ver mapa)	45W*4	180

Cantidad de módulos necesarios		Nº de módulos
Divida la demanda total de energía por los vatios/hora producidos por un módulo en un día . Redondee el valor tomando el número entero más cercano.	171/180	1

Capacidad de reserva de la batería		Wh
Multiplique la demanda energética diaria por la autonomía del sistema expresada en días .	171 * 4	684

+

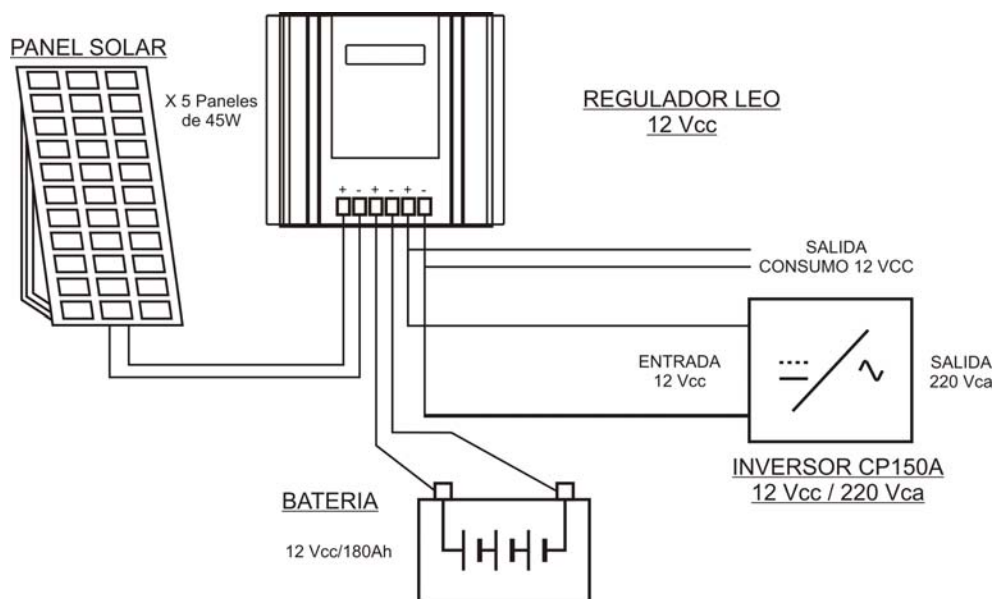
Factor de Seguridad		Wh
30% de reserva de capacidad		205

=

Capacidad de batería necesaria (Wh)		889
-------------------------------------	--	-----

Capacidad de batería necesaria (Ah)		Ah
Se divide la capacidad de batería necesaria en Wh por la tensión de la batería . (En este ejemplo 12 V) Se ha de elegir una batería cuya capacidad sea igual o mayor a la calculada.	889Wh/12V	74,1

A continuación se presenta el esquema de conexionado de los diversos elementos necesarios para realizar la instalación solar simplificada . Estos elementos corresponden a la dotación estándar.



ESQUEMA ELÉCTRICO

**ANEXO II
INSTALAÇÃO
BÁSICA**



ANEXO III

MEDIDOR DE RADIAÇÃO SOLAR SLM-7500

ANEXO III

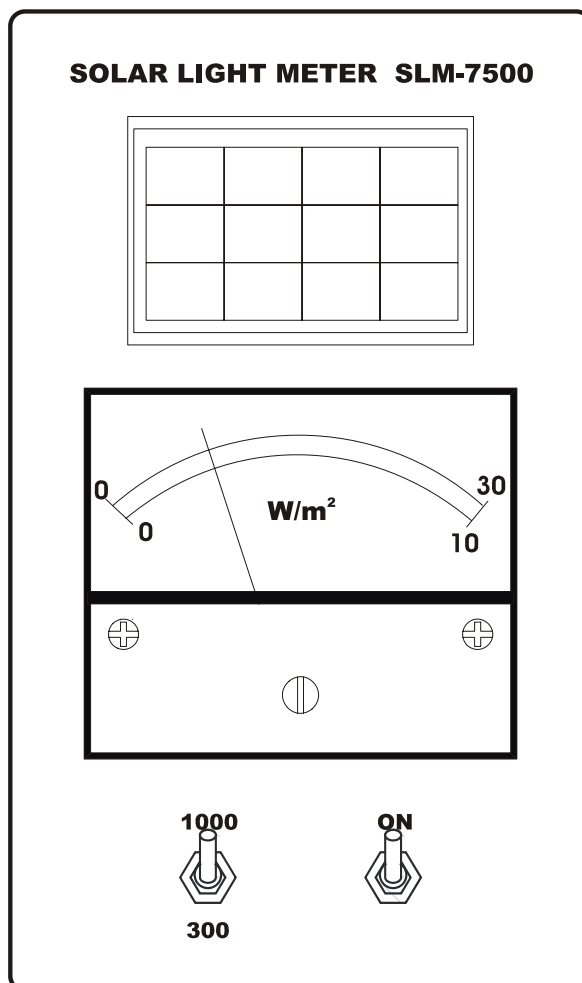
MEDIDOR DE RADIACIÓN SOLAR SLM-7500

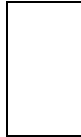
(INSTRUMENTO OPCIONAL)

DESCRIPCION

El medidor de radiación solar SLM 7500 es un instrumento de medida que permite medir la radiación solar. Esta basado en una célula solar de silicio monocristalino.

Este instrumento de bajo coste, puede sustituir al piranómetro con suficiente precisión para medir la radiación solar en instalaciones fotovoltaicas o térmicas solares.





FUNCIONAMIENTO

Dado que el comportamiento de la célula solar es totalmente lineal en función de la radiación solar, basta conocer un punto de la recta de calibración, para poder establecer una relación proporcional entre la corriente suministrada por la célula y la radiación solar recibida (en W/m^2).

De este modo, conectando un amperímetro con la sensibilidad adecuada, éste puede estar calibrado directamente en W/m^2

CONSTRUCCIÓN

En el modelo SLM 7500 se ha elegido un amperímetro de 2 escalas: 1000 en W/m^2 y 300 en W/m^2 ; que se han calibrado para la célula que lleva asociada.