



## Aplicación y Dimensionamiento de los Sistemas Fotovoltaicos

### Tema 2

#### 3.1 Aplicaciones de los Sistemas Fotovoltaicos

Por supuesto que usar sistemas FV no es la única manera de utilizar la energía del Sol. Básicamente los sistemas solares pueden dividirse en dos grandes categorías: aplicaciones solares térmicas y aplicaciones solares fotovoltaicas.

Con la energía solar térmica la irradiación es convertida en calor y utilizada para calentar agua, aire u otro medio. Los calentadores solares, secadores solares, cocinas solares directas e indirectas, destiladores solares y el uso directo del calor solar para secado de cultivos y calentamiento del espacio (energía solar pasiva) son aplicaciones muy conocidas y bien establecidas.

Con la energía solar fotovoltaica la irradiación es convertida directamente en electricidad que puede usarse para cualquier propósito. La cantidad de aplicaciones es entonces virtualmente ilimitada, desde un par de miliwatts para relojes de pulsera y calculadoras de bolsillo, 50-100 Watts para sistemas domésticos, hasta kilowatts para centrales de generación de potencia.

Las aplicaciones más conocidas son:

- Calculadoras
- Juguetes
- Luces de señalización
- Cercos eléctricos
- Bombas de agua para agua potable o irrigación
- Lámparas portátiles
- Luces de emergencia
- Sistemas domésticos pequeños: 50 Watt para algunas lámparas, radio y una TV.
- Refrigeradores para vacunas, etc.



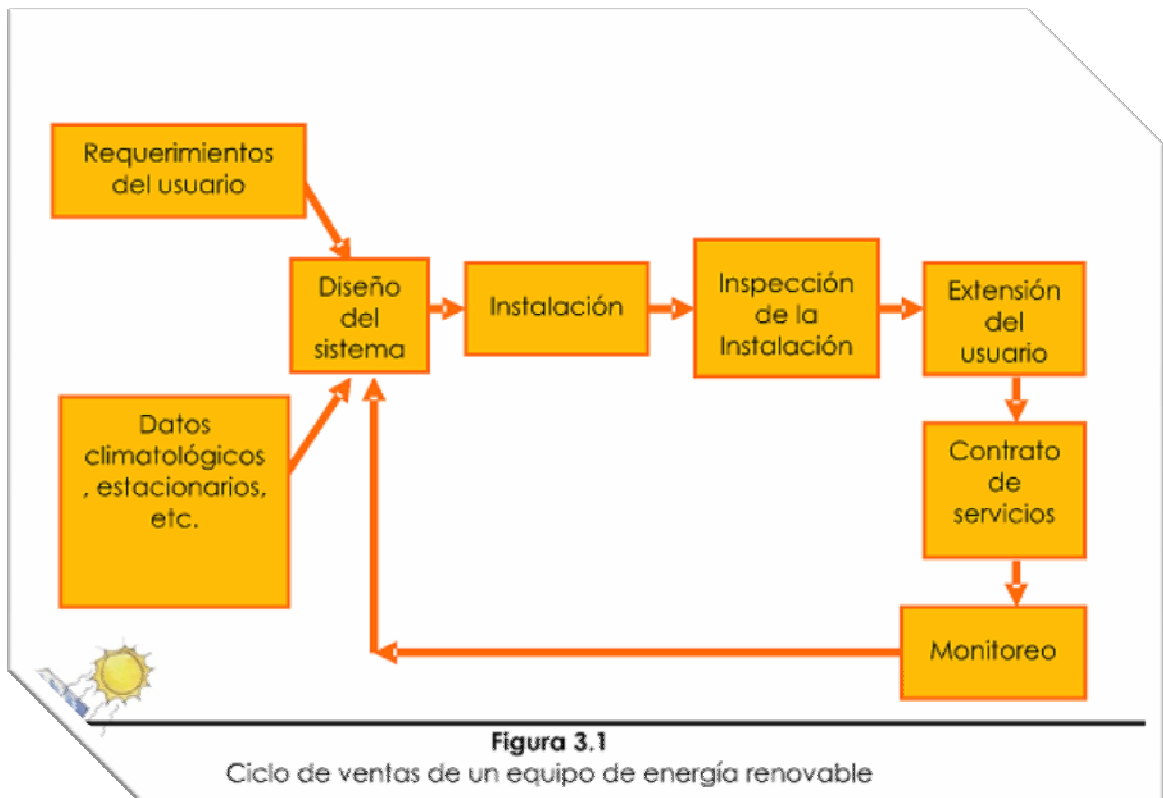
Recientemente otras grandes aplicaciones se han vuelto populares, como fachadas u oficinas hechas de paneles fotovoltaicos, generación de potencia conectada a la red a gran escala, paneles de advertencia a lo largo de las carreteras y proyectos de casas con techos completos de paneles FV. Aunque algunos sistemas trabajan bastante bien y la tecnología está suficientemente madura, este tipo de actividades son proyectos de investigación y demostración donde la economía no juega un rol importante.

### 3.2 Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico

#### 3.2.1 Vínculo entre el producto y el usuario

El capítulo anterior básicamente trataba con el producto, con el sistema FV en sí. En los módulos de mercadeo y desarrollo del mercado, se explica que realmente el cliente es el factor más importante, no el producto.

Es útil darle una mirada al ciclo del producto dentro del sistema de energías renovables. Básicamente todo producto realiza este ciclo.





Los requerimientos del usuario son el punto de partida de todo ciclo. En el caso de la energía renovable esto no es diferente. Junto con las condiciones climáticas, que ya han sido discutidas en el tema 2, un sistema puede diseñarse exactamente para satisfacer las necesidades del cliente a los más bajos costos. Además de las necesidades técnicas para diseñar un sistema FV de acuerdo a los requerimientos del cliente, es también una muy buena herramienta de promoción. El usuario se siente atendido con especial interés y que siente que se está tomando mucho empeño en diseñar el mejor producto para él.

Después de que el sistema se ha diseñado y se ha determinado su tamaño, el usuario sólo debe ser instruido en cómo funcionar y mantener su sistema. Para esto debe dársele un entrenamiento rápido pero sencillo y completo junto con un manual, con texto y diagramas fáciles de comprender.

Aún allí, la venta no ha terminado. Si se requiere debe elaborarse un contrato de servicios que deben firmar ambas partes. Dicho contrato determina qué servicios pueden esperarse del proveedor y bajo qué condiciones. Aún cuando no haya dinero de por medio en el contrato es aconsejable establecer claramente cuáles son las responsabilidades del usuario y las del fabricante o instalador.

¿Está ya terminada la venta? No, aún hay una actividad importante que los buenos empresarios deben tener en mente: monitoreo y retroalimentación del cliente. Para mantener a un cliente satisfecho es importante darle atención continua. Para mejorar el producto es beneficioso estar informado acerca de las experiencias prácticas de los usuarios. Es muy importante que ambas partes se mantengan en contacto, aún cuando el cliente está satisfecho y esté utilizando el producto sin mayores dificultades.

Es muy importante prestar atención a estos servicios de post venta en general, porque son aspectos cruciales en la comercialización y desarrollo del mercado.

### 3.2.2 Criterios a considerar para el dimensionamiento de un SFV

#### 1. Identificación del recurso solar energético

La identificación del recurso solar energético se encuentra relacionado con la incidencia de irradiación solar proyectada en la superficie horizontal, la cual viene dada en KWh/m<sup>2</sup> /día referido en media mensual o media anual.

La información complementaria relacionada al comportamiento de la incidencia de irradiación solar se encuentra en la carpeta Tema 3, subcarpeta “Irradianza solar” o



en la Web de electricidad gratuita: <http://www.electricidad-gratuita.com/irradiancia-peru.html> .

## 2. Requerimientos del usuario

Los requerimientos del usuario determinan en gran parte el diseño del sistema. Es por lo tanto importante determinar el uso final lo más en detalle posible.

### 3.2.3 Conociendo el consumo

Para conocer el consumo de energía que necesitamos nos ayudamos con la tabla siguiente.

Cartilla de consumo				
Equipo	Cantidad	Potencia ( W )	Horas de uso	Energía (Wh/día)
Energía total Wh/día				



Ahora calcularemos la energía que necesitamos según las comodidades que deseamos.

Artefacto	Potencia (W)	Nº horas uso	Energía (Wh)
Walkman	15	5	75



Equivalencias	
Equipos Corriente Continua CC	Potencia (W)
Batidora	80
Bomba sumergible	150
Cooler	50
Luces de dormitorio	25
Radio grabadora	35
Refrigerador	65
Televisor color*10	60
Ventilador* 8	15
Ventilador de techo	25
Walkman	15

**Tabla 3.1**  
**Equivalencias**



Equipos Corriente Alterna AC	Potencia (W)
Batidora	350
Cafetera	1200
Cocina eléctrica	7000
Computadora	100
Congelador	450
Ducha eléctrica	4000
Equipo de sonido	50
Foco de habitación	100
Horno microondas	1000
Jarra eléctrica	1000
Lavadora	500
Lavadora platos	1200
Licuadaora	300
Lustradora	300
Nintendo	20
olla arrocera	1000
Plancha	1000
Radio	75
Refrigerador	200
Secadora de pelo	1200
Secadora de ropa	5000
Televisor a color 19"	150
Terma	2000
Terma 200 Lt.	5000
Tostadora	1190
TV+VSH+Eq+Stand by	10
Waflera	700

Tabla 3.2

Equipos de corriente alterna que necesitan un inversor



## Ejemplo de cálculos de consumo de energía

Proyecto Quillabamba			
Sistema propuesto			
Equipo	Pot. (W)	Horas uso/día	Energía
Radio	75	6	450
TV Color 19"	150	4	600
Iluminación y pilas	180	4	720
Total	405		1770
<b>Energía kWh/día</b>		<b>1.77</b>	

Proyecto Miricharo			
Sistema propuesto			
Equipo	Pot. (W)	Horas uso/día	Energía
Radio	35	8	280
TV Color 10"	60	4	240
Iluminación y pilas	20	4	80
Total	115		600
<b>Energía kWh/día</b>		<b>0.60</b>	

## 3.2.4 Cálculo del número de paneles

Dada la demanda de electricidad, la radiación solar promedio y la eficiencia promedio del panel FV, es bastante fácil calcular el tamaño de un panel FV que cubra esta demanda.

Determinar el tamaño de un sistema es bastante sencillo y directo a pesar de que el diseño en detalle de un sistema fotovoltaico es complejo. Los métodos para determinar el tamaño son fáciles de usar pero tienen sus limitaciones. Debido a que se asumen la entrada y demanda de energía solar, el resultado de aplicar el método para determinar el tamaño puede no ser confiable en un 100%.

## ELECTRICIDAD GRATUITA CON PANELES SOLARES



La radiación solar varía de año en año y también el consumo de electricidad tiende a ser fluctuante. Por lo tanto, aún cuando se haya calculado cuidadosamente el tamaño del sistema, pueden surgir ciertas carencias de tiempo en tiempo.

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula:

$$A_r = 1200 \times E_d / I_d$$

Donde:

**$A_r$**  : Tamaño del panel (Wp)

**$E_d$** : Consumo de electricidad (kWh / día)

**$I_d$**  : Irradiación (kWh / m<sup>2</sup> / día)

El tamaño de un sistema FV está dado por el Watt Pico (Wp). Esta es la salida máxima de un panel FV bajo condiciones estándar que son: temperatura ambiente de 25°C y 1000 Watt/m<sup>2</sup> de irradiación.

Durante el medio día, en días despejados, se puede esperar una irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup>. Esto significa que un panel de 45 Wp generará, durante las horas más soleadas del día, 45 Watts. En promedio los paneles FV están en aproximadamente 100 Wp por m<sup>2</sup> o, para decirlo de una manera diferente, los paneles solares tienen una eficiencia promedio del 10%.

En la fórmula anterior, el factor para calcular el tamaño del sistema no es 1000 (que significaría una eficiencia del sistema de 10%) sino 1200 porque la eficiencia del sistema es siempre un poco más baja que la eficiencia del panel.

En el Tema 1 se dieron algunos precios para diferentes celdas FV. En la práctica sin embargo, es más interesante saber los precios para sistemas completos porque el precio por Wp depende fuertemente del tamaño del sistema. En la siguiente tabla se dan algunos precios promedios para diferentes tamaños de sistemas.

Tome en cuenta que estos precios sólo son indicadores aproximados. Los precios reales difieren mucho debido a circunstancias locales.





Precio [US\$/Wp]	Tamaño [m <sup>2</sup> ]
5	> > 10
10	aprox. 10
25	< < 10



La cantidad de energía la calculamos según  $Ar = 1200 \times Ed / Id$

Ar = Tamaño del panel (Wp)  
 Ed = Consumo de electricidad (kWh/día)  
 Id = Irradiación ((kWh/m<sup>2</sup>/día)

El siguiente ejemplo se muestra cómo se puede realizar un estimado sencillo del tamaño y del precio.

**Ejemplo**

Para una casa pequeña con 3 luces de 10 Watt, que funcionan 4 horas al día, la demanda de electricidad será de  $3 \times 10 \times 4 = 120 \text{ Wh/día} = 0.12 \text{ kWh/día}$ .

La irradiación solar promedio según mapa de irradiación solar, para el caso del Perú es de  $5.0 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ .

Esto significa que para esta casa el tamaño de panel que se requiere es:  
 $Ar = 1200 \times 0.12 / 5 = 29 \text{ Wp}$

Este es un panel pequeño de por ejemplo  $30 \times 100 \text{ cm}$  que, incluyendo una pequeña batería, podría costar alrededor de  $320 \text{ US\$}$  aproximadamente.

## ELECTRICIDAD GRATUITA CON PANELES SOLARES



### Otro ejemplo de cálculo del número de paneles

En una comunidad se desea contar con los siguientes equipos:

- Una computadora por espacio de 3 horas diarias.
- Un televisor por espacio de 4 horas diarias.
- Dos focos por espacio de 4 horas diarias.
- Un ventilador por espacio de 6 horas.
- Una bomba por espacio de 8 horas.

La irradiación promedio anual de la zona es 5 kWh/m<sup>2</sup>/día.

Completamos el siguiente cuadro:

Equipo	Cantidad	Potencia W	Horas de uso	Energía Wh/ día
Computadora	1	100	3	300
Televisor	1	125	4	500
Foco	2	100	4	800
Ventilador	1	50	6	300
Bomba	1	80	8	640
<b>Total</b>				<b>2540</b>

De la fórmula de la página 8 tenemos:

$$Ar = 1200 \times Ed / Id$$

Donde:

$$Ed = 2.54 \text{ kWh/día}$$

$$Id = 5 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$$

Entonces:

$$Ar = 1200 \times 2.54 / 5$$

$$Ar = 609.6 \text{ Wp}$$

## ELECTRICIDAD GRATUITA CON PANELES SOLARES



Luego el tamaño del panel será 609.6 Watts pico.

### Price list for solar & wind-electric components summer 2000 BP Solar Modules - 20 year warranty

	Weight (lbs)	Price
51107 BP 85 Watt PV Module BP Solar	18	610.00
51106 BP 75 Watt PV Module BP Solar	18	499.00
51104 BP 50 Watt PV Module BP Solar	12	365.00
51103 BP 40 Watt PV Module BP Solar	11	295.00
51101 BP 10 Watt PV Module BP Solar	3.5	150.00

#### Según el catálogo de la marca Dankoff Solar Products:

Para el modelo 51107, con 85 Wp tenemos:

$609.6/85 = 7.1 < > 7$  módulos, con un costo de  $7 \times 610 = 4270$  US\$

Para el modelo 51106, con 75 Wp tenemos:

$609.6/75 = 8.1 < > 8$  módulos, con un costo de  $8 \times 499 = 3992$  US\$

Para el modelo 51104, con 50 Wp tenemos:

$609.6/50 = 12.1 < > 12$  módulos, con un costo de  $12 \times 365 = 4380$  US\$

Para el modelo 51103, con 40 Wp tenemos:

$609.6/40 = 15.24 < > 15$  módulos, con un costo de  $15 \times 295 = 4425$  US\$

Para el modelo 51101, con 10 Wp tenemos:

$609.6/10 = 60.9 < > 61$  módulos, con un costo de  $61 \times 150 = 9150$  US\$

Entonces para nuestro caso se instalarán 8 módulos de 75 Wp cada uno por un costo de 3992 US\$.

Otro dato que se asume es la potencia proporcional de los paneles por metro cuadrado de 100 Wp.



Cuando otras eficiencias o salidas de potencia son válidas debe usarse la fórmula completa:

$$Ar = Pp \times Ed / (epanel \times ebatería \times Id)$$

Donde:

$Pp$  = potencia proporcionada por el panel [Wp/m<sup>2</sup>]

$epanel$  = eficiencia del panel [-]

$ebatería$  = eficiencia de la batería [-]

Esta fórmula supone una demanda de electricidad constante e radiación también constante. Por supuesto que se comete un error de esta manera porque ni el consumo de electricidad ni la radiación son las mismas durante el año. Esto significa que es casi seguro que en varios días cada año habrá una escasez de potencia. La pregunta es si esto es un problema. Por ejemplo, si los sistemas se usan sólo para prender algunas luces puede ser posible apagar algunas de las luces cuando hay escasez.

La radiación dada en la fórmula es la radiación que cae sobre el panel, esto no es lo mismo que la radiación total que cae sobre una superficie horizontal. El valor de la radiación horizontal debe corregirse con un factor de orientación e inclinación.

Si la radiación solar y la demanda de electricidad no varían mucho (en muchos de los casos) este método sencillo funciona bien. Si la radiación solar fluctúa fuertemente de estación en estación debe usarse un método diferente. En primer lugar el ángulo de inclinación puede hacerse mayor en 15° a la latitud para nivelar las fluctuaciones estacionarias (esto se llama optimización de invierno). En segundo lugar la salida del sistema solar puede calcularse para cada mes en lugar de una vez. Si se hace esto, se puede tener una mejor aproximación de la demanda de electricidad. Por ejemplo en invierno hay probablemente más necesidad de usar energía para alumbrado pero menos para refrigeración.

Básicamente los cálculos quedan igual pero ahora sabemos en qué períodos será más difícil cubrir los requerimientos. Este mes es también conocido como el mes crítico; alta demanda y poco brillo solar.

Depende de los requerimientos del usuario si es aceptable o no tener escasez de potencia en un mes crítico. En algunos casos sería muy costoso cubrir la demanda completa todo el tiempo, así que es el usuario quien se acomoda a cierta escasez.

## ELECTRICIDAD GRATUITA CON PANELES SOLARES



Si la demanda de electricidad es crucial este método para determinar el tamaño es muy crudo. En algunos casos, por ejemplo alumbrado de emergencia o estación de comunicaciones, un suministro confiable de potencia es absolutamente necesario. En esos casos, es necesario una determinación detallada del tamaño, y simulación del sistema completo, incluyendo el controlador, batería y uso final.

Otra posibilidad de asegurarse que el sistema sea capaz de cubrir toda la demanda eléctrica bajo toda circunstancia, es sobre dimensionar el sistema. Obvia mente esto hace al sistema muy costoso pero cuando la confiabilidad es importante esto puede justificarse.

### Ejemplo

Un granjero Holandés está usando una bomba FV para agua de bebedero para su ganado. Durante el invierno (los meses de Diciembre - Febrero ) su ganado no pasta fuera pero se queda en los establos. En los meses calurosos la demanda de agua es mayor y el granjero calcula los siguientes requerimientos:

Para bombear hasta 1000 litros de agua de una cuneta no profunda (2 metros) con una eficiencia de bombeo del 50%, la siguiente cantidad de energía se necesita:

$$E = MgH/e = [1000 \times 9.81 \times 2]/0.50 = 40,000 \text{ J/día} = 11 \text{ Wh/día}$$

Esto da los siguientes requerimientos por mes:

Mes	requerim. agua [lt/día]	requerim. energ. [kWh/día]	radiación a 30°Sur [kWh/m².d]	tamaño del panel [Wp]
Enero	0	0	0.72	0
Febrero	0	0	1.43	0
Marzo	10000	0.11	2.25	52
Abril	10000	0.11	3.97	33
Mayo	12500	0.14	5.22	32
Junio	12500	0.14	5.47	29
Julio	15000	0.17	5.08	40
Agosto	15000	0.17	4.49	45
Setiembre	12500	0.14	3.25	52
Octubre	12500	0.14	1.88	89
Noviembre	10000	0.11	0.86	153
Diciembre	0	0	0.56	0

Para cubrir la demanda completa en todos los meses se requiere un panel de 153 Wp pero esto sería demasiado grande para todos los meses. De la tabla se puede ver que el panel de 52 Wp sería suficiente para todos los meses, excepto para Octubre y Noviembre.

Incrementando el ángulo de inclinación el sistema puede optimizarse un poco porque hay aún sobre capacidad en el verano.



Para mayor información complementaria, usted puede entrar a las siguientes páginas Web :

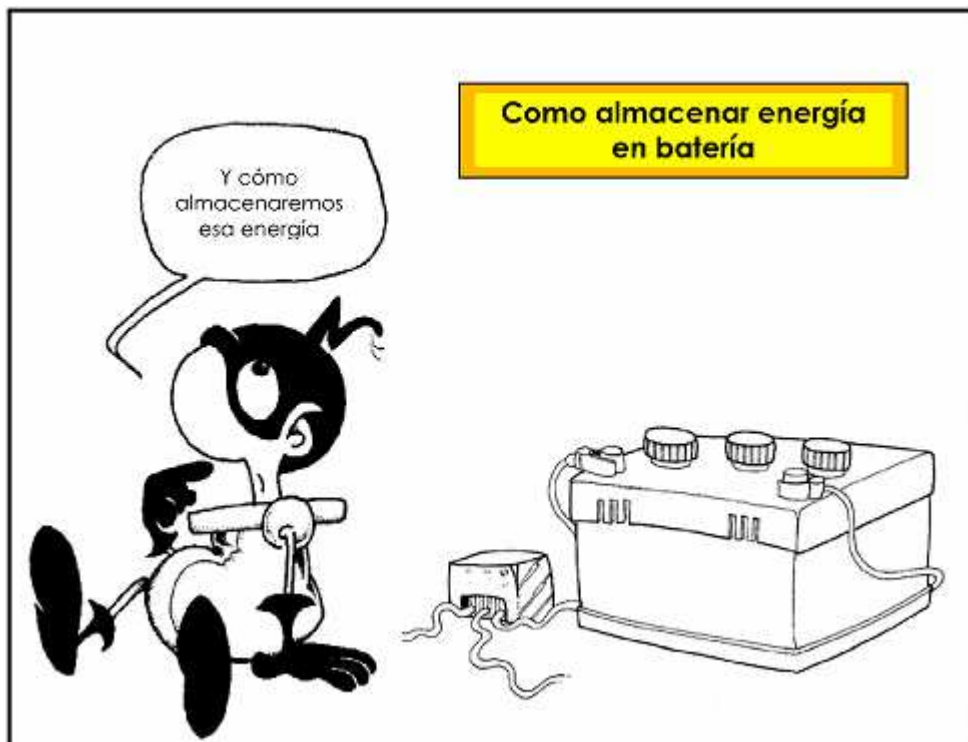
<http://www.schonimex.com>

<http://www.total-energie-la.com>

<http://www.bpsolar.com>

### 3.2.5 Dimensiones de la batería de almacenamiento

El tamaño de la batería de almacenamiento también depende de la importancia de la confiabilidad del suministro de potencia. En muchos de los casos es suficiente un almacenamiento en baterías de 2 o 3 días. Esto significa que la capacidad de la batería debería ser de por lo menos 2 o 3 veces el consumo de energía diario para poder suplir durante 2 o 3 días sin brillo solar.



Pero esto es sólo suficiente cuando las baterías funcionan a un 100% de eficiencia y cuando las baterías pueden descargarse al 100%. Ambos no son los casos. Por ejemplo para una batería común de ácido - plomo la eficiencia puede ser algo de 80% pero

## ELECTRICIDAD GRATUITA CON PANELES SOLARES



depende mucho del uso de la batería. Cuando se carga y se usa constantemente, la eficiencia será alta.

Cuando la batería sea poco utilizada la auto descarga provocará una baja eficiencia. Las baterías no pueden ser descargadas en más del 50% de lo contrario su tiempo de vida disminuirá demasiado.

Por lo tanto el tamaño de la batería de almacenamiento aumenta considerablemente.

### Ejemplo

Para cubrir un período de tres días sin sol se requiere una batería de la siguiente capacidad:

Suponemos que:

eficiencia de batería = 80%

descarga de batería = 50%

consumo eléctrico = 5kWh/día

Tamaño de la batería:  $3 \times 5 \text{ kWh} / 0.8 / 0.5 = 37.5 \text{ kWh}$

Que equivale a 31 baterías de 12 V con una capacidad de 100 Ah cada una.

### Ejemplo de cálculo de baterías

Para calcular la cantidad de baterías necesarias usamos el siguiente procedimiento:

#### A. Cálculo del tamaño de la batería:

$$\text{Tamaño} = (\text{AUT} \times \text{Ed}) / (\text{REND} \times \text{DESC})$$

Para nuestro ejemplo anterior, tenemos:

$$\text{AUT (Autonomía- días sin brillo solar)} = 2$$

## ELECTRICIDAD GRATUITA CON PANELES SOLARES



$E_d = 2.54 \text{ kWh}$

REND (eficiencia de la batería) = 80%

DESC (descarga de la batería) = 50%

Entonces el tamaño de nuestra batería será =  $(2 \times 2.54) / (0.8 \times 0.5) = 12.7 \text{ kWh} = 12700 \text{ Wh}$

### B. Número de baterías necesarias:

$\text{N}^\circ \text{ de Baterías} = \text{tamaño} / (\text{Ah} \times \text{V})$

Tamaño en Wh

Escogemos de la tabla siguiente una batería de 100 Ah y 12 V

$\text{N}^\circ \text{ de Baterías} = 12700 / (100 \times 12) = 10.58 \text{ } \langle \rangle \text{ } 11 \text{ Baterías}$



My Solar

Energía Solar para Usted



inelsacontrols





Batería para paneles fotovoltaicos

<b>Sundog Flooded Batteries</b>			<b>Weight in (lbs)</b>	<b>Retail Price</b>
Free freight on all orders. (Site must be able to accept a semi; lift gate charges are extra.)				
Non-corrosive/conductive case. Batteries include Water-Miser caps.				
<b>12-Volt 6-Cell</b>				
44470	Sundog 12V, 512 AH	SD1250	410	1641.00
44471	Sundog 12V, 614 AH	SD1260	480	1770.00
44472	Sundog 12V, 819 AH	SD1280	630	2268.00
44473	Sundog 12V, 1024 AH	SD12100	780	2559.00
44474	Sundog 12V, 1229 AH	SD12120	930	2872.00
<b>6-Volt 3-Cell</b>				
44475	Sundog 6V, 512 AH	SD650	205	942.00
44476	Sundog 6V, 614 AH	SD660	240	1006.00
44477	Sundog 6V, 819 AH	SD680	315	1284.00
44478	Sundog 6V, 1024 AH	SD6100	390	1411.00
44479	Sundog 6V, 1229 AH	SD6120	465	1593.00
<b>Concorde Maintenance Free Valve-Regulated Sealed Lead-Acid Batteries</b>			<b>Weight in (lbs)</b>	<b>Retail Price</b>
42204	Concorde 12V, 255 AH	Sealed Battery	162	499.00
42207	Concorde 12V, 100 AH	Sealed Battery	63	210.35
Other sizes of Concordes available. Please call for prices.				

Elección del voltaje de la batería



12 V si la potencia es menor que 1,500 W
24V o 48 V si la potencia esta entre 1,500 y 5,000 W
48 V o 120 V si la potencia es mayor de 5,000 W o 5 kW

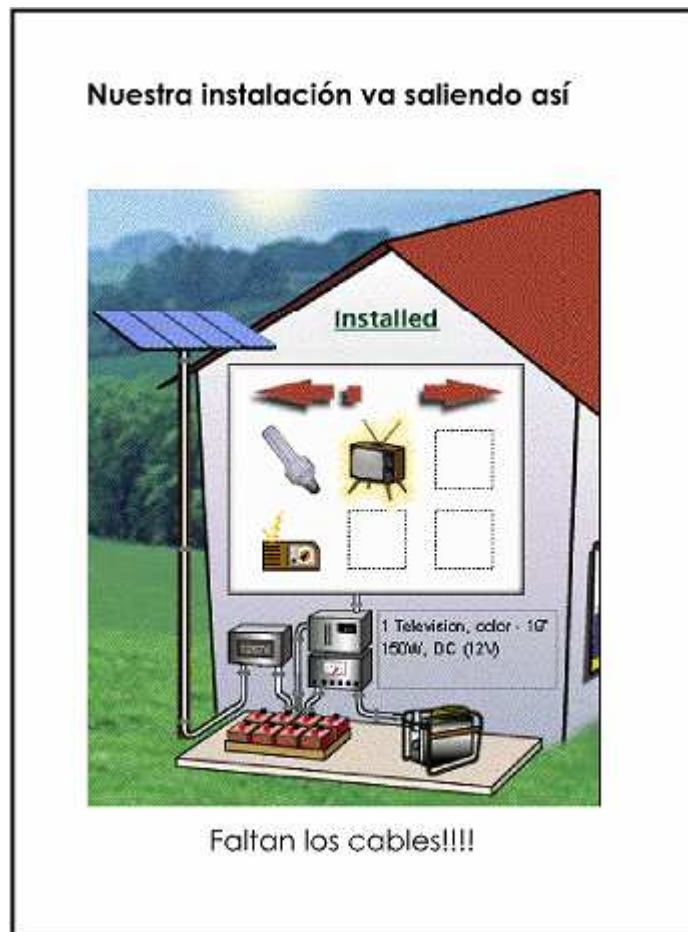


Figura 3.2

### 3.2.6 Dimensionamiento de los cables

Los cables utilizados en un sistema fotovoltaico están cuidadosamente diseñados. Como el voltaje en un sistema fotovoltaico es voltaje CC bajo, 12 o 24 V, las corrientes que

## ELECTRICIDAD GRATUITA CON PANELES SOLARES



fluirán a través de los cables son mucho más altas que las de los sistemas con voltaje AC de 110 o 220 V.

La cantidad de potencia en Watts producida por la batería o panel fotovoltaico está dada por la siguiente fórmula:

$$P = U \times I$$

Donde: U = tensión en Voltios

I = corriente en Amperios

Esto significa que para suministrar una potencia a 12 V la corriente será casi 20 veces más alta que en un sistema de 220 V. Esto significa que cables mucho más gruesos deben usarse para impedir el recalentamiento o incluso la quema de los cables.

Para darse una idea del tamaño de los cables las siguientes tablas da algunas características de ellos, la corriente máxima que puede fluir sin recalentar el cable y la cantidad de potencia que puede producirse a diferentes voltajes:

A continuación damos una tabla para conductores eléctricos extraído del manual de INDECO, que nos servirá para saber que calibre de conductor necesitamos teniendo como dato la corriente que circulará por el conductor.

Calibre AWG - MCM	Sección Real (mm <sup>2</sup> )	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

## ELECTRICIDAD GRATUITA CON PANELES SOLARES



Es importante considerar la caída de tensión en el cable proveniente del arreglo de paneles hacia el controlador o del arreglo de baterías hacia el controlador. En el manual de INDECO existe una fórmula sencilla para el cálculo de la caída de tensión en los cables que a continuación la presentamos.

$$\text{Sistema Monofasico:}$$

$$\Delta V = \frac{0.0357 * L * I * \text{Cos}\phi}{S} \quad (\text{Voltios})$$

$$\text{Sistema Trifasico:}$$

$$\Delta V = \frac{0.0309 * L * I * \text{Cos}\phi}{S} \quad (\text{Voltios})$$

Siendo:

L : longitud del cable

I : Intensidad de corriente que pasa por el conductor (A)

Cos  $\phi$  : Factor de potencia

S : Sección del conductor en mm<sup>2</sup>

Otra tabla que nos podría ser útil es la siguiente, donde se considera a la potencia para distintos niveles de tensión.

Tamaño del cable, corte de área seccional mm <sup>2</sup>	Corriente Máxima [A]	Potencia generada [W]		
		12 V	24 V	220 V
1.0	10	20	240	2200
1.5	15	80	360	3300
2.5	20	240	480	4400
4.0	30	360	720	6600
6.0	35	420	840	7700
10.0	50	600	1200	11000
16.0	70	840	1680	15400
25.0	90	1080	2160	19800



De esta tabla queda claro que a voltajes bajos sólo bajas demandas de potencia pueden abastecerse o cables muy gruesos deben utilizarse. Para alcanzar una potencia de 1 kW a 12 V un cable de 25.0 mm<sup>2</sup> debe utilizarse para suministrar tanto como 20 kW a 220 V. Esto aumenta el precio del sistema drásticamente debido a que los cables más gruesos son más costosos.

Tome en cuenta que estos tamaños sólo se aplican para cables cortos. Se utiliza otro enfoque en lo que se refiere a un módulo de energía eólica donde el punto de partida es la máxima caída permisible de voltaje sobre el cable, dado el largo, voltaje y corriente.

Cuando se utilizan fusibles, para proteger la unidad de control o dispositivos contra corrientes altas, el tamaño de los fusibles no debería ser mayor a la proporción de corriente máxima del cable. Los fusibles son sólo útiles en el extremo de uso de la batería pues en el lado Fv de la batería la corriente de corto circuito es sólo 10% mayor que la corriente máxima durante brillo solar completo.

Cuando se diseñan sistemas más grandes, uno debe realizar un análisis de costo/performance para elegir el voltaje operativo más adecuado. Más aún sería mejor reunir pequeños grupos de paneles y de ser posible hacer el voltaje de operación más alto que 12 ó 24 V.

Para mayor información complementaria pueden entrar a la siguiente página web: <http://www.indeco.com.pe>

### 3.2.7 Dimensiones de la unidad de control

El tamaño de la unidad de control está determinada por la máxima corriente que puede esperarse del sistema FV. Esta puede ser tanto la corriente de los paneles a la batería y/o uso final, o la corriente de la batería hasta el uso final. Ambas corrientes máximas deben calcularse para determinar la capacidad de la unidad de control.

La corriente más alta determina la capacidad. Por ejemplo un panel de 12 V 50 Wp suministra una corriente máxima de 4.2 A mientras que 4 luces de 11 Watt y una radio de 15 Watt, alumbrando y funcionando simultáneamente, extraen más o menos 5 A. No se espera que la corriente máxima en el sistema exceda estos 5 A entonces la unidad de control y fusibles deben dimensionarse a este valor.

Por lo tanto se concluye que en los sistemas solares autónomos o sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD), los controladores de carga protegen a la batería de una descarga profunda (descarga extrema, demasiada energía consumida) o de sobrecarga (carga extrema, demasiada energía proveniente del panel solar).



El uso de un controlador de carga es altamente recomendable. Éste desconecta las cargas cuando la batería está casi completamente descargada. Todos los sistemas solares domiciliarios cuentan con un controlador de carga.

### Recomendaciones:

- Observe su controlador de carga para verificar el estado de la batería (cuán cargada se encuentra). Por lo general, el controlador está provisto de un indicador luminoso rojo, que se enciende cuando la batería está descargada, y uno verde, que se enciende cuando está completamente cargada. Procure que el indicador verde permanezca encendido el mayor tiempo posible. Esto extenderá el tiempo de vida de la batería.
- Nunca ignore las indicaciones del controlador de carga con el fin de extraer hasta la última gota de energía de la batería. Esto la arruinaría.

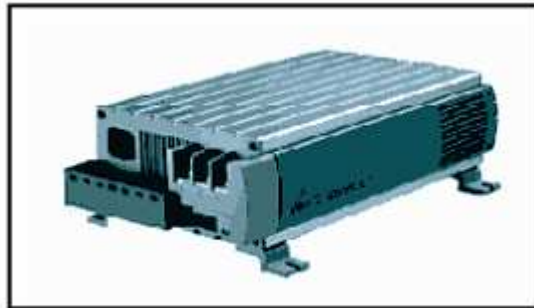


Figura 3.3

### Controlador Solar de Carga 8A / 12A / 20A / 30A

Protección contra Cortocircuito, Protección contra circuito abierto.

Compensación de Temperatura.

Determinación del Estado de Carga.



Figura 3.4



Figura 3.5



Figura 3.6

### Cómo calcular el controlador

Se compra según la máxima corriente que pasa por los cables!!

**Un ejemplo fácil:**

Panel - batería = 50 Wp y Batería de 12 V =  $50/12 = 4.2$  A

Batería – carga = 4 focos de 11 w y una radio de 15 w = 5.0 A

## ELECTRICIDAD GRATUITA CON PANELES SOLARES



Trace Charge Controllers		Weight in (lbs)	Retail Price
71101	Trace C12 - 12 Volt	12A Charge/Load Controller	3 110.00
71102	Trace C30 - 12, 24 Volt	30A Load Controller	3 110.00
71103	Trace C30A - 12, 24 Volt	30A Charge Controller	3 110.00
71104	Trace C35 - 12, 24 Volt	35A Charge Controller	4 145.00
71105	Trace C40-12, 24, 48 Vol	40A PWM Charge/Load Ctrlr.	4 195.00
71106	Trace C40/DVM	Digital Meter For C40	1 90.00
71108	Trace C40/R50	C40R/50	3 115.00
71107	Trace C40/R100	C40R/100	3 135.00
71108	Trace C60 - 12, 24 volt	60A PWM Charge/Load Ctrlr.	4 245.00
71113	Trace TC8-12, 12 Volt	8A PWM Charge/Load Ctrlr.	2 79.00
71114	Trace TC8-24, 24 Volt	8A PWM Charge/Load Ctrlr.	2 79.00
71109	Trace TC12-12, 12 Volt	12A PWM Charge/Load Ctrlr.	3 85.00
71110	Trace TC12-24, 24 Volt	12A PWM Charge/Load Ctrlr.	3 85.00
71111	Trace TC25, 12/24 Volt	25A PWM Charge/Load Ctrlr.	5 119.00
71112	Trace TC60, 12/24/48 Vol	60A PWM Charge/Load Ctrlr.	10 329.00

### 3.2.8 Inversores

En muchos casos el cliente desea usar aplicaciones convencionales, generadas por sistemas FV. Aunque ésta no es siempre la mejor opción desde el punto de vista de la eficiencia energética, implica que la salida de un sistema FV sea cambiada de voltaje bajo continuo a 220 ó 110 V, 55 ó 50 Hertz, AC.

Un inversor puede parecer una solución fácil para convertir toda la salida del sistema solar a una potencia AC estándar pero tiene varias desventajas. La primera es que aumenta el costo y complejidad de sistema. Para muchas aplicaciones no es necesario en lo absoluto utilizar un inversor. Por ejemplo para el alumbrado es mejor invertir en luces de bajo voltaje en lugar de invertir en un inversor. Más aún, en algunas aplicaciones, por ejemplo para radios, la primera cosa que se hace con la potencia que ingresa es convertirla en bajo voltaje CC.

Un inversor también consume energía y por tanto disminuye la eficiencia general del sistema. La ventaja del inversor es que el voltaje de operación es mucho más alto y por tanto puede evitarse el uso de cables gruesos. Especialmente cuando deben usarse cables largos podría ser económicamente viable utilizar un inversor.



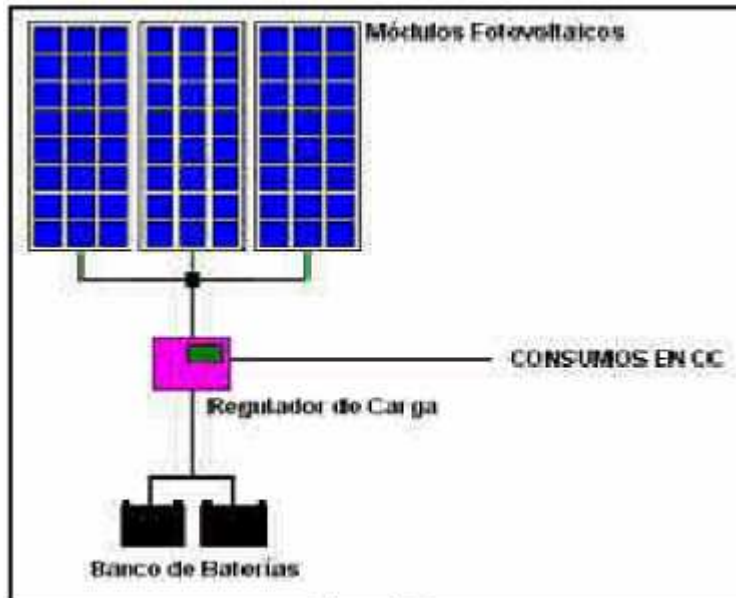


Figura 3.7  
Sistemas que no necesitan inversor de carga

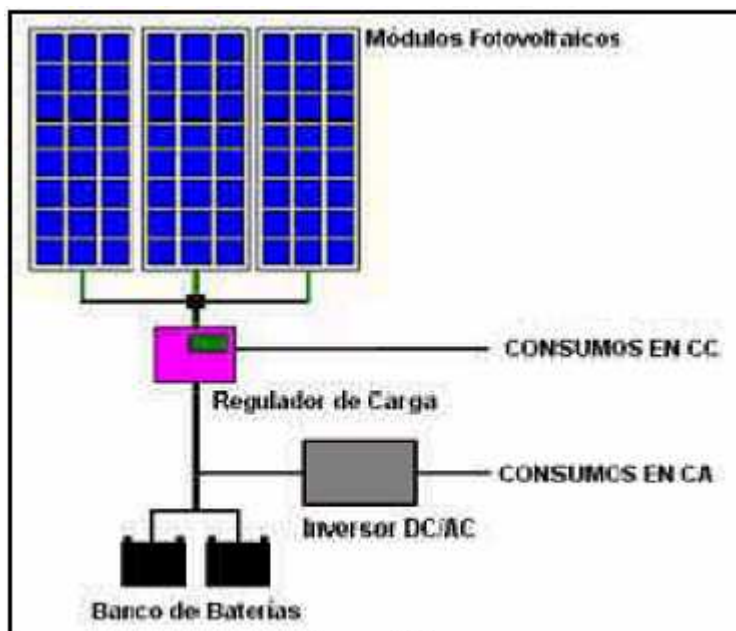


Figura 3.8  
Sistemas que necesitan inversor de carga



### 3.2.9 Selección del lugar de ubicación, requerimientos

A pesar de que los sistemas FV no son muy exigentes hay algunos requerimientos para determinar un lugar de ubicación adecuado para el sistema. También deben tomarse en consideración todos los lugares para todos los componentes del sistema porque algunos deben estar fuera (del panel) mientras que otros componentes deberían estar de preferencia dentro (baterías y unidad de control).

- Ubicación de los paneles: debe haber suficiente espacio sobre el techo o poste para colocar el panel. Debe evitarse las sombras, ver método en la sección de recursos solares para determinar la sombra de obstáculos alrededor.
- Optimice el ángulo de inclinación y orientación de los paneles; mirando al sol y en una caída igual a la de la latitud (mínimo 15º) ó 15º más del nivel de fluctuaciones por estación.
- La estructura del techo o marco de soporte deben ser lo suficientemente fuertes para soportar la carga extra del viento (especialmente en áreas donde se dan tormentas esto es un requerimiento importante).
- Los paneles deberían ser montados de tal manera que estén al alcance para los servicios de limpieza y mantenimiento. Esto también se aplican a la batería y al controlador.
- La ubicación de los paneles debe estar cerca de los lugares donde se ubican la unidad de control, la batería y el uso final para evitar cables largos que son costosos y originan pérdidas.
- Mantenga los cables que van desde la unidad de control a los puntos finales de uso lo más cortos posibles.
- Los paneles deberán ser protegidos contra robos o cualquier posible fuente de daño (vandalismo, niños que juegan, cocos que caen de árboles, etc.).
- Los paneles no deben colocarse cerca de fuentes contaminantes como chimeneas industriales de combustión, carreteras polvorosas, etc.
- La unidad de control y batería de almacenamiento deben instalarse dentro o en una caja que pueda soportar todas las inclemencias del clima (piense en suficiente ventilación para enfriar los componentes electrónicos y para ventilación de las baterías ventiladas).
- Mantenga la batería a temperatura moderada (10-35º C) para aumentar el comportamiento y tiempo de vida de la batería. Evite los lugares expuestos directamente a la luz del sol.