



# Unidad 15: Sistemas de energía solar fotovoltaica para equipos de telecomunicaciones. Dimensionado

*Desarrollado por: Alberto Escudero-Pascual . IT+46. Con base en en el trabajo original de miembros de Ingeniería Sin Fronteras (ISF) y el Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid*

---

## Tabla de contenido

1. Sobre este documento.....	2
1.1 Información sobre propiedad intelectual.....	2
1.2 Grado de dificultad.....	2
1.3 Información sobre los iconos.....	2
2. Introducción.....	2
3. Datos generales .....	4
4. Características de los elementos del sistema.....	5
4.1 Paneles .....	5
4.2 Baterías .....	5
4.3 Regulador .....	5
4.4 Convertidor DC/AC .....	5
4.5 Equipos de consumo .....	5
5. Dos decisiones previas.....	6
6. Procedimiento de cálculo.....	7
6.1 Orientación de los paneles.....	7
6.1.1 Acimut.....	8
6.1.2 Inclinación.....	8
6.2 Corriente necesaria en el mes peor.....	9
6.3 Cálculos finales.....	10
6.3.1 Número paneles.....	10
6.3.2 Capacidad de la batería o acumulador.....	10
6.4 Regulador.....	11
6.5 Convertidor DC/AC.....	11
6.6 Cableado.....	12
7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual.....	16

# 1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o [www.wilac.net/tricalcar/](http://www.wilac.net/tricalcar/). Este material fue desarrollado originalmente en castellano para el proyecto TRICALCAR.

## 1.1 Información sobre propiedad intelectual

En el año 1998, la organización Ingeniería sin Fronteras (Federación Española) publicó la primera versión de un “Manual de Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo”. El manual fue creado y editado por miembros de la ONG y expertos del Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid. Por curiosidades de la historia, ninguno de los miembros del equipo de edición conservábamos el documento en formato electrónico y nunca se hicieron más ediciones. Han pasado casi diez años desde aquella primera edición y este documento es un esfuerzo de rescatar y extender dicho manual.

Con este rescate quiero agradecer el trabajo de los que fueron mis mentores en aquellos años de Universidad y coordinadores del manual original: Miguel Ángel Eguido Aguilera, Mercedes Montero Bartolomé y Julio Amador. Este trabajo está licenciado bajo Creative Commons Attribution Share Alike Non-Commercial 3.0. Esperamos que este material sea un punto de partida para las siguientes ediciones y su extensión por parte de la comunidad.

## 1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es “básico” .

## 1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

# 2. Introducción

El objetivo de esta unidad es calcular los elementos necesarios de la instalación fotovoltaica y sus parámetros. En primer lugar, el número y tipo de paneles que hacen falta para captar la energía

necesaria; en segundo lugar, la capacidad que ha de tener la batería o acumulador para poder disponer de energía en días de poco sol; y por último ser capaz de también elegir las características del resto de los elementos que integran el sistema (regulador, convertidor, cables, etcétera).

Este cálculo es importante porque los elementos de la instalación deben guardar entre sí la proporción justa y equilibrada. Si se calcula en exceso el generador fotovoltaico con el propósito de producir más energía, y el acumulador no tiene capacidad suficiente para almacenarla, se pierde la mayoría de ella. Un regulador de menor amperaje que el indicado, o un simple conductor de sección insuficiente pueden ser causa de avería y paralización de la instalación. El tamaño de los elementos es especialmente importante cuando se necesita instalar baterías y paneles en lo alto de torres de comunicaciones.



*No hay que olvidar que el “modo de consumo” de energía eléctrica producida con energía solar es distinto del de la energía producida por métodos tradicionales (¡una bombilla que quede encendida por descuido puede ser fatal!). El “combustible” de los sistemas fotovoltaicos, la radiación solar, tiene un comportamiento de difícil predicción, y nunca se puede predecir si el sistema va a dar en todo momento la energía que se necesita.*

El diseño del sistema parte de un consumo estimado inicialmente, y que si el usuario excede habitualmente producirá frecuentes fallos en el suministro.

El *método de diseño* consiste en estimar las necesidades energéticas, y en función de ello calcular el sistema para que funcione correctamente el mayor tiempo posible, es decir, de forma que sea lo más fiable posible. Lógicamente, cuantos más paneles y acumuladores se instalen, más energía se podrá captar y almacenar; luego de más energía se podrá disponer en el momento en que se necesite. Aumentará la fiabilidad de la instalación, pero también aumentará su coste.

Hay instalaciones fotovoltaicas, por ejemplo el suministro de energía a un equipo de radioenlace en una red troncal, en las que el factor de fiabilidad es más importante que el coste. En una instalación cliente el coste va a ser el factor determinante. La búsqueda de un equilibrio entre coste y fiabilidad no es una tarea fácil, lo realmente importante es ser capaz de determinar lo que se espera de una instalación y a qué precio.

Existen diversos procedimientos de cálculo para mantener una fiabilidad dada con el mínimo coste, pero requieren un elevado número de datos de radiación solar para su utilización, no disponibles en muchas localidades.



*Esta guía propone un procedimiento bastante sencillo, el llamado “**método del mes peor**”, que consiste en calcular las dimensiones del sistema para que pueda funcionar en el mes en el que la demanda de energía es mayor respecto a la energía solar disponible (mes peor).*

Es un método de validez general, que proporciona resultados satisfactorios y es ampliamente utilizado.



*En este método la fiabilidad se estima fijando el número máximo de días que el sistema puede funcionar sin que reciba radiación solar, durante los cuales todo el consumo se hace únicamente a expensas de la energía almacenada en la batería. Este número de días se conoce como el número máximo de días de autonomía ( $N$ ). En definitiva,  $N$  está relacionado con el número de días consecutivos totalmente cubiertos que pueden producirse, durante los cuales los paneles no captan prácticamente energía.*

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



*El depender de tantos factores, y de que éstos no se puedan evaluar fácilmente, hace que no haya otra forma de fijar  $N$  que a partir de la intuición y la experiencia. Para enlaces críticos de comunicaciones un buen número es  $N = 5$ , mientras que para enlaces clientes se pueden reducir ese número a  $N = 3$ .*

Esta guía incluye una serie de tablas que facilitan la ordenación de todos los datos para el cálculo. Las tablas se incluyen al final de la unidad.

Antes de proceder con el cálculo veamos cuales son los datos, tanto técnicos como geográficos necesarios.

### 3. Datos generales

- **Latitud del lugar** . Con signo positivo en el hemisferio norte y negativo en el hemisferio sur.
- **Datos de radiación solar** . Para el método del “mes peor” basta con conocer doce valores, uno para cada mes. Son los valores medios mensuales de irradiación global diaria sobre plano horizontal ( $G_{dm}(0)$ , en  $\text{kWh/m}^2 \times \text{día}$ ), es decir, la suma de los valores de irradiación global de todos los días del mes partida por el número de días del mes.

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

Existen datos de  $G_{dm}(0)$  de muchos lugares del mundo recogidos en tablas y bases de datos, pero lo más recomendable es recurrir a la estación meteorológica más próxima al lugar de la instalación.



*Algunas veces es común encontrar datos sobre el número de horas medias de sol al día (sin nubes), sobre todo en zonas turísticas. Es posible calcular los valores de  $G_{dm}(0)$  basándonos en el número de horas de sol al día. No incluimos dicho método en esta guía introductoria por brevedad.*

Otro concepto que no se debe confundir con el de “horas de sol” es el de número de “horas de sol pico”.



*El número de horas de sol pico es un valor normalizado que equivale a el número de horas recibiendo una radiación solar de 1000 W/m<sup>2</sup> a 25 C.*

Piensa por ejemplo que un lugar puede tener 5 horas diarias de cielo despejado pero necesariamente a la horas del día donde el sol esta cerca de su zenit.

## 4. Características de los elementos del sistema

Estos datos los proporciona el fabricante, pero es aconsejable tomar nuestras propias medidas para advertir posibles desviaciones respecto a los valores nominales. Si esta desviación no es muy grande, se tomará el valor medido para el cálculo, pero si es grande, conviene rechazar el producto.

### 4.1 Paneles

Necesitamos conocer la *tensión*  $V_{Pmax}$  y la *intensidad*  $I_{Pmax}$  en el *punto de máxima potencia* en condiciones estándares (CE).

### 4.2 Baterías



*Capacidad nominal para 100 horas  $C_{NBat}$ , tensión de trabajo  $V_{NBat}$  y, o bien profundidad máxima de descarga  $PD_{max}$  o bien capacidad útil  $C_{UBat}$ . Necesitamos también saber el tipo que se van a usar, plomo-ácido, gel, AGM, automoción etc.*

Esta información es importante al configurar los puntos de corte de los reguladores.

### 4.3 Regulador

*Tensión nominal  $V_{NReg}$ , e Intensidad máxima que puede disipar  $I_{maxReg}$ .*

### 4.4 Convertidor DC/AC

*Tensión nominal  $V_{NConv}$ , Potencia instantánea  $P_{IConv}$  y Rendimiento al 70% de la carga  $\eta_{70}$ .*

### 4.5 Equipos de consumo

De cada una de ellos (desde el punto de vista eléctrico, se les llama también *cargas*) es necesario conocer la *tensión nominal*  $V_{NC}$  y la *potencia de funcionamiento*  $P_C$ .

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

## 5. Dos decisiones previas

Es necesario disponer de otro tipo de datos que determinan las características de la instalación, para los cuales es importante tener presentes las necesidades de los usuarios.

- **N, número de días de autonomía**

Este valor hay que fijarlo atendiendo a las condiciones meteorológicas, al tipo de instalación y a cuestiones económicas. No se pueden ofrecer datos objetivos para todas las zonas del planeta, como se ha comentado antes, pero aun así se indican unos valores aproximados, que hay que interpretar con cautela, utilizados por algunos diseñadores experimentados.

Invierno	Instalación doméstica	Instalación crítica
muy nubosos	5	10
variables	4	8
soleados	3	6

**Tabla 1:** Estimación del número de días de autonomía

- **$V_N$ , tensión nominal de la instalación**

Tanto los equipos de consumo como las baterías se escogen para un valor de tensión nominal  $V_N$ .



Normalmente, éste es de 12 ó 24 Voltios para las pequeñas instalaciones pero si la potencia total de consumo supera los 3 kW, la tensión debe ser de 48 ó 120 V.

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

- Si los equipos lo permiten, fijamos la tensión nominal a 12 ó 24 V. Algunos equipos de comunicaciones inalámbricos como los Mikrotik aceptan un rango de voltaje entre 11 y 60 V.
- Si sólo se disponen de equipos que funcionen a unas tensiones determinadas, hay que calcular la potencia que consumen los grupos de equipos que funcionen a igual tensión, y elegir como tensión nominal aquélla a la que se consuma más potencia. Para las otras tensiones, se emplean convertidores. Lógicamente, esta opción complica la instalación, por lo que es preferible la anterior.

## 6. Procedimiento de cálculo

Una idea global de todo el proceso de cálculo nos ayudará a tener más claro el método empleado para realizarlo. Así, los tres pasos principales que se han de seguir son los siguientes:

### 1º Energía solar disponible



Basándose en los datos de radiación solar, y en la orientación que se les va a dar a los paneles (para que recojan la máxima radiación posible), se estima la energía solar con la que se cuenta. La estimación se hace para intervalos de tiempo mensuales, pues supone un buen compromiso entre precisión y sencillez.

### 2º Energía que se va a consumir



A partir de un estudio de los aparatos que se eligen para cubrir las necesidades, se recopilan los datos de las potencias consumidas por cada aparato y se estiman, de acuerdo con los usuarios, los *tiempos medios* de utilización diarios, semanales, mensuales o anuales de cada uno de ellos, teniendo también en cuenta los posibles altibajos motivados por causas diversas, ya sean éstas periódicas o no. Con estos datos se obtiene la energía que se va a consumir, también para cada mes.

3º Con los **datos correspondientes al "mes peor"** de los doce, que es aquél en el que la relación entre la energía demandada y la energía solar disponible es mayor, se calcula:



- La intensidad que ha de entregar el conjunto de paneles, y, por tanto, el número de paneles.
- La capacidad de acumulación necesaria, y, por tanto, el número de acumuladores.
- Las características del regulador.
- La longitud y la sección del cable necesarios para las conexiones.

## 6.1 Orientación de los paneles

Salvo que el cielo esté totalmente cubierto, la mayor parte de la energía procedente del sol llega en línea recta. Por esto, el módulo captará más energía si está orientado "de cara" al sol, es decir, perpendicular a la recta que une la posición de la instalación con el sol. Pero el sol no está quieto, y esto obliga, en instalaciones sin seguimiento solar (a las que nos circunscribimos en este manual), a buscar algún criterio para determinar la orientación del módulo.



*Esta orientación está determinada por dos ángulos, el acimut  $a$  (ángulo que mide la desviación respecto al sur, en el hemisferio norte, y respecto al norte, en el hemisferio sur ) y la inclinación o elevación  $\beta$  (ángulo formado por la superficie del módulo y el plano horizontal).*

### 6.1.1 Acimut

En general conviene tener el módulo girado hacia el ecuador terrestre (es decir, hacia el Sur en el Hemisferio Norte, hacia el Norte en el Hemisferio Sur) para que durante el día el panel capte la mayor cantidad de radiación posible ( $a = 0$ ).



Hay que tener especial cuidado en que no se produzcan sombras sobre los paneles o parte de ellos, para lo cual es preciso estudiar los elementos que rodean al campo de paneles (árboles, edificios, muros, etcétera), y las sombras que una fila de paneles puede producir sobre las otras.

Es admisible desviar los paneles  $20^\circ$  hacia el Este o el Oeste ( $a = \pm 20^\circ$ ), cuando la existencia de sombras o los condicionantes del lugar obliguen a ello.

### 6.1.2 Inclinación



*Una vez fijado el acimut, el parámetro que es determinante, y que hay que introducir en la tabla de cálculos, es la inclinación del panel, que se expresa como el ángulo beta ( $\beta$ ).*

Debido a que la máxima altura que alcanza el sol cada día varía según las estaciones, teniendo su máximo en el día del solsticio de verano y su mínimo en el solsticio de invierno, lo ideal sería que el panel siguiese esta variación, pero esto no es posible por razones de coste. Se pueden dar a los paneles dos inclinaciones, una para los meses de verano y otra para los meses de invierno, pero en ese caso también se complican las estructuras soporte, por lo que sólo tiene sentido si hay un incremento considerable del consumo durante el verano.

En instalaciones con equipos de comunicaciones es normal tener los paneles con una inclinación fija. En la mayoría de las instalaciones la demanda de energía del sistema es constante durante el año y por lo tanto el “mes peor” será aquel con menos insolación.

Suele fijarse una  $\beta$  que maximice el ajuste entre la captación y la demanda de energía. Este criterio se traduce, dependiendo de los diferentes escenarios, en:



- Para instalaciones con consumos constantes o similares a lo largo del año, es preferible optimizar la instalación para captar máxima radiación durante los meses “invernales”. Se utilizan inclinaciones iguales al valor absoluto de la latitud del lugar (ángulo  $F$ ) incrementado en  $10^\circ$  ( $\beta = |F| + 10^\circ$ ).
- Para instalaciones con consumos inferiores en invierno puede utilizarse como inclinación el valor de la latitud del lugar. Se optimiza, así, para los meses de primavera y otoño ( $\beta = |F|$ ).
- Para instalaciones que sólo se usen en verano conviene emplear un ángulo igual a la latitud en valor absoluto menos  $10^\circ$  ( $\beta = |F| - 10^\circ$ ).

En cualquier caso, se recomienda que la inclinación del panel nunca sea menor que  $15^\circ$  debido a que acumulan polvo y/o humedad. En estaciones repetidoras en zonas donde exista nieve y hielo será necesario proteger los paneles adecuadamente y inclinarlos un ángulo superior a los  $65^\circ$  durante la época de nieve.

## 6.2 Corriente necesaria en el mes peor

Para cada mes se calcula el cociente  $I_m$ .



$I_m$  es la corriente máxima al día que debe suministrar un campo de paneles para una instalación que trabaja a un voltaje  $V_N$  y que recibe una radiación media diaria  $G_{dm}$  en el mes “ $m$ ” y con una inclinación de paneles  $\beta$ .

La  $I_m(\text{MES PEOR})$  es el mayor de las  $I_m$ , y el cálculo de la instalación se hace en función de los datos de ese mes. Los cálculos de  $G_{dm}(\beta)$  para una determinado lugar se pueden realizar a partir de los valores de  $G_{dm}(0)$ .



La obtención de  $G_{dm}(\beta)$  a partir de  $G_{dm}(0)$  implica el uso de varias tablas de conversión y por brevedad no se incluyen en esta unidad. Programas con PVSYST pueden ser de gran ayuda para el cálculo de la irradiación sobre una superficie inclinada.

Debido a las pérdidas, tanto en el regulador como en el acumulador, y a que los paneles pueden no trabajar en su punto de máxima potencia, la energía que deben proporcionar los mismos es algo mayor que la  $I_m(\text{MES PEOR})$  antes calculada:

$$I_{m\text{MAX}} = 1.21 I_m (\text{MES PEOR})$$

Una vez determinado el mes peor, y con los valores de  $I_{mMAX}$  y de la  $E_{TOTAL}(MES PEOR)$  se procede a realizar los cálculos finales.

## 6.3 Cálculos finales

### 6.3.1 Número paneles

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



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

En general, se procura adquirir paneles cuyo voltaje sea igual al del sistema (12, 24 ó 48 V); si esto no es posible, se han de acoplar en serie el número de paneles necesario para alcanzar dicho voltaje. El número de paneles en serie  $N_{ps}$  es el número entero inmediatamente superior al cociente entre la tensión nominal del sistema y la tensión de máxima potencia del panel.

$$N_{ps} = V_N / V_{Pmax}$$

Para calcular el número de paneles en paralelo ( $N_{pp}$ ), se divide el valor obtenido de  $I_{mMAX}$  entre la intensidad en el punto de máxima potencia del panel, y se toma el entero inmediatamente superior:

$$N_{pp} = I_{mMAX} / I_{Pmax}$$

El número total de paneles es  $N_{ps} \times N_{pp}$ .

### 6.3.2 Capacidad de la batería o acumulador

El acumulador determina la tensión del sistema (de hecho, es él quien la fija), y ha de tener una capacidad tal que pueda proporcionar a las cargas la energía necesaria cuando no haya suficiente radiación solar. Para ello, puede ser necesario asociar baterías en serie.



**Una primera advertencia:** *en sistemas fotovoltaicos, la asociación en paralelo no es recomendable. En efecto, la degradación de los vasos de 2 V a lo largo del tiempo no se produce de forma homogénea, de modo que asociar baterías en paralelo conlleva que, pasado un cierto tiempo, unos vasos soporten más fatiga que otros y se deterioren antes de lo previsto, dañando el sistema de acumulación.*

Primero se calcula la capacidad de almacenamiento requerida por el sistema (*capacidad necesaria*,  $C_{NEC}$ ). Esta capacidad del sistema depende de la energía necesaria en el mes peor y del valor de los días de autonomía ( $N$ ) que hemos fijado anteriormente.

$$C_{NEC} = E_{TOTAL}(MES PEOR) / V_N \cdot N$$

La capacidad nominal de las baterías  $C_{NOM}$  que necesitamos se calcula utilizando la profundidad de descarga máxima de las baterías en tanto por uno.

$$C_{NOM}(Ah) = C_{NEC}(Ah) / PD_{MAX}$$

Para calcular el número de baterías en serie ( $Nbs$ ), dividimos la tensión nominal de la instalación ( $V_N$ ) entre la tensión nominal de la batería ( $V_{NBat}$ ):

$$Nbs = V_N / V_{NBat}$$

## 6.4 Regulador



*Recordemos de nuevo que jamás se emplearán los reguladores paralelo; siempre utilizaremos reguladores serie.*

Por cuestiones de seguridad, se debe elegir un regulador que pueda disipar una intensidad máxima  $I_{maxReg}$  un 20% mayor que la intensidad máxima que proporciona el campo de paneles:

$$I_{maxReg} = 1,2 \cdot N_{pp} \cdot I_{PMax}$$

## 6.5 Convertidor DC/AC

La energía total para los equipos de AC se calcula incluyendo las pérdidas que introduce el convertidor o inversor. Para la elección de la potencia nominal del convertidor, es preciso advertir que su rendimiento no es constante con la potencia, sino que, por ejemplo, si la potencia que está proporcionando es baja, el rendimiento baja. Para evitar calcular en exceso el convertidor, y el consiguiente coste adicional, hay que tener en cuenta, no la potencia que ha de entregar a todos sus equipos, sino la potencia que ha de entregar a los que puedan funcionar simultáneamente.

## 6.6 Cableado

Hay que calcular la longitud y la sección del cable que se va a usar para conectar los diferentes elementos del sistema fotovoltaico.



La **longitud** depende mucho del emplazamiento la instalación. En cualquier caso, conviene instalar lo más cerca posible entre sí los paneles fotovoltaicos, el sistema de regulación y el sistema de acumulación (las baterías). De esta forma, las caídas de tensión en los cables son menores, las secciones necesarias también, así como la longitud del cable y su coste.

La **sección** se elige en función de la longitud de los cables y de la corriente que circula por ellos con el fin de minimizar las caídas de tensión.

Para calcular la sección **S** del cable hace falta conocer:

- La corriente máxima  $I_{MC}$  que va a circular por el conductor. En el caso del tramo paneles-acumulador es la  $I_{mMAX}$  calculada para cada mes. En los demás tramos depende de las cargas conectadas al tramo.
- La caída de tensión ( $V_a - V_b$ ) admisible en el cable. Esta tensión se calcula sumando las caídas individuales, que se expresan en función de la tensión nominal de trabajo. Valores máximos típicos son:

Tramo del Sistema	Caída de tensión (% de VN)
Conjunto de paneles-acumulador	1%
Acumulador-convertidor	1%
Línea principal	3%
Línea principal-iluminación	3%
Línea principal-equipos	5%

Tabla 2: Caídas de tensión en el cable típicas

- La longitud  $L$ .

La sección del cable viene determinada por la Ley de Ohm:

$$S(\text{mm}^2) = r(\Omega\text{mm}^2/\text{m})L(\text{m}) I_{mMAX}(\text{A})/V_a(\text{V}) - V_b(\text{V})$$

donde  $S$  es la sección,  $r$  es la resistividad (propiedad intrínseca del material: para el cobre,  $0.01286 \text{ W mm}^2/\text{m}$ ), y  $L$  la longitud.



Se elige, dentro de las secciones de conductor que ofrece el mercado, la inmediatamente superior a la que se obtiene de la fórmula. En cualquier caso, la sección nunca debe ser inferior, aunque la fórmula así lo permita, a unos límites que se imponen por razones de seguridad. Para el cable que conecta paneles y acumulador, este mínimo es de  $6 \text{ mm}^2$ . Para los demás tramos, ese mínimo es de  $4 \text{ mm}^2$ .

#### DATOS PREVIOS

#### DATOS GENERALES

Latitud del lugar (°)

#### DATOS DE RADIACIÓN ( Gdm(0), en kWh/m<sup>2</sup> × día)

EN	FB	MR	AB	MY	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DI

Radiación del peor mes

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS

##### PANELES

TENSIÓN DE MÁXIMA POTENCIA (Vpmax, V)

INTENSIDAD DE MÁXIMA POTENCIA (Ipmax, A)

MODELO y POTENCIA (Wp)

##### BATERIAS

CAPACIDAD NOMINAL A 100 H (CN Bat)

TENSIÓN NOMINAL (VN Bat)

PROF. MÁX. DESCARGA (PDMAX) o CAPACIDAD ÚTIL (CU Bat)

##### REGULADOR

TENSIÓN NOMINAL (VN Reg)

INTENSIDAD MÁXIMA (Imax Reg)

##### CONVERTIDOR DC/AC (Si fuese necesario)

TENSIÓN NOMINAL (VN Conv)	
POTENCIA INSTANTÁNEA (PI Conv)	
RENDIMIENTO AL 70%	

FIABILIDAD Y TENSIÓN DE LOS EQUIPOS DC

DÍAS DE AUTONOMÍA (N)	
TENSIÓN NOMINAL (VN Equip)	

EQUIPOS

CÁLCULO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR LOS EQUIPOS DC				
MES DE MAYOR CONSUMO:				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE CORRIENTE CONTINUA	NÚMERO DE EQUIPOS (1)	POTENCIA NOMINAL DE CADA EQUIPO (2)	HORAS-DÍA: HORAS DIARIAS DE USO (3)	ENERGÍA CONSUMIDA (Wh/día) E=(1) x (2) x (3)
ETOTAL DC (antes del convertidor) =				

CÁLCULO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR LOS EQUIPOS AC				
MES DE MAYOR CONSUMO:				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE CORRIENTE CONTINUA	NÚMERO DE EQUIPOS (1)	POTENCIA NOMINAL DE CADA EQUIPO (2)	HORAS-DÍA: HORAS DIARIAS DE USO (3)	ENERGÍA CONSUMIDA (Wh/día) E=(1) x (2) x (3)
ETOTAL AC (antes del convertidor) =				

ELECCIÓN DEL MES PEOR

LUGAR:

LATITUD:

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN VN(V):

	EN	FE	MA	AB	MA	JN	JL	AG	SP	OC	NV	DC
INCLINACIÓN $\beta$												
Gdm ( $\beta$ ) (Kwh/m <sup>2</sup> × día)												
ETOTAL (DC) (Wh/día)												
ETOTAL (AC) (Wh/día)												
ETOTAL (AC + DC)=												
$I_m = ETOTAL \times 1kW/m^2 / (Gdm(\beta) \times VN)$												

MES PEOR	
$I_{mMAX}$ (A)	
$I_{mMAX}$ (A) = 1' 21 x $I_m$	
ETOTAL (AC + DC)	

CÁLCULOS FINALES

PANELES

PANELES EN SERIE (NPS)	$NPS = VN / VP_{max} =$	
PANELES EN PARALELO (NPP)	$NPP = I_{mMAX} / IP_{max} =$	
NÚMERO TOTAL DE PANELES	$NTOT = NPS \times NPP =$	

ACUMULADORES

CAPACIDAD NECESARIA (CNEC)	$CNEC = (ETOTAL(MES PEOR)/VN) \cdot N_{Aut} =$	
CAPACIDAD NOMINAL (CNOM)	$CNOM = CNEC / PD_{max} =$	
EN SERIE (NBS)	$NBS = VN / VN_{Bat} =$	

## CABLES

	DE PANELES A ACUMULADOR	DE ACUMULADOR A CONVERTIDOR	LÍNEA PRINCIPAL
CAÍDA DE TENSIÓN ( $V_a - V_b$ )			
SECCIÓN ( $r \cdot L \cdot I_{mMAX} / (V_a - V_b)$ )			

## 7. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <<http://creativecommons.org/>>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

**Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad:** Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución.** Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial.** No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco.** Si altera, transforma o crea un material a partir de éste, sólo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.