

PANELES SOLARES
CALCULO
DE
INSTALACION
CON
PANEL SOLAR

Boletín técnico N°74
Parte 1

Ing. Gregor Rojas

PANELES SOLARES.

Cálculo de instalación fotovoltaica

PARTE 1

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADEO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. Generalidades.

El dimensionamiento preciso de una instalación solar fotovoltaica constituye un proceso fundamental para garantizar la eficiencia energética, la rentabilidad económica y la confiabilidad operativa del sistema.

Una correcta metodología de cálculo permite seleccionar adecuadamente los módulos fotovoltaicos, inversores, estructuras de soporte, conductores, protecciones eléctricas y sistemas de almacenamiento, asegurando que la generación de energía se adecue a la demanda prevista y a las condiciones ambientales específicas del emplazamiento.

En este boletín técnico se abordarán los criterios esenciales y las fórmulas de cálculo necesarias para el diseño de sistemas solares fotovoltaicos, considerando parámetros como radiación solar incidente, orientación e inclinación de los módulos, pérdidas por temperatura, eficiencia de conversión, autonomía requerida y factores de seguridad. Asimismo, se incluirán ejemplos prácticos y consideraciones normativas que optimicen el rendimiento global de la instalación.

La finalidad de este documento es proporcionar a ingenieros, técnicos y proyectistas una guía técnica que sirva como referencia en el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos, contribuyendo así a la implementación de soluciones energéticas sostenibles y técnicamente sólidas.

2. CALCULO INSTALACION FOTOVOLTAICA.

En este boletín, vamos a estudiar y desarrollar con un ejemplo los cálculos necesarios para la correcta elección y dimensionado de todos los componentes que componen una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en una vivienda, lo cual lo haremos paso a paso.

Antes de comenzar, debo decir que la rentabilidad de una instalación fotovoltaica en una vivienda en los momentos actuales no es lo más rentable que se espera, salvo que el sitio esté aislado de una red eléctrica pública y tengamos que pagar por la conexión, o que no tengamos posibilidad de conectarnos a la red pública.

De todas formas, hay factores como el medio ambiente, cuyo valor nunca se tienen en cuenta en los análisis financieros, importan cada vez más al usuario y consumidor, haciendo más atractivos estos proyectos de energía solar.

El avance tecnológico en la fabricación de las baterías de litio, componente más costoso en un sistema solar, será el factor preponderante que propicie una enorme accesibilidad en precios y mayor vida útil de las baterías, en ese momento la rentabilidad del sistema de energía solar nos permitirá desconectarnos de la red pública.

Por todo lo anterior, es importante además de los cálculos que más adelante explicaremos, hacer un análisis de la rentabilidad de la instalación solar y ver en cuanto tiempo se amortiza el coste total de la instalación fotovoltaica. En teoría estos años no deberían superar los 10 años para amortizarla y por ende sea rentable.

Para pequeñas instalaciones obviamente que ya son rentables los sistemas de energía solar fotovoltaicos.

Ahora bien, como proceder al calculo paso a paso, a continuación, lo veremos:



Figura 1 Como calcular un sistema solar

2.1 Procedimiento de calculo:

2.1.1 Primer Paso:

Calculo de Consumos Estimados

Este primer paso es el más complejo, de igual forma, es el más importante al momento del diseño de una instalación fotovoltaica aislada.

Hacer una buena estimación de la potencia y del consumo es fundamental para poder dimensionar correctamente la instalación y no tener problemas de suministro.

Es muy importante tener en cuenta a la hora de comprar electrodomésticos, que estos posean la mayor eficiencia energética de ser posible A+++, esto debido a que su consumo será menor y así todos los elementos que conformaran la instalación solar serán menos costosos.

Tenga presente que consumo es lo mismo que energía, va expresada en wh/día y carga es lo mismo que potencia.

Recuerde que se asocia:

- Energía = Consumo

- Potencia = Carga
- Previsión de Energía consumida = Previsión de Consumo
- Previsión de Carga = Previsión de Potencia.

Para hacer el cálculo del consumo estimado en wh al día (wh/día) tenemos 4 opciones:

Primera opcion.

Si conocemos los electrodomésticos que se usarán en la vivienda exactamente, entonces se sumarán los consumos diarios de cada uno de los electrodomésticos (receptores).

Estos consumos suelen venir en las etiquetas de los aparatos. Si no sabemos los consumos, pero sabemos la potencia de cada electrodomésticos, los consumos de cada uno se calcula multiplicando la potencia de cada receptor por el número de horas que se estima estará conectado a la instalación en un día.

La suma de todos estos consumos será el consumo total.

Para entender lo antes expuesto hagamos un ejemplo de como se calcula el consumo estimado de una pequeña instalación de una casa que cuenta con los siguientes electrodomesticos:

- ☐ Bombillos: 10 unidades x 60W (100%) x 4 horas al día = 2.400 Wh/diario
- ☐ Microondas: 0,5 h/día x 800 W (100%) = 400 Wh/diario
- ☐ Televisión: 2 unidades x 110 W x 6 h/día = 1.320 Wh/diario

- ❑ Laptop: 2 unidad x 50 W (100%) x 4 h/día = 400 Wh/diario
- ❑ Nevera: 1 unidad x 12 h/día x 250 W = 3.000 Wh/diario. Es importante tener en cuenta, que la nevera solo consume energía cuando el compresor opera para mantener la temperatura en el interior, sobretodo cuando abrimos con frecuencia la puerta. El compresor es el que realmente tiene una potencia de 200w. En nuestro ejemplo estamos considerando que trabajará la mitad del tiempo, es decir, 50% o su equivalente a medio día 12 horas.

Ahora procedemos a sumar todos los valores de consumos obtenidos por cada electrodomestico que calculamos:

De donde tenemos en:

- ❑ Bombillos: 2.400 Wh/diario
- ❑ Microondas 400 Wh/diario
- ❑ Televisión 1.320 Wh/diario
- ❑ Laptop 400 Wh/diario
- ❑ Nevera: 3.000 Wh/diario

Total consumo= 2400 + 400 + 1.350 + 400 + 3.000

Total consumo= 7.520 wh/dia

A este bresultado del consumo estimado generalmente se incrementa para evitar tener problemas y de esta forma, tener suficiente energía para todos los electrodomésticos con el sistema fotovoltaico.

Generalmente, se estima que el consumo calculado es el 75% del consumo total de la instalación, en este sentido, debemos incrementar hasta el 100%.

Ing. Gregor Rojas

Por lo tanto, el total energía necesaria que debe suministrar el sistema fotovoltaico debe ser igual al consumo diario / 0,75 lo que equivale a 10.027 Wh/día.

Por supuesto debemos tenet presente que habran electrodomesticos que no operan todos los días, por seria una plancha electrica. Supongamos que empleamos una plancha electrica de 700 vatios por una hora y media al día durante cinco días a la semana esto nos daria:

$P_{plancha} = 700 \times 1,30 \times 5/7 = 514wh/dia.$

Para efectos de calculo, por lo general a estos electrodomésticos de pequeño tamaño lo que se acostumbra es poner una estimación para todos de unos 1.000wh/dia, no obstante, lo apropiado es que si sabemos las características de esto equipos lo recomendable es emplear el consumo exacto.

Segunda opcion.

Cuando se dispone de la informacion de las etiquetas de eficiencia energética de todos los electrodomésticos, basta con colocar el consumo estimado de cada equipo anual en días, posteriormente los sumamos todos.

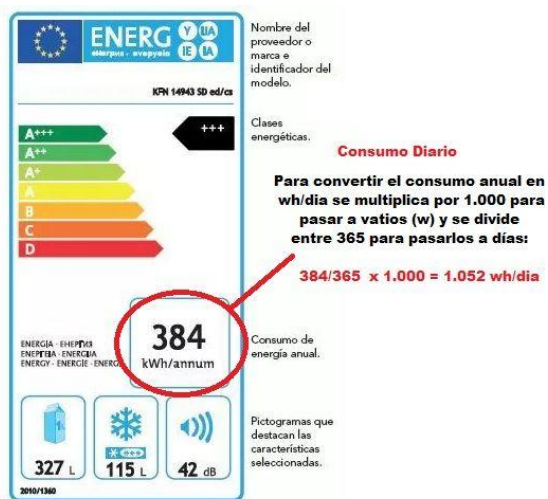


Figura 2 Etiqueta de eficiencia energetica

En la figura 2 se puede observar un ejemplo de como son estas etiquetas, que van pegadas a los electrodomesticos y tambien se encuentran en sus manuales de usuario. Obviamente, estas etiquetas solo se encuentra en electrodomesticos de nueva generacion.

Tercera opcion.

Otra manera practica de poder estimar los consumos diarios se realiza a traves de los recibos o facturas de electricidad emitidos por la utility que nos presta este servicio.

Con los ultimos recibos o facturas de al menos un año podemos estimar el consumo promedio diario a lo largo del último año. Lo que nos daría la informacion requerida.

Cuarta opcion.

Cuando no se puede tener la informacion de los electrodomésticos de la instalación ni se dispone de los últimos recibos o facturas de luz, podemos realizar una estimación según datos medios de consumos en viviendas que estan normalizados, en función del número de personas que la habitarán, para ello nos apoyamos en la tabla 3 siguiente:

TABLA 3	
Datos de consumo promedio de electricidad por un año en viviendas	
N° de personas que habitan	Consumo promedio anual en KWh
1	
2	
3	
4	
5	
Consumo anual normalizado	3.500 KWh/año

Como apreciamos en la tabla 3, el consumo anual normalizador es de 3.500 Kwh/año, para llevarlo a wh/dia realizamos esta sencilla operación:

$$3.500 \text{ Kwh/año} \times 1 \text{ año}/365 \times 1.000\text{w}/1\text{Kw} = 9.589\text{wh/dia}$$

Debemos tener estas unidades para los cálculos que se realizaran mas adelante.

2.1.2 Segundo Paso:

Calculo Previsión de Potencia

Ahora que ya tenemos calculado los consumos, de algunas de las maneras antes explicadas, debemos realizar una suposición de la potencia instalada.

Para calcular la potencia prevista tenemos que sumar la potencia de cada uno de los electrodomesticos de la instalación en vatios y multiplicar este resultado por un factor de simultaneidad, esto debido a que no siempre están conectados todos los equipos a la vez.

Generalmente se utiliza 0,8 o 0,7 como factor de simultaneidad. En la tabla 4 disponemos de una tabla de ejemplo.

Si no se dispone o no se tiene posibilidad de saber las potencias reales de los electrodomésticos en la tabla 4 se presenta una ayuda para hacer la previsión de potencia.

TABLA 4	
Datos de consumo de electricidad electrodomesticos	
Electrodomestico	Potencia (Vatios)
Nevera	250 - 350
Microondas	900 - 1500
Lavadora	1500 - 2200
lavaplatos	1500 - 2200
Horno electrico	1200 - 2200
Vitrocaramica	900 - 2000
Televisor	150 - 400
Aire acondicionado	900 - 2000
Calefaccion electrica	1000 - 2500

Para los casos en que conocemos el consumo de algún electrodoméstico a través de la placa o etiqueta energética, no obstante, no dispongamos de su potencia, colocaremos directamente el consumo y tomaremos la potencia de la tabla 4.

Lo más conveniente es hacer una tabla similar a la tabla 4, donde se indiquen las potencias, consumos o energías consumidas diarias como la tabla 5 siguiente:

TABLA 6					
Electrodomestico	Potencia (W)	N°	Potencia instalada	Horas conectado	Consumo Wh/día
Bombillos	60	10	600	4	2.400
Televisor	150	2	300	2	600
Laptop	50	2	100	1	100
Nevera	200	1	200	12	2.400
Lavadora	1.500	1	1.500	1	1.500
Lavaplatos	1.500	1	1.500	0,5	750
Microondas	900	1	900	1	900
Vitrocerámica	1.000	1	1.000	1	1.000
Equipos menores	500	3	1.500	1	1.500
Total potencia instalada			7.600		
Total potencia prevista			5.320		
Total consumo real diario					11.150
Consumo previsto diario x 1,33					14.829,50

Para obtener la potencia prevista a partir de la instalada, solo se multiplica por el factor de simultaneidad que es igual a 0,7.

Para obtener el consumo previsto real a partir del total consumo diario, solo se multiplica por el factor de seguridad de 1,33.

Esta instalación tienen una potencia prevista de 5.320 vatios y su consumo previsto es de 14.829,50 wh/día.

Es importante tener presente que la potencia de los electrodomésticos no es la misma que el consumo diario.

2.1.3 Calculo de sistema solar de una vivienda

Comenzaremos indicando que para este cálculo ya hemos realizado los pasos 1 y 2 explicados anteriormente, es decir, el cálculo de la potencia y consumo previstos.

Para este cálculo, asumiremos una potencia de todos los electrodomésticos en 3.500 vatios y un consumo diario de 6.960 Wh/día.

2.1.4 Tercer Paso:

Elección del voltaje de la instalación de la parte de corriente continua

Normalmente se emplean los siguientes voltajes que se observan en la tabla 7 en función de la potencia de la vivienda:

TABLA 7	
Voltajes de sistema según demanda	
Potencia demandada por el sistema (W)	Voltaje de operación del sistema fotovoltaico (V)
Menor a 1.500	12
Entre 1.500 y 5.000	24 – 48
Más 5.000	120 – 300

Debido a que la potencia de nuestro sistema solar para la vivienda que estamos calculando es de 3.500 vatios, es recomendable un voltaje de operación de 48 voltios.

2.1.5 Cuarto Paso:

Cálculo de la cantidad de paneles solares requeridos.

Con el voltaje de operación del sistema solar, podemos seleccionar los paneles solares para nuestra instalación para 48 voltios. Tenga presente que el voltaje de los paneles solares deben ser de mayor valor que el de operación, esto se debe a que en oportunidades los paneles solares no están operando al 100% de rendimiento.

Seleccionaremos paneles fotovoltaicos para ser colocados en instalaciones solares de 24V con una máxima potencia de 330 vatios, se van a requerir colocar 2 paneles solares en serie en cada rama para poder obtener los 48 voltios.

En la figura 3 se puede observar el panel solar que cumple con nuestros requerimientos.



Figura 3 Características panel solar

Tenga presente que:

$W_p = P_{mpp} = \text{potencia a máxima potencia} = I_{mpp} \times V_{mpp}$;

Donde:

- ☐ I_{mpp} es la intensidad a máxima potencia
- ☐ V_{mpp} es el voltaje a máxima potencia.

Con estos datos vamos a calcular la energía que nos proporcionará diaria cada uno de los paneles fotovoltaicos seleccionados para nuestra instalación.

Una vez que conozcamos cual es la energía que proporciona un panel solar, solo tendremos que dividir entre la que necesitamos en total, que es el consumo diario calculado anteriormente.

Un panel fotovoltaico puede producir una energía diaria calculada como sigue:

$$E_{panel} = I_{mpp} \times V_{mpp} \times HSP \times 0,9 = \text{wh/día}$$

Donde:

I_{mpp} es la intensidad a máxima potencia
 V_{mpp} es el voltaje máximo a máxima potencia
 HSP son las horas de sol pico que depende de la zona donde realizaremos la instalación fotovoltaica y se colocaran los paneles solares. Estas HSP se obtendrán de forma online, como mas adelante veremos.

El 0,9 es el rendimiento de trabajo del panel solar que generalmente esta situado entre el 85% y el 90% (0,9)). El rendimiento nos determina la cantidad de energía producida por el panel solar después de las pérdidas, ocasionadas por distintos factores tales como: estar sucio o con polvo.

En muchas oportunidades viene especificada la potencia a máxima potencia o pico del panel solar, en lugar de la energía diaria del panel solar, no obstante, esto no representa un problema, debido a que podemos calcular sabiendo que $I_{mpp} \times V_{mpp}$, es la W_p o P_{mpp} (potencia pico o P_{mpp} potencia a máxima potencia, que al final es lo mismo).

La fórmula de la energía producida por un panel solar en el día es:

$$E_{panel} = P_{mpp} \times HSP \times 0,9 = W_p \times HSP \times 0,9 = \text{wh/día}$$

Partiendo de que nuestros paneles solares son de 330Wp, tenemos:

$$E_{panel} = 0,9 \times 330 \times HSP$$

Donde

HSP = Horas de Sol Pico.

Para este valor lo más fácil es utilizar una calculadora online que calcula este valor solo introduciendo unos datos.

Donde tienes que seleccionar

Las coordenadas donde estará ubicada la instalación fotovoltaica.

El mes de menos luz solar del sitio (Suele ser Diciembre).

La inclinación de los paneles solares. Que generalmente son colocados a unos 45°.

En "Atmósfera" se introduce el valor de corrección atmosférico. Si en esta zona la atmósfera suele estar limpia, como en zonas de montaña, se pone 1.05, si por el contrario abunda la calima (niebla), contaminación etc., se reducirá poniendo 0.95, en caso de duda, dejamos 1.

Una vez introducido estos datos dale clic a calcular y busca el valor que pone HSP, ese es el valor de horas de sol pico para nuestra instalación.

Para nuestro sistema en diciembre a 45° de inclinación los paneles solares arrojan un valor de 2,19.

$E_{panel} = 330 \times 2,19 \times 0,9 = 650,43 \text{ w} = 650\text{wh/día}$

Tenga en cuenta que esta es la energía que nos proporciona un solo panel solar por día.

Para calcular el número de paneles si fuera de uso diario (todos los días de la semana) simplemente aplicamos la siguiente expresión:

$$N_{paneles} = \frac{\text{Energía total diaria necesaria}}{\text{Energía diaria de un panel}} = \frac{\text{Consumo diario}}{E_{panel}}$$

$N^{\circ} \text{ de paneles necesarios} = 6.960 / 650 = 10,76$
Normalmente se redondea por exceso, pero como en nuestro caso tienen que ser pares el número de paneles, por estar en ramas de 2 en serie, redondeamos a 10 paneles.

Estos serían para una instalación de uso diario, es decir los 7 días de la semana.

Si calculamos del N° Ppaneles para uso diario o para fin de semana procedemos como sigue:

Para calcular el número de paneles solares necesarios, primero debemos diferenciar entre instalaciones de uso para toda la semana, o lo que es lo mismo uso diario de 7 días o instalaciones que solo se emplearan en fin de semana, es decir, 2 días.

Cuando la instalación es para fin de semana la fórmula cambia, ya que se necesitarán menos paneles solares. Esto se debe a que disponemos de toda la semana para cargar las baterías y únicamente de 2 días para descargarlas.

Podríamos decir que tendríamos las siguientes fórmulas:

Para uso diario (toda la semana):

$$\text{Numero de paneles (uso diario)} = \frac{\text{consumo diario a suministrar}}{(\text{HSP} \times \text{rendimiento de trabajo} \times \text{potencia pico del módulo})}$$

Para instalación de fin de semana (2 días):

$$\text{Numero de paneles para fin de semana} = \frac{2/7}{[(\text{consumo diario}) / (\text{HSP} \times \text{rendimiento de trabajo} \times \text{potencia pico del módulo})]}$$

Recordemos a que se refiere cada término de la fórmula:

☐ Consumo diario: el calculado antes.

- ☐ Rendimiento de trabajo = Perdidas por estar sucios los paneles o por su posible deterioro. Se suele utilizar 0,8 (entre 0,7 y 0,8)
 - ☐ Potencia máxima o pico (Pmax), medida en vatios pico (Wp): es la potencia máxima que puede suministrar el panel, es el punto donde el producto intensidad y tensión es máxima (de pico), bajo unas condiciones estándar de medida (para irradiancia de 1000w/m2).
- temas como conexión de los paneles fotovoltaicos entre otros.

El calculo de para nuestro sistema seria:

$$Np(\text{findesemana}) = (2/7) \times [(6.960) / (2,19 \times 0,9 \times 330)] = 3,05$$
 Redondeando necesitamos 4 módulos o paneles solares fotovoltaicos.

Si el calculo fuese de uso diario sería:

$$Np(\text{usodiarario}) = (6.960) / (2,19 \times 0,9 \times 330) = 10,76$$
 redondeamos a 10 paneles, como ya dijimos antes.

Como se puede observar, podemos comprobar como la instalación de uso diario requiere de más paneles solares.

Con los paneles solares seleccionados de 330 Watios pico (Wp), obtendremos una instalación solar de uso diario similar a:

$$\text{Generador Solar} = 10 \times 330Wp = 3.330Wp \text{ totales.}$$

Tenga presente que esto es la potencia máxima que puede generar en un momento determinado, pero esta generación se utiliza para cargar unas baterías por lo que no necesitamos que los paneles solares generen toda la potencia de los electrodomesticos a la vez.

En el proximo boletin tecnico continuaremos con el calculo de un sistema solar y veremos los otros