

## ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y SOLARES TÉRMICOS

Marcelo Martínez  
Ingeniero Agrónomo

Los sistemas que utilizan la energía solar están cada vez más extendidos en distintos ámbitos de la vida cotidiana. Las aplicaciones van desde pequeñas calculadoras solares a sofisticados sistemas de generación eléctrica, la tecnología espacial o la agricultura.

Tanto en el ámbito productivo como en el particular las aplicaciones solares están dirigidas a satisfacer una parte -o la totalidad en algunos casos- de la demanda de energía.

El diseño de estas aplicaciones debe, por lo tanto, tomar en cuenta tanto aspectos técnicos como económicos para su implementación.

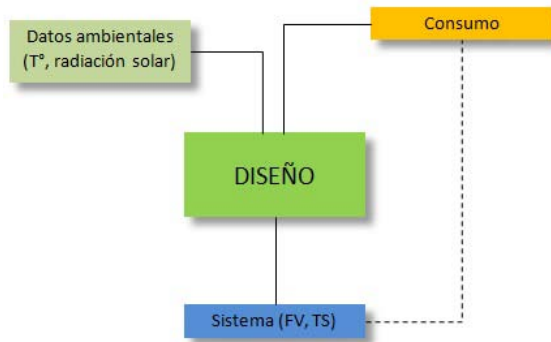
### Elementos básicos de diseño para sistemas fotovoltaicos y solares térmicos

En el diseño de sistemas fotovoltaicos se deben considerar una serie de elementos de base. En términos generales, cualquier diseño debe considerarse como un balance entre las entradas y las salidas del sistema dado.

Para el caso de las aplicaciones fotovoltaicas y solares térmicas, se deben considerar aspectos del clima local como la radiación solar y la temperatura ambiental (oferta) y el consumo de energía (demanda).



Las salidas del balance serán aquellas que permitan satisfacer técnicamente una demanda energética específica. Una vez diseñada e implementada la solución podrán hacerse ajustes en función del comportamiento posterior de la demanda con fines de hacer más eficiente el sistema (Figura 1).



**Figura 1.** Elementos de entrada para el diseño de sistemas fotovoltaicos y solares térmicos. Fuente: INIA Ururi (2016).

### Radiación solar y temperatura

Como se indicó en la cartilla informativa N°109, la radiación solar corresponde a la energía que proviene del sol en forma de ondas electromagnéticas. Esta energía llega a la superficie terrestre y se descompone por la influencia de la atmósfera y de elementos presentes en la corteza terrestre (por ejemplo, cuerpos de agua o construcciones).

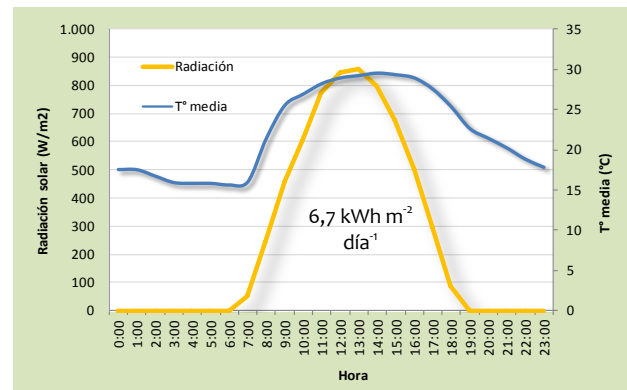
Los componentes de la radiación solar son la radiación directa, radiación difusa y, en menor grado, el albedo.

La radiación solar se mide mediante piranómetros o celdas fotovoltaicas y sus unidades de medida son el julio por metro cuadrado ( $J m^{-2}$ ) o, en forma equivalente, el vatio por metro cuadrado ( $W m^{-2}$ ).

La radiación solar puede registrarse en forma instantánea, generalmente a intervalos de una hora, concepto denominado **irradiancia** ( $S$ ) y expresado en  $W m^{-2}$ . Al integrar esta última se obtiene un valor promedio diario, denominándose ahora **radiación global diaria** ( $G_d$ ) y que se expresa en  $kWh m^{-2} día^{-1}$ .

La temperatura ambiental, en tanto, se mide mediante termómetros y su unidad de medida en el Sistema Internacional es el grado Celsius ( $°C$ ). Durante el día es posible registrar, manualmente o en forma automática, las temperaturas mínima, media y máxima con fines, por ejemplo, de diseño de soluciones fotovoltaicas o solares térmicas.

Un perfil diario típico de irradiancia y temperatura ambiental a fines del verano en el Valle de Azapa se presenta en la **Figura 2**.



**Figura 2.** Perfil de radiación y temperatura media observados en San Miguel de Azapa (18 de marzo de 2016). El área bajo la curva de la radiación corresponde a la radiación solar global del día ( $G_d$ ).  $G_d$  alcanzó ese día un valor de  $6,7 kWh m^{-2} día^{-1}$ . Fuente: INIA Ururi (2016).

Según CNE-PNUD-UTFSM (2008), la radiación anual registrada en la ciudad de Arica es de  $1.685 kWh m^{-2} año^{-1}$ . Las mayores intensidades se observarían durante el mes de enero con casi  $6 kWh m^{-2} día^{-1}$ .

Para los sistemas solares térmicos (SST) debe tenerse adicionalmente algún registro de las temperaturas del agua de la red o de la fuente disponible -en caso de que la primera no exista- con el propósito de estimar los requerimientos energéticos que permitirán obtener el agua caliente sanitaria (ACS) a la temperatura deseada.

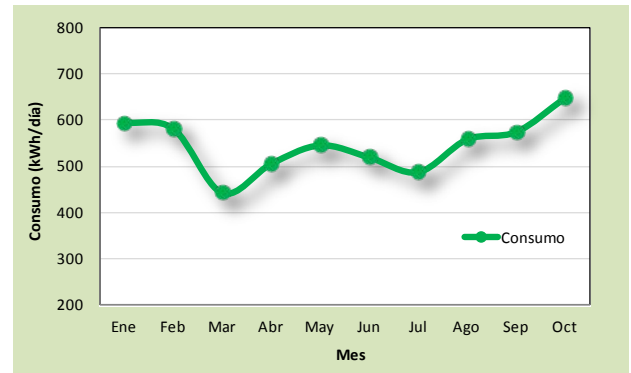
### Consumo y balance energético

El consumo es otro importante input en el diseño de cualquier sistema que utilice la energía solar, sea fotovoltaico o térmico. En el caso de un sistema fotovoltaico, el consumo puede tomarse directamente a través de la cuenta de luz o puede estimarse mediante algún elemento de registro como un datalogger (**Figura 3**).



**Figura 3.** Registro de consumo eléctrico mediante datalogger (km 21 del Valle de Azapa; año 2013). Fuente: INIA Ururi (2016).

En la **Figura 4** se presenta un perfil de consumo eléctrico mensual de un predio del sector medio del Valle de Azapa, válido para el diseño de un sistema fotovoltaico con conexión a red.



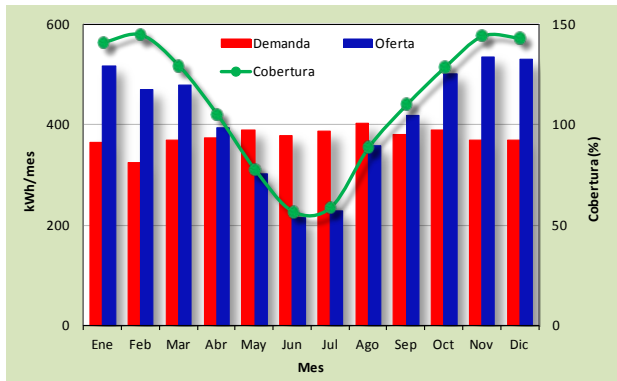
**Figura 4.** Perfil de consumo eléctrico mensual de un predio del Valle de Azapa (año 2013). El consumo promedio diario es de 18 kWh. Fuente: INIA Ururi (2016).

Cabe señalar que el registro del consumo para el diseño de proyectos fotovoltaicos, ya sea con conexión a red o autónomos, y solares térmicos, debe equilibrar -según las necesidades a suplir- el registro de las variables climáticas en el momento de máxima demanda y el de mínima oferta.

Es decir, si la demanda (consumo eléctrico o consumo de ACS) es máxima en invierno y el sistema debe suplir el 100% de dicha demanda, debe considerarse como dato de entrada la mínima oferta disponible, que en el caso de ambos sistemas será en invierno.

Si la oferta en dicho período no es suficiente para suministrar esa demanda entonces deberá suplirse mediante un sistema suplementario. Así, en el caso de un sistema solar térmico el aporte suplementario estará dado por la utilización de gas licuado (GLP) u otra fuente convencional de energía combustible. El grado de cobertura que tendrá este sistema dependerá, por lo tanto, del balance energético establecido para el sitio.

En la **Figura 5** se presenta a modo de ejemplo un balance anual de oferta-demanda de un sistema solar térmico para la dotación de agua caliente sanitaria (ACS).



**Figura 5.** Balance anual de oferta-demanda para el diseño de un sistema solar térmico. Fuente: INIA Ururi (2016).

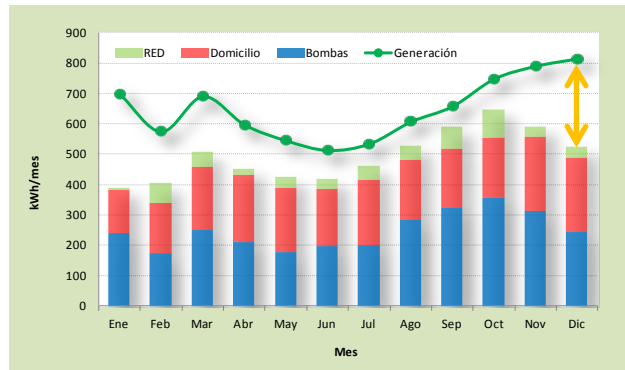
De esta forma, la cobertura será inferior a 100% cuando la demanda de energía supere la oferta (caso típico del invierno) y, por lo tanto, el balance será negativo. Por otro lado, el balance será positivo cuando la oferta sea superior a la demanda (caso típico del verano) y, por lo tanto, la cobertura será mayor a 100%.

En el caso de un sistema fotovoltaico autónomo, la energía suplementaria estará dada por otro medio de generación, por ejemplo, un grupo electrógeno o un generador eólico, considerándose ambos sistemas híbridos.

En el caso de un sistema fotovoltaico con conexión a red (On-grid) el respaldo estará dado por la red eléctrica convencional.

En la **Figura 6** se presenta el balance energético de un predio de destino agrícola del Valle de Azapa, durante el año 2015. Cabe

señalar que este predio forma parte del proyecto que INIA Ururi ejecuta en el valle y que el balance energético presentado se construyó a partir de datos registrados con su sistema de monitoreo.



**Figura 6.** Balance energético -año 2015- de la Parcela 11, km 21 del Valle de Azapa. La doble flecha anaranjada representa la magnitud de la inyección (exportación) de energía eléctrica hacia la red en el mes de diciembre. Fuente: INIA Ururi (2016).

Como se evidencia de la figura precedente, el sistema fotovoltaico es capaz de suministrar casi la totalidad del consumo eléctrico del predio durante el año 2015, representado tanto por el domicilio como por el sistema de riego (bombas).

Por otro lado, en todos los meses del año se observan excedentes de energía (balance positivo). Atendiendo a que este sistema está conectado a la red es posible exportar dichos excedentes y obtener rédito por concepto de venta de energía.

### Referencias bibliográficas

**CNE-PNUD-UTFSM.** 2008. Irradiancia solar en territorios de la República de Chile. Proyecto CHI/00/G32 Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables. Santiago, Chile. 248p.