

## **Dimensionamiento de Sistemas Fotovoltaicos: Lineamientos F.O.P.A.R Vs. Lineamientos Convencionales**

**Busso, Arturo J. - Zurlo, Hugo D. - Figueredo, Gustavo R.**

*GITEA - UTN Facultad Regional Resistencia.  
French 414 - (3500) Resistencia - Chaco - Argentina*

---

### **RESUMEN**

Se dimensiona una instalación fotovoltaica ejemplo aplicando dos criterios diferentes: uno, siguiendo los lineamientos sugeridos por el F.O.P.A.R y el otro, aplicando criterios acordes a la realidad local del proyecto. Se demuestra que la poca flexibilidad de los lineamientos F.O.P.A.R puede, en algunos casos, provocar sobredimensionamientos innecesarios que podrían tornar económicamente inviable al proyecto.

### **ANTECEDENTES**

El F.O.P.A.R - Fondo Participativo de Inversión Social es un programa nacional dependiente de la Secretaria de Desarrollo Social cuyo objetivo fundamental es “*desarrollar capacidades locales de gestión a través de experiencias participativas y concretas en formulación, gestión y ejecución de proyectos destinados a mejorar condiciones socioeconómicas de grupos y comunidades en situación de pobreza*” (F.O.P.A.R., 1999).

Dentro de los proyectos encuadrados en esta definición se encuentran también los pequeños sistemas de energía, área en el cuál hemos venido participando y adquiriendo experiencia de campo desde el año 1996 mediante el dimensionado e instalación de sistemas fotovoltaicos en aplicaciones rurales de distinta índole (escuelas, Ptos. sanitarios, cargadores de batería), y cuyos resultados se exponen en una presentación complementaria simultanea (Zurlo *et al*, 1999).

En su mayoría estos proyectos fueron realizados durante los últimos tres años, período en el que hemos podido comprobar la evolución de los lineamientos para la formulación de proyectos de esta especie, fundamentalmente en lo que respecta al dimensionamiento del sistema.

En los formularios utilizados en la primera etapa del programa los lineamientos de calculo eran escuetos y dejaban un amplio margen de libertad al proyectista (F.O.P.A.R., 1997). Sin embargo, en los formularios utilizados en la segunda etapa se introdujeron cambios sustanciales. El técnico debe limitarse a completar una tabla con datos muy sencillos tales como: dimensiones de ambientes, artefactos a instalar y, en algunos casos, horas de uso. El resto de los parámetros de diseño se encuentran previstos en dichas tablas no pudiendo ser modificados. Este hecho no permite adecuarse a situaciones reales locales y generalmente da como resultado un sistema sobredimensionado.

El presente trabajo pretende poner de manifiesto, mediante un ejemplo concreto de calculo, las diferencias obtenidas en el dimensionamiento siguiendo por un lado, los lineamientos del F.O.P.A.R, y por el otro, criterios que se desprenden de la bibliografía convencional (Roberts, 1991; Quadri, 1994; Quadri, 1996; CENSOLAR; 1991) sumados a la experiencia personal del proyectista que permite ajustar a la realidad las distintas variables del calculo.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El proyecto ejemplo consiste en la electrificación de una escuela de un solo aula, casa del maestro, respectivos baños y de un salón que presta un doble servicio: lugar físico del cargador de baterías para 35 familias y sala de reuniones.

La Tabla 1. muestra un formulario típico (planilla de consumos) y metodología de cálculo según los lineamientos del F.O.P.A.R.. Los datos en negrita representan valores por defecto sugeridos y no son susceptibles a cambio. El resto de los datos deben ser ingresados por el técnico en base a datos y necesidades locales.

De este análisis surge que se requerirán 32 paneles de 60 W para satisfacer las demandas planteadas.

La Tabla 2. expone el mismo calculo pero tomando en cuenta ciertas consideraciones propias del lugar. Los valores en marco doble representan los datos así ajustados.

A modo de comparación, al final de la Tabla 2. se determina el numero de paneles requeridos mediante los métodos F.O.P.A.R. y convencional.

**Tabla 1.- Cálculo según los Lineamientos FOPAR**

<i>Electricidad p/Iluminación</i>		Pot./m2 (W/m2)		Pot. Tot. (W)		Uso (hs/día)		Energía	
Habitación	Sup (m2)	día	noche	día	noche	día	noche	W-h/día	
Aula escuela	30	5	16	150	480	4		600	
Baño escuela	1.5	2	4	3	6	2		6	
Dormitorio Maestros	10		4	0	40		2	80	
Comedor -estar Maestros	12	3	6	36	72	1	2	180	
Baño Maestros	1.5	2	4	3	6	1	1	9	
Sala de Reuniones	24	5	16	120	384		3	1152	
				<b>Potencia</b>	<b>312</b>	<b>988</b>		<b>Sob total</b>	<b>2027</b>

*Electricidad p/Usos Varios*

Equipo	Pot. x Eq. (Watts)	cant. de Equipos	Pot. Tot. (Watts)	Uso (hs/día)	Energía W-h/día	
Televisor 14"	60	1	60	2	120	
Videogradora	20	1	20	2	40	
Radiograbador Chico	10	1	10	4	40	
Eq. de Sonido c/parlantes	200	1	200	1	200	
Eq. Estacionario VHF	150	1	150	1	150	
Heladera Chica s/Freezer	90	1	90	5	450	
Convertor		1			67.5	
Bomba de Agua	25	1	25	6	150	
			<b>Potencia</b>	<b>555</b>	<b>Sub total</b>	<b>1217.5</b>

*Servicio de Carga de Baterías*

Nro. De Familias	Nro. Bat. por día	Energ. x Batería (W-h/día)	Energía Diaria (W-h/día)
35	5	800	4000

*Energía Total Neta Requerida por el Sistema*

Uso	Energ. útil requerida (W-h/día)	Factor de Ajuste	Energía Neta total (W-h/día)	
Electricidad p/Iluminación	2027	1.5	3041	
Electricidad p/Usos Varios	1217.5	1.4	1705	
Serv. Carga de Baterías	4000	1.2	4800	
			<b>ENT</b>	<b>9545</b>

*Cantidad de Paneles Requeridos*

Panel de 60 W

Potencia x panel (Watts)	Captación Solar hs/día	Energía diaria (W-h/día)
60	5	300

ED

ENT/ED = 32

**Tabla 2.- Cálculo según Bibliografía y Experiencia**

<i>Electricidad p/Iluminación</i>		Pot./m2 (W/m2)		Pot. Tot. (W)		Uso (hs/día)		Energía	
Habitación	Sup (m2)	día	noche	día	noche	día	noche	W-h/día	
Aula escuela	30	5	16	150	480	2.5		375	
Baño escuela	1.5	2	4	3	6	1.3		3.9	
Dormitorio Maestros	10		4	0	40		2	80	
Comedor -estar Maestros	12		6	0	72	1	2	144	
Baño Maestros	1.5	2	4	3	6	1	1	9	
Sala de Reuniones	24	5	16	120	384		1.2	460.8	
				<b>Potencia</b>	<b>276</b>	<b>988</b>		<b>Sub total</b>	<b>1072.7</b>

*Electricidad p/Usos Varios*

Equipo	Pot. x Eq. (Watts)	cant. de Equipos	Pot. Tot. (Watts)	Uso (hs/día)	Energía W-h/día	
Televisor 14"	60	1	60	1.3	78	
Videograbadora	20	1	20	1.3	26	
Radiograbador Chico	10	1	10	2.5	25	
Eq. de Sonido c/parlantes	50	1	50	0.5	25	
Eq. Estacionario VHF	50	1	50	1	50	
Heladera Chica s/Freezer	90	1	90	10	900	
Convertidor		1			135	
Bomba de Agua	25	1	25	2	50	
			<b>Potencia</b>	<b>305</b>	<b>Sub total</b>	<b>1289</b>

*Servicio de Carga de Baterías*

Nro. De Familias	Nro. Bat. por día	Energ. x Batería (W-h/día)	Energía Diaria (W-h/día)
35	5	800	4000

*Energía Total Neta Requerida por el Sistema*

Uso	Energía Neta total (W-h/día)
Electricidad p/Iluminación	1072.7
Electricidad p/Usos Varios	1289
Serv. Carga de Baterías	4000
	<b>ENT 6362</b>

*Cantidad de Paneles Requeridos*

Panel de 60 W

Potencia x panel (Watts)	Captación Solar hs/día
60	5

Energía diaria (W-h/día)
ED 300

Fc = Factor de eficiencia de carga = 80%

ENT/Fc/ED = 27

**Tabla 2.- continuación  
Cálculo FOPAR**

<b>Factor de Ajuste</b>	<b>Energía Neta total (W-h/día)</b>
1.5	1609.05
1.4	1804.6
1.2	4800
<b>ENT</b>	<b>8213.65</b>

$$\text{ENT/ED} = \boxed{27}$$

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En marco doble (Tabla 2.) se representan los cambios realizados a fin de tomar en cuenta la realidad local. Por ejemplo; lo consignado por el F.O.P.A.R en la columna “Uso (hs/día)” de la hoja de consumos para los artefactos de la escuela incluye los fines de semana. Así mismo, la potencia de algunos artefactos resulta alta para las necesidades del lugar. En ambos rubros no existe posibilidad de modificar los valores sugeridos (Tabla 1.- datos en negrita). En nuestro criterio, esto lleva a un sobre costo que podría hacer que el proyecto exceda el presupuesto máximo admisible calificando de no elegible.

En el ejemplo de calculo, los valores de uso de la Tabla 2 han sido calculados teniendo en cuenta ciertos patrones de consumo más realistas, de allí que, luego del replanteo, se obtiene una diferencia en la cantidad de paneles fotovoltaicos de cinco (5), lo que representa, en términos económicos, un ahorro mínimo de \$5000 incluidos costos adicionales de estructura, cableado y regulador.

Se observa (Tabla 2) que la diferencia en la cantidad estimada de paneles es la misma indicando este hecho, la consistencia de ambas metodologías de cálculo.

A pesar de lo ajustado que pueda parecer el cálculo, la experiencia acumulada de instalaciones anteriores nos muestra que no se pone en peligro el abastecimiento energético propuesto y que en algunos casos se dispone, inclusive, de excedentes de generación suficientes para mover, por ej. una bomba de agua.

## CONCLUSIONES

Se demuestra, con un ejemplo de cálculo concreto, que los lineamientos para el dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas sugeridos por el F.O.P.A.R pueden, en determinadas oportunidades, conducir a un sobredimensionamiento perjudicial para la viabilidad económica del proyecto.

Se hace notar que, permitiendo una mayor libertad al proyectista a fin de tomar en cuenta experiencia propia y condiciones de trabajo acordes a las particularidades del lugar, este sobredimensionamiento puede reducirse sin poner en peligro normal abastecimiento energético propuesto.

Se demuestra además, la consistencia de los métodos de cálculo ya que para el caso expuesto en la Tabla 2 se obtiene el mismo número de paneles fotovoltaicos por ambos procedimientos.

## BIBLIOGRAFÍA

- CENSOLAR, (1991), “Instalaciones de Energía Solar: Sistemas de Aprovechamiento Eléctrico” Tomo V.  
 FOPAR, (1997), “Instructivo-Guía para la Preparación de Proyectos: Pequeños Sistemas de Energía”.  
 FOPAR, (1999), “Bases para la Presentación de Proyectos – Provincia del Chaco”.  
 Quadri N. P., (1994), Energía Fotovoltaica, Lib. Y Ed. Alsina.  
 Quadri N. P., (1996), Energía Solar, Lib. Y Ed. Alsina, 2 Edición.  
 SOLARTEC S.A., Catálogo de Información Técnica de Productos.  
 SOLAREX, Catálogo de Información Técnica de Productos.  
 Roberts S., (1991), Solar Electricity, Prentice Hall.  
 Zurlo H. D., Busso A. J., Figueredo G. R., Electrificación Fotovoltaica de Edificios de Interés Social en Zonas Rurales Aisladas del NEA, Comunicaciones Científicas – UNNE, 1999.