

## CAPITULO 11

# SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

**DEFINICIONES** Un sistema FV mixto es aquel que tiene cargas de CC y CA. Un sistema FV híbrido es aquel que utiliza otras fuentes de energía (renovables o no) para complementar la acción generadora de los paneles FVs. Como vemos, el tipo de carga a usarse define al primer sistema, mientras que la composición del bloque de generación define al segundo. En este capítulo presentaremos los dos tipos, comenzando con el análisis de un sistema mixto.

**¿PORQUE  
UNA CARGA  
DE CA?**

La introducción de cargas de CA en un sistema FV para uso doméstico está dictada, en general, por la inexistencia de un modelo adecuado para CC del aparato requerido por el usuario. Como los modelos ofrecidos son usados, en su mayoría, en vehículos de recreación, el voltaje de trabajo típico es de 12V. Si el voltaje nominal del sistema es mayor que 12V, muchos de ellos no podrán ser usados o se necesitará una línea separada de 12V. Otro factor que determina el uso de aparatos domésticos para CA es la inexistencia de versiones de CC de bajo voltaje de aparatos domésticos que han alcanzado un alto grado de aceptación por parte del consumidor. Este grupo comprende las lavadoras y secadoras de ropa, las máquinas de coser y las aspiradoras de pisos, para mencionar algunos de los más comunes. El bombeo de agua en pozos profundos requiere el uso de largos cables de alimentación. Para abaratar el costo y peso de los mismos es conveniente usar un motor de bombeo de alto voltaje, como lo es el de CA.

**INVERSOR**

Para poder operar una carga de CA en un sistema de CC, se necesita transformar a este último voltaje en otro de CA. Esta transformación es llevada a cabo por el inversor.

**VOLTAJES Y  
FRECUENCIAS**

En los sistemas eléctricos de CA basados en la tecnología de los EEUU, el voltaje efectivo (Apéndice I) oscila entre los 117 y los 120 V (valor regulado por cada estado). La frecuencia de línea es de 60 c/s. En los sistemas de CA con tecnología europea el voltaje efectivo es de 220 V y la frecuencia de línea es de 50 c/s. Varios fabricantes en los EEUU ofrecen este último tipo de inversor.

**PERDIDAS  
INTERNAS**

La conversión de CC a CA se lleva a cabo con una eficiencia que oscila entre el 75 y el 91 %. Esto significa que las pérdidas varían entre el 25 y el 9% de la potencia suministrada a la entrada. Los valores porcentuales más elevados corresponden a los modelos que manejan un bajo valor de potencia. Esto se debe a que el consumo del circuito del inversor no crece proporcionalmente con el aumento de la potencia que éste puede manejar.

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

Porcentualmente, estas pérdidas representan un menor valor cuando la potencia que maneja el inversor se eleva. Modelos de 100 a 200 W pierden entre 20 y 25 %. Modelos de más de 400 W pierden entre el 9 y el 15 %. Dentro del rango de trabajo especificado para la unidad, el porcentaje de pérdida varía con la carga. Observe este detalle al estudiar las especificaciones de la unidad elejida.

**PERDIDAS EN REPOSO** En los inversores de baja potencia el consumo del circuito interno no varía aún cuando permanecen inactivos (*stand by*, en inglés). Los modelos de alta potencia tienen circuitos más elaborados, los que reducen el consumo de reposo a menos del 1,5% de la máxima potencia que pueden manejar. Esto permite reducir las pérdidas en el sistema sin que el usuario se vea obligado a desconectar manualmente la entrada del inversor.

**CARGAS DE CA Y COSTO DEL SISTEMA** Para un mismo valor de wh/día a entregarse a la carga, el uso de un inversor incrementa las pérdidas del sistema, forzando un aumento en el bloque generador, lo que incrementa el costo del mismo. De ser posible, es preferible tener sólo cargas de CC. La introducción de una “pequeña” carga de CA trae aparejado el uso de un inversor de baja potencia, el que, *porcentualmente*, tiene las pérdidas más elevadas.

**FORMA DE ONDA DEL VOLTAJE DE SALIDA** La forma de onda ideal para un voltaje de CA es la sinusoidal (Apéndice I). Los primeros inversores proporcionaban un voltaje de salida con forma de onda cuadrada. Con posterioridad aparecieron en el mercado modelos con una forma de onda de salida que representa una aproximación de la sinusoidal, la que recibe el nombre de “casi-sinusoidal” o “modificada”. Inversores de este tipo están en uso aún hoy y gozan de una amplia aceptación. Por razones que veremos de inmediato, varios fabricantes ofrecen, en la actualidad, inversores que proporcionan un voltaje sinusoidal. Los inversores que proporcionan una onda cuadrada han sido discontinuados. La Figura 11.1 muestra las tres ondas de voltaje mencionadas durante un ciclo del voltaje de línea.

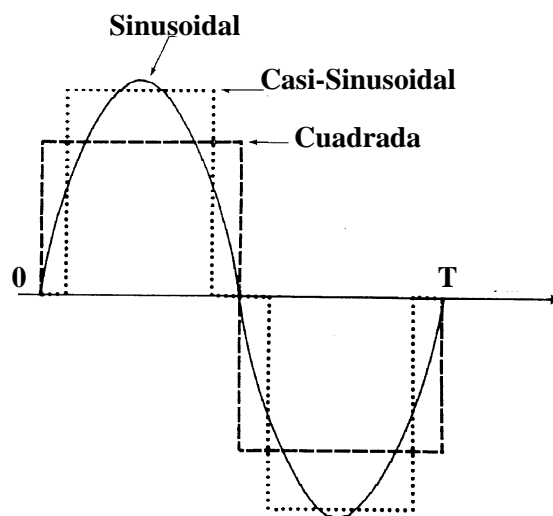


Fig. 11.1- Formas de Onda de Salida de un Inversor

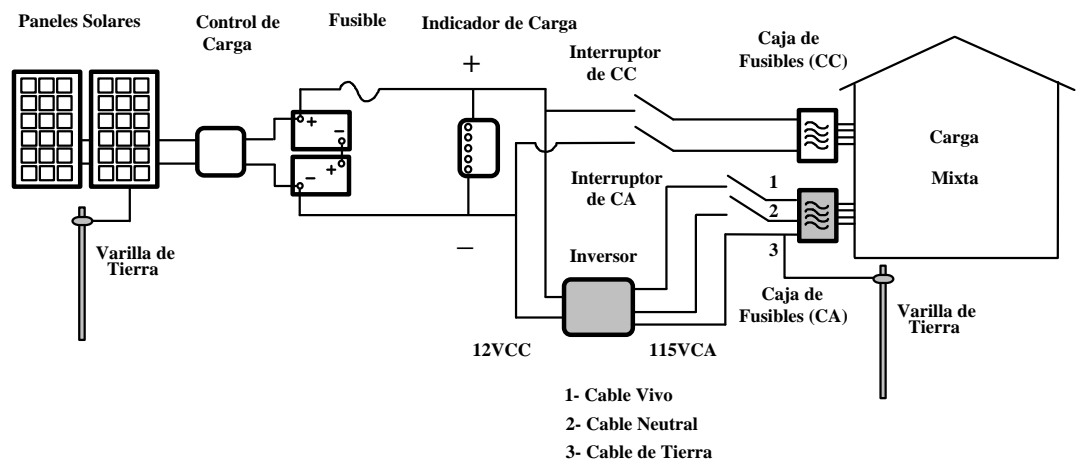
**PRESENCIA DE ARMONICAS**

La forma de onda del voltaje de salida es importante porque la amplitud de las armónicas de la frecuencia de línea se incrementa cuando ésta se aleja de la ideal. El Apéndice I muestra que el valor efectivo depende del valor de estas componentes. Los aparatos eléctricos de CA están diseñados para trabajar con una forma de onda sinusoidal de baja frecuencia (50 o 60 c/s). Las armónicas tienen frecuencias cada vez más altas que tienden a incrementar las pérdidas por calor en transformadores y motores eléctricos, o manifestarse como señales indeseables (interferencias) en aparatos de recepción, amplificación de audio o computadoras. Las interferencias se manifiestan como zumbidos en equipos de audio, rayas negras en las pantallas de televisores y monitores de video o recalentamiento excesivo en herramientas eléctricas portátiles. En los EEUU la legislación permite el conecionado de un sistema FV de CA a una red de distribución de una usina generadora, si cumple con requisitos mínimos. Uno de ellos es que la forma de onda sea sinusoidal. Todos estos factores contribuyeron a que, en los últimos años, se ofrecieran a la venta modelos con voltaje de salida sinusoidal, los que son ofrecidos dentro de un amplio rango de potencias de trabajo. Los circuitos de estos inversores son más elaborados, lo que se traduce en un ligero aumento de las pérdidas (5%) y del costo. El grado de “pureza” de la onda sinusoidal está dado por el porciento de distorsión armónica de la forma de onda de salida (ver Apéndice I).

**ERROR DE FRECUENCIA**

Cuando la carga de CA tiene motores que giran en sincronía con la frecuencia de línea, o el sistema FV es conecionado a una red de distribución comercial, es importante que el valor nominal de la frecuencia de línea se mantenga constante. Los inversores con voltaje de salida sinusoidal, dependiendo del modelo, tienen un error de frecuencia que oscila entre el 0,1 y el 0,04% del valor nominal de línea, como máximo.

**DIAGRAMA EN BLOQUES** Nuestro circuito FV básico (Capítulo 2) se transforma ahora en el de la Figura 11.2.



**Fig. 11.2- Diagrama en Bloques de un Sistema FV Mixto**

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

**DIAGRAMA EN BLOQUES** Puede observarse que las secciones identificadas en el sistema básico siguen presentes en el sistema mixto. El bloque de carga tiene ahora dos ramas independientes, una de CC y otra de CA. Esta última incorpora el inversor y los componentes que permiten el control y distribución de la energía eléctrica de CA, los que difieren de los usados en el circuito de CC. Puede apreciarse, asimismo, el agregado de una toma de tierra conectada a la caja de entrada de CA. Este es un requerimiento de seguridad, tal como se explica en el Apéndice I.

**CORRIENTE DE ENTRADA AL INVERSOR** En un sistema FV de 12VCC, el voltaje de salida del inversor (120V) es 10 veces el de entrada. Si asumimos, por un momento, que no hay pérdidas de conversión, la corriente de entrada alcanzará un valor 10 veces mayor que la de salida ( $V_{entr.} \times I_{entr} = V_{sal} \times I_{sal}$ ). En la práctica, debido al consumo del circuito del inversor, la potencia de entrada es siempre mayor que la entregada a la carga, demandando un mayor valor para la corriente de entrada del inversor. Este análisis se ha hecho para mostrar que para consumos de CA relativamente bajos, la corriente de entrada del inversor puede alcanzar valores considerables. Si el estado de carga del banco de baterías es bajo su voltaje disminuye, forzando corrientes de entrada aún *más elevadas*. Por eso es común que los inversores tengan circuitos de protección que, automáticamente, desconectan la carga cuando el voltaje de batería está por debajo del mínimo requerido por la unidad. Otra desconexión automática ocurre cuando la temperatura de trabajo del inversor excede el límite del diseño.

**POTENCIA Y TEMPERATURA AMBIENTE** La potencia de trabajo de un inversor está especificada para un determinado rango de temperatura ambiente, como se indica en las especificaciones. Esta capacidad disminuye al aumentar la temperatura ambiente, ya que el equipo no alcanza a transferir al exterior todo el calor generado internamente.

**SOBRECARGAS** Otra característica técnica importante que deberá tenerse presente al seleccionar un inversor es su capacidad para soportar transitorios de línea. Aparatos como la lavadora de ropa, la aspiradora de pié y la licuadora generan fuertes transitorios de línea cuando se acopla la carga mecánica (ropa, fricción del cepillo contra el piso o alfombra, o material sólido a licuar). La lavadora, en particular, tiene varios transitorios durante el ciclo de lavado. La licuadora suele usarse para moler hielo. Esta carga mecánica es considerable, provocando transitorios elevados. Inversores que manejan más de 500W pueden sostener una sobrecarga del 100% como mínimo. La duración máxima del transitorio varía entre un décimo de segundo y cerca de un minuto. Los modelos que toleran una mayor duración del transitorio usan transformadores con núcleo de hierro, lo que incrementa el peso de estas unidades. Los que toleran tiempos más cortos (entre 0,1 y 1 segundo) trabajan a frecuencias elevadas, permitiendo el uso de transformadores con núcleo magnético cerámico, reduciéndose drásticamente su peso.

**COMPONENTES PARA CA** Como lo hicimos al tratar los sistemas FVs de CC, antes de proceder con el diseño de un sistema mixto debemos discutir el criterio usado en el proceso de selección de los nuevos componentes de CA. Comenzaremos con el inversor.

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

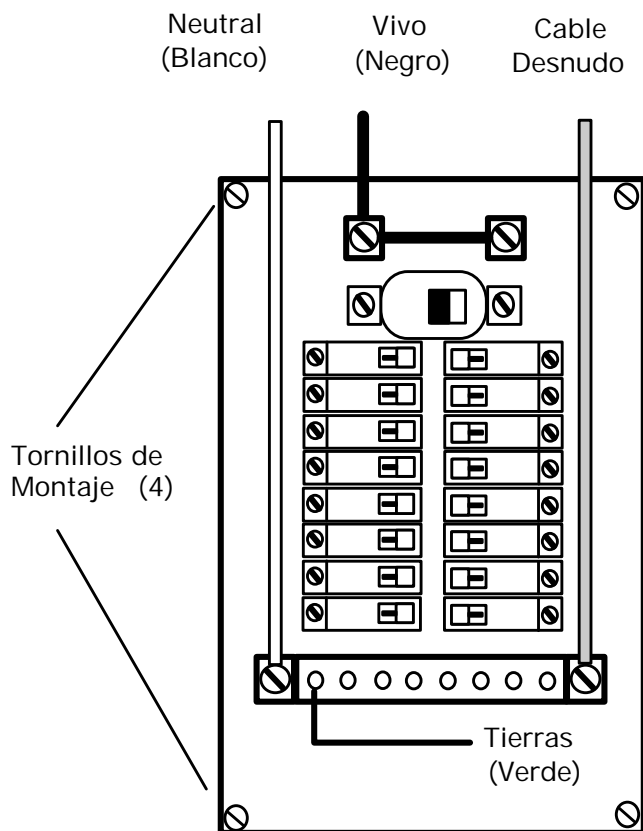
**EL INVERSOR:  
PARAMETROS  
ELECTRICOS** El parámetro eléctrico más importante es la máxima potencia de trabajo que el inversor puede manejar en forma *continua*. Este valor, como se indicó con anterioridad, depende de la temperatura ambiente. Al seleccionar una unidad es conveniente incrementar el valor de la potencia de trabajo dado por el diseño en un 25%, para cubrir transitorios de carga, cargas reactivas y temperaturas ambientes mayores a la dada por la hoja de especificaciones. Ejemplos de cargas inductivas (Apéndice I), son los motores eléctricos y los balastos no electrónicos para las luces fluorescentes de CA. La selección de la forma de onda del voltaje de salida depende del tipo de cargas a conectarse y el presupuesto del usuario. Si se anticipa el uso de computadoras, TVs, VCRs o equipos de audio, *sea en el momento del diseño o en el futuro*, el inversor con forma de salida sinusoidal es el más indicado. Otros parámetros que deberán considerarse son los porcentajes de pérdidas de la unidad durante los períodos activo y de reposo.

**EL INVERSOR:  
PARAMETROS  
MECANICOS** Las altas corrientes de entrada al inversor requieren cables de alimentación de considerable diámetro. Los conectores de entrada deberán tener el tamaño y rigidez requerido para permitir un anclaje mecánico seguro y de baja resistividad. Unidades que manejan altas potencias y fuertes transitorios de línea tienen un peso considerable. Verifique que el diseño mecánico de la unidad ofrece un anclaje efectivo.

**OPCIONES** Existen numerosas opciones que deberán ser evaluadas para cada sistema y presupuesto. La incorporación de instrumental de medida, la conversión del inversor en un cargador de baterías cuando se conecta un generador externo, o la posibilidad de cambiar, automáticamente, la fuente generadora que lo alimenta, son algunas de las más comunes. La última opción enumerada es importante en sistemas híbridos.

**CAJA DE  
ENTRADA** La caja de entrada de CA suele tener un interruptor bipolar de entrada. Si no lo tuviere, se necesitará agregar una caja adicional para el mismo, que corte los dos polos (vivo y neutral). Los fusibles para CA son los automáticos (*circuit breakers*), los que se conectan, a presión, entre dos filas de contactos. Estos están agrupados en dos secciones, una por cada fase del sistema de distribución domiciliario comercial (Apéndice I). Hacia un costado, o cerca de la parte inferior de la caja, existe una barra de cobre con tornillos donde se conectan las conexiones a tierra (configuración típica en los EEUU). Si el sistema de CA sólo tiene un inversor, las dos filas de conectores que corresponden al “vivo” son conectadas entre sí. Si se agrega otro inversor, cada hilera de “vivos” puede ser conectada a la salida de uno de los inversores, los que comparten el común. El cable de tierra no tiene aislación y debido a su calibre, suele ser multi-alambre. Estas cajas de conexión son para uso interno, a no ser que el fabricante especifique lo contrario, y deberán ser instaladas en el interior de la casa. La Figura 11.3 ilustra, en forma esquemática, la estructura descripta. El código de colores es el usado en los EEUU.

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS



**Fig. 11.3- Caja de Entrada de CA (una sola fase)**

### NOTAS

Para el cableado de CA se usa, a veces, cables de aluminio (Al) en lugar de cobre (Cu). El uso de este tipo de conductor complica la instalación, ya que el usuario se verá forzado a usar enchufes e interruptores especiales, los que están marcados con las iniciales Cu-Al. Estos componentes pueden ser más difíciles de obtener o de mayor costo. Nunca conecte un cable de aluminio a un componente que admite sólo cable de cobre. La junta galvánica entre los dos metales dañará el contacto, incrementando su resistencia óhmica.

### CALCULO DEL CONSUMO TOTAL

Al diseñar un sistema mixto, la determinación del número de Wh/d se lleva a cabo separando los dos tipos de cargas. Al valor de Wh/d de la carga de CA se le adiciona las pérdidas del inversor. La suma de este último valor y la del consumo de CC representa el requerimiento total de la carga mixta. Una vez determinado este valor, el procedimiento de diseño sigue los pasos dados en el capítulo anterior.

**ORGANIZACION DE LOS DATOS** La separación de las cargas permite el uso de formas que ayudan a calcular el número de Wh/d para cada tipo. Las Figuras 11.3 y 11.4 muestran la organización de estas dos formas.

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

**VOLTAJE DE CONTINUA: .....VCC**

Tipo de Aparato Eléctrico	Consumo W	Uso horas por día	Energía Requerida Wh/d
1			
2			
3			
4			
5			
6			

**Energía Total de CC:**

**Fig. 11.3- Forma para Cargas de CC**

**VOLTAJE DE ALTERNADA .....VCA**

Tipo de Aparato Eléctrico	Consumo W	Uso horas por día	Energía Requerida Wh/d
1			
2			
3			
4			
5			
6			

**Energía de CA** (Sin considerar las pérdidas del inversor):

**Eficiencia del Inversor:**                      **Pérdida porcentual:**

**Energía Total de CA** (Considerando las pérdidas del inversor):

**Fig. 1.4- Forma para Cargas de CA**

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

### CONSUMOS PROMEDIOS

Como en el caso de las cargas de CC, es conveniente tener una idea del consumo de diferentes aparatos eléctricos de CA, a fin de estimar los requerimientos de un sistema mixto. La Tabla 11.5 proporciona los valores promedio de consumo y tiempos de uso para varios aparatos domésticos de CA. Como se mencionó en el capítulo anterior, el valor del consumo en watts que deberá usarse en el cálculo final es el proveído por el fabricante.

**Tabla 11.5**

### CONSUMOS PROMEDIOS

Tipo de Aparato Eléctrico	Consumo Promedio W	Uso Promedio <sup>1</sup> hrs/mes <sup>2</sup>
Aspiradora de pié	600	10
Batidora	125	6
Lavadora automática	520	8
Secadora de Ropa (a gas)	250	20
Máquina de coser	100	3
Reloj	10	Uso continuo
Secador de cabello	1.000	2 a 3
Tostador de pan	1.150	4
Plancha	1.100	12
Horno de Microondas	900 a 1.200	60

1- Si anticipa una mayor cantidad de horas de uso deberá considerar su régimen de uso al calcular el sistema.

2- La cantidad de Wh/semana se obtienen dividiendo esta cantidad por 4. La cantidad de Wh/d depende del régimen de uso, como se verá en el ejemplo.

### EJEMPLO

Desarrollaremos a continuación un ejemplo de diseño de un sistema mixto. La descripción de las cargas de CC es la siguiente:

4 Luces incandescentes (12V/15W) 40min/d	$4 \times 15 \times (40/60) =$	40Wh/d
1 Luz (12V/40W) durante 7hrs/d	$1 \times 40 \times 7 =$	280Wh/d
1 TV (12V/60W) durante 5hrs/d	$1 \times 60 \times 5 =$	300Wh/d
1 Refrigerador (12V) de 12 cuft (37Ah/d) <sup>1</sup>	$12V \times 37Ah =$	444Wh/d
1 Radio (12V/10W) durante 6hrs/d	$1 \times 10 \times 6 =$	60Wh/d
	<b>Total:</b>	<b>1.124Wh/d</b>

1- Este consumo representa el valor promedio entre dos rangos de temperatura ambiente: 25 y 32°C.

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

<b>CARGAS DE CA</b>	Las cargas de CA serán: una lavadora de ropa, una máquina de coser y una aspiradora de pié. En nuestro ejemplo usaremos los valores promedios dados en la Tabla 11.5. Para ahorrar energía asumiremos que la ropa será secada al sol.
<b>CARGAS SIMULTANEAS</b>	Antes de proseguir con el cálculo del sistema se hace necesario recordar que el consumo máximo para un sistema FV está determinado <u>por el usuario del sistema</u> . En el ejemplo dado en el capítulo anterior asumimos que <i>todas las cargas</i> están conectadas <i>al mismo tiempo</i> . Un análisis más detallado muestra que esta asunción es correcta para las dos luces, pero no necesariamente para la radio, cuyo uso no es esencial. Durante períodos de baja insolación este consumo puede reducirse disminuyendo el volumen de audio o el número de horas de uso, o anularse temporariamente mediante el uso de pilas secas. Otra característica del diseño mencionado es que la carga no fluctúa diariamente.
<b>CARGAS ESCALONADAS</b>	Cuando se diseña un sistema mixto la capacidad del inversor está determinada por el consumo “pico” de potencia. El escalonamiento del consumo diario permite la reducción de este valor, lo que a veces puede traducirse en un inversor de menor costo. Este objetivo puede verse limitado por la variedad de modelos ofrecidas en el mercado en relación con el valor de potencia de trabajo requerida por el diseño.
<b>REGIMEN DIARIO VARIABLE</b>	En nuestro ejemplo la carga de CA varía diariamente. Si asumimos que dos días por semana se dedican al lavado y otros dos al uso de la aspiradora, podremos escalonar el consumo semanal. Otra asunción lógica es el uso de la máquina de coser y la de lavar en forma simultánea, ya que este último proceso es automático. Los consumos dados por la Tabla 11.5 son: 520W para la lavadora de ropa, 600W para la aspiradora de pisos y 100W para la máquina de coser. El régimen de uso adoptado nos permite reducir el valor pico de potencia de 1.220W (uso simultáneo) a sólo 620W.
<b>POTENCIA DE TRABAJO</b>	Agregando un 25% a este valor (Apéndice I), se determina el valor de la potencia de trabajo que deberá manejar el inversor. Este valor resulta ser de 775W (1.525W de usarse las cargas en forma simultánea). La potencia de trabajo (régimen continuo) de los modelos ofrecidos en el mercado nos fuerzan a elegir una unidad de 1,1KW como mínimo.
<b>NOTAS DE DISEÑO</b>	Si el usuario desea incorporar el secador de ropa a gas, no se necesita cambiar el inversor elegido si se escalona su uso el día de lavado. Si se suprime el uso de la máquina de coser, los 600W de la aspiradora obligan a seleccionar el mismo modelo de inversor. Estas observaciones están hechas para mostrar las limitaciones impuestas por los modelos ofrecidos en el mercado y la importancia de no tener cargas simultáneas conectadas al inversor, y no deben ser interpretadas como una invitación a la incorporación de más cargas de CA.
<b>CONSUMO DE ENERGIA (CARGAS DE CA)</b>	Pasaremos ahora a calcular el número de Wh/d que requiere la carga de CA. Comenzaremos calculando el requerimiento semanal. La Tabla 11.5 proporciona los tiempos de uso promedio en h/mes. Las 8h/m para el lavado, 3h/m para la máquina de coser y 5h/m para la aspiradora representan 2h/sem, 3/4h/sem y 2,5h/sem, respectivamente.

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

El consumo total, por semana, será de:

Máquina de Lavar:	520W x 2h/sem =	1.040Wh/sem
Máquina de Coser:	100W x 3/4h/sem =	75Wh/sem
Aspiradora:	600W x 2,5h/sem =	1.500Wh/sem
Totales:	5,25h/sem	2.615Wh/sem

### NOTA DE DISEÑO

Esta energía sólo se necesita durante 4 días, de manera que si generamos diariamente una séptima parte de este valor (374Wh/d) alcanzaremos el balance energético semanal.

### PERDIDAS EN EL INVERSOR

Para el cálculo de las pérdidas asumiremos el uso de un inversor Trace Modelo DR1512, con forma de onda de salida casi sinusoidal, el que puede manejar 1.500W en forma continua, a 25°C. Las curvas de eficiencia dadas por el fabricante para un consumo de 620W (máx. diario) es del 90% (10% de pérdidas). El 10% de pérdida (62W) representan 326Wh/sem (62 x 5,25), o 47Wh/d. Si adicionamos este valor a los 374Wh/d requeridos por la carga de CA, el requerimiento total para las mismas será de 421Wh/d.

### ENERGIA REQUERIDA

El consumo diario de energía para el sistema alcanza los 1.545Wh/d (421Wh/dCA +1.124Wh/dCC). A partir de este paso el procedimiento de cálculo sigue los pasos del ejemplo dado en el capítulo anterior. Como revisión, calcularemos, sin dar excesivos detalles, los bloques principales.

### BLOQUE GENERADOR

Asumiendo que las pérdidas del conecionado y el control de carga aumentan a un 5% (95% de eficiencia) y las del banco de baterías permanecen constante (90%), la eficiencia del sistema alcanzará el 85,5%. El bloque generador deberá producir 1.807Wh/d (1.545/0,855).

### RESTO DEL SISTEMA

Asumiremos asimismo que tanto la locación del sistema, como el tipo de panel, son las mismas que las del ejemplo dado en el capítulo precedente. Para simplificar, se considera que el consumo estacional permanece constante. En la práctica el usuario debe decidir si estas cargas varían en relación a la estación. Durante el período estival, considerando el mismo tipo de colector, se necesitarán 7 paneles en paralelo, con una corriente máxima de carga de 25A. El control de carga deberá manejar un mínimo de 30A. La corriente de entrada al inversor, considerando la carga más desfavorable (620W) y un 10% de pérdidas (62W) será de 57A. Este valor muestra la importancia de acortar al máximo la distancia entre el inversor y el banco de baterías.

### BANCO DE RESERVA

La estimación de la reserva del banco de baterías deberá contemplar el caso más desfavorable. Este está dado por tres días sin sol que coinciden con el período de lavado y uso de la aspiradora. Sin embargo, como se indicó anteriormente, el usuario puede reducir el consumo durante los períodos de insolación nula. El uso de la máquina de coser y la aspiradora no son esenciales y pueden ser postergados sin mayores problemas. Asumiendo que se hace necesario tener un día de lavado durante el período de insolación nulo, el valor pico de potencia se reduce a 520W.

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

Un razonamiento similar debe ser hecho con las cargas de CC, a fin de determinar la menor cantidad de energía a acumularse. El resto del diseño es el mismo que en el capítulo anterior.

### SOLO CARGAS DE CA

En nuestro ejemplo el valor energético de las cargas de CA equivale al 27% del total requerido por el sistema. Si en un sistema mixto este porcentaje subrepassa el 50% del total, deberá considerarse la posibilidad de un sistema FV donde todas las cargas son de CA. La comparación de los costos de los dos sistemas determinará la solución más económica.

### NOTAS DE DISEÑO

Si se adopta un diseño donde todas las cargas son de CA, los mejores resultados se obtienen emplazando el cobertizo que aloja el banco de baterías tan cerca como fuere posible de los paneles FVs, ubicando dentro del mismo el control de carga y el inversor. Esto reducirá la longitud de los cables que interconectan los paneles, el control de carga, el banco de baterías y la entrada al inversor. Las pérdidas del sistema asociadas con el cableado y el control de carga pueden ser estimadas en un 2%. Como el voltaje de salida del sistema tiene un voltaje mucho más elevado (120V), puede usarse cables de alimentación de menor diámetro entre la salida del inversor y la casa, sin elevar las pérdidas de potencia. La varilla de tierra a la entrada de la casa debe tener la *misma ubicación* que la del sistema mixto, a fin de eliminar la resistencia óhmica entre el punto de tierra y el contacto de tierra en la caja de distribución.

Otro detalle a tener en cuenta cuando el consumo de CA se incrementa es el de elevar el voltaje de entrada del inversor, a fin de reducir el valor correspondiente de la corriente.

### DATOS TECNICOS

A continuación se transcriben las especificaciones técnicas más relevantes para varios inversores ofrecidos en el mercado. Una información más detallada de estos u otros modelos puede ser obtenida del fabricante.

# CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

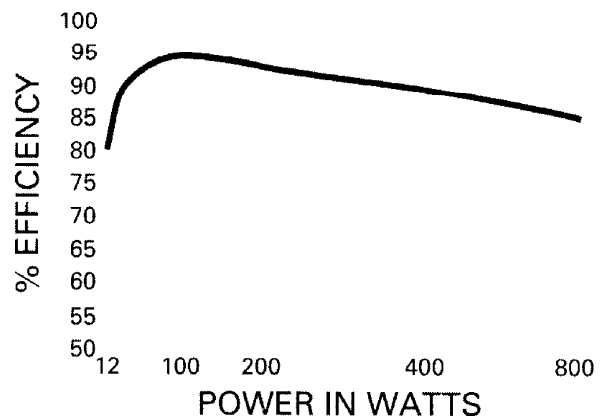
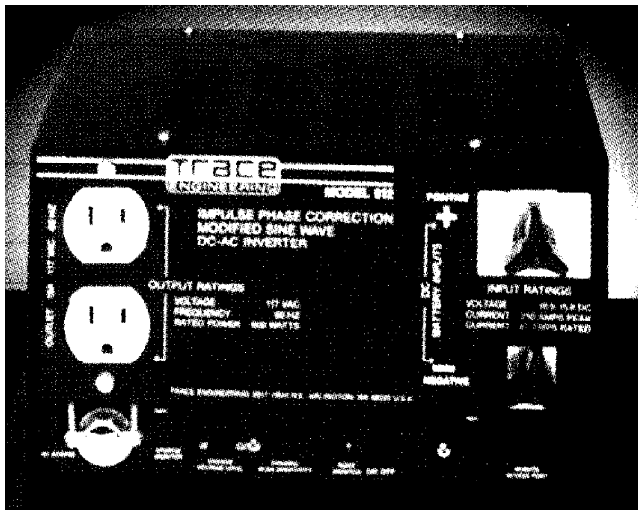
## INVERSORES MODELOS 812 y 724

(Cortesía de Trace Engineering)

	812 <sup>1</sup>	724 <sup>1</sup>
POTENCIA MAX. (Rég. Permanente) <sup>2</sup> :	575W	425W
TRANSITORIO <sup>2</sup> :		2.400W
TIEMPO MAXIMO CON CARGA DE 700W <sup>2</sup> :		30 minutos
EFICIENCIA:		Ver curvas
FORMA DE ONDA DE SALIDA:		Casi-sinusoidal
FRECUENCIA:		60Hz/s
VARIACION DE FRECUENCIA:		+/- 0,04%
CORRIENTE DE REPOSO:	22mA	25mA
VOLTAJE NOMINAL DE ENTRADA:	12V	24V
RANGO DEL VOLTAJE DE ENTRADA:	10,8-15,8V	21,6-30,7V
VOLTAJE DE SALIDA:		120 o 220VAC
CONSUMO MINIMO <sup>3</sup> :		2Wmin.
DISCONECTADOS AUTOMATICOS:	Bajo/alto voltaje de baterías. Alta temperatura de trabajo.	
PESO:		7,7Kg max.
DIMENSIONES:		14,6 x 26,7 x 20,3 cm
NUMERO DE OPCIONES:		Cuatro opciones diferentes

### NOTAS:

- 1 Los modelos para 50c/s son el 612 y el 624 respectivamente, con potencias de trabajo menores.
- 2 A 20°C y con carga resistiva.
- 3 Es el consumo mínimo que se necesita para activar la unidad.



Efficiency: Eficiencia

Power in Watts: Potencia en Watts

# CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

## INVERSORES Serie DR

(Cortesía de Trace Engineering)

**POTENCIA MAX. (Rég. Permanente)<sup>2</sup>:**  
**CORRIENTE TRANSITORIA MAXIMA:**  
**EFICIENCIA:**  
**RANGO DE TEMP. DE TRABAJO:**  
**FORMA DE ONDA DE SALIDA<sup>3</sup>:**  
**FRECUENCIA:**  
**VARIACION DE FRECUENCIA:**  
**CORRIENTE DE REPOSO:**  
**VOLTAJE NOMINAL DE ENTRADA:**  
**RANGO DEL VOLTAJE DE ENTRADA:**  
**VOLTAJE DE SALIDA:**  
**CONSUMO MINIMO<sup>4</sup>:**  
**DISCONNECTADOS AUTOMATICOS:**  
**PESO:**  
**DIMENSIONES:**  
**OPCIONES:**

### DR1512<sup>1</sup>

1.500W  
28A  
Ver curvas  
0 - 50°C  
Casi-sinusoidal  
60Hz/s  
+/- 0,04%  
45mA  
12V  
10,8-15,5V  
120VAC  
5Wmin.  
Bajo voltaje de baterías.  
16Kg max.  
21,6 x 18,4 x 54,6 cm  
Numerosas

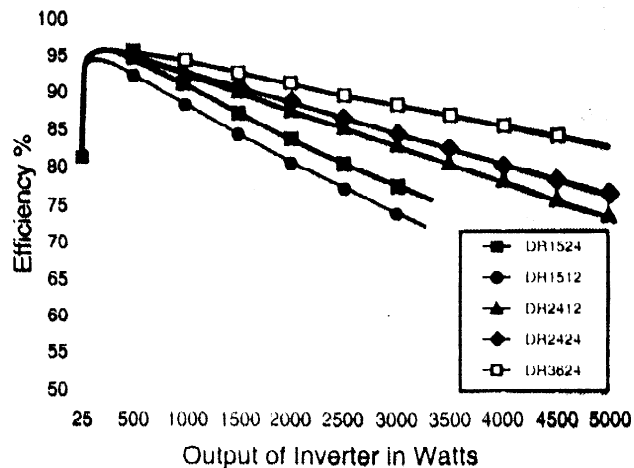
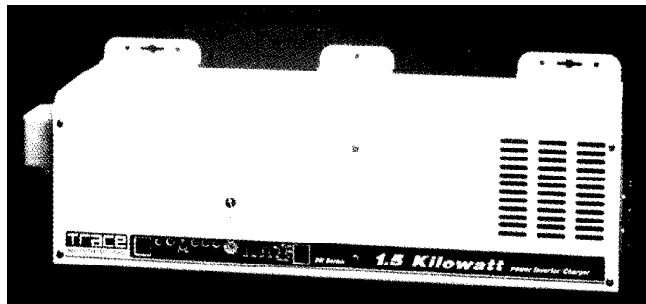
### NOTAS:

1 Los modelos para 50c/s llevan la letras "E" (230VAC) o "J" (105VAC). La serie tiene otros modelos con mayores potencias de trabajo y otros voltajes de entrada.

2 A 25°C y con carga resistiva.

3 Trace Engineering fabrica varios modelos con salida de onda sinusoidal (Serie SW).

4 Es el consumo mínimo que se necesita para activar la unidad.



Efficiency: Eficiencia

Output of Inverter: Salida del Inversor

# CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

## INVERSORES SERIE XP

(Cortesía de EXELTECH)

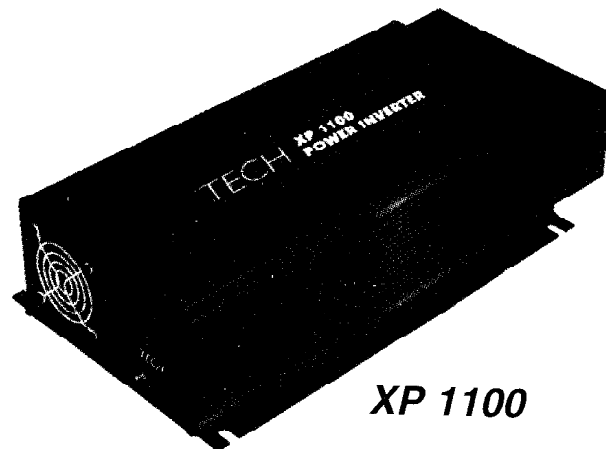
<b>POTENCIA MAX. (Rég. Permanente):</b>	<b>XP-1100<sup>1</sup></b> 1.100W
<b>TRANSITORIO<sup>2</sup>:</b>	2.200W
<b>POTENCIA DE REPOSO:</b>	20W
<b>EFICIENCIA:</b>	Ver curvas
<b>RANGO DE TEMP. DE TRABAJO<sup>3</sup>:</b>	-25 a 30°C
<b>FORMA DE ONDA DE SALIDA:</b>	Sinusoidal
<b>DISTORCION:</b>	2% máx.
<b>FRECUENCIA:</b>	60Hz/s
<b>VARIACION DE FRECUENCIA:</b>	+/- 0,1%
<b>VOLTAJE NOMINAL DE ENTRADA:</b>	12V
<b>RANGO DEL VOLTAJE DE ENTRADA:</b>	Mín.10,4-10,6V / Máx. 16,5V
<b>VOLTAJE DE SALIDA:</b>	117VAC
<b>DISCONECTADOS AUTOMATICOS:</b>	Bajo o alto voltaje de baterías y alta temperatura de trabajo (Nota 3).
<b>PESO:</b>	5Kg max.
<b>DIMENSIONES:</b>	19,6 x 9,14 x 49,6 cm

### NOTAS:

1 Exeltech fabrica modelos con potencias de trabajo entre 125 y 1.100W dentro de esta serie, con tres rangos de frecuencia nominal (50/60 y 400Hz/c) y voltajes de entrada desde 12 a 108VCC.

2 La especificación no indica las condiciones de medida.

3 A partir de este valor de la potencia de trabajo disminuye hasta que suena una alarma cuando la temperatura interna alcanza los 100°C (5°C por debajo del máximo tolerable).

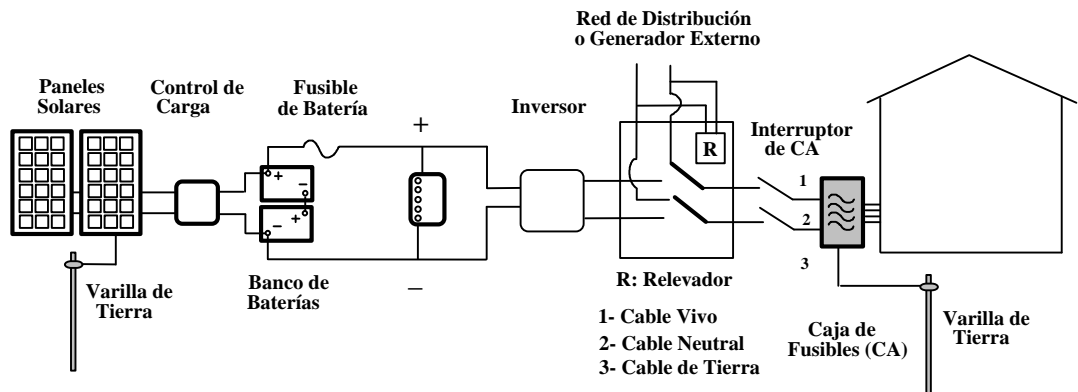


**XP 1100**

**DOS FUENTES GENERADORAS** En estos sistemas los paneles FVs comparten la acción generadora con otra fuente de poder. Esta puede ser del tipo de energías renovables (viento, hidráulica) o del tipo convencional (generador acoplado a un motor alimentado con gas natural, gasolina o fuel-oil).

**CIRCUITOS TIPICOS** Existen dos tipos de conecionado. En uno se opta por substituir un bloque generador por otro, mientras que en el otro las dos fuentes permanecen conectadas en paralelo en todo momento. Cuando se reemplaza un bloque generador por otro, la conmutación puede ser del tipo manual o automático. Si las fuentes de generación trabajan en paralelo, se necesita bloquear los pasos comunes entre ellas, para evitar que la energía generada por una sea absorbida por la otra.

**SUBSTITUCION DE GENERADORES** La razón más común para la introducción de un sistema híbrido es la posibilidad de generar energía eléctrica cuando el nivel de insolación es bajo, aprovechando la presencia de vientos fuertes o la existencia de una caída de agua. En otras circunstancias la única solución es el uso de un generador externo a motor. Se presenta, asimismo, la situación opuesta. Esto ocurre en locaciones donde el servicio eléctrico domiciliario permanece activo sólo durante parte de la noche, pero la radiación solar diurna es alta. En este caso un sistema híbrido donde las dos fuentes son el servicio eléctrico domiciliario y el FV (con banco de baterías conectado a un inversor) permitirá extender las horas de servicio diarias. La Figura 11.6 muestra el diagrama en bloques de un sistema de este tipo.



**Fig. 11.6- Sistema FV Híbrido con Conmutador Automático**

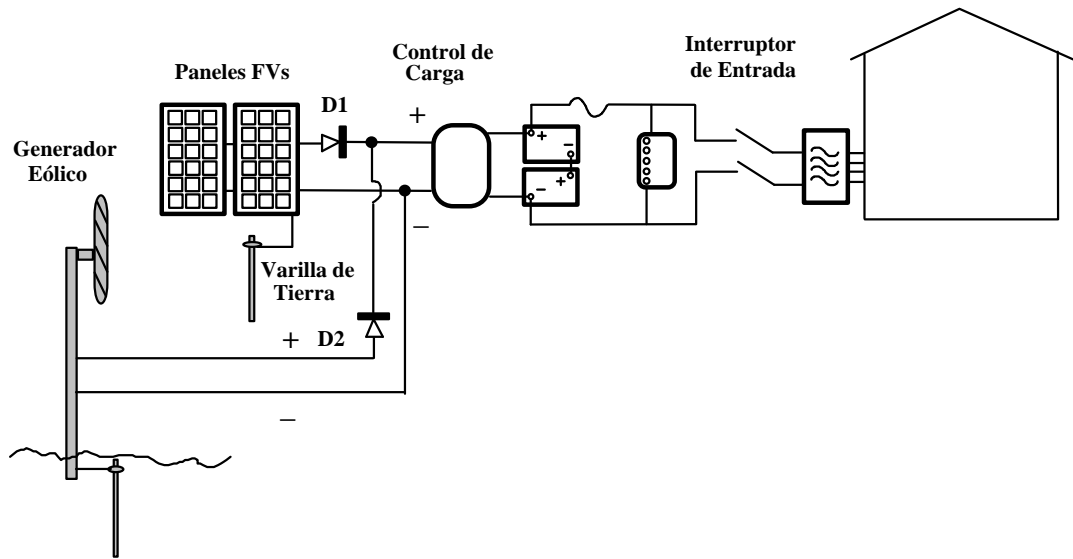
**CONMUTACION AUTOMATICA** La llave conmutadora está activada por el relevador (R), el que está permanentemente conectado a la fuente externa. Cuando ésta es activada, el conmutador conecta la carga a la misma. Durante las horas en que permanece inactiva el relevador vuelve a su posición de reposo, reconectando la salida del inversor al circuito de entrada de la casa.

**NOTAS DE DISEÑO** Es común que este tipo de conmutador esté integrado dentro de la caja del inversor, ya que se lo ofrece como una de las opciones. El circuito de la Figura 11.6 es el que se utiliza cuando se conecta un generador de CA exterior, el que pasa a substituir la red domiciliaria de distribución del ejemplo anterior.

## CAPITULO 11- SISTEMAS FVs MIXTOS E HIBRIDOS

### FUENTES EN PARALELO

La Figura 11.7 muestra un sistema híbrido con las dos fuentes generadoras en paralelo (generador eólico y FV). En este ejemplo se asume que no hay cargas de CA, y que el voltaje nominal de los dos generadores es el mismo.



**Fig. 11.7- Sistema Híbrido en Paralelo**

### ACCION DE BLOQUEO

Los diodos D1 y D2 proveen el bloqueo eléctrico entre los dos generadores. Durante la noche los paneles no tienen voltaje de salida, pero el generador eólico puede estar activo. El diodo D1 tendrá entonces una polaridad opuesta a la de conducción, bloqueando el paso a través de los paneles. Durante el día, cuando el voltaje de salida del generador eólico supera el de los paneles (más la caída en el diodo), éste contribuirá una corriente adicional al circuito de carga. Si el viento disminuye o cesa, el diodo D2 tiene la polaridad revertida, impidiendo la conducción en el circuito del generador eólico.

### NOTAS DE DISEÑO

Como se mencionó en el Apéndice, el uso de diodos Schottky (*hot carrier diode*) con baja caída de voltaje, son los recomendados para estas tareas de bloqueo, ya que disminuyen las pérdidas.

Cuando se conecta un generador eólico a un control de carga deberá cuidarse que el voltaje máximo que éste puede tolerar a su entrada excede el máximo dado por la salida del generador. Los paneles FV nunca alcanzan un voltaje de salida mayor que el de circuito abierto, mientras que los generadores eólicos suelen alcanzar valores más elevados para el voltaje de salida. El lector debe elegir un generador a viento moderno, los que ofrecen una salida de voltaje regulada. Estos modelos son, además, muy eficientes y seguros ya que comienzan a generar electricidad con bajas velocidades del viento y poseen un diseño mecánico que disminuye la velocidad de rotación cuando la velocidad del viento es muy elevada, reduciendo la fuerza que éste ejerce sobre el soporte.