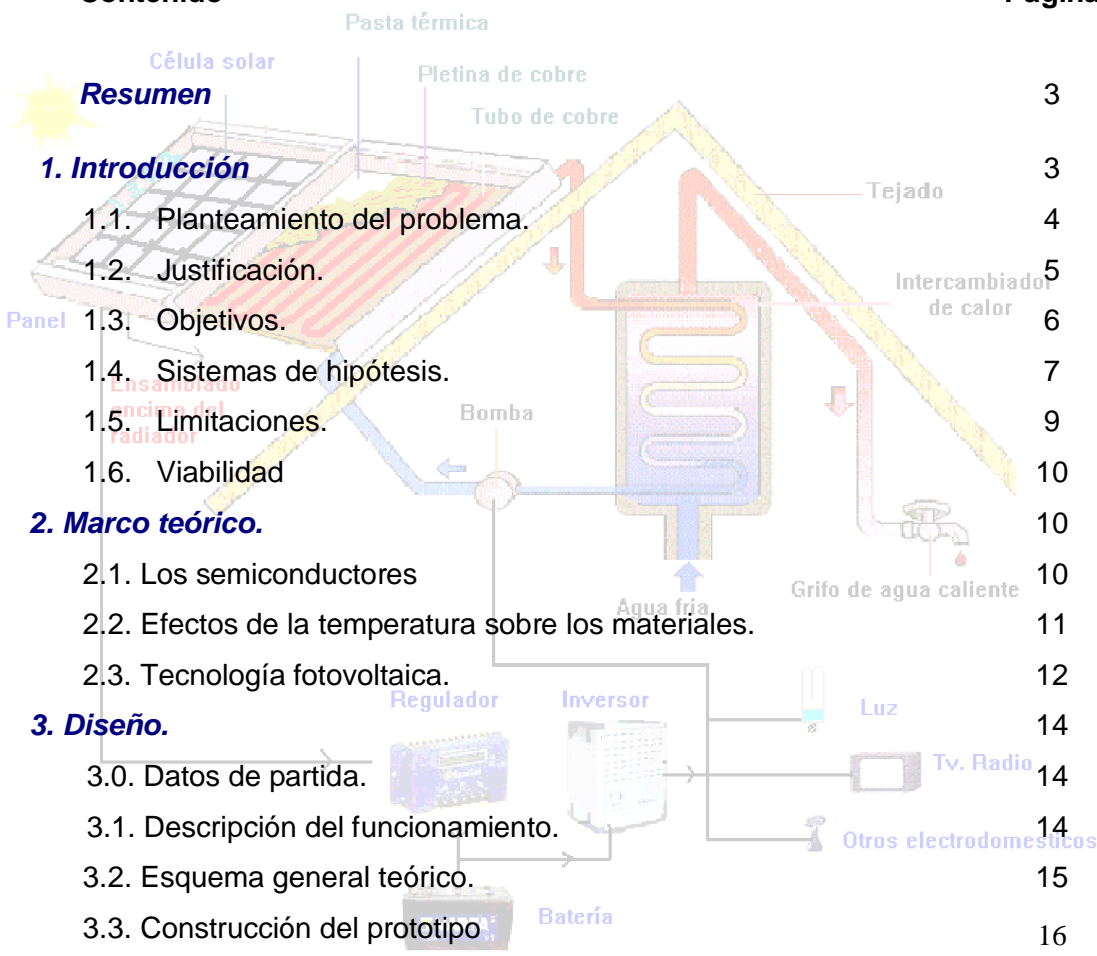


Autor: Luis López López

luis@panelsolarhibrido.es

INDICE

Contenido	Pagina
Resumen	3
1. Introducción	3
1.1. Planteamiento del problema.	4
1.2. Justificación.	5
1.3. Objetivos.	6
1.4. Sistemas de hipótesis.	7
1.5. Limitaciones.	9
1.6. Viabilidad	10
2. Marco teórico.	10
2.1. Los semiconductores	10
2.2. Efectos de la temperatura sobre los materiales.	11
2.3. Tecnología fotovoltaica.	12
3. Diseño.	14
3.0. Datos de partida.	14
3.1. Descripción del funcionamiento.	14
3.2. Esquema general teórico.	15
3.3. Construcción del prototipo	16
4. Resultados.	19
4.0. Instrumentos de medida	19
4.1. Disposición de los aparatos de medida.	20
4.2. Medición de parámetros.	20
4.3. Análisis de resultados	21
5. Conclusiones.	23
6. Referencias.	24



Resumen.

El presente proyecto de investigación persigue dos objetivos fundamentales relacionados con la mejora de la eficiencia energética de los paneles solares fotovoltaicos. Por una parte incrementar la eficiencia fotovoltaica y al mismo tiempo y en el mismo espacio obtener A.C.S.

El sistema desarrollado consta principalmente de un absorbedor formado por una pletina de cobre, aluminio o cualquier otro material con buena conductividad térmica sobre la cual se ha soldado un serpentín o sistema similar, para formar todo ello un absorbedor de calor refrigerado por un líquido calor-portante. Este absorbedor estará adosado a la parte posterior de un panel fotovoltaico, con el fin de disminuir la temperatura en sus células, en los diodos de protección y bypass que forman el panel.

Con todo ello se pretende conseguir un incremento notable en la eficiencia de los paneles solares, que se prevé sea superior al 15% sobre la potencia de pico suministrada por el panel F.V. Este incremento de potencia es muy significativo, ya que la eficiencia conseguida en los paneles que se comercializan actualmente está situada entre el 15% y el 25%.

Este sistema desarrollado refrigera las células solares incrementando notablemente la eficiencia en la producción de energía eléctrica. El calor absorbido del panel es conducido a un acumulador de agua caliente, para utilizarlo en un sistema de A.C.S., calefacción, etc...

1.- Introducción.

De todos es conocida la estrecha relación que existe entre la temperatura y cualquier sistema basado en la electricidad; pero, ¿realmente le damos la importancia que tiene? Los Transformadores de alta tensión indican en su placa de características que se ha de reducir la potencia en un tanto % a partir de cierta temperatura, los motores eléctricos disminuyen su eficiencia cuando se calientan, las baterías para almacenamiento de

electricidad, las células fotovoltaicas, los alternadores de las grandes centrales productoras de electricidad; todo lo que tiene relación con la electricidad está sometido a los efectos negativos del incremento de la temperatura. En valores porcentuales la pérdida de potencia de un sistema eléctrico es algo considerable, pero si adoptamos una visión más amplia y lo vemos a nivel global, podremos intuir la pérdida de millones de megavatios por efectos de la temperatura.

Lo mencionado anteriormente, es algo que la física conoce, pero en tiempos de abundancia energética, se desprecia. Entramos en nuevos tiempos en los cuales el problema energético se agudizará. Si somos responsables, si nos preocupa el futuro del planeta, de nuestros hijos y sus descendientes; deberíamos empezar a pensar en como exprimir cada vatio de potencia en cualquier sistema productor o consumidor de energía, mejorando la eficiencia de los mismos y tomando una actitud responsable de su consumo.

La mayor parte de estos problemas se solventaran cuando lleguen los superconductores a temperatura ambiente, pero mientras esto no acontezca pensemos...

1.1.- Planteamiento del problema:

El rendimiento de las células fotovoltaicas que se comercializan en la actualidad está comprendido entre un 15% y un 25%, es decir, que sólo una pequeña parte de la energía lumínica se aprovecha realmente en forma de energía eléctrica. Este rendimiento es menor cuanto más alta es la temperatura.

El aumento de temperatura en las células supone un incremento en la corriente, pero al mismo tiempo una disminución mucho mayor, en proporción, de la tensión. El efecto global es que la potencia del panel disminuye al aumentar la temperatura de trabajo del mismo. Una radiación de 1.000 W/m^2 es capaz de calentar un panel al menos 30 grados por encima de la temperatura del aire circundante, lo que reduce la tensión en $2 \text{ mV/ (célula} \cdot \text{grado) } * 36 \text{ células} * 30 \text{ grados} = 2,16 \text{ Voltios}$ y por tanto la potencia en un 15%.

Por otra parte, actualmente para instalar energía solar fotovoltaica y térmica, requiere dos instalaciones completamente independientes en el lugar de captación que habitualmente será en la cubierta de los edificios; esto implica tener que disponer de más superficie para realizar ambas instalaciones. El Instituto para la Diversificación y

Ahorro de Energía calcula que por cada vivienda (cuatro personas, 100 m²) hacen falta uno o dos metros cuadrados de paneles.

El impacto medioambiental y visual, aunque pequeño, también es un dato a tener en cuenta, ya que si vemos una instalación aislada, no es significativo, pero si lo vemos desde un punto de vista más generalizado, podría recordarnos los bosques de antenas que veíamos en los tejados no hace mucho tiempo, hasta la entrada en vigor de la ley sobre las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, (I.C.T.).

El presente proyecto pretende aportar alguna solución viable a los problemas planteados.

1.2. Justificación

Después de haber visto la relación directa entre temperatura y eficiencia energética de los paneles solares se ha indagado en Internet, libros, revistas especializadas, bases de datos en oficinas de patentes, y se ha comentado el problema con profesionales del sector, no encontrando ninguna solución técnica que solvete el problema de la temperatura en los paneles fotovoltaicos, que por otra parte es inherente a la propia energía solar.

Si bien es cierto que en las instalaciones fotovoltaicas es recomendable situar los paneles en lugares bien ventilados, para paliar los efectos negativos de la temperatura sobre las células fotovoltaicas, también es cierto que se está desaprovechando la energía en forma de calor que existe en las mismas.

Por otra parte la idea de integrar energía solar fotovoltaica y térmica en un mismo panel es un concepto novedoso, y que merece la pena investigar, ya que conllevaría las siguientes ventajas:

- Menos superficie necesaria para instalar energía fotovoltaica y térmica.
- Menos residuos alcanzado el fin de la vida útil de la instalación.
- Incremento de al menos un 15% en la producción de electricidad.
- Obtención de agua caliente para usos sanitarios, calefacción, etc....
- Prolongación de la vida útil de los paneles.
- Reducción de la radiación solar reflejada.

1.3. Objetivos.

Los objetivos que se pretenden alcanzar son los siguientes:

-
- a. Aumentar el rendimiento de un panel solar fotovoltaico en un 15%
 - b. Obtener A.C.S. a partir del calor absorbido del panel fotovoltaico.
 - c. Reducir la superficie necesaria para obtener electricidad y A.C.S simultáneamente.
 - d. Aprovechar al máximo la radiación solar por metro cuadrado.
 - e. Incrementar la vida útil de las instalaciones fotovoltaicas
- (a) El aumento de la eficiencia se deberá a la reducción del factor de degradación por efectos de la temperatura sobre las células fotovoltaicas. (Se mejora la zona de transición para la curva I-V)
- (b) El calor extraído de las células será transferido al absorbedor que será el generador A.C.S.
- (c) Al ser el mismo captador se reducirá a la mitad la superficie necesaria.
- (d) Se producirá una cogeneración aprovechando la energía en forma de electricidad y calor.
- (e) Los semiconductores que forman las células operarán a temperaturas más bajas y por lo tanto más idóneas, debido a las propiedades intrínsecas del silicio.

1.4. Sistema de hipótesis.

En este apartado se mostrarán algunas posibles variantes al modelo estudiado.

Sería ideal fabricar paneles fotovoltaicos con el absorbedor integrado, montando directamente las células fotovoltaicas, sobre la superficie del propio absorbedor, disminuyendo de esta forma las pérdidas en la transferencia de calor al mismo. También sería ideal montar dichos paneles en una carcasa, similar al utilizado actualmente para la energía solar térmica, con esto se conseguiría un incremento de la temperatura en el panel por el efecto invernadero generado en su interior; obteniendo más temperatura en el líquido refrigerante, y por lo tanto mayor eficiencia en el sistema térmico. Un automatismo de bajo coste basado en microcontroladores programables (PIC), supervisaría constantemente la temperatura de las células, controlando la circulación de líquido calor-portante a través del intercambiador situado en el acumulador de calor o desviándolo al radiador refrigerado por aire, cuando la temperatura en el acumulador se igualase con la existente en las células.

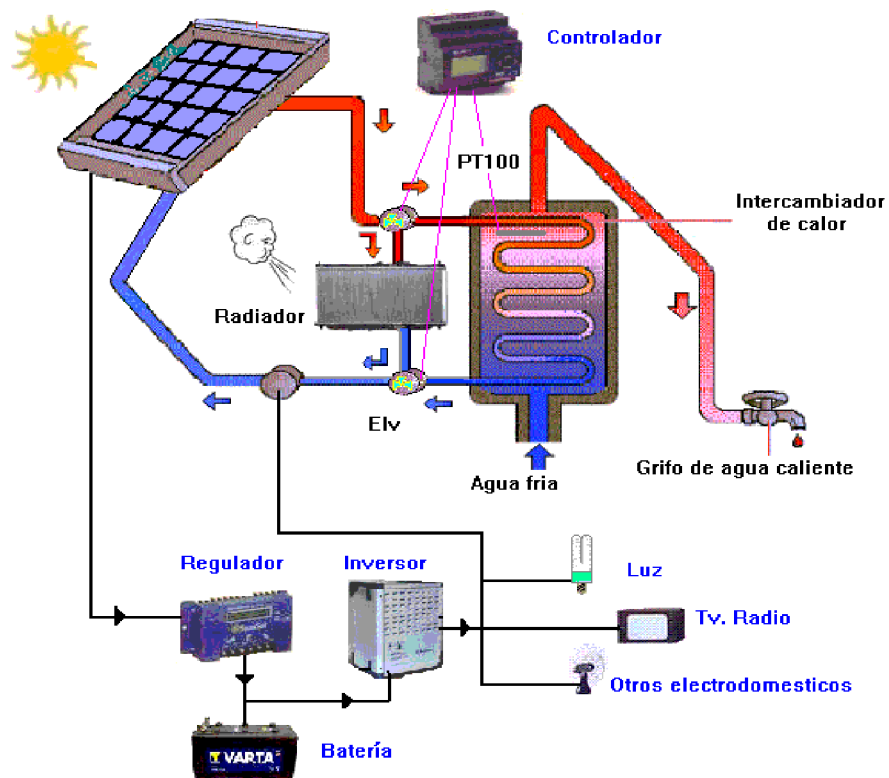


Figura 1

1.6 Viabilidad.

Dado que la eficiencia energética de los paneles solares fotovoltaicos se puede considerar en un 19%, como media; el autor de este proyecto cree muy viable el desarrollo de este tipo de tecnología, ya que al 19% de eficiencia existente habría que sumar un mínimo de un 15% de ganancia en producción eléctrica, que se debería principalmente como consecuencia de reducir la degradación por efectos de la temperatura en las células. A todo ello habría que sumar también al menos un 30% de energía captada de forma térmica, con lo cual el resultante obtenido es muy superior al conseguido actualmente.

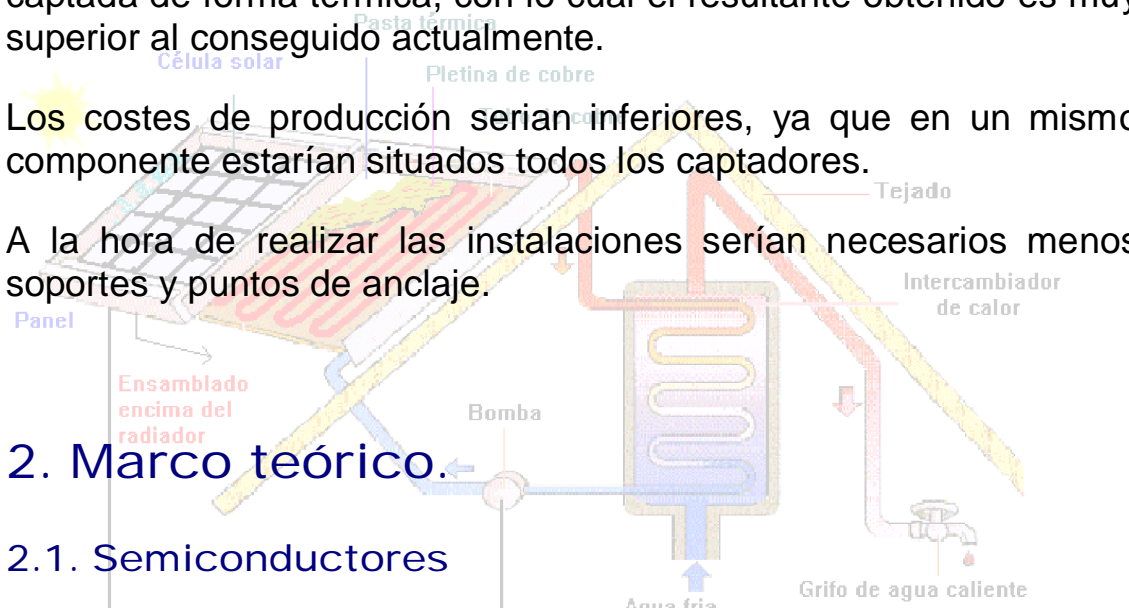
Los costes de producción serían inferiores, ya que en un mismo componente estarían situados todos los captadores.

A la hora de realizar las instalaciones serían necesarios menos soportes y puntos de anclaje.

2. Marco teórico.

2.1. Semiconductores

Un semiconductor es un componente que no es directamente un conductor de corriente, pero tampoco es un aislante. En un conductor la corriente es debida al movimiento de las cargas negativas (electrones). En los semiconductores se producen corrientes producidas tanto por el movimiento de electrones como de las cargas positivas (huecos). Los semiconductores son aquellos elementos pertenecientes al grupo IV de la Tabla Periódica (Silicio, Germanio, etc.). Generalmente a estos se le introducen átomos de otros elementos, denominados impurezas, de forma que la corriente se deba primordialmente a los electrones o a los huecos, dependiendo de la impureza introducida. Otra característica que los diferencia se refiere a su resistividad, estando ésta comprendida entre la de los metales y los aislantes.



2.2. Efecto de la temperatura sobre los materiales.

La resistencia de un conductor metálico aumenta al aumentar la temperatura. Dicho aumento depende de la elevación de la temperatura y del coeficiente térmico de resistividad alfa (α), el cual se define como el cambio de resistividad por grado centígrado de variación. Los semiconductores tienen un coeficiente de temperatura negativo, mientras que muchos metales se tornan superconductores a pocos grados por encima del cero absoluto. La temperatura de trabajo (T_t) que alcanza un panel fotovoltaico obedece una relación lineal dada por la expresión:

$$T_t = T_a + K.R$$

- T_t : Temperatura de trabajo
- T_a : Máxima temperatura ambiente
- R : radiación solar en mW/cm^2 (varía entre 80 y 100 mW/cm^2).
- K : coeficiente que varía entre 0,2 y 0,4 $^{\circ}C.cm^2/mW$ dependiendo de la velocidad promedio del viento. Cuando ésta es muy baja, o inexistente, el enfriamiento del panel es pobre o nulo y K toma valores cercanos o iguales al máximo (0,4). Si la velocidad del viento produce un enfriamiento efectivo del panel, el valor de K será el mínimo (0,2).

$K.R$: Representa el incremento de temperatura que sufre panel sobre la máxima temperatura ambiente.

Para calcular la Potencia de salida a la temperatura de trabajo (P_t) que alcanza un panel fotovoltaico, el primer paso es calcular la Temperatura de trabajo y luego se determina el incremento en la temperatura respecto a la de prueba ($25^{\circ}C$).

La expresión aproximada para el cálculo es:


$$P_t = P_p \delta \cdot \Delta t$$

- P_t : Potencia de salida a la temperatura de trabajo.
- P_p : Potencia pico del panel ($25^{\circ}C$).
- δ : Coeficiente de degradación ($0,6\% / ^{\circ}C$)
- Δt : Incremento de temperatura sobre los $25^{\circ}C$ ($T_t - 25^{\circ}C$)

El personal técnico de la revista "HOME POWER" ha llevado a cabo una serie de evaluaciones, usando paneles con células de diferentes tipos, a temperaturas de trabajo no inferiores a los 50°C. Los resultados de estas pruebas han sido publicados en tres de sus números: el 24 (Págs. 26-30) y el 33 (Págs. 17-20) y el 49 (Págs. 28-33). La última evaluación es la más interesante por dos motivos: fue llevada a cabo después de un largo tiempo de uso de los paneles puestos a prueba y la temperatura de trabajo es la de verano. Ellos evaluaron nueve paneles con tres tipos diferentes de células: cristalina, policristalina y amorfa. Los resultados muestran que la mayoría de los paneles, independientemente del tipo de célula, ofrecen un coeficiente de degradación que oscila entre **0,7** y **0,86%**.

2.3 Tecnología Fotovoltaica

La célula fotovoltaica

El fenómeno fotovoltaico fue descubierto en 1839 por el científico francés, Henri Becquerel. Las primeras celdas solares de selenio fueron desarrolladas en 1880, sin embargo, no fue sino hasta 1950 que se desarrollaron las celdas de silicio monocristalino que actualmente dominan la industria fotovoltaica. Las primeras celdas de este tipo tenían una eficiencia de conversión de solo 1%; ya para 1954 se había logrado incrementar la eficiencia al 6% en condiciones normales de operación, mientras en el laboratorio se lograron eficiencias cercanas a 15%. Desde entonces hasta nuestros días la eficiencia en las células no ha mejorado notablemente.

La producción eléctrica está basada en el fenómeno físico denominado "efecto fotovoltaico", que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes en la naturaleza, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una de ellas una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente de energía la radiación luminosa. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula).

El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

Generalmente, una célula fotovoltaica tiene un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35 mm y una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 100 mm².

Los materiales para la fabricación de las células solares son:

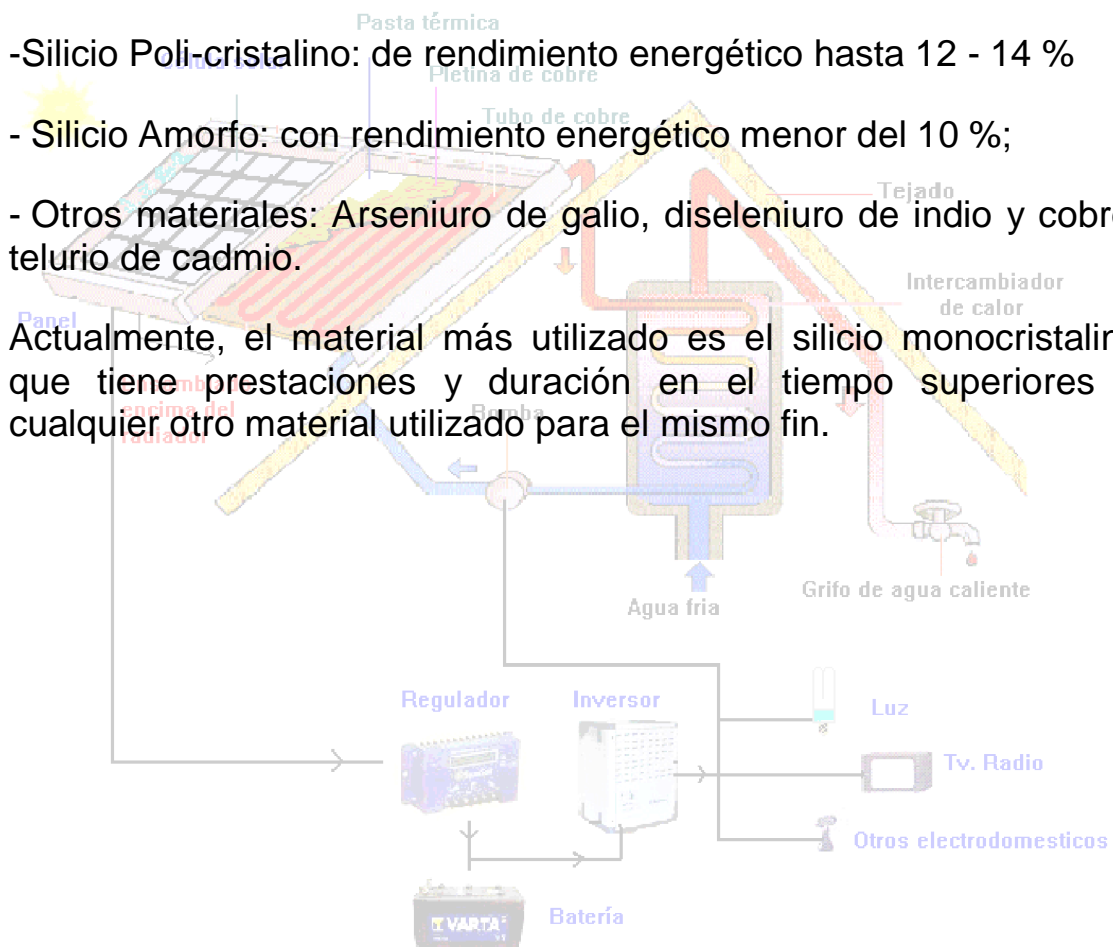
-Silicio Monocristalino: de rendimiento energético hasta 15 - 17%

-Silicio Poli-cristalino: de rendimiento energético hasta 12 - 14 %

- Silicio Amorfo: con rendimiento energético menor del 10 %;

- Otros materiales: Arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio.

Actualmente, el material más utilizado es el silicio monocristalino que tiene prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin.



3. Diseño

3.0. Datos de partida:

Se utilizarán dos paneles solares gemelos con las mismas características eléctricas y mecánicas, uno es el utilizado en el prototipo del proyecto y otro es para poder observar y valorar las diferencias entre ambos en distintas condiciones, (refrigerado o no)

Dimensiones del panel: 300x220mm.

Potencia de Panel: 6w.

Tensión Voc: 22 vdc.

Corriente Isc: 500 mA.

Temperatura ambiente: 25°C.

Radiación solar: ~ 97mW/cm²

Velocidad del viento: 0 m/s

Diámetro del tubo del serpentín absorbedor: 6 mm.

Medidas de la pletina del absorbedor: 285x210x5 mm.

3.1. Descripción del funcionamiento:

La instalación en el interior del edificio es similar a las que se pueden encontrar actualmente en el mercado. La única variante reside en el captador, que en este caso es el mismo para el sistema fotovoltaico y para el sistema térmico. El absorbedor está integrado en el propio panel fotovoltaico, recorrido por un líquido calor-transportante que cede su energía en el intercambiador de calor situado en el interior de un tanque acumulador. Este acumulador está alimentado por agua fría, y de él se extrae agua caliente para su uso sanitario, calefacción, etc. El absorbedor disminuirá notablemente la temperatura en las células del panel, incrementando su eficiencia.

La electricidad producida en el panel es conducida a través de conductores de sección apropiada a un regulador de tensión, cuya misión, entre otras, es controlar la carga de las baterías dentro de los límites adecuados. De las baterías se obtiene la potencia para los distintos elementos consumidores de la instalación, si esta está diseñada para trabajar a bajo voltaje en corriente continua. Si los aparatos consumidores y la instalación están diseñados para trabajar en corriente alterna, será necesario intercalar un inversor DC-AC.

3.2. Esquema general teórico.

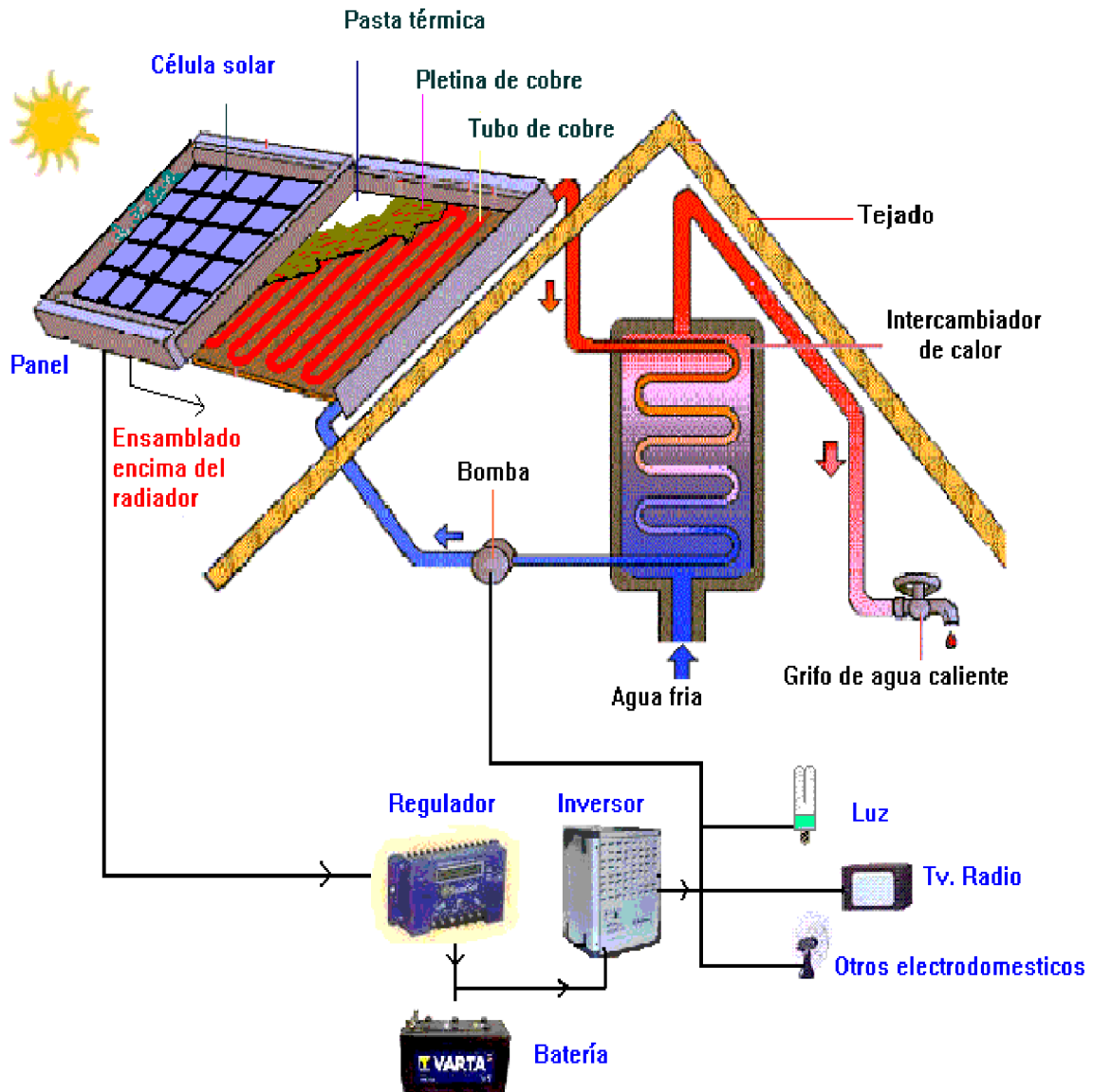


Figura 4

Nota: para simplificar el dibujo se han omitido los materiales aislantes de los lados y la cara posterior del panel. La bomba de circulación y el inversor podrían omitirse, dependiendo del tipo de instalación requerido.

3.3. Construcción del prototipo.

Como se puede apreciar en la figura 5, en la cara posterior del panel fotovoltaico se ha instalado un absorbedor de calor, formado por una pletina de cobre a la cual se le ha soldado un serpentín formado por tubería de cobre.



Este conjunto se ha impregnado de silicona para semiconductores cuya función es la de conseguir una buena transferencia térmica entre la cara posterior del panel fotovoltaico y la pletina del absorbedor.

Figura 6

Todo el conjunto ha sido fijado en la cara posterior del panel en el propio soporte de las células. Cabe destacar, que aunque en el dibujo no se ha reflejado, en el prototipo construido, se han

instalado aislantes térmicos en los lados interiores y en la cara posterior del panel para minimizar las pérdidas de temperatura, debidas al aire circundante, (Si se quiere aprovechar el calor).

En la pletina de cobre que forma el absorbedor se ha instalado una sonda de temperatura tipo PT100, conectada a un controlador industrial de temperatura para verificar a lo largo de todo el proceso de ensayo la temperatura en el absorbedor.



En uno de los tubos se ha intercalado una pequeña bomba de circulación para el agua, tomada de un recipiente que contiene dos litros de agua. Dicho recipiente se ha aislado de la radiación solar y se encuentra a temperatura ambiente. En este recipiente se ha sumergido una sonda de temperatura tipo PT100, conectada a un controlador de temperatura para verificar el incremento de temperatura por unidad de tiempo que proporciona el absorbedor. El otro tubo que retorna del absorbedor, vierte el agua caliente directamente en el recipiente. Los tubos de entrada y salida del absorbedor también se han aislado de la radiación solar para evitar variaciones de temperatura generados fuera del absorbedor, y que podría falsear los resultados obtenidos en el experimento.



4. Resultados

4.0. Instrumentos de medida:

Para realizar las mediciones de variables se han utilizado instrumentos con certificado de conformidad, los cuales han sido verificados internamente con otros instrumentos que poseen certificado de calibración, estos patrones tienen su correspondiente certificado de calibración, pudiéndose demostrar su trazabilidad con patrones del ENAC.

Los instrumentos utilizados han sido los siguientes:

Multímetro digital FLUKE, mod.185, N° de serie: 8592000.

Multímetro digital FLUKE, mod.87, N° de serie: 58960048.

Multímetro digital FLUKE, mod.87, N° de serie: 68701323.

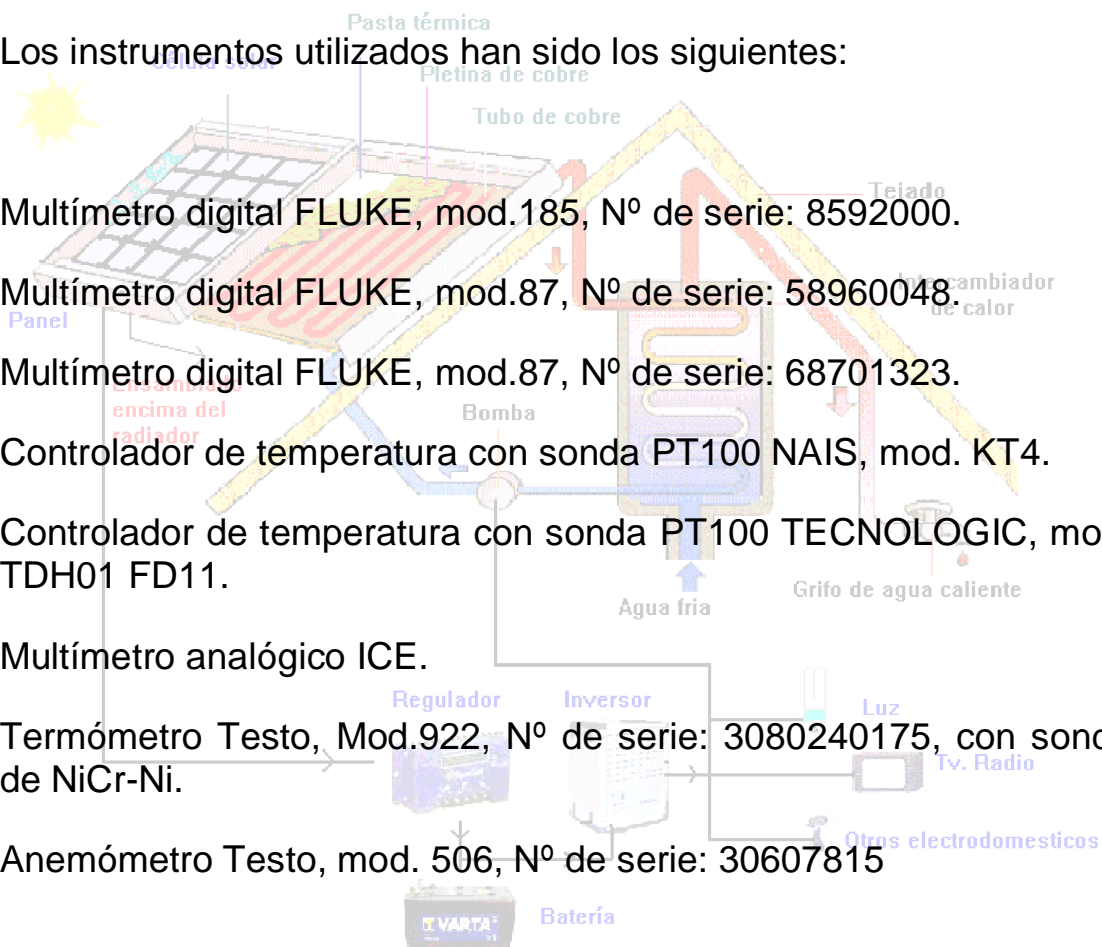
Controlador de temperatura con sonda PT100 NAIS, mod. KT4.

Controlador de temperatura con sonda PT100 TECNOLOGIC, mod. TDH01 FD11.

Multímetro analógico ICE.

Termómetro Testo, Mod.922, N° de serie: 3080240175, con sonda de NiCr-Ni.

Anemómetro Testo, mod. 506, N° de serie: 30607815



4.1. Disposición de los aparatos de medida:

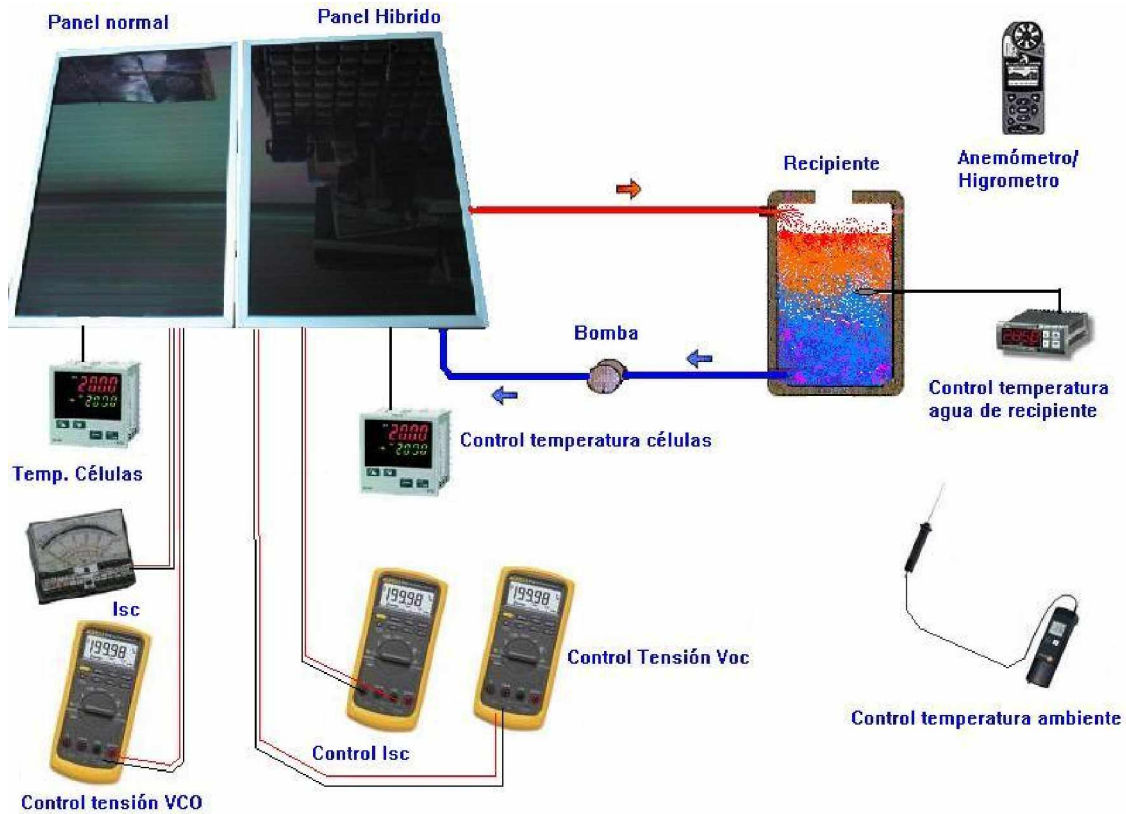


Fig.5 (No se han representado los shunt de corriente y potenciómetros)

4.2. Medición de parámetros:

Para realizar las medidas se han usado dos paneles fotovoltaicos idénticos. Uno de ellos es el utilizado en el prototipo, (Híbrido) y el otro está instalado al lado, como referencia y sin dispositivos de refrigeración, (Normal), con el fin de tomar medidas simultáneas sobre ambos paneles, para poder cotejar las mediciones y evidenciar experimentalmente las diferencias obtenidas.

Para asegurar los valores y conocer la incertidumbre se han repetido tres veces el experimento, realizado tres tandas de medidas, hallando la media de los valores obtenidos para el análisis de resultados.

La primera prueba consistió en exponer ambos paneles a la radiación solar anotando cada minuto los valores de tensión, intensidad y temperatura de las células. Todavía no se ha conectado la bomba de circulación de agua en el panel híbrido. Una vez alcanzada la temperatura máxima (64,3°C), se le aplicó tensión a la bomba de circulación de agua del panel híbrido, anotando los

valores de tensión, intensidad, temperatura de las células y temperatura del agua del recipiente, por cada grado centígrado decrementado.

4.3. Análisis de resultados:

A temperatura de 64,3°C la potencia del panel de referencia (normal) se sitúa en 4,54 W, la intensidad de cortocircuito (ISC) es de 225 mA y la tensión de salida a circuito abierto (VCO) está en 20,18 Voltios.

En el panel que hemos elegido como referencia, la caída de tensión es de aproximadamente 80 mV por cada grado incrementado. La corriente aumenta ligeramente a un ritmo de 0,7mA, por grado centígrado.

El coeficiente de degradación en nuestro panel es de 0,65%.

La temperatura del agua del recipiente se ha incrementando aproximadamente 0,5°C por minuto. Al cabo de una hora la temperatura del agua en el recipiente alcanzó 54°C.

Al no haber renovación de agua en el recipiente, pasados 90 minutos la temperatura del agua se equilibra con la temperatura máxima, en nuestro caso 64,3°C. Alcanzado este valor la eficiencia en el sistema fotovoltaico es similar al panel normal, sin embargo la potencia térmica está en su punto más alto.

Temperatura de trabajo:

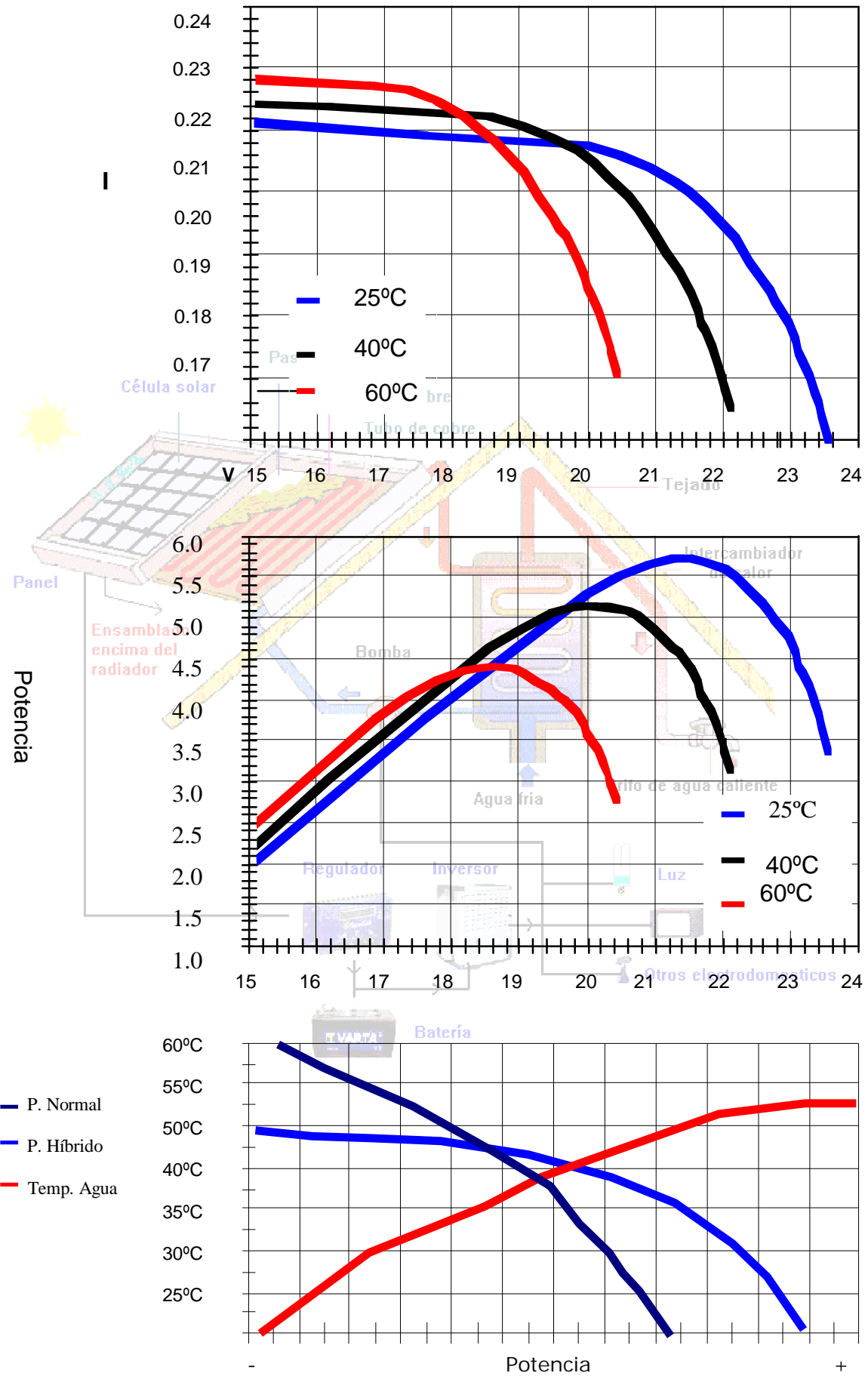
$$T_t = 25 + (0,4 \times 97) = 25 + 40 = 65^\circ\text{C}$$

Potencia de salida:

$$P_t = 6 - (6 \times 0,006 \times 40) = 4,56 \text{ W}$$

Durante el proceso de prueba la potencia eléctrica del panel de referencia alcanzada la temperatura de trabajo, permanece constante entregando la mínima potencia a 64,3°C, mientras que el panel híbrido ha entregado un 26% más de potencia eléctrica y además ha calentado dos litros de agua a 54°C.

Panel solar híbrido fotovoltaico/ térmico con incremento de eficiencia en sistema fotovoltaico



5. Conclusiones.

Las conclusiones que se pueden extraer de todo lo expuesto en el presente proyecto son las siguientes:

- Que refrigerando adecuadamente las células de un panel fotovoltaico se pueden conseguir incrementos notables en la potencia eléctrica generada por los mismos.
- Que instalando un absorbedor de calor en el panel solar fotovoltaico, es posible obtener agua caliente, con la suficiente eficiencia para ser aprovechada en usos de A.C.S., calefacción, etc....
- Que es posible reducir el espacio necesario para instalar energía solar fotovoltaica y térmica.
- Que es posible reducir los materiales necesarios para construir los captadores solares y por lo tanto reducir los efectos medioambientales negativos.

El presente proyecto ha buscado principalmente indagar nuevos métodos que incrementen la eficiencia energética solar, ya que como se ha mencionado, actualmente es tan baja, que en muchas ocasiones no es rentable su aplicación.

Con los datos obtenidos se llega a la conclusión, ya conocida por los expertos en la materia, la temperatura en las células fotovoltaicas juega un papel muy importante en detrimento de la eficiencia de las mismas. Por esta razón creo que es esencial buscar nuevos enfoques que permitan potenciar su eficacia, y por ende el consumo de este tipo de energía, limpia, respetuosa y amigable con el medio ambiente. Si lo conseguimos, las generaciones venideras nos lo agradecerán.

6. Referencias.

CIEMAT: Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica. (1999).

KNOFF: Hannes. Analysis, Simulation, and Evaluation of Maximum Power Point Tracking (MPPT) Methods for a solar Powered Vehicle. Portland State University. (1999).

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

ECODES: Fundación Ecología y Desarrollo.

ERA SOLAR: Revista especializada en energía solar.

EREN: Ente Público Regional de la Energía de Castilla y León.

EUROSOLAR: Asociación Europea para las Energías Renovables

UNE EN ISO 10456: 2001 “Materiales y productos para la edificación. Procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño”.

MINISTERIO DE VIVIENDA: Código Técnico de la Edificación.

HOME POWER: Revista de energías renovables.

