

ENERGÍAS TERMOELÉCTRICAS

EFEECTO SEEBECK

MIGUEL J. MARTÍNEZ PEIROTÉN

PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA TERMOELÉCTRICA EN ARQUITECTURA

INDICE

- Explicaciones generales
- Fundamentos
- Aplicaciones:
 - termómetros
 - refrigeradores
 - calentadores
 - generadores
- Recursos potenciales de aprovechamiento
- Propuesta sistemas 1 y 2
- Estudio comparativo entre instalación fotovoltaica y termoeléctrica,
- Esquemas
- Tres propuesta de utilización de este tipo de energía
 - 1ºSuministro de energía eléctrica en núcleos rurales sin
 - 2ºCualquier edificación con cubierta estanque recolector
 - 3ºPiscina recolectora en parcela en viviendas unifamiliares
- Bibliografía.

EXPLICACIONES GENERALES

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA TERMOELECTRICA EN ARQUITECTURA

OBJETO DEL TRABAJO

La finalidad de este trabajo está en tratar de sintetizar esquemas de posible aprovechamiento de la energía termoeléctrica en arquitectura, fundamentalmente con fines de alumbrado, ya que es un campo que parece ser no ha sido suficientemente considerado aunque David C. White en la pg. 695 del libro Encyclopedia of Energy de la editorial Me Graw Hill indica que han sido construidos generadores termoeléctricos de hasta 5 Kw.

No se pretende de este estudio hacer una investigación sobre las diferentes propiedades termoeléctricas de distintos materiales, sino más bien la aplicación de propiedades notables y los últimos descubrimientos realizados en este campo.

TRES PROPUESTAS DE UTILIZACIÓN EN CASOS BIEN DIFERENCIADOS

Finalmente la finalidad de este trabajo es el desarrollo de esquemas de posible aprovechamiento, efectuando tres propuestas de utilización en casos bien diferenciados.

1ª Suministro de energía eléctrica en núcleos rurales sin redes de distribución, muy alejados de los centros de suministro o bien aislados

2ª Cubierta estanque recolector, aplicable a cualquier edificación.

3ª Piscina recolectora en parcela en viviendas unifamiliares.

FUNDAMENTOS

Efectos termoeléctricos de Seebeck, Peltier y Thomson.

EFFECTO SEEBECK

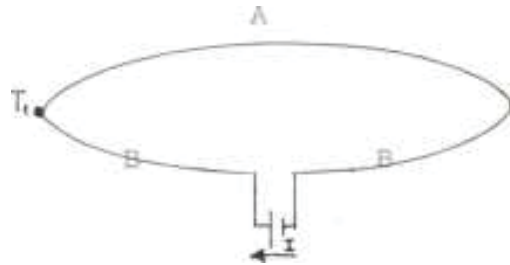
En 1822 Seebeck descubrió el efecto termoeléctrico que lleva su nombre, consiste en la producción de una fuerza electromotriz provocada por una diferencia de temperatura entre las uniones de un circuito compuesto de dos conductores eléctricos de diferente composición.

La F.e.m. de Seebeck es $E = S \cdot T$

$S =$ Coef. de Seebeck- $\lim_{T \rightarrow 0} E$

$T > 0$

Este coeficiente varía con cada material y además para cada material suele variar con la temperatura.



A-metal tipo n (Exceso de electrones)

B-metal tipo p (Huecos)

Este efecto se utiliza para medición de temperaturas y generadores de corriente.

EFECTO PELTIER

Fu  descubierta por Peltier en 1834.

En un circuito constituido por dos materiales diferentes cuando se hace pasar una corriente continua una de las uniones se enf a y la otra se calienta. Invertiendo el sentido de la corriente se invierte también la unión fría y caliente.

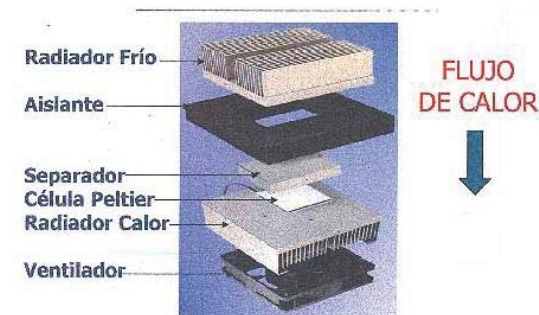
El calor de Peltier viene dado por la fórmula:

$$Q_p = \Pi \times I$$

Π =coef.de Peltier, existe uno para cada par de materiales.

I = Intensidad.

La aplicación de este efecto está en refrigeración y calefacción



EFECTO THOMSON

Descubierto por Thomson en 1856.

En un conductor en el que se mantiene un gradiente de temperatura a lo largo de su longitud, se absorbe o se desprende calor en función del sentido de esta corriente respecto al gradiente.

Fórmula:

$$Q_t = t^* (1/A) \cdot (dT/dx)$$

t^* = Coef. de Thomson, existe uno para cada elemento.

Este efecto se suele utilizar unido a las relaciones de Kelvin para calcular los coefs, de Peltier de sustancias aisladas.

EFECTO JOULE

Debido a la resistencia eléctrica del circuito.

$$Q_j = I^2 * R_t = I^2 * (R_1 + R_2 + R_{cj} + R_{hj})$$

$$R_1 = \rho_1 * \frac{l_1}{A_1} \quad R_2 = \rho_2 * \frac{l_2}{A_2}$$

ρ = resistividad eléctrica de un elemento.

l = longitud.

A = sección.

R_{cj} = resistencia eléctrica de la unión fría.

R_{hj} = resistencia eléctrica de la unión caliente.

APLICACIONES:

Termómetros
Refrigeradores
Calentadores
Generadores

TERMÓMETROS

Los termopares, utilizando el efecto Seebeck son ampliamente usados para medición de temperaturas.

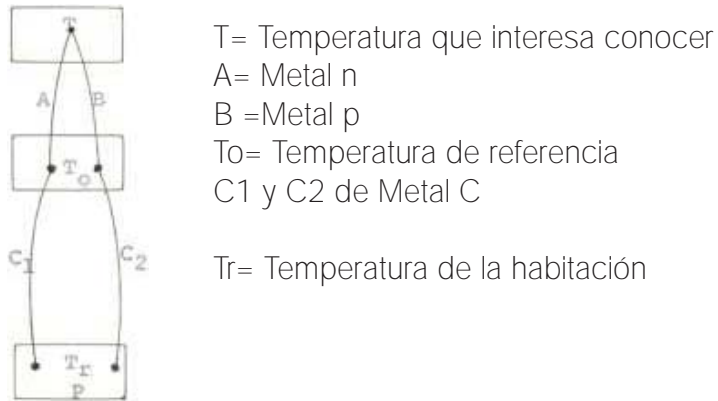
A estos aparatos el termopar les confiere exactitud y sensibilidad.

Los metales a pesar de tener coeficiente de Seebeck inferiores a los de los semiconductores son preferidos para esta aplicación concreta en razón de ser más baratos, más fáciles de fabricar en las formas convenientes, tales como cables delgados.

El cobre es el normalmente usado.

Un termómetro de esta clase está constituido por unos termopares estándar, que en combinación con un sistema de potenciómetros permite obtener mediciones cómodas y rápidas incluso de fracciones de grado.

Cuando se busca aún más sensibilidad se hacen acoples en serie formando una termopila.
Esquema de un termómetro termoeléctrico:



Se produce una F.e.m.

$$E = E_{AB}(T_0, T)$$

Siendo la fracción $E_{C1C2}(T_0, T_r) = 0$, ya que $c_1 = c_2$

La temperatura se lee con la ayuda del potenciometro P.

REFRIGERADORES

Usando el efecto Peltier se han construido refrigeradores con un rendimiento inferior al de los sistemas de refrigeración por compresor, pero con la ventaja de ausencia de órganos móviles y ausencia de mantenimiento. Su uso por tanto, está limitado a lugares en los que sea preciso nulo mantenimiento, larga vida y funcionamiento silencioso.

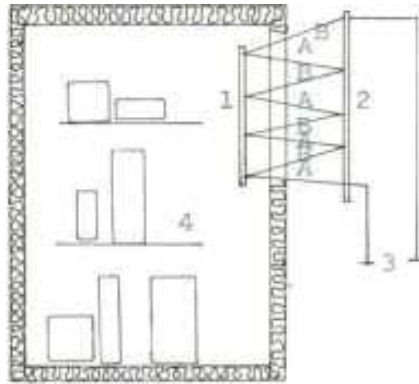
Se utilizan en naves espaciales y satélites artificiales en los cuales no es práctico un sistema por compresor.

En viviendas unifamiliares se ha utilizado un modelo de 50 litros de capacidad y 23 W de consumo con un tiempo de refrigeración entre cuatro y cinco horas.

La reducción de temperatura que se ha conseguido en acoples en cascada, que son los más potentes es de cerca de 150 °C.

Equipos pequeños de 10 W se utilizan en otros equipos para detección de infrarrojos, microscopios, microtomos usados en medicina para seccionamiento de tejidos.

Es posible mejorar el rendimiento de estos sistemas consiguiendo elementos de mayor factor de mérito. Los mejores materiales como aleaciones de los elementos Pb—Te y Bi-Te tienen valores de 2 a 4 en su mejor intervalo de temperaturas.



1 Foco frío

2 Disipador de calor.

3 Fuente de alimentación de corriente continua.

A Metal tipo n

B Metal tipo p

4 Interior del frig,

Esquema de un aparato frigorífico termoeléctrico.

CALENTADORES

Usando el efecto Peltier o invirtiendo el sentido de la corriente en el esquema anterior obtenemos calor donde antes obteníamos frío.

El calor que produce en la unión caliente es en magnitud absoluta superior al frío que se produce en la unión fría, debido a la influencia del calor de Joule.

El calor total en la unión caliente será la suma de los calores producidos por los distintos efectos.

-Calor de Peltier $Q_p = \Pi x I$

Π = coef. de Peltier

I = Intensidad.

-Calor de Joule en la unión caliente

$$Q_j = \frac{I^2 * (R_1 + R_2 + R_cj + Rhj)}{2} + I^2 Rhj$$

R_1 = resis. electr. brazo 1 del par.

R_2 = resis. electr. brazo 2 del par.

Rhj = resis. electr. unión caliente.

-Calor de Conducción

$$Q_c = K_t \cdot \Delta T = \frac{\left(\frac{x_1 A_1}{l_1} + \frac{x_2 A_2}{l_2} \right)^{-1} \cdot \Delta T}$$

K_t = Cond. térmica total del par.
 X = conductividad térmica.
 A = sección de un brazo del termopar.
 l = long, de un brazo del termopar.

-Calor de Thomson

$$Q_t = \left(\tau_1 \cdot \frac{l_1}{A_1} \cdot I \cdot \frac{\Delta T}{l} + \tau_2 \cdot \frac{l_2}{A_2} \cdot I \cdot \frac{\Delta T}{l} \right) \cdot \frac{1}{2}$$

t = Coef. de Thomson

EL CALOR TOTAL

Es la suma de estos calores parciales.

$$Q_T = Q_p + Q_J + Q_c + Q_t$$

GENERADORES TERMOELÉCTRICOS

Utilizando el efecto Seebeck se han realizado generadores de hasta 5 Kw utilizando quemadores de radioisótopos y energía solar como fuente de calor, y como foco frío la temperatura ambiente, disponiendo disipadores de calor.

Los esquemas utilizados son:
Simple termopar.

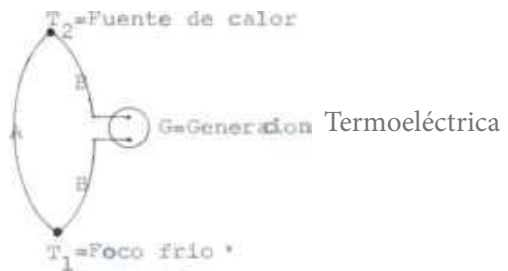
Se suele utilizar Pb—Te para ambos brazos, es el mismo material pero han sido dopados de forma diferente, para producir tipos p y n respectivamente.
Su factor de mérito es $Z = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ K}$, el cual es bastante bueno, en intervalo de 300 a - 700 °K.

Para intervalos más bajos el Bi-Te se suele utilizar.

Se hace notar que el rendimiento depende del factor de mérito, y éste varía con el intervalo de temperatura.

El rendimiento teórico es del 18% pero en la práctica con simples termopares el rendimiento está entre 6 y el 10%, obtenido entre 300 y 950 °K

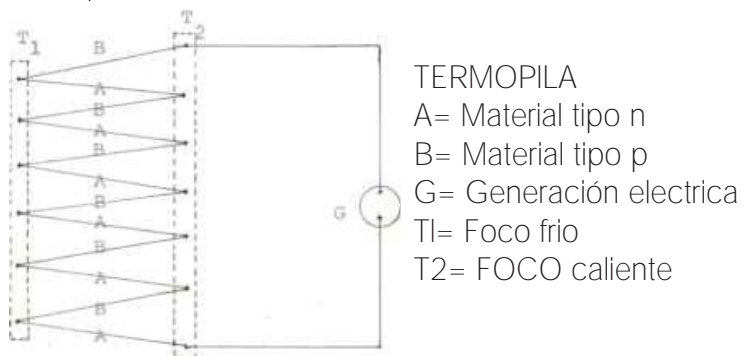
Para mayores rendimientos hay que ir a organizaciones en cascada.



Esquema de simple termopar.
 A=Metal tipo n, B Metal tipo p

Montaje en termopila.

Permite el aumentar el voltaje generado, ya que el voltaje total es la suma de los producidos en cada termopar.



TERMOPILA
 A= Material tipo n
 B= Material tipo p
 G= Generación electrica
 T1= Foco frio
 T2= FOCO caliente

Montaje en cascada.

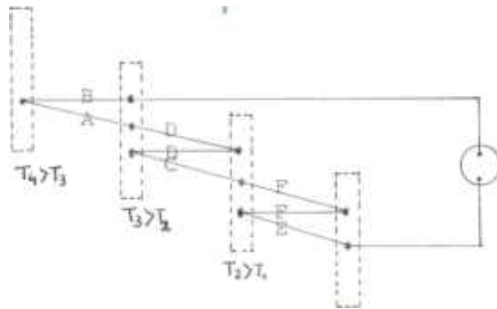
Produce generación de fuerza en etapas, la temperatura más alta de cada etapa es determinada por el calor rechazado de la etapa anterior.

En el montaje en cascada se utilizan una serie de termopares cada uno de ellos adecuado al campo de temperaturas en que trabaja, lo que permite utilizar aquellos que tienen mayor factor de mérito en cada intervalo.

El factor de mérito es una característica de cada termopar que se relaciona directamente con su rendimiento. A mayor factor, mayor rendimiento.

Un termopar con dos elementos de alto factor de mérito puede ó no dar un par con alto factor.

Con el acople en cascada se consiguen rendimientos prácticos de hasta el 15%.



Montaje en cascada:

T4=FOCO caliente T1=Foco frío G =Generación termoelectrica.

B -Material tipo p, También D y F

A =Material tipo n , También C y E

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE INSTALACION FOTOVOLTAICA Y TERMOELÉCTRICA.

ESTUDIO COMPARATIVO DE UN SISTEMA TERMOELECTRICO RESPECTO A UNO FOT.OVOLTAICO.

Ya han sido mencionados el mayor rendimiento, más barato, mayor vida, no le afectan las radiaciones ni las altas temperaturas, e igualmente que en los fotovoltaicos ausencia de mantenimiento y de partes móviles.

El rendimiento de un sistema termoeléctrico viene referido al foco caliente en % de la energía a él suministrada.

En instalaciones con montaje en cascada, utilizando termopares a base de aleaciones Pb-Te y Bi-Te permiten obtener rendimientos reales de hasta el 15% (ver pág. 703 libro Encyclopedia of energy de la Ed. Me Graw-Hill).

Esto significa que la utilización de sistemas termoeléctricos son ventajosos allí donde se utilizan paneles fotovoltaicos, por las siguientes razones: más baratos, mayor rendimiento, mayor vida, funcionamiento a altas temperaturas y no le afectan las radiaciones.

El rendimiento de un sistema fotovoltaico está cifrado en un 12% para células americanas y holandesas y que son las que se utilizan actualmente.

El Sr. Luque de la Esc. Tec. Sup. de Ing. de Telecomunicación de Madrid, afirmó recientemente en un programa de televisión que en un programa por el dirigido se está obteniendo rendimientos de células fotovoltaicas del 20%.

De ser cierto (no se tiene comprobación exterior) supondría un avance notable. Pero de momento habrá que referirse a las disponibles en el mercado con unos rendimientos del 12% a los que habría que descontar los huecos de los paneles en los que no hay obleas fotovoltaicas, con lo que el rendimiento real de 1m² bajaría sensiblemente.

El precio de las células solares es elevado por el procedimiento costosos que supone el tener que conseguir barras de silicio monocristalino, con todos los microcristales de silicio perfectamente orientados en la misma dirección, posteriormente se cortan obleas de estas barras y se tienen la materia base de las células.

Se están haciendo investigaciones tratando de sustituir el silicio monocristalino por silicio amorfo lo que abarataría las células de forma definitiva, pero de momento se encuentran con unos campos de bloqueo que impiden la circulación de la corriente. De llegarse a solucionar este problema sería fácil el pintar enormes superficies orientadas al Sol con silicio amorfo y recolectar energía eléctrica abundante y barata.

De momento un m² de panel solar fotovoltaico con células importadas (ya que todavía no hay fabricación nacional) cuesta unos 1.000 dolares, unas 95.000 pts/m²

Supongamos que necesitamos 1.000 W para alumbrado con un rendimiento real del 10% sobre los 1.000 w/m² que atraviesan la atmósfera y llegan a un panel perfectamente orientado, cada m² lograría una conversión de 100 W/m², luego necesitaríamos 10 m², lo que haría un total de 950.000 Pts. A esto habría que añadir el costo de los inevitables sistemas de almacenamiento con los problemas de cortedad de vida, ya que los procesos de carga-descarga, penalizan bastante la vida de las baterías, tanto de las baratas de plomo con sólo unos 5 años de vida, y poco poder de almacenaje, como las más caras de níquel-cadmio.

En cualquier caso estos sistemas son voluminosos.

Por otro lado las células producen corriente continua a tensiones de 12 a 24 V. por lo que es preciso disponer o bien de todos los aparatos a estos voltajes o sino complicados equipos de regulación.

El problema de la acumulación surge debido a que es de noche cuando necesitamos el alumbrado y entonces no contamos con el Sol.

ESQUEMA TIPICO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA

Diodo



Regulador voltaje

Protector

Visualizador

A la red consumo

Convertidor

110/220V.

1. Diodo de bloqueo •- antiretroceso impidiendo que se descargue la batería por retroceso de la corriente en períodos sin Sol.
2. Protege la batería de sobrecargas e impide que se descargue la batería por debajo de un nivel de carga que reduzca su vida útil.
3. Para conocimiento del nivel de carga y si está ó no cargando.
4. Batería.
5. Convertidor opcional, para pasar de corriente continua a alterna, antes de pasar por el transformador la corriente continua debe ser oscilada..- por cualquier procedimiento p.e.: un interruptor para 50 Hz. en Europa.

En este esquema que se propone de aprovechamiento termoeléctrico, también hay que realizar la acumulación, pero de calor por medio de agua y depósitos de agua de alta capacidad térmica de bajo costo y alta durabilidad.

Aunque las baterías almacenan corriente transformada y no tienen problemas de pérdidas por conducción, por el contrario los depósitos almacenan energía a transformar y siendo el rendimiento 15% significa que es necesario almacenar 6,6 veces más calor del que se va a transformar en electricidad.

Finalmente existe una ventaja mutua compatible y complementaria consistente en que un panel fotovoltaico protegido por un vidrio tendrá un aprovechamiento del 10% fotovoltaico, pero aquel vidrio actuará como trampa de calor y un fondo negro cruzado por un serpentín puede recolectar con un rendimiento normal del 60% el 90% de lo que no haya captado el fotovoltaico. Esta energía calorífica se destinaría a producir termoelectricidad.

Entonces por ambos conceptos podemos obtener rendimientos dobles.

De todas formas para que fuera posible aprovechar estas ventajas de complementariedad sería preciso resolver previamente los problemas de rendimiento y pronóstico de vida que tienen los paneles fotovoltaicos trabajando a altas temperaturas, pero trabajar a 60°C no puede ser muy alta temperatura.

RECURSOS POTENCIALES DE APROVECHAMIENTO RECURSOS NATURALES POTENCIALES DE APROVECHAMIENTO TERMOELÉCTRICO

Para la producción de energía termoeléctrica es necesaria la existencia de un contraste de temperaturas.

Por circunstancias físicas diversas aparecen en la biosfera múltiples situaciones con potencial aprovechamiento termoeléctrico.

Podemos hacer una enumeración en función de la temperatura Relativa de estos elementos.

Masas calientes en orden de entidad

1. Volcanes.
2. Geiseres.
3. Interior terráqueo, la temperatura va aumentando con la profundidad.
4. Piscinas con fondo negro y gradiente de densidad.
5. Instalaciones de paneles solares.

Masas frías en orden de entidad

1. Polos, montañas nevadas.
2. Glaciares.
3. Icebergs.
4. Fondo del mar, debido a la gran presión tiende el agua a buscar el equilibrio en las condiciones de un mismo volumen sobre los 5°C por lo que busca esa temperatura, robando o cediendo calor de su entorno.
5. Arroyos.
6. Corrientes subterráneas.
7. Brisas marinas, de lagos, ríos.
8. Aire nocturno.
9. Torres de refrigeración por vaporización de agua.

Desgraciadamente los focos cálidos importantes y continuos se encuentran a grandes distancias de los fríos.

Por lo que establecer un par termoeléctrico se puede realizar con la temperatura ambiente como foco opuesto.

Esta mecánica exige poco costo de energía. Probablemente sea posible en otros casos el crear focos opuestos aprovechando alguna circunstancia favorable.

El aprovechamiento de esta energía producida, puede sin embargo suponer un problema, el problema del transporte a los centros de consumo, ya que a veces los focos naturales susceptibles de aprovechamiento se encuentran muy alejados, el posible transporte exigiría creaciones de líneas, transformadores, etc. que pesaría en el ánimo de tratar de aprovechar esta energía.

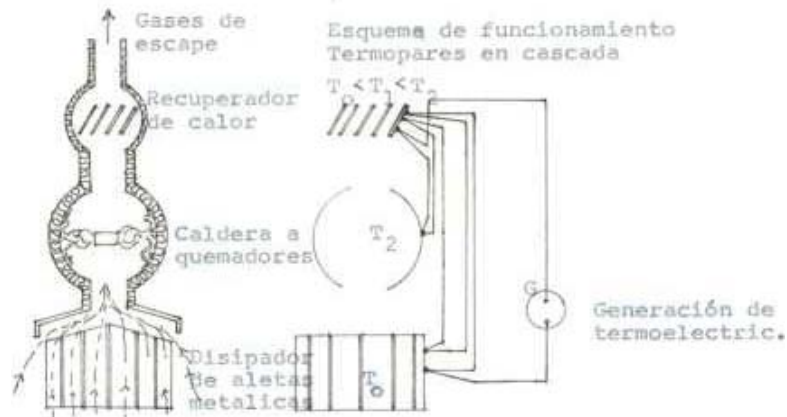
En el caso de que este problema fuera insalvable se podría aprovechar esa energía directamente en el lugar creando una factoría que transformase alguna materia prima del lugar en un producto con un uso industrial. Por ejemplo, las centrales termo-oceánicas aprovechan la energía eléctrica que generan, para producir amoníaco, a base del agua del mar y del nitrógeno del aire. Otras disocian el agua en oxígeno e hidrógeno con clara aplicación posterior.

El aprovechamiento sería creando simultáneamente la factoría que consume energía en el sitio donde es fácil obtener ésta.

Este principio de economía ha sido utilizado clásicamente en localizaciones industriales.

Este problema del transporte de la energía no aparece cuando los focos de producción están en los centros de consumo, estos centros pueden ser tanto la vivienda urbana colectiva, como la vivienda unifamiliar aislada, como cualquier otra edificación.

PROPUESTA N°1



Generador usado en países sin redes de distribución eléctrica.

Frecuentemente se prefieren termopilas a fotorpilas ya que éstas son más caras, difíciles de construir, más voluminosas y presentan rápido deterioro, por efecto de elevadas temperaturas y de las radiaciones.

Se emplean como generadores en misiones espaciales de larga duración, termopares a base de Si-Ge, utilizan como fuente cálida la energía solar.

Los generadores con fuentes radioactivas, utilizan radioisótopos como el Sr90 y Pu238, debido a la ausencia de mantenimiento, larga vida y fiabilidad, son utilizados ventajosamente respecto a otros generadores en:

Estaciones meteorológicas

Estaciones marinas

Balizamiento marino

Satélites

Marcapasos en corazones humanos.

PROPUESTA N°2

Existe una variante de aplicación pensada para el aprovechamiento general, que consiste en la sustitución de los paneles solares que en viviendas colectivas era casi la única forma de captación solar.

Sustitución por estanques con fondo negro y gradiente de densidad creciente desde el fondo a la superficie por efecto de la concentración salina.

APROVECHAMIENTO DE ENERGIA TERMOELECTRICA EN ESTANQUES CON GRADIENTE DE DENSIDAD

El foco caliente es el serpentín del fondo que suministra calor constante a la unión cálida del termopar en cascada.

El foco frío al que está conectado el último termopar de la serie en cascada, puede ser un fancoil que ayude a disipar el calor y protegido por una carcasa para evitar la captación directa de energía solar, o mejor un humidificador, en cualquier caso esta instalación se ubicaría al borde del estanque, no sobre el mismo.

Sabido es que tanto el agua como el vidrio son opacos para la radiación infrarroja larga que se produce en la reemisión de la energía que le llega del Sol a una superficie negra.

Estos estanques son baratos de construir ya que pueden ser impermeabilizados mediante film de polietileno negro sobre tierra apisonada.

A continuación iría el serpentín, por el que circula el líquido recolector de la energía.

La profundidad debe ser de 1,5 m.

Para proteger la solución salina en la superficie del estanque se dispone otra superficie de polietileno transparente y tensado.

De esta forma se consiguen reducir pérdidas caloríficas por evaporación superficial, por conducción y convección superficial ya que el agua de la superficie, debido a la estratificación de densidades y temperaturas se mantiene a temperatura próxima a la ambiental.

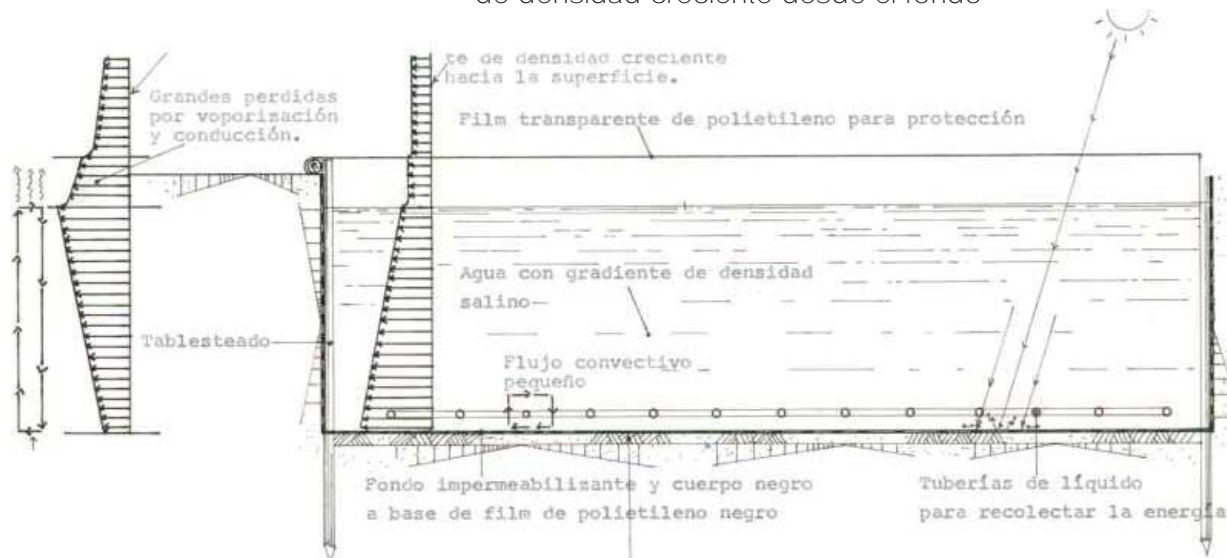
En el fondo del estanque y en una faja de 15 cms. se consiguen temperaturas del orden de 90 °C.

Si este estanque lo aislamos lateralmente puede servir con buen rendimiento como almacenador del calor.

También se puede establecer el par termoeléctrico entre la superficie y el fondo habida cuenta de esta diferencia de unos 75 a 80 °C.

Diagrama de temperaturas en una piscina normal

Diagrama de temperaturas en una piscina con gradiente de densidad creciente desde el fondo

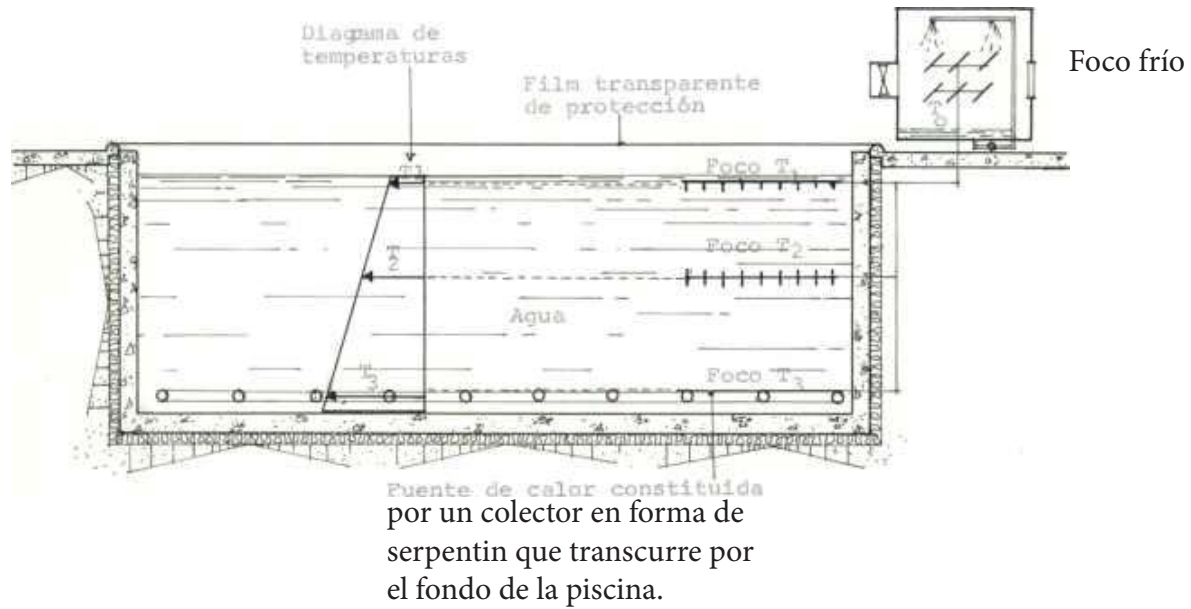


Flujo convectivo grande
PISCINA NORMAL

Tierra aprisionada
CONSTRUCCIÓN DE ESTANQUE BARATO PARA
RECOLECCIÓN DE ENERGÍA SOLAR

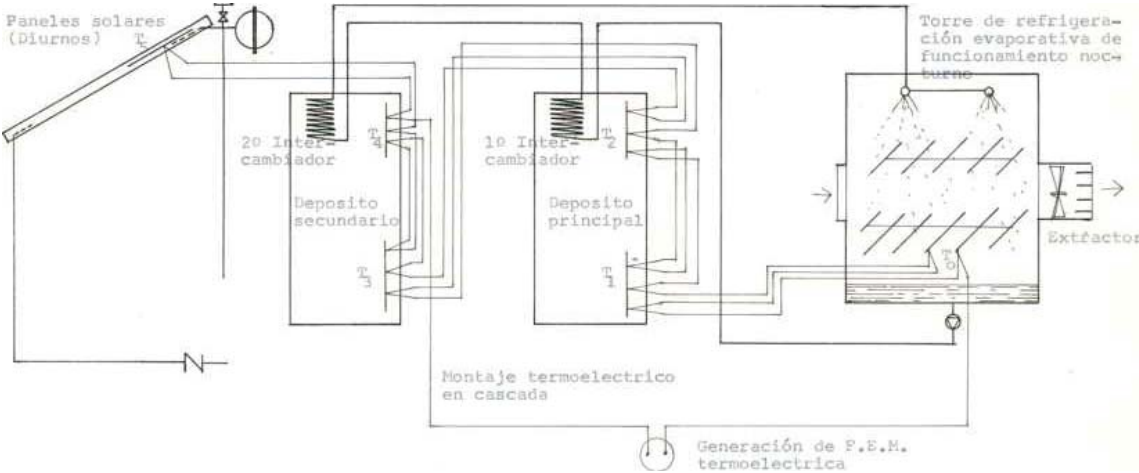
PROPUESTA N°3

Considerando que la mayoría de las viviendas unifamiliares se asientan sobre parcelas de más de 400 m², se propone segregar 100m² de las mismas para un estanque de estas condiciones, por el fondo transcurriría un serpentín por el que circularía el fluido recolector del calor.



OTROS ESQUEMAS

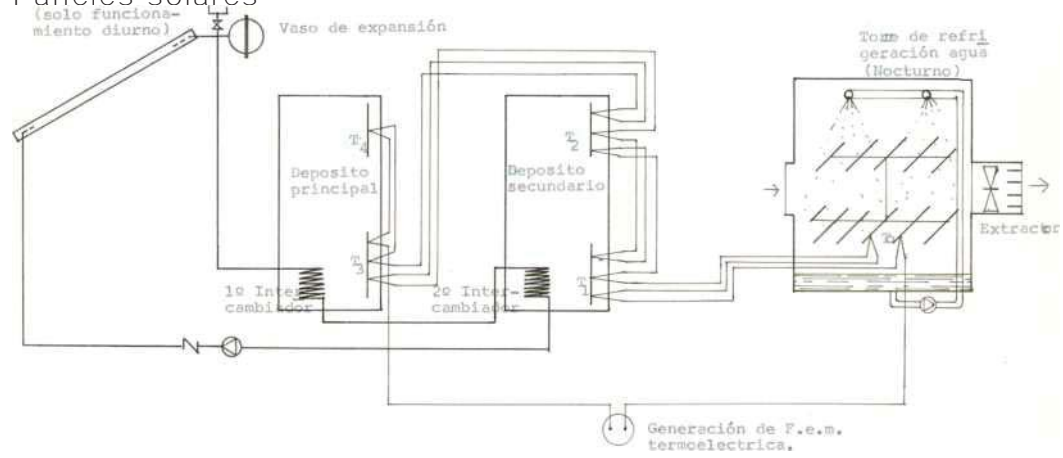
1:DE DIA



ESQUEMA DE UNA INSTALACION TERMOELECTRICA PARA PROPORCIONAR ENERGIA ELECTRICA POR EL DIA

1 DE NOCHE

Paneles solares



ESQUEMA DE UNA INSTALACION TERMOELECTRICA PARA
PROPORCIONAR ENERGIA ELECTRICA POR LA NOCHE

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA RELATIVA A TERMOELECTRICIDAD.

-Encyclopedia of energy Ed. Me Graw Hill
 -Convertidores directos de energia
 Robert Bonnell, Yack Robert Ed. Marcombo
 -Procesos irreversibles termodinámicos
 S. F. De Groot
 -Termodinámica de la refrigeración Termoeléctrica P.H. Klein
 Centro experimental del frío
 OTROS LIBROS DE INTERES

RELACION DE LIBROS SOBRE ENERGIA SOLAR DE LA ETSAM.

Tecnología y aplicaciones de la energía solar
 J RICHARD WILLIAMS
 Ed. Librería técnica Bellisco
 Procesos térmicos en energía solar JOHN A DUFFIE
 Ed Grupo Cero
 Energía solar aplicaciones practicas HANS RAU Ed. Marcombo
 Heat pumps, desing and applications Ed. Pergamon
 Energy storage J JENSEN
 Ed. Newnes-Batierworths
 Hanbook of energy, conservation for mechanical systems in building ROBERT W ROOSE
 Building for energy conservation F W CALLAGHAN Ed. Pergamon
 Energy hanbook ROBERT LOFTNESS D C
 Ed. Van Nostrand Reinhold Company (New-york,
 Energy heating and termal confort, practical the building reserch establishment
 Ed. The Construcción press
 Future energy concepts
 Ed. Conference publication number 171
 Sunvey of energy resources
 FRANZOSISCH
 Ed.
 Enciclopedia of energy DANIEL N LAPEDES Ed. Me Graw-Hill
 London) studies from
 16.042
 the
 Energy conservation a national forum,forum proceedings Ed.
 Solar Energy BRUCE ANDERSON Ed. Me Graw-Hill
 Solar energy for heating and cooling of buildings ARTHUR R PATTON(Energy technology review n27)
 Ed. Noyes Data Corporation
 Solar heating and cooling JAN F KEIDER /FRANK KEITH Ed. Me Graw-Hill
 15.322
 Uso directo de la energía solar FARINGTON DANIELS Ed. H. Blume
 15.324
 Desing for a limited planet -
 NORMA SKIRPA/JON NAAR
 Ed. Ballantine Books 15.
 Building for energy conservation PETER BURBERRY

Ed. W & J. Me Kay Ltd. , Chatham 15.
 Solar energy DANIEL BOSHMAN
 Ed. Routledge & Kegan Paul 15.
 Solar energy in developing countries EGGERS-LURA
 Ed. European Heliocentre, Denmark 16.
 The solar home book, heating , cooling and designing with, the sun
 BRUCE ANDERSON with MICHAEL RIORDAN
 Ed. Cheshire books 16.
 Renewable energy, resources y rural applications in the developing world NORMAN L BROWN
 Ed. 16.
 Energy conservation and economic growth CHARLES J HITCH
 Ed. 16
 Solar energy abdications in building A M SAYIGH
 Ed. Academic press 16
 The solar decision book RICHARD H MONTGOMERY
 Ed. John Wiley & Sons (New York) 16
 Soft energy paths AMORY B LOVINS
 Ed. Harper Colophon book 16
 Solar energy conversion A E DIXON / J D ESLIE
 Ed Pergamón Press 17
 Solar energy for man
 B J BRONK WORTH 16
 Solar control
 OLGAY 16
 358
 582
 938
 220
 221
 .222
 .223
 .455
 .450
 .549
 .470 .86o • 675
 Le chauffe eau solarie
 THIERRY CABIROL
 Ed. Edisud Aix en Provence
 16.044
 Solar energy in the home
 Princetons experiments at twin rivers
 ROBERT H SCOLOW
 Ed. Ballinger 16.
 Soleil et architecture M TWAROWKY
 Ed. Chunod 15.
 Solar architecture FRATA OLSON
 Ed. Ann Arbor Sciende 15.
 Natural architecture solar a pasive primer

DAVID WRIGHT 15
Solar radiation control in buildings E L HORKNESS/ M L METHA
Ed. Applied Science publishers 15•
Solar energy (Colección de revistas desde el año 76)
Ed. Pergamon preess New York , Paris
Sistemas de control para calefacción ventilación y aire acondicionado ROGER W HARRIES
Ed. Marcombo, Boixareau 15.
Utilización racional y ahorro de energía en las instalaciones de calefacción y agua caliente J Mª TORRES RASAL
Ed. C de Ahorros y Mte. Piedad de Barcelona —
Otros libros de interés Manual Carrier
Ed. Marcombo 15
Ashrae 1976 Systems 16
045
583
.648
679
834 • 941
.400
217
Ashrae 1978 Applications
15.945