

25



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ZARAGOZA"

**ENERGIA SOLAR
ALGUNAS DE SUS APLICACIONES**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
FRANCISCO JAVIER GARCIA GOIZ



México, D. F.

1989

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

CAPITULO I

PROYECTO DE TESIS	1
Fundamentación del tema y planteamiento del problema	2
Objetivos	2
Hipótesis	3
Material y método	4

CAPITULO II

GENERALIDADES.....	5
--------------------	---

CAPITULO III

FORMAS DE ALMACENAMIENTO DE LA ENERGIA	9
Importancia y tipos de almacenamiento .	10
Almacenamiento en forma de calor sensible	11
Almacenamiento en forma de calor sensible y latente	12
Almacenamiento en forma de energía química	14
Elección y expectativas	17

CAPITULO IV

INSTRUMENTOS DE MEDICION	20
--------------------------------	----

CAPITULO V

COLECTORES SOLARES	26
Colectores planos	28
Placa de absorción	33
Tipos	37
Materiales de cubierta	42
Función de aire atrapado y orienta- ción	43
Arreglo entre colectores	45
Colectores cilíndricos	51
Materiales de construcción y tama- ño del absorbedor	54
Versiones modificadas de estos --- colectores	56
Ventajas y perspectivas	59
Colectores esféricos	61
Montajes	62
Superficies reflejantes	65
Método de elaboración	67
Ventajas y Desventajas	68
Comparacion de colectores	69

CAPITULO VI

APLICACIONES.....	71
Calentadores	73
Tipos de circulación y almacenamien- to	77
Maneras de evitar el congelamiento..	80

Tipos de calentadores	81
Usos	86
Central de torre	87
Potencia y orientación	88
Instalación y costo	90
Tipo de receptores	91
Función	97
Características de la central	98
Perspectivas	99
Estanque no convectivo	101
Clasificación de zonas	103
Tipos de sales	105
Factores que afectan la concen-- tración y características del -- sistema.....	107
Perspectivas y problemas tecnológi-- cos	108
Destiladores	110
Materiales de cubierta	113
Pendiente de cubierta y factores que afectan el fendimiento	114
.....	
Parámetros de construcción y --- ventajas.....	116
Tipo de destiladores	117
Conversión fotovoltaica	125
Funcionamiento de celda	126

Usos y ventajas	128
Arreglo de celdas	129
Protección	130
Perspectivas.....	131
Secado	132
Funcionamiento y uso	133
Acondicionamiento ambiental	134
Enfriamiento y calentamiento de es- pacios	135
Sistema de ganancia directa ...	136
Sistema con pared de almacena- miento	137
Sistema con techo de almacena- miento	138
Sistemas más completos	139

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS	142
GLOSARIO.....	148
BIBLIOGRAFIA	160

I N T R O D U C C I O N

El presente trabajo tiene el propósito de dar una --
visión lo suficientemente amplia para comprender la importancia de la energía solar, dando los conceptos fundamentales y resaltando las aplicaciones prácticas por lo que su alcance se detalla a continuación.

El capítulo I se ocupa del proyecto de tesis, que incluye la fundamentación del tema, el planteamiento del --
problema y los objetivos del trabajo, así como la formulación de las hipótesis, para finalizar con el método utilizado en la elaboración del trabajo y el material requerido.

En el capítulo II se realiza la importancia de los combustibles tradicionales en el desarrollo del mundo, las --
nuevas expectativas que se tienen de la energía solar, sus posibilidades de utilizarlas en México y los factores que propiciarían su desarrollo.

Por su parte en el capítulo III se mencionan los tipos de Almacenamiento de energía que existen, describiendo su funcionamiento y anexando características particulares de ellos, además de criterios para elegir uno u otro.

En lo que respecta al capítulo IV aquí se tratan los instrumentos para medir la radiación solar (directa y difusa), el papel que estos juegan en la selección de los equipos solares, los tipos que existen, así como su funcionamiento general y la confiabilidad de las lecturas registra--

das.

El capítulo V presenta lo relacionado con los colectores solares, en todos los casos se describe su funcionamiento, usos, materiales de construcción, ventajas y desventajas. En colectores planos se incluye además orientación y arreglo entre ellos. Con colectores cilíndricos se abordan también tipos de montajes que utiliza la superficie reflectora, radiación con la que trabaja, sistema de seguimiento y versiones modificadas de estos. Por su parte con colectores esféricos se tratan las diversas superficies reflectantes y se menciona un método de elaborar este tipo de colectores. Por último se hace un análisis comparativo de los "pros" y "contras" de los colectores de enfoque respecto a los colectores planos.

El capítulo VI contempla algunas alternativas viables de la energía solar.

Calentadores; se describe aquí el funcionamiento y parámetros de los cuales depende, los componentes que lo constituyen, las maneras de evitar el congelamiento del fluido, los tipos de circulación y almacenamiento con los cuales trabaja y varias versiones de calentadores.

Central de torre; en esta sección se describen las partes que la forman, el funcionamiento tanto de la central como del sistema de espejos, sus dimensiones más convenientes, la manera en como se distribuyen los costos, los tipos de receptores utilizados con sus diversas particularidades, así como los fluidos usados para captar la radiación y versiones modificadas de esta central.

Estanque no convectivo; se establecen las bases y - características de su funcionamiento, las capas que lo con forman, los factores que afectan la concentración de sales y las circunstancias que han frenado su desarrollo.

Destiladores; se describe su funcionamiento, los factores que afectan su eficiencia, los materiales usados - como cubiertas con sus características respectivas. Se - menciona también la importancia de la forma en la cual se lleva a cabo la condensación del destilado, además de los parámetros tomados en cuenta en su construcción. Por último se describen diversos tipos de destiladores.

Conversión fotovoltaica; en esta parte se contemplan los materiales con los que se construye una celda solar; - el funcionamiento de ésta, la eficiencia que alcanza. In-- cluyendose el equipo auxiliar a esta forma de conversión - de energía, las principales aplicaciones que hasta ahora - ha tenido, las ventajas de utilizarlas y el obstáculo fun-- damental que ha frenado su uso generalizado.

Secado; se aborda su principal aplicación, así como su estrecha relación que tiene esta operación con el efecto de invernadero. La manera en que se asocian colectores - solares y equipo auxiliar ya sea este eléctrico o éolico a fin de incrementar el rendimiento de esta operación.

Enfriamiento y calentamiento de espacios; se menciona la facilidad de realizar uno ú otro, las modificaciones - que se deben efectuar a la construcción a fin de obtener - la temperatura deseada en su interior. Se describen arre-- glos donde se combinan estas operaciones, utilizando techo,

paredes y piso. Por último, se da una tabla comparativa - del estado actual de la energía solar.

En el transcurso de la lectura aparecen palabras con asteriscos (*), lo cual indica que su definición aparece en el glosario localizado al final. Por otra parte las que tienen paréntesis con un número determinado hacen alusión al libro de consulta de donde fue extraído.

CAPITULO I

PROYECTO

DE

TESIS

FUNDAMENTACION DE LA ELECCION DEL TEMA

La sociedad ha fincado su desarrollo económico en energéticos no renovables; como petróleo, que en un futuro cercano están próximos a desaparecer^(31) debido al ritmo acelerado de consumo actual.

La energía solar ^(*) por su parte es un recurso renovable y por lo tanto inagotable, que ofrece grandes expectativas para afrontar las futuras demandas energéticas que la sociedad requerirá. Por eso es que el presente trabajo se introducirá en el campo de energía solar para tener un conocimiento global y preciso de las ventajas de su posible aplicación en los diversos campos del quehacer humano.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Porque a pesar de que existen sistemas que funcionan con energía solar muchos de ellos competitivos, no se utilizan actualmente en forma masiva?

OBJETIVOS

- Dar elementos necesarios que permitan valorar este tipo de energía, centrandose en los principios físicos, -- utilizando fundamentalmente la descripción.
- Conocer los usos en los cuales se ha comprobado que la energía solar es competitiva.

- Demostrar que de las diferentes clases de energías renovables la solar es la más prometedora.

- Conocer los diversos dispositivos usados para aprovechar ésta energía, su rendimiento (*) y funcionamiento.

HIPOTESIS

A mayor difusión de usos potenciales y ventajas de la energía solar se incrementará su uso.

En la medida en que exista un cambio de costumbres - del ser humano en la utilización de los combustibles tradicionales, se incrementará el uso de la energía solar.

El principal limitante técnico de la energía solar es el de no contar hasta ahora con un sistema de almacenamiento adecuado que permita utilizar la energía almacenada en períodos de no insolación (*).

La inversión económica en los diferentes sistemas es elevada lo que desalienta al usuario a la adquisición de este tipo de equipos.

MATERIAL

La información se consiguió de libros y revistas afines con el tema.

METODO

Búsqueda bibliográfica, selección y procesamiento de ella.

CAPITULO II

GENERALIDADES

Las fuentes de energía se pueden dividir en:

- . Fuentes de energía renovables (*)
- . Fuentes de energías no renovables (*)

El desarrollo de la humanidad se ha caracterizado por un constante incremento en el consumo de energía. Esta ha sido obtenida de combustibles fósiles y naturales, del movimiento del agua (hidroeléctrica) y en menor parte de la energía nuclear, solar, geotérmia, eólica, etc.. Pero el ritmo actual es inmantenible, tanto carbón como petróleo - no son sólo combustibles sino también importantes materias primas para la industria química, su uso como combustible actualmente es más bien una cuestión de miopía.

Actualmente el mundo contemporáneo depende en alto - grado de sus recursos energéticos pero su creciente demanda y cada vez menores reservas presentan un incierto porvenir, por lo que su aprovechamiento es importante. Por tal motivo, es primordial desarrollar tecnologías que no se basen en energías provenientes de fuentes no renovables - para evitar la escases que se pronostica (20) al depender de combustibles fósiles.

Debido a que las reservas de estos energéticos son limitadas se han transformado en plataformas políticas y en pautas de negociaciones diplomáticas. Así surge como posi-

bilidad el aprovechamiento de la energía solar que ha sido un área dentro del campo científico que durante mucho tiempo a estado olvidado. Sin embargo, ésta ofrece un curso prometedor y su transformación eficiente a otros tipos de energía es objeto de estudios en todo el mundo. México en este sentido presenta condiciones climatológicas y geográficas muy favorables (10, 13), ya que cuenta con elevados niveles de insolación que aseguran un enorme potencial para futuras aplicaciones de esta energía. Posee además grandes extensiones de territorios áridos y semiáridos que no son otra cosa que fuentes de energía que hasta la actualidad no se a sabido explotar.

En cuanto a la producción en serie de equipos solares está será únicamente factible si hay mercado, el cual se ampliará al romperse la barrera de costos y al disconer de productos nuevos. Estos costos que son los limitantes actuales provienen de la inestabilidad de mercado que gobierna toda nueva tecnología.

Sí además se toma en cuenta que en la actualidad se tiene una mayor conciencia ecológica, lo que influye en el comportamiento y acciones de las personas, al notarse un deseo de vivir en armonía con el ecosistema. Por consiguiente tendremos que reconstruir nuestra cultura y nuestros estandares de vida sobre fuentes energéticas más disponibles. Una prudencia adecuada nos llevará poco a poco a ha explotar fuentes alternativas, capaces de satisfacer nuestras necesidades.

CAPITULO III

FORMAS DE

ALMACENAMIENTO

DE LA

ENERGIA

IMPORTANCIA DEL ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de energía solar juega un papel importante y fundamental (22,32) para que este nuevo tipo - energía renovable tenga la difusión necesaria al permitir almacenarla en períodos de no insolación. En el caso de - tener un almacenamiento de energía solar (*) adecuado, se podrá tener calor (*) aun en los períodos en que el sol es ta oculto.

Como toda nueva tecnología, es importante profundizar no solamente en aspectos técnicos de los dispositivos que permiten utilizar la energía solar, sino también, es in---discensable analizar las consecuencias económicas y produc tivas de su difusión en el mercado.

TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA

Existen diversas clasificaciones del almacenamiento - de la energía:

Por el tiempo de almacenamiento esta se divide en:

. Almacenamiento de corto plazo o de corta duración (algunas horas o días) la radiación solar captada será al- macenada en forma de calor sensible.

. Almacenamiento a largo plazo (una semana o una esta

ción del año) aquí el calor solar se almacena en reacciones químicas reversibles.

Por la forma en que se almacena la radiación solar se divide en:

- . Almacenamiento en forma de calor sensible
- . Almacenamiento en forma de calor sensible y latente
- . Almacenamiento en forma de energía química.

ALMACENAMIENTO EN FORMA DE CALOR SENSIBLE

En la actualidad es el más utilizado en los sistemas solares. Consiste en aumentar la temperatura del cuerpo receptor (sólido, líquido o gas) sin que experimente cambio de fase. Utiliza líquidos que son almacenados en tanques y por gases que transmiten su calor a sólidos en lechos empacados. En este último caso el sólido debe presentar las siguientes características particulares:

- . El coeficiente de transferencia de calor (*) entre el fluido de transporte y el sólido de almacenamiento debe ser alto.

- . La conductividad (*) del lecho debe ser baja cuando no haya flujo del fluido.

- . El tamaño de partícula debe ser suficientemente pequeño y uniforme para minimizar los gradientes de temperatura y reducir las caídas de presión.

En algunos casos se puede utilizar la capacidad calorífica (*) de los metales para almacenar calor. A presión constante las cal/gr. de cualquier elemento químico es -

aproximadamente igual a $6.4/\text{Paso atómico}^{(38)}$. (Así, el cobre absorbe $6.4/63.6 = 0.1$, el acero $6.4/55.8 = 0.11$ y aluminio $6.4/27 = 0.24 \text{ Cal/gr.}$ cuando se calientan todos estos 1°C).

La cantidad de calor almacenado es proporcional a la diferencia de temperatura, a la masa y al calor específico (*) de la sustancia. Si el lugar del almacenamiento de calor es eficazmente aislado, éste puede extraerse posteriormente cuando el material de almacenaje entra en contacto con un sistema externo.

El agua, aceites orgánicos, sales fundidas y metales líquidos son fluidos utilizados en este tipo de almacenamiento, pero a excepción del agua, los demás son costosos, de manejo difícil y tienen limitaciones en los intervalos de temperatura en los que pueden usarse⁽²⁰⁾.

ALMACENAMIENTO EN FORMA DE CALOR SENSIBLE Y LATENTE

Almacenamiento aprovechado principalmente en sistemas que utilizan líquidos con calores altos de ebullición o sólidos (generalmente sales) con calores altos de fusión. El calor almacenado da lugar a una variación de temperatura y aun cambio de fase del cuerpo receptor (líquido o sólido). Los productos gases o líquidos son almacenados en recipientes para aportar posteriormente el calor de cambio de fase a un proceso determinado. La principal ventaja que presenta esta forma de almacenamiento sobre la anteriormente descrita (calor sensible) es que las diferentes temperaturas de cambio de estado hacen posible la selección de un

sistema que trabajé a una temperatura constante⁽²²⁾; sin embargo, las propiedades que deben presentar estos materiales son raramente encontradas.

Materiales sólidos como: $MgCl_2$, $NaCl$, KCl , y líquidos como benceno, tolueno y freón, parecen ser los de más perspectivas para la producción de potencia⁽²⁸⁾, ver tabla 1.

Material	Calor latente (KJ/Kg)	Temperatura de fusión (°C)
$CO(NH_2)_2$	251	133
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	190	27
Polietileno	209	135
Parafina	209	47
Penta eritritol	322	
$Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$	225	32
Al_2Cl_6	262	192
$NaClO_3$	212	225
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	169	120
Acido p-clorobenzóico	206	240
$LiNO_3$	370	252
(5 Li_2CO_3 / 65 K_2CO_3)	343	505
KOH	261	249
NaOH	301	293
$FeCl_3$	266	304
Aluminio	400	660
NaSCN	228	323
Na_2MCO_4	296	
B_2O_3	327	450
LiOH	875	471
$KMgCl_3$	313	487
$NaCO_3$	285	858
K_2CO_3	215	891

TABLA 1: Materiales utilizados en almacenamiento de energía en forma de calor latente

En este tipo de almacenamiento aún existen muchos problemas tecnológicos por resolver para que sea ampliamente utilizado y entre los que están ⁽³²⁾ :

- . Encontrar un proceso de cambio de fase reversible en un gran número de ciclos, que además involucre calor latente y conductividad térmica adecuados.

- . Resolver los problemas resultantes del fenómeno de cambio de fase (variación de volumen, esfuerzos sobre ductos, adaptación del material al nivel de temperatura de trabajo, etc.).

- . Los peligros que involucran el manejo de algunas sustancias.

- . Los problemas de corrosión que presentan

- . El costo asociado a sustancias con futuro prometedor.

ALMACENAMIENTO EN FORMA DE ENERGIA QUIMICA

La principal desventaja de las formas de almacenamiento mencionadas anteriormente es que el calor conservado -- por mol resulta ser muy bajo y consecuentemente volúmenes grandes de fluidos deben ser almacenados, esto es específicamente crítico para vapores o grandes cantidades de energía, en donde el uso de contenedores de almacenamiento convencionales resulta prohibitivo. Así que para almacenar much or masa para una misma carga térmica, la forma más atractiva de almacenamiento es utilizar una reacción química reversible la cual por encima de la temperatura de equilibrio

(temperatura ambiental) se desplaza en la dirección endotérmica (AB se separa en A y B) absorbiendo calor, pero cuando la temperatura sea por debajo de la umbral el equilibrio se desplaza en la dirección exotérmica (A y B se combinan para formar AB) cediendo calor.

Las características que debe presentar el sistema reaccionante para el funcionamiento adecuado de almacenamiento son (16).

. Las sustancias que intervengan en la reacción deben ser térmicamente estables a altas temperaturas.

. El calor de reacción (ΔH_R) debe ser grande para maximizar la capacidad del almacenamiento.

. El volumen molar (\bar{V}) de los productos (preferiblemente líquidos) debe ser pequeño para minimizar el volumen del almacenamiento ($\Delta H_R / \bar{V}$ debe ser máximo).

. La reacción en la dirección endotérmica debe ocurrir con alta velocidad y a temperaturas menores de 1000°C (criterio tomado de las temperaturas conseguidas en los colectores de enfogue).

. La reacción en la dirección exotérmica para la regeneración de calor debe ocurrir con alta eficiencia.

. La reacción debe ser completamente reversible y sin correcciones laterales para que los materiales puedan ser utilizados en periodos de tiempo largos, ver tabla 2.

Reacción química	Temperatura umbral (°C)
$\text{NH}_4\text{F}(\text{s}) = \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HF}(\text{g})$	226
$\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) = \text{MgO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	258
$\text{MgCO}_3(\text{s}) = \text{MgO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$	397
$\text{NH}_4\text{HSO}_4(\text{l}) = \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{SO}_3(\text{g})$	467
$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) = \text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	479
$\text{CH}_3(\text{OH})(\text{g}) = 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$	147
$2 \text{NH}_3(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$	193
$\text{C}_6\text{H}_{12}(\text{g}) = \text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$	295
$\text{COCl}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$	528
$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$	677
$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2 \text{CO}(\text{g}) + 2 \text{H}_2(\text{g})$	677
$\text{SO}_3(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g})$	767
$\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$	
$\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	356

TABLA 2: Reacciones reversibles que pueden emplearse.⁽²⁸⁾

. La reacción debe ser lo suficientemente rápida como para que la absorción de energía y la regeneración de calor puedan ser llevadas a cabo rápidamente.

. Para una reacción catalizada la mezcla de productos

debe ser estable durante el período de almacenamiento.

. Los compuestos involucrados en las reacciones deben ser preferiblemente manejables con tecnología conocida y no requerir equipo sofisticado, además de ser poco reactivos con agua y oxígeno ya que ambos son difíciles de excluir completamente de cualquier sistema cerrado, ver tabla 2.-

Las ventajas de esta forma de almacenamiento son:

- . Su alta densidad de energía.
- . El almacenamiento a temperatura ambiente durante períodos de duración indefinida sin pérdida de calor.
- . El potencial para transportar energía a grandes distancias.

Dentro de sus desventajas están:

- . Los altos costos de inversión asociados para producir grandes potencias.
- . Su aún limitado estado tecnológico.
- . Tener que utilizar colectores de enfoque debido a que generalmente se requieren altas temperaturas.

ELECCION Y EXPECTATIVAS

El tipo de almacenamiento a ser utilizado y su capacidad en un sistema solar depende de factores como:

- . La insolación disponible y su distribución temporal
- . La carga térmica a suplir

- . La naturaleza del proceso
- . El tipo de equipo auxiliar
- . La duración del almacenamiento.

El almacenamiento de energía en forma de calor a bajas temperaturas (menor de 60°C) en el futuro seguirá basándose en sistemas de agua y sólidos baratos (arena y rocas). Las sales hidratadas (*) fundibles a temperaturas entre 20 y 60°C podrán tener un gran mercado dado que requieren menor volumen y masa para almacenar la misma energía, pero para ello sus costos deberán reducirse y los problemas de corrosión que acompañan su uso tienen que ser resueltos satisfactoriamente (20, 22).

A temperaturas medias (menores de 300°C), los fluidos orgánicos para períodos de almacenamiento corto son relativamente raros y costosos, sin embargo, es probable que sean los más empleados en el corto plazo. La sosa y el potasio que cambian de estado a temperaturas cercanas a los 300°C tienen un futuro grande por delante (22).

En procesos donde sean necesarias altas temperaturas (mayores de 500°C) se emplearán metales como aluminio, sodio y sales fundidas. Estas últimas presentan ventajas sobre los metales, en tanto que pueden fabricarse específicamente según la temperatura de uso (22). Posiblemente los cloruros y carbonatos serán los más empleados en el futuro prefiriéndose a los nitratos, fluoruros y sulfatos (22).

En cuanto a los sistemas que emplean reacciones químicas reversibles, pueden esperarse rendimientos altos (80-

90 %) y los sistemas a base de bióxido de azufre y ácido sulfúrico serán probablemente los más usados⁽²⁰⁾.

Cualquier avance o rompimiento tecnológico en los sistemas de almacenamiento de energía incrementará la posibilidad de emplear a la energía solar en mayor número de situaciones.

La tabla 3, resume comparativamente las características principales de las formas de almacenamiento anteriormente descritas.

ALMACENES TERMICOS

Forma	Calor sensible	Calor latente	Energía química
Carga térmica	pequeña	media	grande
Temperatura de operación	variable	constante	constante (alta)
Volumen	grande	medio	pequeño
Tipo de captador utilizado	plano o enfoque	enfocado	enfocado

TABLA 3 : Características principales de formas de almacenamiento.

CAPITULO IV

INSTRUMENTOS

DE

MEDICION

UTILIDAD Y PRECISION

Para poder diseñar y evaluar de manera óptima los sistemas de captación y conversión solar, es necesario contar con datos confiables sobre varios aspectos de la radiación solar^(*) en el lugar donde se pretende instalar, dentro de los cuales se encuentran: Intensidad total, radiación directa^(*) y difusa^(*), espectro^(*) de radiación, ángulo de incidencia^(*) y nubosidad. Todos estos deben registrarse en función del tiempo durante períodos seleccionados y que involucren valores máximos y mínimos. De lo anterior se encargan las estaciones solarimétricas que utilizan diversos instrumentos.

Los instrumentos comerciales dan lecturas fijas con error del 5% y lecturas instantáneas con un error menor al 10%^(34, 38). Algunos son medidores instantáneos e integrados por períodos de 1 hora o de 1 día, algunos más miden la radiación total y otros solo la difusa. Las medidas realizadas por estos son en planos horizontales, verticales o inclinados^(19, 36).

Existen por otro lado métodos indirectos para calcular condiciones de insolación a partir de datos directos más fáciles de obtener. Pero los resultados que se obtienen solo arrojan datos aproximados y en ocasiones se tienen diferencias de hasta 20% en los valores dependiendo de los datos tomados como punto de partida y del método empleado^(20, 38).

FUNCIONAMIENTO GENERAL

Existen instrumentos en los cuales el flujo de calor recalienta una determinada masa de un fluido o de un sólido de capacidad calorífica conocida⁽³²⁾, midiéndose la elevación de temperatura de éstos. Para dicha medición se debe tener en cuenta los intercambios térmicos con el exterior (convección^(*) y radiación), los cuales son muy variables como consecuencia de que el receptor puede ocupar todas las posiciones para poder seguir al sol.

En otro tipo de instrumentos, el flujo radiante^(*) se recibe sobre una termopila^(*) constituida por una serie de termopares^(*) (32).

TIPOS Y TRABAJO ESPECIFICO

A continuación se mencionan algunos aparatos.

Radiómetro

Nombre con que se conoce en general a los medidores de radiación solar, ver fig.1

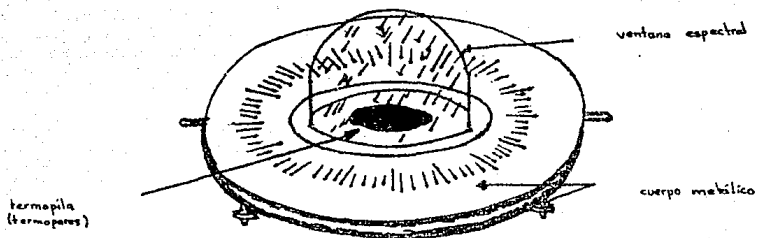


FIG. I Radiómetro

Pirradiómetro

Mide la radiación total descendente (suma de la radiación solar y atmosférica dirigida hacia el suelo) que incide sobre una superficie.

Pirradiómetro diferencial

Mide el balance de radiación total (diferencia entre radiación total descendente y ascendente. La radiación total ascendente es la suma de la radiación solar y atmosférica de vuelta hacia el espacio).

Pirradiómetro

Mide la radiación solar directa. Este aparato es orientado de tal forma que la superficie receptora sea normal a los rayos solares.

Piranómetro

Mide la radiación en todas direcciones. Este se complementa con un registrador y puede adaptarse un dispositivo de bloqueo que generalmente es una banda o disco de sombra para que mida solo la radiación difusa, ver fig. 2.

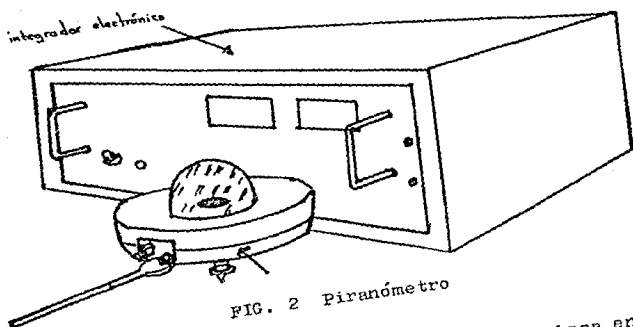


FIG. 2 Piranómetro

Un nuevo aparato que mide la radiación se basa en la célula solar que al ser expuesta al sol con el ángulo adecuado produce una corriente que es proporcional a dicha intensidad⁽³⁴⁾.

Heliógrafo

Aparato que mide y registra la duración de la insolación, ver fig. 3.

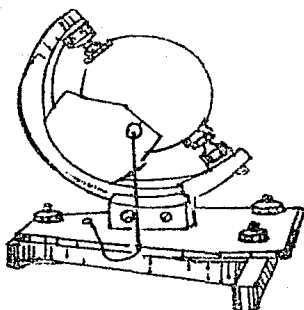


FIG. 3 Heliógrafo

Existen términos antiguos utilizados para estos aparatos como son: actinómetro (piranómetro), solarímetro (piranómetro) y pirgeómetro. Pero todos estos aparatos de medición necesitan una frecuente calibración, limpieza y mantenimiento.

CAPITULO V

COLECTORES

SOLARES

Para el individuo moderno, la posibilidad de disfrutar de una vida confortable está fuertemente condicionada por la disponibilidad de energía. Por eso, para un país la cuestión energética sigue en importancia únicamente al problema alimentario. Así que resulta conveniente que la base energética de cualquier economía se diversifique tanto como sea factible utilizando racionalmente todos los recursos disponibles para satisfacer las necesidades y requerimientos de su sociedad. Resulta claro, que si las tecnologías para aprovechar las fuentes renovables de energía, es tuvieran ya desarrolladas, fuesen económicamente competitivas y socialmente aceptables, dichas fuentes serían preferidas a las no renovables, desafortunadamente no siempre es el caso. Ultimamente la crisis energética ha relanzado nuevamente numerosos trabajos de investigación en helio -- técnica^(*), esperando que entre la multitud de ensayos realizados y de la abundancia de los estudios teóricos, surjan sistemas fiables, poco costosos y de buen rendimiento, capaces de competir económicamente con las máquinas existentes que utilizan energías clásicas.

COLECTORES PLANOS

FUNCIONAMIENTO

El fluido frío entra por el cabezal inferior, éste se recaliente y asciende por todos los tubos de calentamiento recogiendo en el cabezal superior desde donde circula (por convección o circulación forzada) hasta el depósito de almacenamiento.

De la cantidad de radiación solar que incide sobre la cubierta transparente, una parte se refleja y absorbe en ésta, otra se transfiere y absorbe en el fluido circulante, una más se almacena en los componentes físicos del sistema, otra se pierde por: reirradiación y convección natural mediante el aire hacia la cubierta transparente y una última se pierde por conducción a través del aislante, -- ver fig. 4,5,6 y 7.

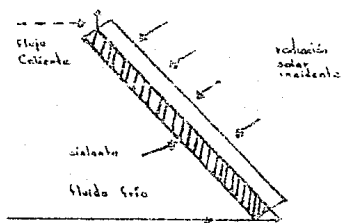


FIG. 4 Vista de perfil de un colector plano

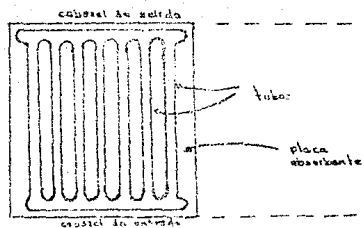
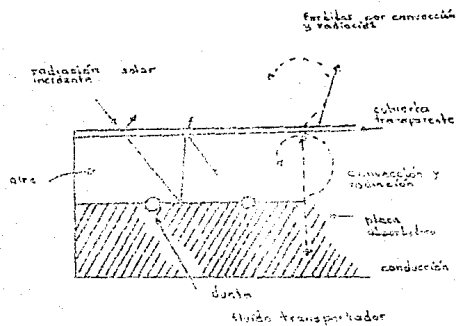


FIG. 5 Placa absorbente



detalle de un corte

FIG. 6 Pérdidas de calor

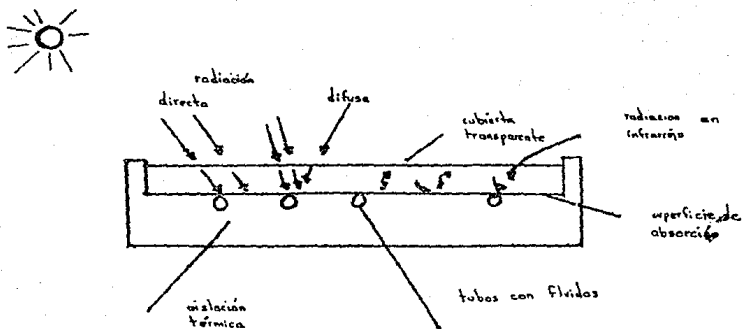


FIG. 7 Vista general de un colector plano

DIMENSIONES

Las dimensiones más convenientes para un colector plano son⁽³⁷⁾ :

- Ancho máximo 1 m. y mínimo de 60-70 cm.
- Largo máximo 2 m. y mínimo de 1 m.
- Espesor de aislante 5 cm.

Para la producción de agua caliente doméstica se acepta la regla de 1 m^2 de colector por cada 50-65 litros. Así que la superficie necesaria para paneles de una vivienda unifamiliar está entre 3 y 6 m^2 . Menores extensiones se consideran antieconómicas^(37,38).

RENDIMIENTO

El decir cuales son los rendimientos que podrían ser alcanzados con los colectores planos no es fácil ya que dependen de parámetros como; intensidad de la radiación^(*) velocidad y temperatura del aire, temperatura de fluido en colector, temperatura requerida, velocidad de extracción (43,37). Aunado a esto, el rendimiento no es constante durante el día, pero dan su máxima potencia por la tarde cuando la inercia térmica^(*) del sistema ha sido sobrepasada. Por tal motivo, para obtener un rendimiento bueno con éstos colectores los flujos deben ser rápidos lo que ocasionará tener períodos pequeños de almacenamiento produciendo con esto temperaturas bajas (menores de 60°C). Si por el contrario se necesitan obtener temperaturas superiores a los 60°C se deberá disminuir el flujo obteniéndose bajas eficiencias. Por eso, un colector que opere a 30°C es más eficaz captando energía solar que uno que opere a 60°C ya que el rendimiento tiene su origen en las pérdidas que se producen después de que la energía se ha absorbido (32,37,38).

CARACTERISTICAS

Dentro de las principales características que presentan éstos aparatos se encuentran:

- . Trabajan a bajas temperaturas (menores de 60°C)
- . Utilizan tecnología simple
- . Tienen bajos costos

USOS

Estos se han utilizado en el calentamiento de agua doméstica e industrial, pero no son convenientes como fuente caliente de un sistema de generación de vapor para mover turbinas y producir electricidad, ya que el gradiente de temperatura que se puede obtener es pequeño y se requeriría el movimiento de grandes volúmenes de fluido para -- obtener potencias razonables. En el caso de usarlos el rendimiento total será bajo debido a que los criterios de diseño de colector y motor (acoplado al generador) son opuestos ya que para maximizar el rendimiento de este último se requiere la mayor temperatura en la salida del colector, pero el rendimiento del colector es menor a altas temperaturas (18,34) .

COMPONENTES (37)

Los elementos que conforman un colector plano son:

- . Placa de absorción
- . Cubierta transparente
- . Carcasa (*)
- . Aislamiento ver fig. 7

FUNCION Y CARACTERISTICAS DEL ABSORBENTE

El papel del absorbente es transmitir la energía que capta del sol en forma de calor a un fluido, por eso es

conveniente que presente las siguientes características⁽³²⁾ :

- . Su factor de absorción^(*) debe ser lo más próximo a la unidad.
- . Su poder emisor^(*) en el infrarrojo debe ser tan débil como sea posible.
- . Su inercia térmica debe ser pequeña
- . Debe contar con una buena resistencia química frente al fluido que lo rodea
- . Poseer una buena conductividad y difusividad térmica^(*)

Un captador ideal es el constituido por una superficie absorbente que posee un factor total de absorción elevado, así como un factor de emisión pequeño a la temperatura de funcionamiento, además de contar con un buen aislante térmico en toda la periferia del sistema⁽³²⁾ (los aislantes comunes empleados son: lana mineral, corcho granulado; poliuretano, acerrín en polvo y poliestireno expandido)⁽³²⁾.

PLACA DE ABSORCIÓN

Los primeros absorbentes utilizaban metales como: cobre (el mejor pero el más costoso), acero y aluminio (su conductividad y ligereza son apreciables pero dentro de los tres metales parece el más vulnerable a la corrosión)^(23,32), los cuales poseen una alta conductividad térmica, ver tabla 4.

Material	K (Watts/m °C)
Fierro	60
Aluminio	211
Cobre	385

TABLA 4 : Materiales comunes
utilizados como absorbentes

La placa es formada por una superficie metálica buena conductora de calor a la que van adaptados los tubos por los que circula el fluido que se trata de calentar, ver fig. 8.

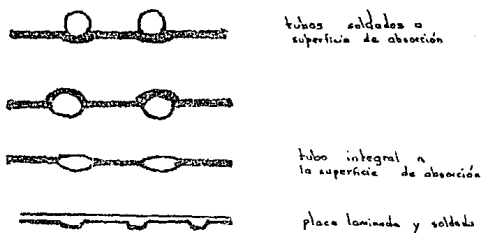


FIG. 8 Posibilidad de conformación de tubos y superficie de absorción

La superficie de captación así constituida se pinta generalmente de negro para favorecer la absorción del calor, procurando que el espesor sea tan fino como sea posible (entre 10^{-4} y 10^{-5} cm.)⁽³⁸⁾ para que no sea una barrera térmica al flujo de calor en su camino del exterior

hacia el fluido del circuito. Una placa con algún recubrimiento negro, incrementa su coeficiente de absorción (pintura negra) pero tiene la desventaja de generar fuertes pérdidas por reirradiación. Para resolver este problema, la placa colectora del equipo se recubre con materiales que imparten propiedades selectivas (superficie selectiva^(*)), ésta modificación permite una absorción de más del 90% de la energía incidente y emite menos del 20% de la que perdería al utilizar un cuerpo negro, ver tabla 5.

MATERIAL	ABSORCION ^(*)	EMISION ^(*)
Niquel negro sobre fierro	0.89	0.12
Cobre negro sobre cobre	0.89	0.17
Oxidos de Fierro sobre acero pulido	0.93	0.21
CuO sobre aluminio	0.93	0.11
CuS sobre Cu	0.72	0.18
Pintura esmalte negra	0.83	0.83
Cromo negro electrodepositado sobre un recubrimiento de Niquel	0.95	0.11

TABLA 5. Superficies selectivas⁽¹²⁾

Una superficie selectiva se consigue al depositar - una capa absorbente por ejemplo níquel negro sobre una base brillante tipo níquel (se ha observado que películas delgadas ennegrecidas generalmente óxidos colocados sobre metales pulidos son altamente selectivos de la radiación solar) ver tabla 5. Su espesor debe ser muy pequeño apenas de unas micras para no ser un obstáculo al flujo calorífico en su camino del exterior hacia el fluido (37,38).

Estas superficies tienden a la inestabilidad al combinarse con Cu y Al, por esta razón a veces se prefieren vidrios tratados los cuales tienen un revestimiento de óxido de estaño o indio sobre la superficie interior dando resultados análogos al de las superficies selectivas (34,36,37).

El utilizar recubrimientos selectivos proporciona a la placa:

- . Protección contra la corrosión
- . Mayor adherencia entre el metal base y el depósito
- . Incrementa considerablemente la eficiencia de captación.
- . Permite disminuir el tamaño del equipo para una potencia requerida en igualdad de condiciones de operación.
- . Obtener una mayor temperatura de salida
- . Reducir la cantidad de cubiertas de vidrio (generalmente dos).

Los materiales plásticos utilizados como absorbentes, tienen la ventaja de que su propia masa puede ennegrecerse al incorporar negro de carbón suprimiendo el problema de desprendimiento de pinturas. Pero su desventaja es que tienen mala conductividad y difusividad térmica y una mediocre resistencia a temperaturas elevadas. Suelen resistir también los efectos de corrosión, pero el fluido caliente reblandece a la mayoría pudiendo en algunos casos liberar los estabilizadores que entran en su composición. Además los rayos ultravioleta (*) también son agentes de deterioro de muchos plásticos, por lo que hoy en día sólo ofrecen seguridad en instalaciones de baja temperatura (menores de 60°C)^(32,37). Materiales como; polipropileno y polifenilóxido (Noryl), son ejemplo de absorbentes plásticos.

Características que las diferencian

Estas placas se diferencian entre sí fundamentalmente por las siguientes características:

- . Tratamiento de su superficie
- . Material utilizado para construir la placa y espesor de esta.
- . Tipo de tubería

Tipos

Los diferentes tipos de placas de absorción son⁽³⁷⁾ :

- . Abiertas o de goteo
- . Sandwich o radiador
- . Circuito soldado

Placa abierta

Las abiertas o de goteo; son sencillas y baratas, formadas por un trozo metálico ondulado en donde la tubería de alimentación perforada deja caer el agua en los senos de la chapa desde el borde superior y un canal colocado a lo largo del borde inferior la colecta, de esta forma el fluido extrae el calor que el panel metálico ha ido absorbiendo al estar expuesto al sol. Para tener una conducción eficaz del calor las ondulaciones deben estar separadas según el material de que se trate, por ejemplo; la conductividad térmica del aluminio es cuatro veces mayor que la del acero, así que una lámina de acero deberá tener sus canales separados entre sí una distancia cuatro veces menor que los canales de una lámina de aluminio, o ser cuatro veces más gruesa⁽³⁷⁾, ver fig. 9 .

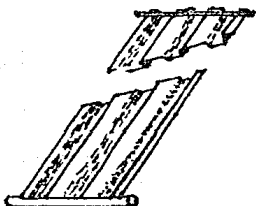


FIG. 9 Placa de absorción
abierta

Placa tipo sandwich

En las tipo sandwich; el fluido se dispersa entre las dos hojas del material con que se construye la placa quedando la absorción sólo a cargo de la hoja superior. Su espesor debe ser pequeño por lo que la conductividad térmica del material es importante, pudiendo realizarse además de varios plásticos. Este tipo de placa es atractiva por su economía al ser posible emplear en su construcción una gama más amplia de materiales (un material idóneo para su construcción es el acero). Además de presentar una resistencia pequeña a la circulación del fluido, ver fig. 10.

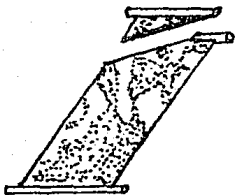


FIG. 10 Placa de absorción tipo sandwich

Placa de circuito soldado

El circuito soldado se subdivide en dos; los de tipo serpentín y los de retícula, en ambos se debe tener cuidado al escoger los materiales, en la separación de los conductos y en la unión de estos últimos con la placa. Estas placas de absorción en sus dos versiones, son probablemente los más eficaces en las zonas muy nublosas⁽³⁷⁾.

La placa absorbente de circuito soldado tipo serpentín unidos a una lámina ofrece una considerable resistencia a la circulación, prefiriendose por ello mejor la placa absorbente de circuito soldado tipo retícula. En ambos casos la tubería se solda a una lámina ennegrecida para evitar que los tubos paralelos desaprovechen la radiación solar que cae entre ellos y como la lámina tiene una buena conductividad se necesita menor cantidad de tubos, ver fig. 11 y 12.

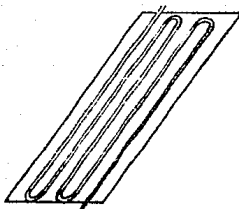


FIG. 11 Placa de absorción-
de circuito soldado
tipo serpentín

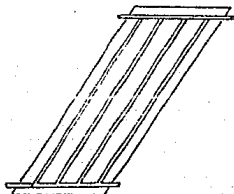


FIG. 12 Placa de absorción-
de circuito soldado
tipo retícula

El utilizar la placa tipo serpentín ahorra conexiones a tubos extremos, pero una manera más fácil y barato de construir canales paralelos es unir con remaches a la placa de cobre ennegrecida un trozo de acero ondulado, ver fig. 13.

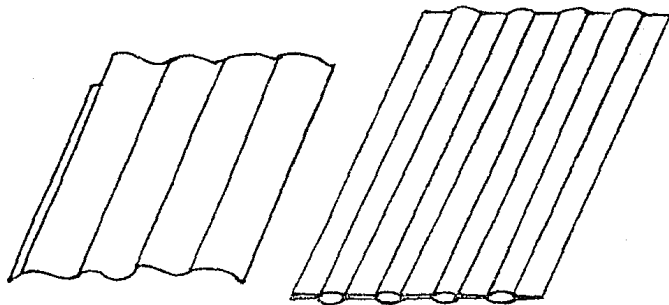


FIG. 13 Lámina ondulada soldada a una placa plana

Así que existen varias posibilidades para conformar los tubos y superficie de absorción (pueden ir semintroducidos o soldados) tratando de propiciar la mayor transferencia de calor, ver fig. 8.

Por todo lo anterior, la superficie de absorción más deseable es la de cobre y de mayor grosor. Una plancha gruesa con mayor espaciamiento entre tubos tendrá el mismo rendimiento que una plancha delgada con separaciones de tu

bos menores (37).

MATERIALES DE CUBIERTA

El vidrio y el plástico son los materiales utilizados como cubiertas en los captadores planos, cuya función es aumentar la absorción y reducir la reirradiación a altas temperaturas.

Cubierta de vidrio

En el caso particular del vidrio, este es relativamente transparente a la luz visible (■), pero absorbe y refleja la luz infrarroja (●) emitida por la placa de absorción negra. Un vidrio de alta calidad absolutamente transparente puede absorber de 3 a 4% de la radiación solar que lo atraviesa (39), pero si el borde tiene un color verde (debido a la absorción de la luz por los compuestos de hierro) la absorción crece pudiendo llegar hasta el 6% (11, 32, 38), esto es consecuencia de que la absorción del cristal depende de su espesor, por esto, para conseguir una alta transmisividad (■) el cristal debe ser tan delgado como sea posible, pero teniendo en cuenta su resistencia mecánica, por ejemplo: un espesor de 3 mm. deja pasar entre 84 y 92% de la radiación solar con incidencia normal (32).

En el caso de poner doble vidrio, el efecto de invernadero (●) se incrementa pero se refleja un poco más la radiación solar. Por eso la utilización de 2 o 3 cubiertas

es justificable sólo cuando la diferencia de temperatura entre colector y el medio ambiente es alta, es elevada la temperatura de descarga o cuando las condiciones climáticas son muy severas (altas velocidades de viento y bajas temperaturas). En caso contrario, el utilizar sólo una cubierta dará mejor rendimiento, ya que generalmente si es menor la temperatura requerida el número de cubiertas también lo será (34,37).

Cubierta de plástico

Los plásticos Mylar W, Tedlar, Policarbonato, Polimetacrilato de metilo, Politereftalato de étilo, pueden usarse como cubiertas ya que algunos son tan buenos como el vidrio para reducir pérdidas por convección, pero al ser más delgados son menos opacos al infrarrojo largo, por lo que presentan mayores pérdidas por radiación. Otros tienen una gran resistencia mecánica pero tienen la tendencia a alterarse con el tiempo, así que es recomendable utilizarlos detrás del vidrio, de tal manera, que refuercen el efecto de éste y como consecuencia protegerlos de los agentes atmosféricos (32,39).

FUNCION DEL AIRE ATRAPADO

La capa de aire situada entre el vidrio y el absorbente tiene la función de aislar, pero si el espesor de ésta llega a ser demasiado grande intervendrá la convección natural del aire trayendo por lo tanto pérdidas considerables.

Por eso para temperaturas usuales de funcionamiento se toma una distancia de separación entre ambos de 2 a 2.5 cm. (32,37,38).

ORIENTACION

En cuanto a la cantidad de radiación solar incidente sobre el colector, esta depende de su inclinación y orientación respecto a la trayectoria del sol. Si ésta incide sobre la placa de vidrio perpendicularmente casi toda pasará a través de la misma, ya que entre mayor sea el ángulo formado por el plano del cristal y los rayos del sol mayor será la proporción de energía reflejada (las cal/min. recibidas en una superficie receptora inclinada a un determinado ángulo esta dado por el coseno de éste. Así por ejemplo; para 45° se recibe 70.7% y para 60° se recibe el 50%, ya que $\cos.60^{\circ} = 0.5$ y $\cos. 45^{\circ} = 0.707$ etc.) (43,37,38).

Se sugiere que la inclinación ideal del colector sea igual a la latitud del lugar más 10° o 15° , pero siempre orientado hacia el sur (ángulo azimutal ^(*) de 0° para obtener la máxima radiación directa anual) (12,15,37,38). Sin embargo, existe un margen de 30° hacia el este y oeste respectivamente, entre los cuales la diferencia de energía captada respecto a la posición óptima es despreciable (32, 37). (cuanto más alejados de la orientación sur estén los colectores menor ha de ser el ángulo de inclinación ^(*)).

Para desviaciones mayores de 40° esta adquiere importancia durante los meses de invierno, y si se desea obtener la máxima producción en este período, el ángulo de inclinación tendrá que ser unos 20° mayor que la latitud, ya que en esta estación un colector vertical será favorable frente a la baja altura del sol si este se encuentra visible, pero en días cubiertos la luz solar se dispersa y viene de arriba en cuyo caso será ventajoso utilizar un colector horizontal. Por el contrario, para la máxima producción en verano la inclinación será unos 20° menos que la latitud⁽³⁴⁾.

ARREGLOS ENTRE COLECTORES

La forma de conectar los colectores influye notablemente en su rendimiento, por ejemplo; al realizar conexiones en serie de captadores planos, se presentan altas caídas de presión, bajo caudal y altas temperaturas de salida, por tal motivo, estos deben ser capaces de resistir las altas temperaturas y al utilizar circulación natural es mejor utilizar el arreglo "A" que el "B"⁽³⁷⁾ ya que en el primero el agua fluye hacia arriba continuamente sin obligar a la corriente a ir hacia abajo como en el segundo caso, ver fig 14.

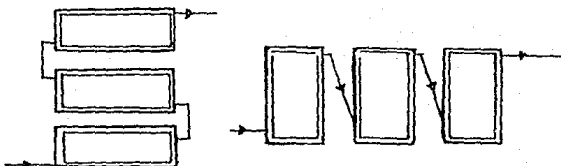


FIG. 14 Arreglo de colectores en serie

Al unirse los colectores en paralelo el fluido pasa sólo una vez por el captador, así que se presentan menores temperaturas reduciéndose con esto las pérdidas. Además si en el sistema no existe bombeo el dar una pequeña inclinación a todo el arreglo favorece la rapidez del flujo ya que se reduce la resistencia de la fuerza convectiva⁽³⁷⁾ ver figura 15.

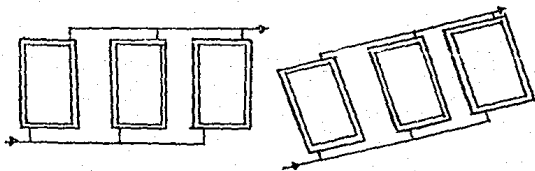


FIG. 15 Arreglo de colectores en paralelos

Por el contrario, en un sistema a circulación forzada es preferible usar tanto la entrada como salida del fluido centrados⁽³⁷⁾ ver fig. 16.

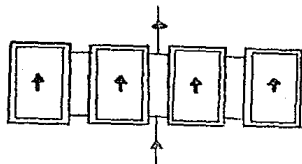


FIG. 16 Funcionamiento cuando la entrada y salida se encuentran centrados

Ya que con esto se logrará una mayor regularidad en el funcionamiento de los colectores. En el caso de colocar diagonalmente opuesta la entrada y salida del fluido puede presentarse el estancamiento y retroceso del flujo en los primeros colectores⁽³⁷⁾, ver fig. 17 y 18.

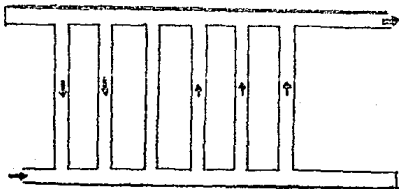


FIG. 17 Flujo a circulación forzada en placa tipo retícula.

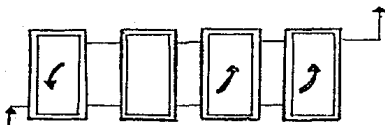


FIG. 18 Flujo que se presenta cuando -
la entrada y salida del fluido
se encuentra diagonalmente -
opuestas.

Este problema se presenta cuando se utiliza placa ab
sorbente tipo retícula y para remediarlo se debe colocar
la entrada y salida en un sólo extremo⁽³⁷⁾, ver fig. 19 .

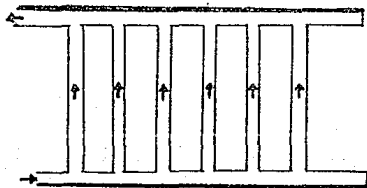


FIG. 19 Circulación más regular

Aunque se consigue una circulación más uniforme al realizar a la placa anterior una modificación⁽³⁷⁾, ver fig. 20.

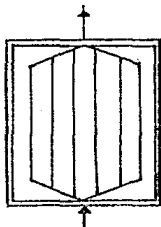


FIG. 20 Modificación de placa tipo retícula

Sí en sistemas de circulación forzada se utiliza la placa de circuito soldado tipo serpentin, la velocidad del fluido será constante a través de todo el colector pudiéndose llegar a presentar turbulencias que aumenten la transferencia de calor⁽³⁷⁾, ver fig. 21.

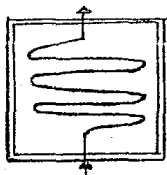


FIG. 21 Placa absorbente tipo serpentin vertical

La ubicación de entrada y salida del colector al utilizar este tipo de placa no modifica el rendimiento⁽³⁷⁾, pero puede presentar menor o mayor dificultad el vaciado de la instalación, ver fig. 21 y 22.

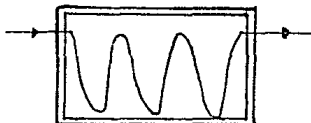


FIG. 22 Placa absorbente tipo serpentín horizontal

De los anteriores arreglos, el de la fig. 22 es el más recomendable.

En caso de que el sistema no cuente con bomba los problemas antes mencionados no se presentan.

Los colectores solares planos han alcanzado ya un alto grado de madurez tecnológica y en un buen número de casos competitividad económica, al ser estos los más fáciles de analizar, así como los más simples de construir. Por esto, los centros de investigación y desarrollo han abandonado las actividades relativas al diseño⁽²⁰⁾, al considerar que el estado de desarrollo tecnológico permitirá solo mejoras marginales en cuanto a eficacia, por lo que sus objetivos se han dirigido a su producción a escala industrial.

Los países a la vanguardia en el uso de este tipo de colectores son: E.U. , Japón, Israel y Australia. En México existen compañías dedicadas a la producción de este tipo de equipos, localizándose en : D.F. , Guadalajara, Cuernavaca y Sinaloa⁽²⁰⁾ .

COLECTORES CILINDRICOS

FUNCIONAMIENTO

Su funcionamiento es similar al de los captadores planos pero permiten alcanzar mayores temperaturas (mayores de 60°C) debido a su mayor concentración, ya que presentan menores pérdidas como consecuencia de la reducción del tamaño del absorbedor (tubo receptor). En éstos la radiación solar que incide sobre la superficie del colector no es absorbida sino reflejada, concentrándose en un tubo parcialmente aislado por el cual circula el fluido que se va a calentar, ver fig. 23.

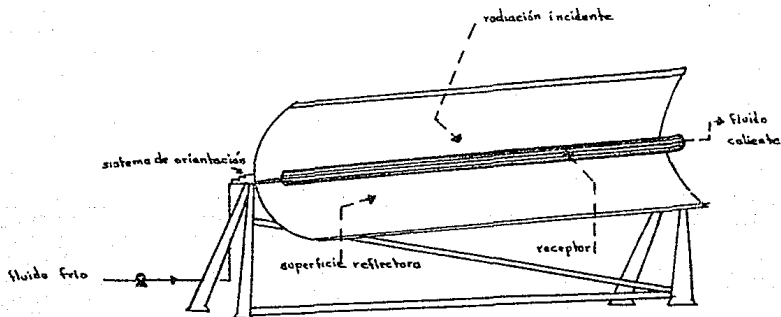


FIG. 23 Esquema de un colector cilíndrico

Este tubo al alcanzar altas temperaturas se convierte en una fuente importante de reemisión, por lo que se adhieren a él materiales especiales (dentritas de tungsteno) o se protege con un tubo ranurado a fin de producir interferencias y reducir el máximo de reemisión⁽¹⁸⁾. En otros -- casos este tubo tiene la forma de un cuerpo entrante con reflectores interiores en donde la energía solar reflejada pasa por una cavidad a través de una apertura pequeña y se absorbe en su interior⁽³⁶⁾, ver fig. 24.

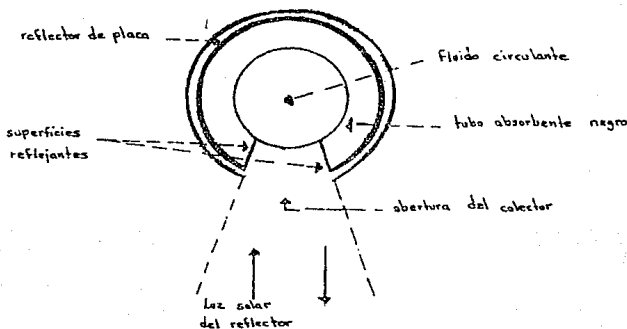


FIG. 24 Receptor de cavidad

El inconveniente de este último arreglo denominado - absorbente de cavidad es que solo puede usarse con superficies reflectoras de pequeño ángulo de borde (*).

Estos colectores al trabajar únicamente con la radiación solar directa, requieren un sistema de orientación - (heliotropo (*)) que permite el seguimiento del sol y mantiene la superficie reflectora siempre perpendicular a los rayos solares, ver fig. 25.

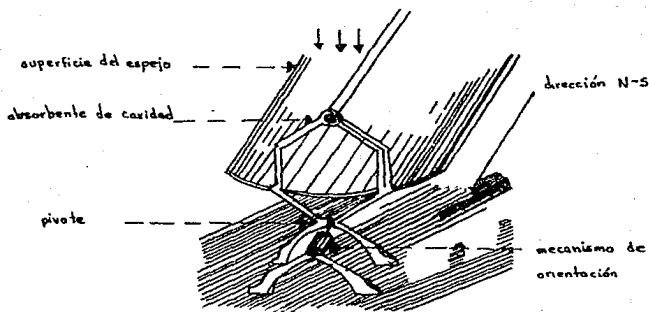


FIG. 25 Sistema de orientación

Por tal motivo, la particularidad que debe presentar el sistema de seguimiento es una gran resistencia a los fuertes vientos, por lo que dependiendo del tamaño de la superficie reflectora su costo puede ser elevado⁽³⁶⁾. En cuanto a la cantidad de fluido que se puede calentar, ésta siempre será inferior a la conseguida por un colector plano, ya que solo un único tubo es expuesto a la radiación proveniente de la superficie reflectora.

MATERIALES DE CONSTRUCCION

Los materiales utilizados en su construcción son; el cobre y acero, ambos recubiertos con una superficie selectiva, así por ejemplo; el cobre negro electrodepositado se utiliza en aplicaciones de hasta 250°C, pero para mayores temperaturas se utilizan películas de carburo metálicos, pinturas refractarias y recubrimientos oxidados de acero (20,21)

TAMAÑO DEL ABSORBEDOR

Su tamaño debe ser el óptimo ya que si es demasiado pequeño se perderá parte de la luz reflejada, pero si tiene una gran sección transversal se presentarán excesivas pérdidas y probablemente los soportes requeridos oscurecerán una gran parte del reflector, ver fig. 26.

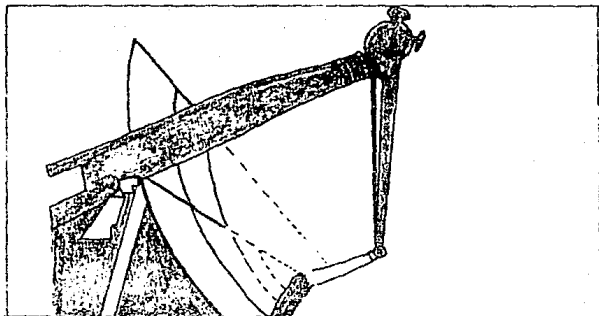


FIG. 26 Vista de perfil de un colector cilíndrico donde se muestra absorbedor y soportes.

VERSIONES MODIFICADAS DE ESTOS COLECTORES

Tiras de espejos colocadas
sobre una base cilíndrica

Una versión diferente de este tipo de colector con seguimiento en el absorbente, es aquel que utiliza largas tiras reflectoras dispuestas todas ellas sobre una -
circunferencia. En este arreglo el absorbente gira sobre un eje alrededor del centro del círculo, ver fig. 27

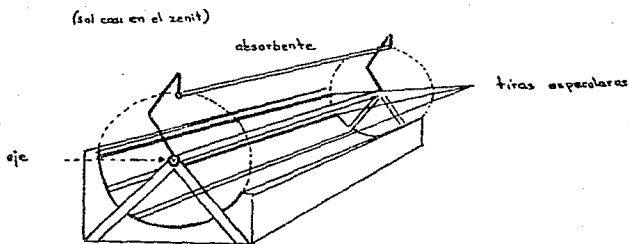


FIG. 27 Colector cilíndrico
formado por largas
tiras.

Central solar de espejos en bandas

Otra modalidad de colector es el formado por espejos multicara (4) en bandas, ver fig. 28.

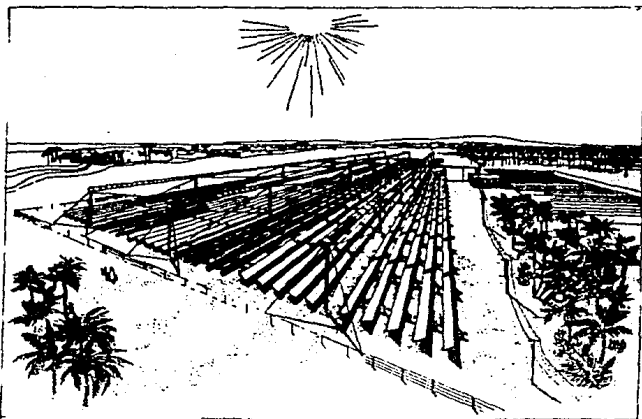


FIG. 28 Central solar de espejos en bandas

En este caso, la anchura de las bandas de espejos deben ser menores en algunos centímetros que el diámetro del - absorbente, ya que de otra manera los rayos de luz paralelos reflejados desde los espejos no serían recogidos totalmente por el absorbente(34). Además estos deben estar ori-

entados en la dirección correcta y girar a la velocidad de $7.5^{\circ}/\text{Hr.}$ para poder seguir al sol. Si por algún motivo las bandas de espejos son más anchas que el absorbente, estas deben ser ligeramente cóncavas⁽³⁴⁾

Reflectores a nivel del suelo

Otro tipo particular ofrece la posibilidad de instalar los reflectores al nivel del suelo o por debajo del mismo. A diferencia de otros diseños el reflector es fijo y solo necesita orientarse hacia el foco^(*) durante el día^(32,34), ver fig. 29.

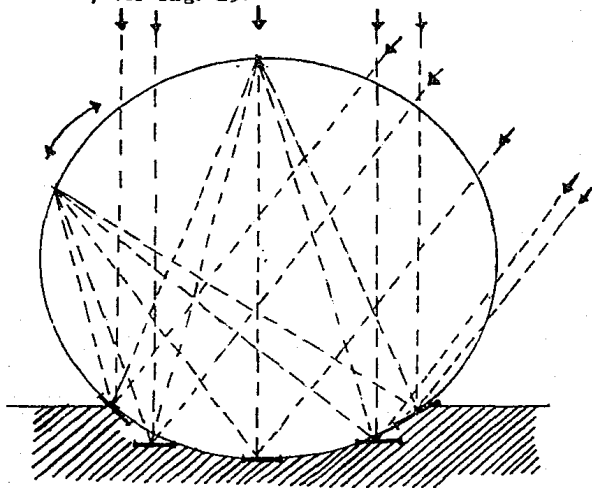


FIG. 29 Reflectores a nivel del suelo

VENTAJAS

Dentro de las ventajas que presentan los colectores cilíndricos (*) se encuentran:

- . Pueden ser construidos y orientados de tal forma que no necesitan ser movidos durante el día.
- . Se puede incrementar la cantidad de calor recogido al aumentar la longitud del cilindro y tubo receptor.
- . Con un solo elemento cilíndrico se puede recoger mucho más calor que con un colector esférico.
- . Su construcción es más fácil comparada con la de un colector esférico.

PERSPECTIVAS

Los colectores cilíndricos han sido propuestos para generar calor de procesos industriales, para sistemas de bombeo o irrigación en zonas remotas y para la generación de energía eléctrica. El primero y quizás el segundo de los usos mencionados tienen un mayor potencial, porque no siblemente nunca logren competitividad económica como generadores de energía eléctrica, aunque se estima que probablemente no se logre ni para la generación de calor⁽²⁰⁾.

Aún cuando la tecnología de los colectores cilíndricos está disponible comercialmente, esto no implica que sean ya económicamente competitivos o que se requiera aún grandes esfuerzos de investigación y desarrollo⁽²⁰⁾. Están siendo construidos por muchos grupos modernos que

utilizan como sustancias de trabajo fluidos orgánicos.

COLECTORES ESFERICOS

FUNCIONAMIENTO

La radiación solar que incide en la superficie esférica es reflejada al receptor localizado en su foco. En este último se absorbe el calor y se transmite a un fluido que circula a través de él, ver fig. 30.

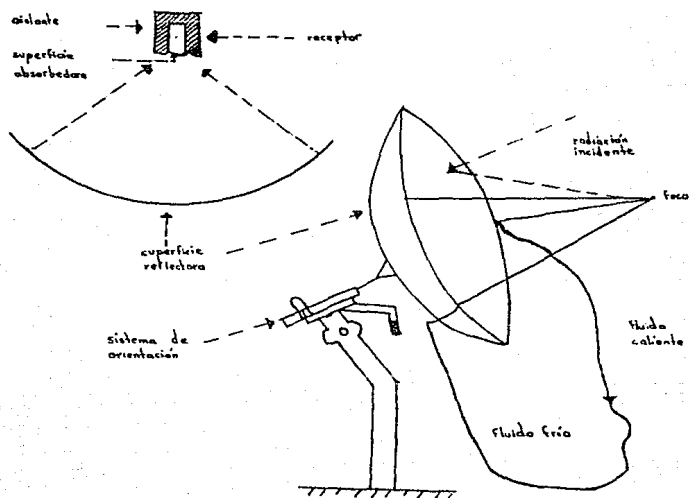


FIG. 30 Colector esférico

Su tamaño depende de la perfección de la superficie reflectora. Si está tiene la forma de una esfera perfecta el receptor puede ser pequeño, pero si se desvía de esta parte de la luz enfocada se perderá y habrá que usar un receptor mayor. Sin embargo, el utilizar receptores grandes para interceptar la mayor parte de la radiación ocasionará un enfriamiento apreciable como consecuencia de la gran superficie, lo que impedirá alcanzar altas temperaturas⁽³⁸⁾.

Debido a que los espejos utilizados no son ópticamente perfectos y la imagen (*) del sol no es circular ni uniforme, algunas partes de ésta estarán mucho más calientes que otras, por tal motivo, hay que tomar en cuenta que el material del que se construye el receptor debe ser un buen conductor metálico de tal manera que se caliente uniformemente a pesar de las desigualdades de la imagen⁽³⁸⁾.

La cantidad de fluido que calientan estos colectores es relativamente pequeña y hasta la fecha su uso está limitado a procesos de investigación, alcanzándose en algunos casos temperaturas del orden de los 3 000 - 4 000°C^(18,38).

MONTAJES

Existen diversos arreglos para que la superficie reflectora siempre sea perpendicular al sol:

Montaje azimutal

Es formado por dos movimientos; uno vertical que es de rotación y otro horizontal que es de inclinación. Estos pueden hacerse manualmente pero como ambos no son uniformes al utilizar dispositivos mecánicos su control se vuelve sumamente complicado. Tanto el receptor como el reflector se mueven juntos^(32,38), ver fig. 31



FIG. 31 Montaje azimutal

Montaje azimutal modificado

Por medio de este arreglo se mantiene al receptor en una posición horizontal fija a una altura constante del suelo, moviéndose solamente el colector⁽³⁸⁾ ver fig.

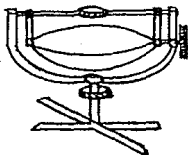


FIG. 32 Montaje azimutal modificado

Montaje ecuatorial

En este caso, el tubo central apunta al norte, - este permite variar el ángulo más o menos cada semana de - acuerdo a la estación del año, de forma que el plano frontal del colector permanezca siempre perpendicular a los - rayos solares ⁽³⁸⁾, ver fig. 33

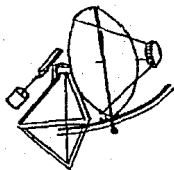


FIG. 33 Montaje ecuatorial

Superficie perforada

En el foco se coloca un espejo ligero y en la parte posterior de la superficie reflejante se localiza el receptor. Este arreglo es utilizado cuando hay problemas de extracción de calor del punto focal⁽³⁸⁾, ver fig. 34.

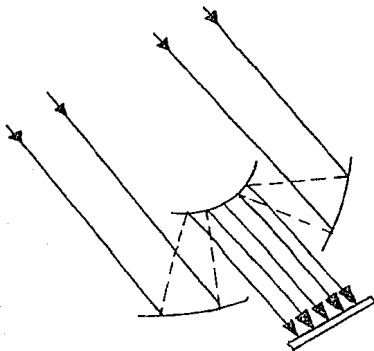


FIG. 34 Absorbedor en la parte posterior del reflector

SUPERFICIES REPLEJANTES

Debido al papel que juega la superficie reflectora, esta debe de cubrirse con materiales especiales que aumenten su reflectividad^(*), la cual depende de la perfección óptica de la superficie (macro y micro imperfecciones).

Las superficies reflejantes en este tipo de colectores son⁽²⁵⁾:

Metales pulidos

Algunos metales perfectamente pulidos proporcionan una buena reflectividad solar; La plata es uno de ellos, pero se empaña rápidamente con el sulfuro de hidrógeno atmosférico. El cobre y otros metales son buenos reflectores pero se oxidan (*) rápidamente y la superficie se oscurece. El acero inoxidable, níquel y cromo son permanentes y aparentemente brillantes, pero su reflectividad a la luz es baja. El aluminio es quizás el metal mejor y más barato para este uso ya que al pulirse proporciona una reflectividad muy alta que se encuentra entre 60 y 70%, pero puede mejorarse con diversos procedimientos, además de que existen en el mercado barnices que mantienen su aspecto brillante, que aunque disminuyen un poco su reflectividad impiden el deterioro de su superficie.

Películas metálicas

Dentro de estas se encuentran, el Mylar aluminizado y plateado, el teflón y el acrílico, los cuales proporcionan ventajas como son; bajo peso, disponibilidad y reflectancia cercana a la del aluminio y plata. Normalmente aplicadas por adhesión sobre otras superficies más resistentes, pero su desventaja es que son difíciles de limpiar ya que en este caso se deben usar solventes a chorro y nunca limpieza mecánica porque se dañan con relativa facilidad al contacto con el polvo (20). En el caso de utilizar el Mylar aluminizado, este da una reflectividad del 70% ,

mientras que el Mylar W del 65%, pero si la cara aluminizada se coloca en el frente esta aumentará a 80%.

Vidrios plateados

Un vidrio plano con un buen depósito de plata proporciona la mejor clase de superficie reflectora. Si este depósito esta en la parte de enfrente casi toda la luz será reflejada, pero si esta en la parte posterior como normalmente se hace para asegurar su estabilidad al tiempo y a los agentes corrosivos, habrá ciertas pérdidas por absorción en el vidrio pero la reflexión puede ser del orden del 92%^(34, 35).

METODO DE ELABORACION

Un procedimiento para elaborar un colector esférico utilizando materiales plásticos se describe a continuación; en la parte posterior de un anillo rígido se sujeta una hoja de plástico aluminizado y en la parte frontal de éste una hoja de plástico transparente. Se procede a inflar el conjunto con aire tomando las dos hojas una forma hemisférica con superficie lisa de alta reflectividad. Realizado esto el plástico aluminizado puede rigidizarse colocando el anillo horizontalmente y cubriendolo con un tejido de fibra de vidrio y resina epoxi líquida, manteniendo la presión constante o con un pequeño incremento mientras se seca, ya que si la presión disminuye ligeramente durante el secado, se forman pequeñas arrugas u ondulaciones.

ciones en la superficie reflectora. Una vez que el plástico aluminizado se ha secado se quita la película de plástico transparente frontal obteniéndose un espejo esférico (38).

VENTAJAS

Dentro de las ventajas que presentan se encuentran:

- . La estructura que soporta la superficie de reflexión no es necesario aislarla.

- . El período de amortización es corto (ya que se utiliza principalmente para generar electricidad).

- . Produce altas temperaturas (mayores de 500°C) debido a que el coeficiente de concentración (*) puede ser muy grande y el área del receptor pequeña.

DESVENTAJAS

Sus desventajas son:

- . Su costo es elevado

- . Su tecnología es sofisticada

- . Requieren de un seguimiento bidireccional diario en el cual el eje del colector es dirigido continuamente a la posición del sol en el cielo.

COMPARACION DE COLECTORES

Por último se compararán los "pros" y "contras" de utilizar los diversos colectores anteriormente descritos.

Ventaja de colectores de enfoque respecto a los planos:

.Las superficies reflectoras necesitan menos materiales.

.Al utilizar un intercambiador térmico con este sistema el costo disminuye.

.El área de absorción es menor para la misma superficie colectora.

.La densidad de energía a nivel del absorbente es superior, por lo que el fluido portador de calor puede trabajar a temperaturas mayores.

.El número de horas anuales de funcionamiento es más elevado.

.El sobrecosto de instalación puede amortizarse en un tiempo más corto a través de una ganancia suplementaria de energía.

.La cantidad de calor que puede almacenarse es mayor y en consecuencia el costo de almacenamiento más pequeño.

Desventajas de los colectores de enfoque
respecto a los planos:

- .Se recoge poco o nada de la radiación difusa.
- .Al no contar con sistema de seguimiento automático, es necesario ajustar periódicamente la superficie - reflejante o receptor.
- .Al utilizar mecanismos de seguimiento su costo se incrementa.
- .El poder reflejante de las superficies disminuye con el tiempo y es preciso volver a platear o pulir.
- .Hay poca experiencia en instalaciones de gran - potencia que utilicen este tipo de colectores.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM, es el que se - ha dedicado al estudio de concentradores de enfoque con - seguimiento. Ha diseñado y construido una planta experimental con colectores de tipo parabólico (alrededor de 500 M^2 de área de captación, con una capacidad nominal instalada de 10 a 15 KW⁽²⁷⁾).

CAPITULO VI

APLICACIONES

En la actualidad la mayor parte de la tecnología solar es una alternativa todavía no viable, con excepción de algunas de sus aplicaciones como ; calentadores, sistemas térmicos pasivos y celdas fotovoltaicas. Estas últimas utilizadas para generar electricidad en lugares muy distantes de la red de distribución con necesidades de baja potencia. Lo anterior es debido a que en la actualidad el estado de desarrollo tecnológico de los sistemas para el aprovechamiento de la energía solar así como su competitividad económica es muy dispar. Pero se esperan avances importantes en varias de las tecnologías, avances que pueden implicar menores costos de inversión y mantenimiento, mayor eficiencia y vida útil, tecnologías más apropiadas para la producción masiva de dispositivos y una mejor adaptación a diferentes condiciones de operación.

No hay que olvidar que es indispensable vincular, fuentes de energía, tecnología y uso final o aplicación, para que de esta manera tenga sentido hablar de viabilidad técnica y económica de cada camino de conversión. Así al especificar la aplicación se podrá determinar las características deseables de las tecnologías y los costos máximos permisibles.

La investigación y desarrollo de la energía solar en México ofrece un curso prometedor. Por eso un buen número de instituciones nacionales se dedica a ella, la mayoría vinculadas con centros de educación superior, como: El Instituto de Investigación en Materiales e Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Las cuales cuentan con proyectos de investigación. Aún cuando estos últimos se iniciaron en el período 70 - 75, han tenido un gran impulso a partir de ésta época. La mayor parte de ellas se han dedicado a las tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar, canalizándose las 2/3 partes a los sistemas de aprovechamiento termodinámico y 1/3 parte a sistemas fotovoltaicos^(*) (20) .

CALENTADORES

COMPONENTES

Un típico calentador solar consta de los siguientes componentes:

- . Superficie absorbadora; capta y absorbe la radiación solar para transmitirla en forma de calor a un fluido circulante.

- . Sistema de circulación; medio de transporte de energía desde el captador hasta el almacén. Utiliza tuberías de longitudes cortas, que cuenten con accesorios mínimos y para facilitar la convección se dotan a éstas de una pendiente uniforme⁽³⁷⁾.

.Depósito; almacén calorífico necesario para fijar - condiciones estables en el sistema, generalmente metálico y aislado.

.Equipo auxiliar; varía de acuerdo a los requerimientos del diseño particular de cada sistema, ver fig. 35

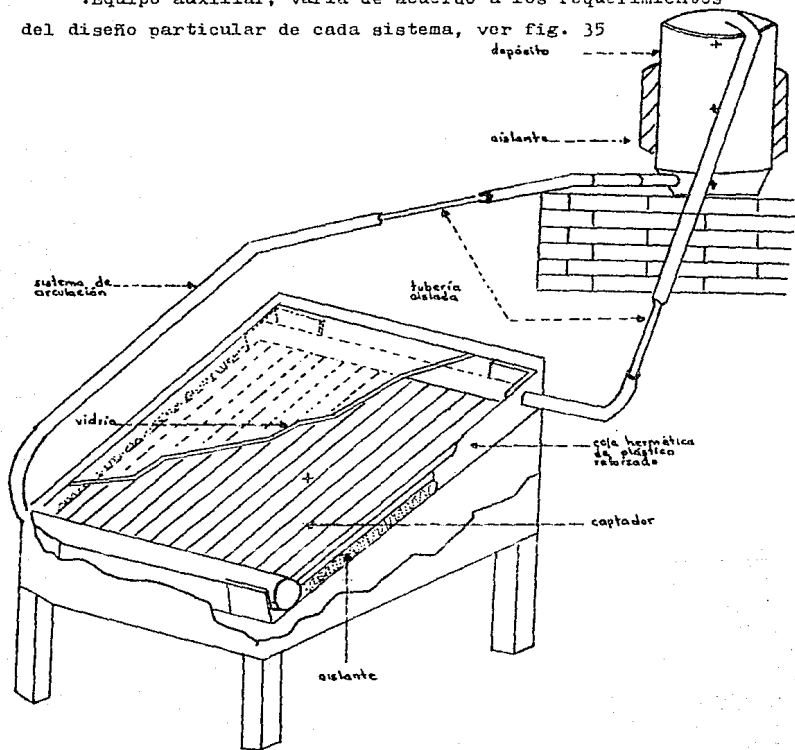


FIG. 35 Calentador solar

FUNCIONAMIENTO

En estos equipos el fluido proveniente de la parte más baja (zona fría) del almacén energético entra al cabezal inferior del captador, donde se distribuye por los tubos del mismo en un flujo ascendente (este flujo puede ser por diferencia de densidades o por bombeo) siendo aquí en donde se recibe la energía calorífica que proviene de la absorción solar. El fluido calentado sale por el cabezal superior y es dirigido a la parte superior del depósito completándose así el ciclo, ver fig. 35.

Para el aprovechamiento de esta energía captada, el fluido caliente se extrae de la parte superior del depósito y el fluido frío (de reposición) es introducido por la parte inferior para su calentamiento.

En lo que respecta al depósito, el grosor más conveniente del aislante es el de 10 cm., aún cuando en algunos casos se aísla con un espesor de 15 a 20 cm. de poliestireno (glumavit)⁽³⁷⁾. En su construcción se utilizan materiales como; acero inoxidable, material galvanizado, plásticos, concreto y asbesto-cemento.

Si el depósito tiene un volumen inadecuado, se presentarán excesivas pérdidas y se contará con poco tiempo de suministro. Por el contrario, si es grande su volumen las pérdidas de calor serán menores pero no se usará toda la capacidad y el costo de inversión será alto. Por experiencia se tiene que el volumen óptimo sugerido por autores para un almacén de agua es de 70 lt/m^2 de colector⁽³⁷⁾.

Para su funcionamiento satisfactorio es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

. Que la inclinación y orientación del colector solar sean las adecuadas.

. Que la base del depósito se encuentre a mayor altura que el extremo superior del colector al tener circulación natural. Por experiencia se recomienda una distancia mínima de 60 cm. (37,39) ver fig. 36.

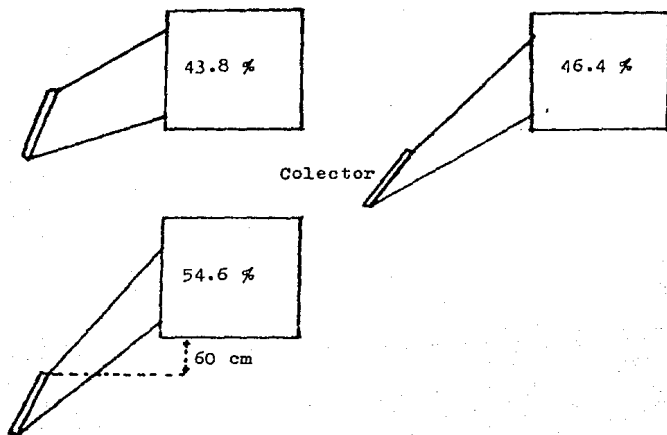


FIG. 36 Influencia de altura en eficiencia

. Que la longitud de los tubos de conexión entre colector y tanque sea la mínima teniendo cuidado de evitar cambios bruscos de dirección a fin de disminuir la caída de presión en el sistema.

. Que el tubo del fluido caliente proveniente del calentador tenga el nivel adecuado respecto del fondo del tanque, generalmente a una altura igual a las 2/3 partes del mismo, de tal forma que la cabeza ^(*) de fluido y estratificación ^(*) sea máxima en el tanque manteniendo así un gradiente de temperatura mayor.

TIPO DE CIRCULACION Y ALMACENAMIENTO

Existen dos formas de circulación y dos tipos de almacenamiento:

Sistema a circulación natural

La energía necesaria para mantener el flujo procede de la energía térmica suministrada al fluido. Por esta causa el sistema es de bajo interés ya que la circulación se realiza en ausencia de energía eléctrica, pero la velocidad de circulación es débil y puede presentarse flujo inverso siendo necesario tomar precauciones, ver fig.

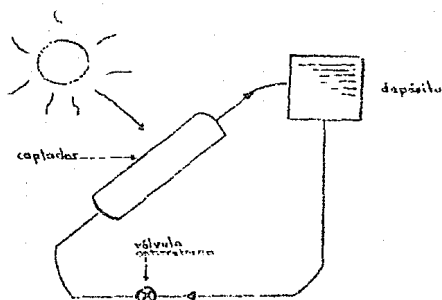


FIG. 37 Sistema a circulación natural.

Sistema de circulación forzada

El flujo es uniforme como consecuencia de emplear una bomba, por lo que en este caso el depósito puede ocupar cualquier posición siendo de preferencia localizado cerca de el lugar requerido, ver fig. 38.

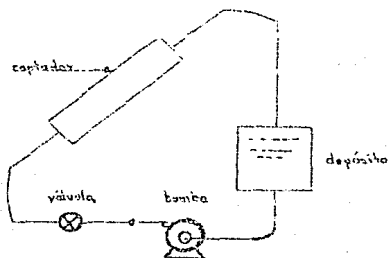


FIG. 38 Sistema a circulación forzada

ESTA TERCERA NO DEBE
SALIR DE LA PLANTILLA

Almacenamiento por mezcla

El inconveniente principal es que el fluido que circula por el captador se renueva constantemente favoreciendo la formación de depósitos en la cara interna del absorbente, ver fig. 39

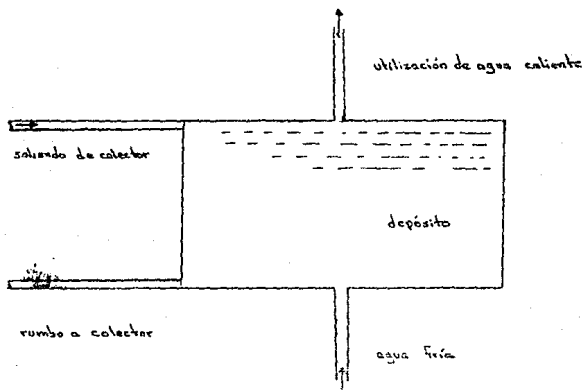


FIG. 39 Almacenamiento por mezcla

Almacenamiento con intercambiador

El fluido primario atraviesa un intercambiador - localizado en el interior del depósito y un fluido secundario recibe el calor procedente del primer fluido estableciéndose una estratificación, de tal forma que el fluido

caliente se dirige a la parte superior desde donde puede ser extraído, ver fig. 40.

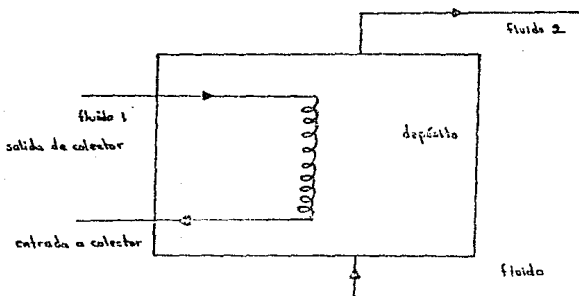


FIG. 40 Almacenamiento con intercambiador

MANERAS DE EVITAR EL CONGELAMIENTO

Para proteger a la instalación contra el congelamiento se puede realizar lo siguiente (26,37)

- .Añadir anticongelante al fluido.
- .Poner un dispositivo de vaciado en la parte inferior de los colectores.
- .Hacer circular agua caliente que proceda del almacenamiento.

. Insertar amortiguadores (tubos plásticos elásticos llenos de gas y cerrados) dentro de las tuberías para que absorban presiones al congelarse el líquido.

. Recubrir las tuberías con aislante.

El Añadir anticongelante al fluido del sistema es lo más utilizado a pesar de que el primero tiene una menor conductividad térmica. Se aplica a sistemas cerrados, por ejemplo puede agregarse etilenglicol en una proporción del 20 a 25% de la cantidad de fluido que está circulando (36, 37).

TIPOS DE CALENTADORES

Existen varias versiones de calentadores que son utilizados según las necesidades y recursos que se tienen. A continuación se describen algunos.

MANTELA NEGRA

El calentador en su simple expresión es formado por una simple mantelera negra horizontal llena de fluido expuesta al sol.

Manteja de madera con tapa de vidrio

Consiste en una bandeja de madera que es forrada interiormente con una gruesa hoja de polivinilo negro, la cual cuenta con un tubo de entrada y otro de salida, además de otro cuya función es de rebosadero y en la parte superior cuenta con una cubierta de doble acristalamiento. Esta

bandeja se llena con 10 cm. de agua, obteniéndose temperaturas de 55°C para verano y de 27 a 30°C en invierno (38), ver fig. 41.

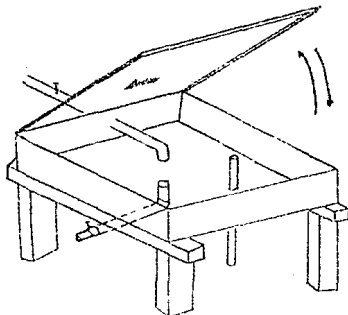


FIG. 41. Destilador de bandeja con cubierta de vidrio

Una variante de este mismo es inclinar el recipiente para tener un ángulo más favorable tomando las medidas necesarias para que el agua no se derrame, ver fig. 42.

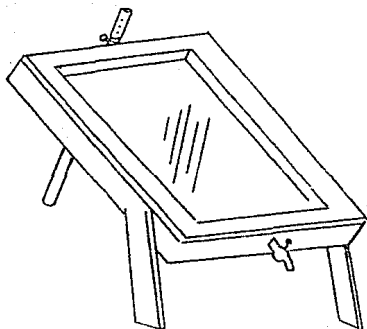


FIG. 42 Calentador inclinado

Tipo Almohadilla

Otro calentador de agua denominado tipo almohadilla es fabricado de polivinilo negro sellado colocado en una plataforma horizontal de madera o sobre un techo que mire al sur, ver fig. 43.

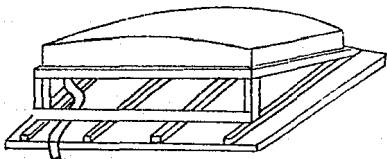


FIG. 43 Calentador tipo almohadilla

Calentador a nivel del suelo (38)

En un tipo particular de calentador se elimina la estructura de soporte. Este consta de un marco rectangular de madera, sobre el cual se coloca una lámina de plástico, esta última es clavada a los marcos formando una especie de bandeja que contiene el agua. Se introduce a continuación una capa de 5 cm. de agua y sobre está se coloca otra lámina de plástico negro (polietileno negro o goma butílica negra) que flotará y cuya función será transmitir la radiación al fluido y evitar que el vapor de agua condense en la lámina de plástico transparente superior (Mylar o polietileno) que actúa como trampa de calor. El llenado y vaciado se puede realizar por medio de un trozo de manguera flexible, de tal forma que uno de sus extremos alcance la base de la capa de agua y el otro extremo se ata a un palo vertical a un nivel suficientemente alto para evitar que se salga el agua. En su llenado se vierte agua por el extremo elevado con la ayuda de un embudo y para su vaciado se succiona el agua del tubo para hacer un sifón y verter el líquido en un recipiente colocado en un nivel más bajo. Puede además usarse un termómetro para obtener una lectura rápida de la temperatura del agua, ver fig. 44

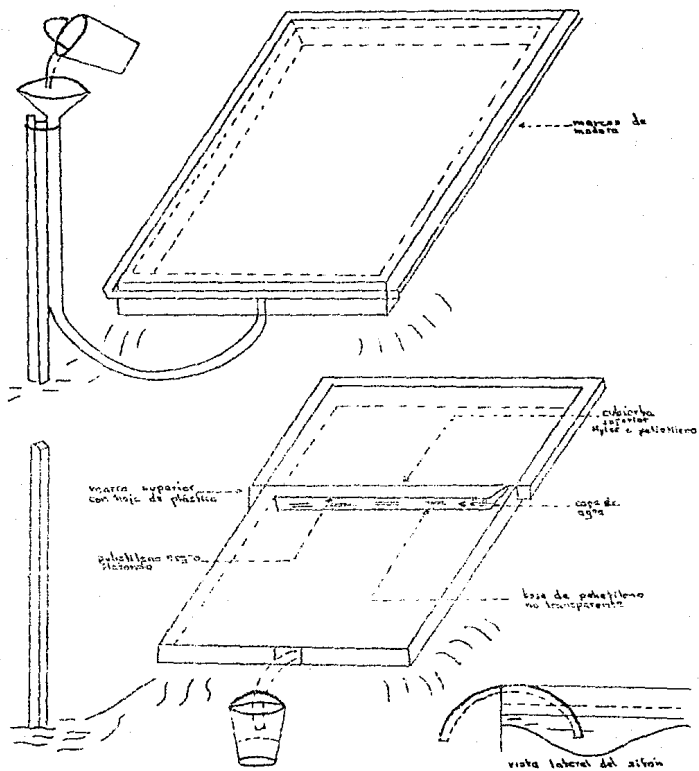


FIG. 44 Calentador a nivel de suelo

USOS

El mayor impacto de los calentadores a sido el calentamiento de agua ya sea está doméstica o industrial, ésta última usada en procesos alimenticios que necesitan el flujo a baja temperatura (menor de 60°C). Pero la instalación de colectores solares en casas ya construidas es costosa. Por tal motivo a pesar de los posibles ahorros de energía que esto supone para un país no resulta atractiva la instalación de estos a menos que se acoplen a la casa en el momento de su construcción⁽³⁶⁾.

CENTRAL DE TORRE

PARTES QUE LA FORMAN

Dentro de los sistemas que se han propuesto para concentrar la radiación se encuentra la "central de torre". Este sistema se puede dividir en 4 partes:

- .Campos de espejos orientados (helióstatos^(*)).
- .Torre con el receptor central en la parte superior.
- .Sistema de almacenamiento de calor.
- .Sistema de conversión de calor.

HELIOSTATOS

El sistema de espejos es formado por un gran número de reflectores (helióstatos) que cubren un área bastante grande, cuya función es enfocar toda la energía que reciben hacia un solo punto (colector central) localizado en la parte superior de la torre. La naturaleza de los espejos utilizados es variada y depende de la magnitud del factor de concentración buscado^(*), pudiendo ser: planos, esféricos o cilíndricos, ver fig. 45.

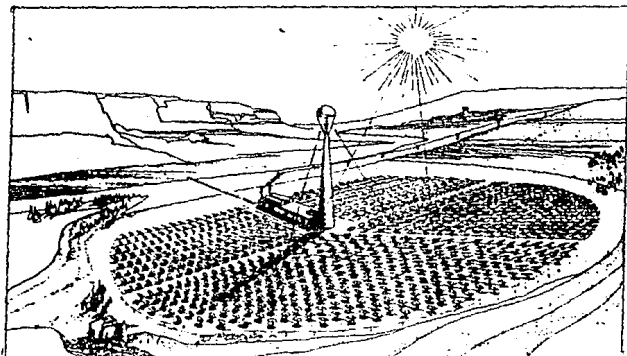


FIG. 45 Panorama general de una central de torre

Potencia y orientación

La potencia de la instalación esta determinada por la superficie del campo de espejos asociados a la torre. Si esta es muy pequeña no permitirá realizar una concentración suficiente, por el contrario, al ser muy grande se dificultará la precisión de la puntería que hay que obtener con los espejos más alejados. Por tal motivo, cada helióstato debe tener su propio sistema mecánico de cambio de dirección, para que de ésta forma la luz reflejada converja en un mismo punto, obteniéndose un factor de concentración prácticamente igual al número de espejos (24,34).

Al ser la orientación más difícil para espejos alejados

del receptor, éstos deberán tener un rastreo del sol más preciso y una estructura más rígida que evite la desviación por viento, ya que a medida que nos alejamos de la torre - el ángulo que forman los helióstatos con la horizontal - crece y por tanto también la separación entre ellos para - evitar sombra y bloques^(34,36). Pero la orientación total del sistema de helióstatos se realiza por medio de una computadora de mando central que sigue un programa fijo gracias a que el movimiento del sol es perfectamente pronosticable. Con esto se tiene la ventaja de que los espejos estarán automáticamente en la posición correcta después de un período sin sol.⁽³⁴⁾ Un sistema que sigue al sol es el denominado alt-azimut, se consigue girando la totalidad de la plataforma, lograndose con ésto la orientación azimut y la elevación de cada espejo del grupo se controla por un motor central, ver fig. 46.

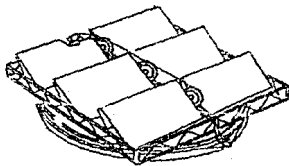


FIG. 46 Montaje alt-azimut

Instalación y costos

Los helióstatos se colocan en el centro de una columna rígida por lo que el ensamblaje de montaje y actuadores deben ser extremadamente rígidos para poder resistir la fuerza de viento, ya que entre mayor sea su superficie esté deberá contar con un sistema que le permita girar para estar de perfil (canto) al enfrentarse a grandes velocidades de viento⁽³⁴⁾.

La altura de la columna no debe ser menor que la mitad del radio del espejo pues de otra manera, éstos tocarán el suelo al seguir al sol al amanecer y al atardecer. Este ensamblaje es difícil de evaluar económicamente, debido a la limitada experimentación y prácticas efectuadas hasta el momento⁽³⁵⁾. Por ejemplo: dentro del costo total de la central los espejos representan del 30 al 50%, distribuyéndose de la siguiente manera; el 50% lo constituye el mecanismo de dirección y control que es la parte más importante, el 25% lo representa la cimentación y soporte y el otro 25% restante propiamente al espejo. Pero dependiendo de las dimensiones del helióstato el costo se distribuirá en forma diferente, ya que para dimensiones muy grandes se concentra principalmente en la cimentación y soporte⁽²⁰⁾.

En caso de utilizar helióstatos pequeños se requerirán estructuras de soportes ligeras, aberturas de receptor pequeña, con lo cual se consigue que las pérdidas de radiación en el receptor también sean menores; disminuya el peso

de. columnas; pero aumentará el número de actuadores de posición y estructuras de soporte.⁽³⁴⁾

EXTENSION DE CENTRAL

Como consecuencia de que las pérdidas aumentan con la distancia al receptor y en diferente forma en el lado norte y sur acentuándose más en el primero que en el segundo, - por tal motivo, en algunos proyectos no se colocan espejos en el lado sur de la torre, la cual se encuentra en el campo de visión de todos los espejos siempre teniendo cuidado de que no sean muy altas, ya que se presentan elevados costos y excesivas pérdidas térmicas, estas últimas debidas a que la abertura del absorbente se aumenta provocando una disminución en su temperatura y como consecuencia de su rendimiento.⁽³⁴⁾ Algunos⁽³⁶⁾ establecen que el diámetro del campo de espejos debe de ser de 3 a 5 veces la altura de la torre, mientras que otros⁽³⁴⁾ sugieren un máximo de 1.Km.

TIPOS DE RECEPTORES

Existen dos tipos de receptores utilizados en estas centrales; los de cavidad que pueden ser verticales u horizontales y el de superficie externa (cilíndrico).

Receptor de cavidad vertical

Dentro de las características principales de los receptores de cavidad vertical se encuentran.⁽³⁴⁾

.Requieren mayor área de transferencia de calor.

al permitir solo el paso de la energía a través de su abertura inferior.

.Son de mayor peso.

.Su costo es elevado.

Estos receptores deben contar con un absorbente que - tenga un buen índice de absorción de luz sobre la totalidad del espectro, que en conjunto con la cavidad puedan alcanzar hasta un 98% de absorción. Para conseguir ésta última, la cavidad usa tubos regos los cuales se encuentran insertados en una sección en forma de pera cuyos extremos estan - puntiagudos y orientados hacia la luz, de tal manera, que la que no es absorbida en la superficie del tubo sea nueva mente reflejada hacia el interior, ver fig. 47.

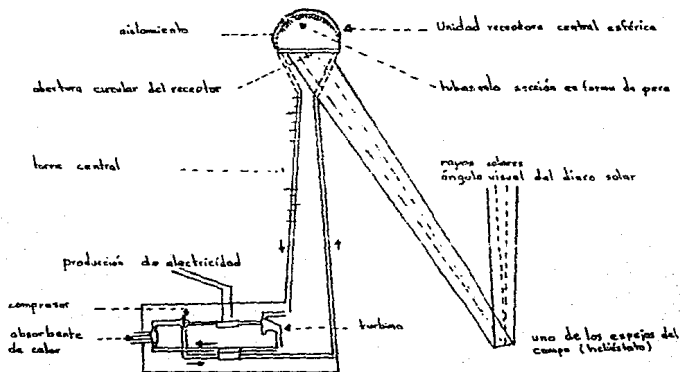


FIG. 47 Torre acoplada al sistema de generación

Esta sección absorbente se coloca sobre la torre de manera que no se impida que la luz entre por su abertura, - procurando que la dimensión de esta sea mayor que el diámetro de uno de los helióstatos, ya que los rayos de luz solar no son paralelos sino que llegan al espejo con un determinado ángulo.

En estos receptores es más fácil controlar las pérdidas por convección al impedir que el aire calentado en la cavidad se escape hacia arriba ya que la parte superior - se encuentra aislada, ver fig. 48.

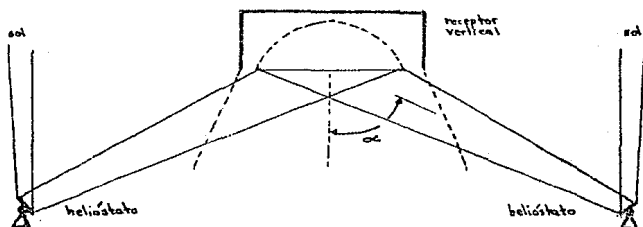


FIG. 48 Receptor vertical

Como consecuencia de que el diámetro real de abertura del receptor se debe incrementar al crecer la extensión - del campo de espejos, es más rentable instalar un receptor de cavidad horizontal.

Receptor de cavidad horizontal⁽³⁴⁾

El receptor de cavidad horizontal parece ser el

más ventajoso cuando hay poca altura de torre y el ángulo de incidencia de la radiación es plano como ocurre para los helióstatos muy distantes. En este receptor se recoge la luz en una sola dirección siendo necesario utilizar tres o cuatro receptores cuando la torre está localizada en el centro del campo de espejos. Por esta causa es más difícil controlar las pérdidas por convección, ver fig. 49 y 50.

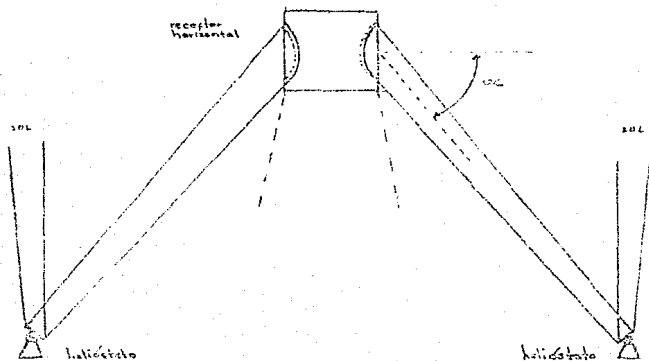


FIG. 49 Receptor de cavidad horizontal

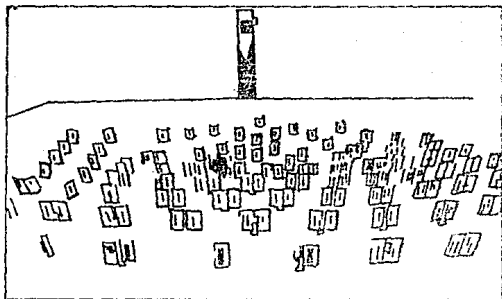


FIG. 50 Central de torre con receptor de cavidad horizontal.

Receptor de superficie externa (34)

Por su parte el absorbedor de superficie externa se caracteriza por:

- .Requerir menor área de transferencia de calor.
- .Poder ser alcanzado desde cualquier posición - por la luz reflejada.
- .Ser ópticamente superior a los receptores antes mencionados.

Este diseño se está considerando actualmente y no es más que un cilindro vertical que absorbe la luz en su superficie exterior, de tal manera que no se requiere ninguna cavidad. Su tamaño es similar al receptor de cavidad horizontal, pero es más económico que el de cavidad vertical.

Dentro de sus inconvenientes se encuentran:

.Altas pérdidas convectivas, por lo cual se reduce en gran medida el rendimiento óptico de la totalidad del sistema.

.Su atractividad baja como consecuencia de que el 80% del costo total lo representan los helióstatos y no el absorbente, de tal manera que sería deseable recoger una mayor cantidad de luz sobre el absorbente (cilindro).

Selección del receptor(20)

La selección del mejor tipo de receptor es un problema difícil y actualmente ambos tipos se están investigando con igual atención (receptor de cavidad y superficie exterior). Pero en cualquiera de los casos su principal limitación es su capacidad por unidad de área para transferir hacia el fluido de trabajo el flujo de energía que recibe, el cual depende de los siguientes factores:

- .Diferencia de temperatura entre el receptor y el fluido.
- .Coeficiente de transferencia de calor.
- .Velocidad de flujo másico
- .Esfuerzos al que es sometido el material del receptor (absorbedor).

FUNCION

La central solar termoelectrica es similar a una convencional de combustible, la diferencia reside en que la energía utilizada por la caldera no proviene de combustibles sino de los rayos solares. Estas centrales son conectadas a una red de potencia eléctrica que permite satisfacer la demanda de energía en ausencia de rayos solares. Pero en caso de que funcione en forma independiente utilizará combustible tradicional.

Debido a que el sistema de generación de energía y la unidad de almacenamiento de calor son demasiado grandes y pesados como para estar montados junto al receptor en lo alto de la torre, ambos se colocan sobre el suelo y el

fluido de funcionamiento circulará hacia arriba y hacia abajo en conducciones aisladas, ver fig. 47.

Entre los fluidos que se utilizan para captar la radiación en estas centrales se encuentran: sales fundidas (nitrato de sodio fundido a 260°C), azufre líquido (entre 113 y 444°C), sodio líquido (entre 98 y 880°C)^(22,26,34)

CARACTERISTICAS DE LA CENTRAL

Dentro de las principales características del sistema central de torre se encuentran:

- .Todas sus partes utilizan tecnología conocida.
- .El sistema de conversión de calor puede ser del tipo convencional.
- .El calor no necesita ser transportado a grandes distancias evitando con esto el exceso de tubería y pérdida de calor.
- .La energía se transporta al punto central por transmisión óptica.
- .El costo/Kw de electricidad producida en un clima soleado, comparado con el costo en un clima nublado, se incrementa proporcionalmente al descenso de la energía solar en forma de radiación directa.
- .Los lugares elegidos para colocar estas centrales se deben encontrar en altitudes^(*) elevadas ya que la turbulencia^(*) del aire es menor en estas y en caso de presentarse cielo nublado la luz difusa es mínima.

.La capacidad de la instalación se debe encontrar - entre 1 y 100 Mw (la capacidad óptima esta alrededor de los 100 Mw/unidad) ya que por encima de este nivel cae el rendi miento y sube el costo de construcción/Kw y por debajo los generadores fotovoltaicos parecen ser más prometedoras ⁽³⁰⁾

.Se debe evitar las atmósferas cargadas de salitre,

MODIFICACIONES DE ESTA CENTRAL

Una variación de este tipo de centrales es la que - utiliza colectores cilíndricos ó esféricos, en ambos casos cada colector esta dotado de una caldera, por lo cual el - campo de espejo formará una gran olla de presión o un gran tubo dependiendo del tipo de captador utilizado. En esta - se obtienen temperaturas que no supera a los 400°C. por lo que su rendimiento es inferior al de la central de to-- rre.

Al conectarse los colectores en serie ó paralelo se - pueden construir centrales de energía de cualquier tamaño pero se presentan algunos inconvenientes como son:

.Recoger el calor a grandes distancias por medio de -- conexiones que deben ser flexibles.

.Requerir orientación en dos ejcs.

.Presentan problemas de limpieza.

PERSPECTIVAS

Se considera a la central de torre como la única opción tecnológica entre las de aprovechamiento termodinámico de

la energía solar que permitirá en el futuro la generación de grandes cantidades de energía⁽²⁰⁾.

En el caso de México, el Instituto de Investigaciones Eléctricas se ha dedicado a la investigación de esta área, encaminando sus estudios a lo siguiente; revisión de tecnologías empleadas en otros países y determinación de los requerimientos de material y su disponibilidad en México⁽²⁹⁾.

ESTANQUE NO CONVECTIVO

FUNCIONAMIENTO

Sistema que permite captar y almacenar energía en una sola unidad, por este motivo tiene grandes ventajas sobre todo tipo de colectores. El concepto de su funcionamiento se basa en que una forma de captar energía solar es utilizar una área horizontal que contiene una masa de agua, que al presentar un gradiente de concentración salino absorbe la radiación con el consecuente aumento de la temperatura de sus zonas inferiores. Se ha utilizado en procesos de calentamiento donde se requieran temperaturas bajas en el intervalo de $50-90^{\circ}\text{C}$ ⁽⁸⁾ y en generación de energía eléctrica; en esta última se toma el agua caliente del fondo del estanque y se bombea a un intercambiador de calor que funciona como evaporador en cuyo interior se evapora un líquido orgánico de bajo punto de ebullición. El vapor así obtenido mueve un turbogenerador de baja presión. A la salida de la turbina ⁽⁹⁾ el vapor orgánico se condensa gracias a un condensador que utiliza agua fría tomada del estrato superior del mismo estanque. El líquido orgánico condensado se inyecta de nuevo al tanque evaporador cerrándose el ciclo interno. Tanto el agua caliente como la fría de los ciclos externos son bombeados de un extremo del estanque y regresan por el otro con el fin de reducir la agitación al mínimo ⁽⁸⁾, ver Fig. 51.

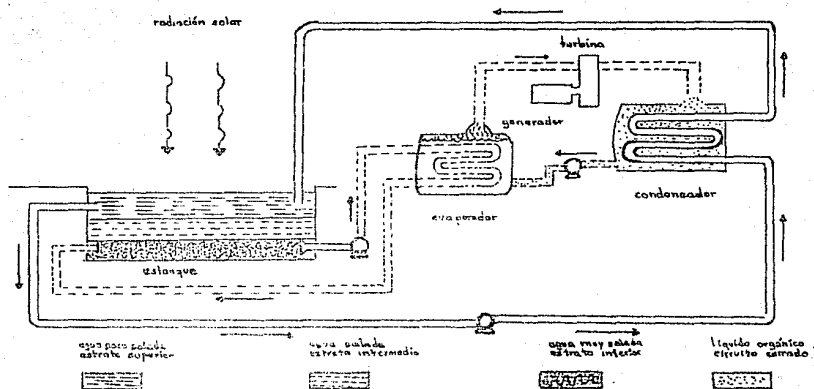


FIG 51: Estanco no convectivo acoplado a un sistema de generación de electricidad

Clasificación de zonas

Un estanque solar no convectivo consta de tres zonas; una superior y una inferior, ambas convectivas y otra intermedia no convectiva⁽³⁾, ver fig. 52.

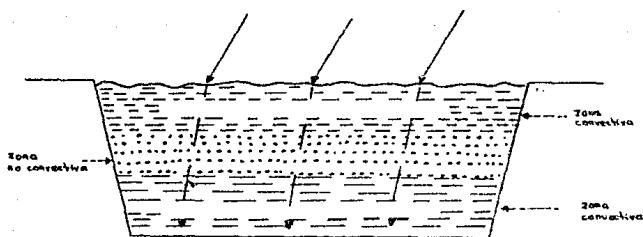


FIG. 52 Corte de un estanque solar

La convección natural que se produce en el estanque debido al aumento de la temperatura del fondo se evita al formar un gradiente salino en dirección vertical, en donde la concentración aumenta hacia el fondo, con esto el decremento de la densidad debido al perfil de temperatura es contrarrestado por el incremento de concentración de sal. En las zonas convectivas la temperatura y la concentración de la sal se mantienen uniformes, mientras en

la zona intermedia no convectiva se construyen gradientes de temperatura y concentración, con el fin de aislar térmicamente la zona inferior de la atmósfera⁽⁸⁾, ver fig. 53.

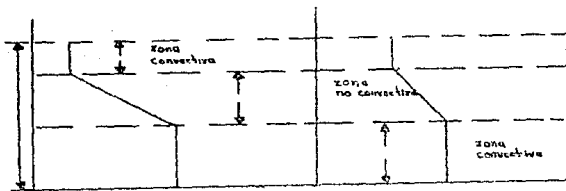


FIG. 53 Perfil de concentración y temperatura

El estrato superior es compuesto por agua relativamente dulce y no es energéticamente útil más que como aislante, procurándose que sea lo más delgado posible (0.1 m - 0.3 m)(3,8,20).

El estrato intermedio con agua cuya salinidad aumenta hacia abajo puede llegar a tener un espesor de 1 M.^(8,20)

Por su parte, el estrato inferior con alta concentración salina es el que almacena la mayor cantidad de energía y puede calentarse tanto que la densidad motivada por la concentración sea vencida por la dilatación, en cuyo -

caso se inician las corrientes de convección hacia arriba -
 (20 cm. en una profundidad total de 100 cm.), pero esto in-
 crementa la capacidad de almacenamiento del estanque sin -
 destruir la estabilidad del sistema^(8,36),

.Al quedar el estanque aislado por la masa de agua -
 superior se perderá la energía almacenada únicamente por -
 conducción a través de ella y al ser baja la conductividad
 térmica de esta las pérdidas serán mínimas.

Tipo de sales

Las sales utilizadas en estas unidades deben tener
 una solubilidad que aumente fuertemente con la temperatura,
 no solo cuando se trabaje cerca de la saturación, sino aún
 con soluciones diluidas (el Na_2SO_4 no resulta ser un buen
 candidato, mientras que el KNO_3 ^(7,20) y el NH_4NO_3 si lo son:
 el NaCl ⁽⁷⁾ puede ser poco adecuado pero funcional debido a -
 su abundancia, ver fig. 54. Además se necesita que al ser --
 adicionadas a el agua no afecten radicalmente las propieda--
 des ópticas de éstas y que la conductividad y difusividad -
 térmica sean de su misma magnitud puesto que el calor se -
 pierde por conducción a través de la zona no convectiva, en
 ambos casos las sales inorgánicas son las adecuadas⁽⁹⁾.

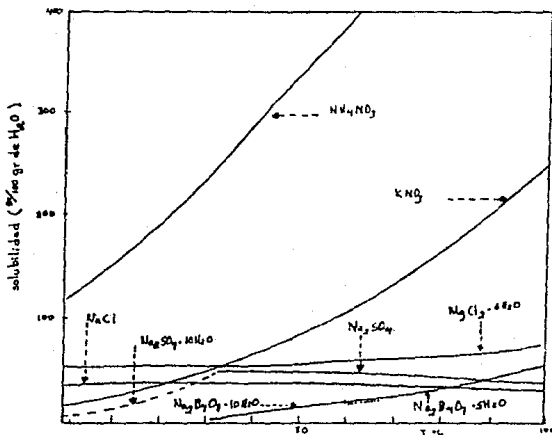


FIG. 54 Solubilidad en función de la temperatura.

Las pruebas han demostrado que para un estanque de una hectárea, la profundidad óptima es de 2.5 m. y la concentración de sal ($MgCl_2$) debe aumentar a razón de $150 \text{ kg/m}^3/\text{m}$ de profundidad⁽⁸⁾, consiguiéndose en condiciones estáticas, temperaturas en el fondo de 93°C (en estanques de pruebas más pequeños se ha llegado hasta temperaturas de 103°C , excediéndose así la temperatura de ebullición del agua dulce^(8,34). Pero en general en estos estanques las -

temperaturas más altas en estado estacionario se consiguen con profundidades de 2 M⁽³⁶⁾.

Factores que afectan la concentración

El perfil de concentración es afectado por los siguientes factores⁽⁴⁾ :

.El oleaje ocasionado por el viento que da lugar a un mezclado indeseable.

.El aumento de la concentración superficial ocasionada por la evaporación y la difusión de sales.

.La extracción de calor que puede producir perturbaciones en el sistema.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Dentro de las principales características del sistema se encuentran:

.Permite captar energía al ser un almacén térmico adecuado, como consecuencia de la gran masa de fluido que lo forma, lo que permite que en días nublados de baja insolación se afecte poco la temperatura de la zona inferior.

.Es fácil de construir.

.No requiere materiales caros ya que opera a baja temperatura y presión.

.Su operación es simple.

.Su mantenimiento es económico.

.La foza es hecha en la tierra con dimensiones laterales grandes y de poca profundidad, pero su forma no es un factor muy importante desde el punto de vista de funcionamiento debido a que los parámetros de diseño son básicamente área y profundidad⁽²⁾.

.La radiación solar transmitida a través de la capa de agua disminuye con la profundidad.

PERSPECTIVAS

Parte del éxito de estos equipos se debe al desarrollo paralelo de turbinas de baja temperatura que operan con fluidos de alto peso molecular (freón) y permiten generar energía mecánica y eléctrica^(8,20).

A pesar de estar cerca su viabilidad económica, aún no puede considerarse como una tecnología madura. En países como Israel, URSS, India, Chile, Argentina, Iran y Australia, los estanques construidos o programados son relativamente pequeños y han sido desarrollados y operados con propósitos de investigación, más que como respuesta a necesidades energéticas concretas⁽²⁰⁾. Se ha estimado que los pequeños estanques difícilmente alcanzarán viabilidad económica debido a que en ellos las pérdidas térmicas a través de las paredes pueden ser excesivamente altas.

PROBLEMAS TECNOLÓGICOS

Dentro de los problemas tecnológicos importantes a los que se enfrenta el estanque no convectivo se

encuentran:

.La escasa investigación sobre las consecuencias que ocasiona; viento, evaporación, lluvia, enfriamiento, calentamiento y mecanismo de mezcla, sobre la capa convectiva-superficial.

.Determinar el espesor óptimo de la capa no convectiva y como controlar su gradiente de concentración.

.La mejor manera de como extraer el calor, ya que es decisivo en el comportamiento del estanque.

DESTILADORES

FUNCIONAMIENTO

El equipo utilizado opera satisfactoriamente por gran des períodos y bajo mantenimiento al ser sus partes componentes estáticas que son relativamente simples en construcción y para un lugar dado su comportamiento puede ser predicho con razonable certeza.

Consta de una bandeja negra y larga que contiene el fluido a destilar, la cual esta cubierta con un techo de vidrio a dos aguas con poca pendiente que desagua en canales situados en ambos lados. Los rayos solares atraviesan la cubierta transparente y son absorbidos por el fondo ennegrecido y a medida que se calienta el fluido, su presión de vapor sube, este vapor condensa en la cara interior del vidrio en forma de una película uniforme, para finalmente correr hacia los canales que la conducen al depósito, - ver fig. 55 y 56.

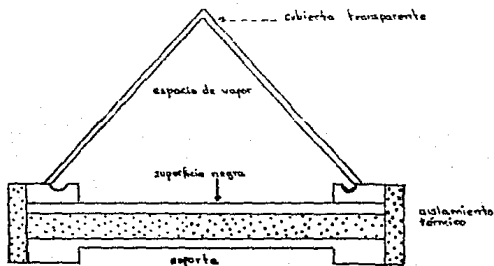


FIG. 55 Destilador solar de dos aguas

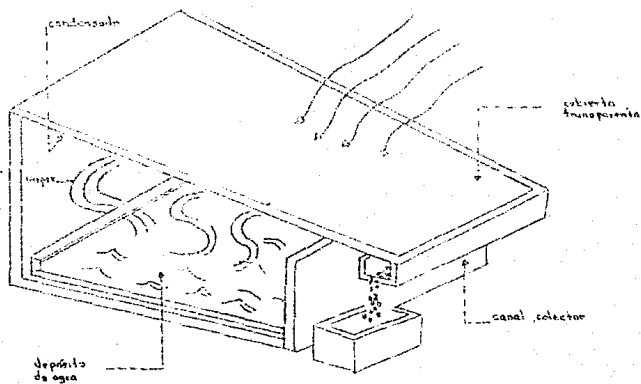
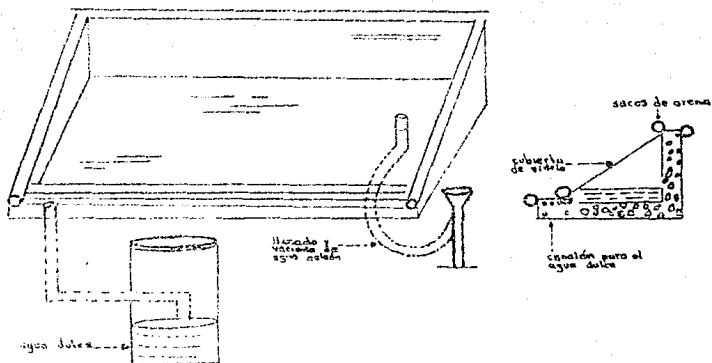


FIG. 56 Destilador solar de una sola agua

La unidad funciona como una trampa de calor ya que la cubierta es transparente a la luz solar incidente, pero opaca a la radiación infrarroja larga emitida por el agua caliente. Impide además que se escape el vapor y que los vientos enfríen el fluido a destilar. En la práctica no más del 80% de la radiación solar incidente será absorbida en un destilador solar. Para esto es necesario conservar la cubierta libre de excesivo polvo y asegurar que la formación de costras de sal sobre la superficie acuosa y del recipiente sea minimizada⁽³³⁾, ya que la circulación interna del vapor es ocasionada por la diferencia de temperatura entre la superficie de agua que se destila y la superficie de la cubierta.

Aunque la operación de un destilador solar parece ser simple en principio, deben considerarse una gran cantidad de factores, ya que si no alcanza una posición favorable es debido a la investigación y desarrollo a la que se ha sometido y efectuado en los últimos años. Como resultado de esa investigación, ahora se tienen mejores conocimientos de los efectos termodinámicos y geométricos sobre la operación, siendo la esperanza el alcanzar costos menores. Pero a pesar de las muchas ventajas de los destiladores como una forma de desalinización, hay renuencia a aceptar este método de producción, ocasionado principalmente por los costos de inversión, por lo que es necesario considerar un período de amortización de por lo menos de 10 años. Este período extenso implica el uso de materiales de construcción que sean capaces de resistir las condiciones ambientales severas a las cuales un destilador es normalmente --

sujeto.

Materiales de cubierta

Los materiales usados en cubierta han sido el vidrio y el plástico y dentro de las ventajas de este último están; el ser más barato, menos rompible, más ligero para transportarse, más fácil de construir y montar; pero su vida media es más corta, además de que la condensación en estos es en gotas y no en forma de película uniforme.⁽³⁸⁾ lo que ocasiona que se refleje parte de la radiación incidente, dando al techo un aspecto plateado que ocasiona que algunas gotas caigan hacia la superficie acuosa antes de que lleguen a los canales drenadores, particularmente cuando el techo plástico es agitado por el viento. Existen una serie de tratamientos, pero la mayoría de ellos no son permanentes, sin embargo por medio de una técnica especial se araña mecánicamente el plástico no mojable y se transforma en mojable⁽³⁸⁾ con lo cual se consigue que en esta superficie el fluido que condensa se extienda uniformemente elevando con esto el rendimiento de destilación y teniendo la ventaja de que este tratamiento si es permanente, por lo que los plásticos tratados deben ser resistentes a la luz solar y mecánicamente fuertes. Plásticos como polietileno, los celulósicos, los acetatos, el cloruro de polivinilo y poliestireno, tienen una vida muy corta a la intemperie, pero en los últimos años la desventaja de los plásticos se empieza a superar, al soportar algunos de ellos varios años de exposición a la intemperie.⁽³⁸⁾ Por ejemplo el Mylar W (dupont), el Tedlar (Dupont) y el Aclar (Allied Chemical)

son capaces de soportar una exposición continua a la intemperie.

En el caso del vidrio el usado es el común de 4 o 5 mm . de grueso y su gran desventaja es el ser fácilmente rompible.

Pendiente de cubierta

La pendiente de la cubierta según se ha demostrado tiene únicamente un pequeño efecto sobre la operación, pero por razones económicas está será tan baja como sea posible - para obtener estabilidad estructural y buen drenado del destilado. En la práctica una de 10° es la mínima, mientras que una de 18° es la usada para una buena estabilidad estructural contra vientos⁽³²⁾.

Factores que afectan el rendimiento

Los estudios detallados de la absorción en: material latitud y orientación, han indicado que estos parámetros no afectan considerablemente y que el funcionamiento depende - más de condiciones operacionales dentro de los cuales se - pueden citar:(39)

- .Intensidad de radiación solar.
- .Temperatura y velocidad del aire.
- .Aproximación al equilibrio entre superficie evaporante y condensante.
- .Area de condensador
- .Velocidad de difusión del vapor del fluido a través de la película de aire estancada hacia la cubierta.

.Espesor de la capa de fluido a destilar (entre - más fina sea esta, la inercia del sistema es menor).

.El tener zonas de sombra que se ponen más de -- manifiesto para pequeñas alturas de sol.

.Considerar que el sistema posee una inercia térmica elevada.

.Los puentes térmicos

.La forma que tiene el fluido para condensar sobre el vidrio ya que al no hacerlo en forma de película si no en forma de gota se reflejará una parte relativamente im -- portante de radiación.

Así un ejemplo es la reducción de la producción - cerca del 50% que puede resultar por permitir la formación de capas reflejantes de sal sobre el recipiente y la superficie acuosa. Por tal motivo, el agua remanente se debe -- vaciar cada determinado tiempo antes de que la cristalización de comienzo.

Se pueden conseguir eficiencias del 35% con diferentes tipos de destiladores al contar con cielo brillante y aire templado. Pero con algunos otros diseños se pueden - obtener rendimientos del 50 al 60%⁽³⁸⁾. Además la cara frontal del destilador se debe aislar ya que la falta de ésta - supone una disminución en la producción del 4 a el 6%⁽³²⁾. Por su parte la superficie interna trasera del destilador - puede ser reflectora o absorbente, siendo preferible la - primera e influye de tal forma que al ser reflectora la -- producción aumenta en un 25%⁽³²⁾.

Parámetros de construcción

En su construcción se toman en cuenta diversos -
 párametros como son:

Parámetros externos: los de insolación y metereo--
 lógicos (flujo solar, velocidad del viento, etc.)

.Parámetros internos: los geométricos (inclinación
 de cubierta) y los de funcionamiento (temperatura, nivel de
 fluido).

Ventajas

Dentro de las ventajas que ofrece el sistema estar:
 .Ningun problema sobre almacenamiento de energía.

.Los materiales locales pueden frecuentemente ser
 usados en su construcción.

.Mano de obra semi-experta puede usarse para cons-
 truir y operar.

.Su capacidad puede ser incrementada fácilmente -
 en alguna cantidad después de que la primera unidad es -
 construida.

.Las concentraciones de sustancias en aguas salo-
 bres (*) influye de tal forma que se debe tener una mayor o-
 menor frecuencia del lavado de la base para la expulsión -
 de estas.

TIPOS DE DESTILADORES

Existen diversas versiones de destiladores y a continuación se describen algunos:

Destilador con paño (38)

Como la temperatura de la capa superficial del fluido determina la presión de vapor, esta debe ser tan alta como sea posible. En el caso de mojar paño negro con una delgada película de agua, esta se calentará mucho más de lo que lo haría una gran masa de fluido sometida a las mismas condiciones, particularmente si el material debajo es un buen aislante y una buena barrera. No es necesario que estos paños estén horizontales ya que se pueden inclinar para recibir más cantidad de luz solar en un área dada. Un destilador particular se fabrica de madera sostenido en estructura de hierro mirando al sur y formando un ángulo con la horizontal. El fondo aislante se recubre con una hoja de plástico impermeable sobre el cual se coloca un paño negro y sobre este una cubierta de plástico o vidrio. Un paño está sumergido en la parte superior en un canalón lleno de fluido a destilar desde donde se difunde por capilaridad. Su flujo puede controlarse ajustando la altura que este tiene que superar y si es necesario añadir más capas de paño en la parte superior, ver fig. 57.

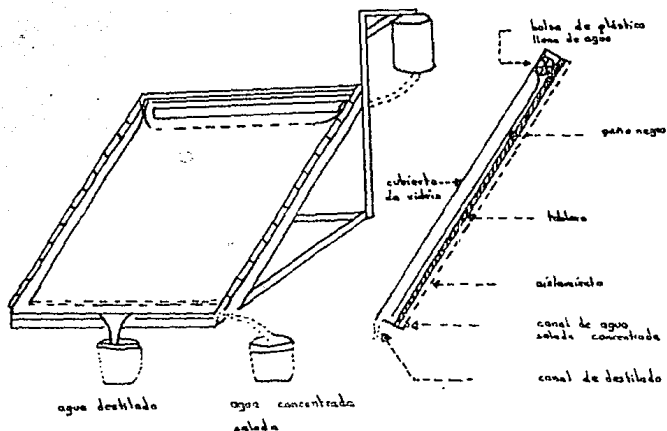


FIG. 57 Destilador con paño

Dentro de las dificultades que presentan están; escapes, sobrecalentamiento en zonas secas del paño y obstrucciones en los pequeños tubos de admisión del fluido.

Algunos destiladores de este tipo tienen el paño colgado verticalmente con superficies condensantes en ambas caras, pero las vibraciones producidas por el viento hacen que se junten las películas de agua salada y dulce.

Destilador con mecha evaporante

La mecha es humedecida con fluido desde el canal superior para ser calentada por la radiación que entra a través de la cubierta. Con esto la parte superior de la mecha eleva su temperatura evaporando agua que condensa en la parte interior de la cubierta. Otra parte de calor pasa hacia la superficie más baja de la mecha para evaporar más fluido que condensa en la parte inferior. El agua condensada es colectada en la parte superior e inferior y el agua salina es dirigida hacia abajo para su expulsión. Para conservar constante la velocidad del fluido el diámetro de la mecha debe ir disminuyendo uniformemente, ver fig. 58.

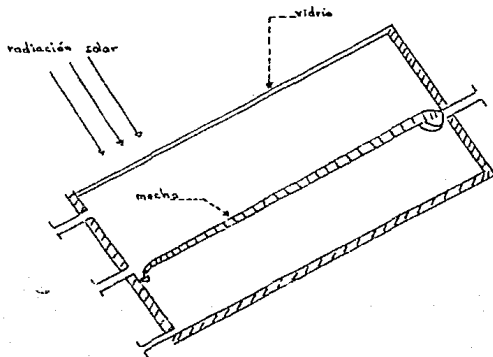


FIG. 58 Destilador de mecha evaporante

Destilador con superficie metálica

En caso de requerir incrementar la productividad de los destiladores simples se debe realizar una modificación a la superficie de condensación, esto se logra manteniendo uno de los lados de la superficie de entrada sin cambios, pero la otra parte se hace de metal negro con aletas con lo cual se consigue elevar la producción de fluido destilado en un 11%, ver fig. 59.

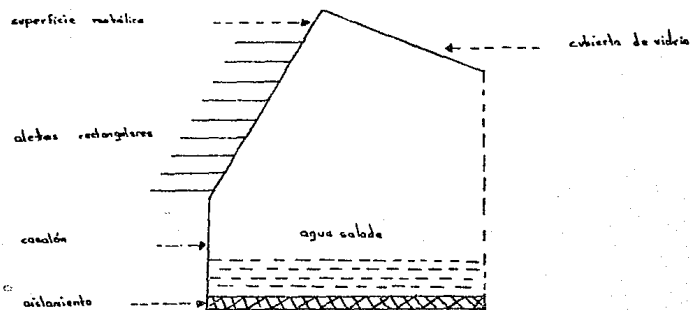


FIG. 59 Destilador de superficie metálica

Destilador esférico de barrido

Es formado por una esfera de plexiglás u otro material plástico transparente que descansa sobre unos soportes. En la parte media de la esfera se encuentra la

cubeta que contiene el fluido a destilar, la cual se encuentra aislada en su parte inferior y sostenida por dos apoyos situados en el interior de la esfera, ver fig. 60

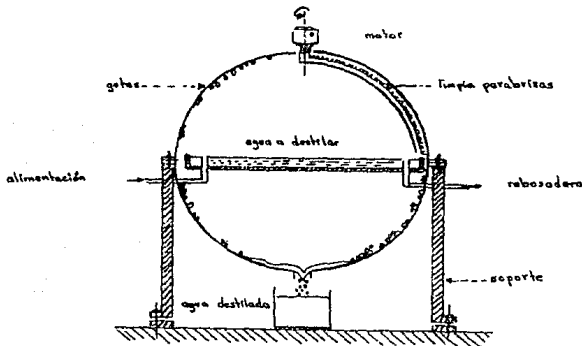


FIG. 60 Destilador esférico de barrido

La condensación se efectúa sobre la semiesfera superior y el condensado se recoge en la base de la semiesfera inferior. Durante su operación se presentan dificultades en su evacuación, al fluir muy mal en la parte superior dando lugar a una opacidad que influye directamente en su eficiencia. Para remediar este inconveniente se instala un sistema mecánico de recuperación formado por un limpiaparabrisas movido por un motor eléctrico. Cualquiera que sea el diámetro del destilador esférico y para una determinada radiación

cotidiana siempre se encuentra que el valor óptimo es alrededor de dos vueltas por minuto.

Su eficiencia es superior al destilador plano acen--tuándose más cuando es preponderante la radiación difusa.

Destilador cilíndrico inflado

Este es de plástico y dura más porque no se esti--ra sobre materiales estructurales rígidos y angulosos pero se desinflan al agujerarse. Un tipo particular consta de un cilindro de Tedlar emnegresido que se mantiene inflado - por una pequeña presión ori--ginada por un ventilador. El des--tilado se recoge sobre canales localizados a media altura - en los extremos circulares, ver fig. 61.

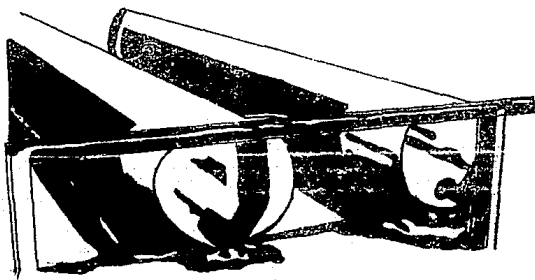


FIG. 61 Destilador cilíndrico

Destilador con mecha de polietileno

Este utiliza una mecha tubular de polietileno - microporoso ennegrecido e incluido en un tubo transparente. El fluido evaporado asciende por la mecha mientras las impurezas caen a lo largo de la superficie de polietileno. El agua se condensa sobre el tubo exterior y fluye hacia la base donde se recoge, ver fig. 62.

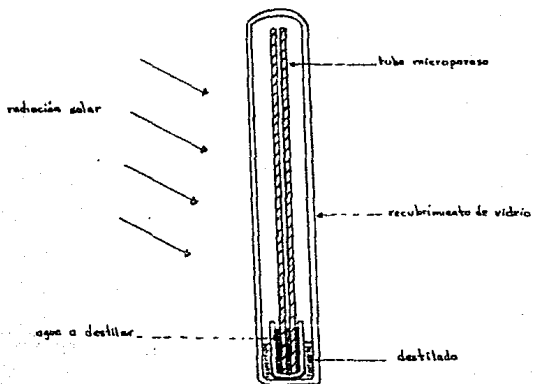


FIG. 62 Destilador que utiliza mecha de polietileno

COMPARACION CON OTROS SISTEMAS

La producción de agua potable a partir de agua salada en plantas industriales por medio de algunos métodos tradicionales resulta más económica que utilizando energía solar, pero en unidades pequeñas la destilación solar es más rentable (38):

Los países a la vanguardia en este campo son; E.U., - India e Israel.

CONVERSION FOTOVOLTAICA

FUNDAMENTOS

La conversión fotovoltaica es también llamada conversión directa de energía solar. Consiste en la transformación de energía calorífica a energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas que utilizan la energía de los fotones (*) de la radiación solar directa. Esta última es absorbida en semiconductores (*) generando pares de electrones que se separan en presencia de un campo eléctrico (*) produciendo con ésto una corriente.

FUNCIONAMIENTO

Rendimiento

Un número suficiente de celdas solares conectadas en serie producirán una corriente con una eficiencia aproximada del 15% (20,34,39). Este bajo rendimiento es debido a que la celda solar de silicio es insensible a la luz no visible y cerca de la parte infrarroja del espectro (*).

Dependencia con la temperatura

La producción de potencia utilizable en una celda descende cuando aumenta la temperatura, cuantificando las pérdidas en un 0.35-0.45%/°C de incremento de temperatura (la celda de silicio (*) libera 20% más potencia a 20°C que a 70°C) y en el mejor de los casos permanece constante (34). Por ejemplo; celdas que han sido colocadas en

el polo sur liberan más energía que la esperada en un clima templado, esto es debido a que los fotones de la luz solar transmiten su energía directamente a los electrones sin un paso térmico intermedio⁽³⁴⁾.

Funcionamiento de celda

El funcionamiento de una celda de silicio se describirá brevemente a continuación:

La celda tiene la forma de un "sandwich", ver fig. 63.

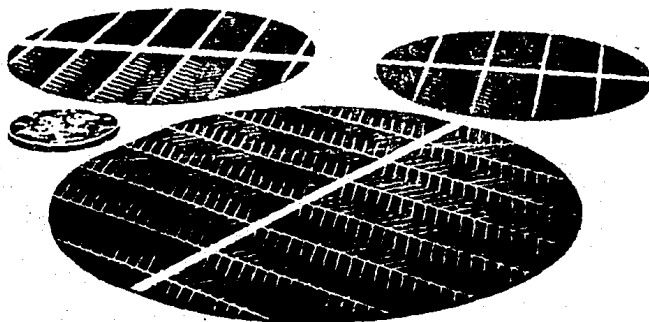


FIG. 63 Celda solar

Esta es constituida por dos capas delgadas de cristal de silicio a través de las cuales se presenta un diferencial de potencial eléctrico (*). Este último se logra al mezclar minúsculas cantidades de otros elementos (impurezas) constituyéndose así la capa límite o unión, que se forma cuando - en material tipo "p" se pone en contacto con un material - tipo "n". Lo anterior ocasiona que los electrones se difundan de la capa "n" a la "p", ya que estos tienen suficiente energía para dejar su capa más externa convirtiéndose éstos en agentes móviles y como consecuencia el cristal en un conductor eléctrico. Al suceder lo anterior cada electrón deja un sitio no ocupado llamado hueco (estos huecos son - móviles ya que el electrón de otro átomo puede desplazarse hasta el sitio no ocupado). Para hacer que la concentración de huecos móviles exceda a la de electrones (cristal tipo "p") al silicio se le debe agregar cualquier elemento de la tercera columna (generalmente boro) que se utilizan como - dopantes (impurezas) denominados aceptores. Su característica es que tienen 3 electrones de valencia (*) uno menos que el silicio. Así que al combinarse éstos toman los 4 electrones del silicio y aún les queda un lugar por llenar que lo adquiere de otro de silicio, de tal manera que se tiene un sobrante de huecos. Por el contrario, para que la concentración de electrones sea mayor que la de huecos (cristal tipo "n") se dopa (*) al cristal del silicio con elementos dadores siendo los más comúnmente usados los elementos de la quinta columna (en especial el fósforo) que tienen 5 electrones de valencia. Estos al combinarse llenan su capa externa y todavía sobra un electrón, por lo que éstos sobrantes tienden a -

salir de esta capa.

La mayoría de las celdas solares de silicio empleadas en aplicaciones terrestres son obleas (*) redondas de 5 cm. de diámetro y espesor de 0.3 a 0.5 mm. (34) ver fig. 63.

USOS

Esta tecnología es bien conocida ya que ha sido utilizada en los últimos años para proveer energía a los laboratorios y viajes espaciales, satélites, telereceptores, estaciones de radiotelefonía, controles de señalamiento en los cruces de vías y carreteras, bombas de agua para irrigación, etc.

VENTAJAS

Dentro de las ventajas que presentan estan:

- . No consumen combustibles
- . No hacen ruido
- . No producen riesgos para la salud
- . No generan desechos
- . No necesitan mantenerse ópticamente limpios ya que la contaminación ejerce solo un pequeño efecto en su funcionamiento (35)

. Aprovechan parte de la luz difusa por lo que son convenientes en la producción de electricidad aun en aquellas regiones en los que el clima predominante es nublado

. Estan asociados a un acumulador formando un sistema estático.

- . Se utilizan en situaciones donde su seguridad compensa el costo de las visitas de mantenimiento
- . No necesitan equipo especializado de mantenimiento ya que el panel es fiable y tiene larga vida
- . No tienen partes móviles
- . Operan a temperatura ambiente (salvo en sistemas de concentración)

ARREGLO DE CELDAS

Al formar una batería solar^(*) se debe tener cuidado en que todas las celdas presenten las mismas características eléctricas, de lo contrario se obtendrán malos paneles solares^(*). Estos se montan rígidamente y se orientan hacia el sur con una inclinación cercana a la latitud del lugar. Se asocian a una batería química recargable para salvar los períodos de insuficiente insolación por lo que es necesario utilizar elementos eléctricos como reguladores de voltaje que protejan a la batería y conviertan la corriente directa^(*) en alterna^(*) ya que la producida por una celda es continua^(20,35), ver fig. 64.

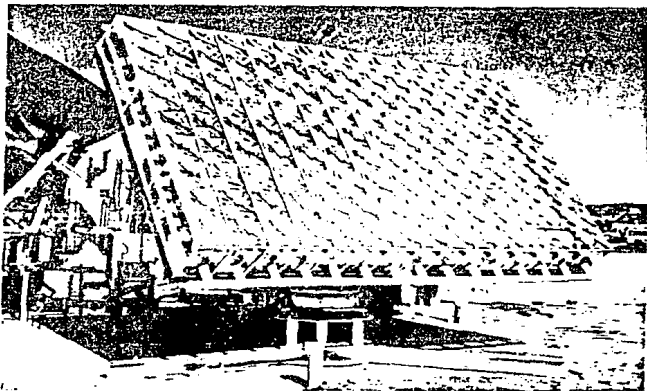


FIG. 64 Panel solar

Una central fotovoltaica se construye ensamblando miles de módulos (*) idénticos (de igual voltaje (a) y potencia) comercialmente disponibles, delgados y comparables en tamaño y peso a hojas de vidrio (34), ver fig. 64.

PROTECCION

Estas se protegen por ambos lados con láminas de vidrio con lo cual se logra mantener sus propiedades ópticas, mecánicas y eléctricas intactas durante largos períodos de funcionamiento (34), ver fig. 63 y 64.

PERSPECTIVAS

Con las ventajas antes mencionadas no es sorprendente que los arreglos de celdas vayan a producir una parte considerable de la energía que demande la industria y el consumo doméstico en el futuro, siendo una opción para el aprovechamiento de la energía solar en la que se tienen mayores esperanzas como fuentes de energía a pequeña escala y uso descentralizado (viviendas rurales alejadas de la red de transmisión de energía eléctrica).

Pero hasta ahora el uso generalizado de esta tecnología no ha sido posible debido a los altos precios de las fotoceldas.

SECADO

FUNCIÓNAMIENTO Y USO

Operación sumamente simple pero valiosa utilizada principalmente en agricultura. Intimamente relacionada con el "efecto de invernadero" pudiendo convivir con aparatos y equipos determinados a fin de optimizar su funcionamiento.

La utilización más elemental de esta operación es el secado de frutas o cosechas que consiste en extender el material sobre una superficie horizontal y exponerla a la radiación solar. El proceso puede trabajar en combinación con colectores solares y sopladores para mejores resultados.

En otro caso cuando es necesario el secado la calefacción del aire se realiza dentro del mismo compartimiento. Aquí el material se cubre con un plástico transparente que tenga dos aberturas por las cuales se realizará la circulación del aire presentandose así el "efecto de invernadero".

En un arreglo particular el colector se orienta hacia el sur y se conecta a un recipiente cerrado en el que se coloca el material a secar. El extremo inferior del colector esta abierto y toma el aire fresco por medio de la acción termosifón y a medida que es calentado este pasa a través de él. La temperatura del compartimiento se puede controlar cambiando la velocidad del flujo de aire⁽³⁴⁾ por medio de un ventilador, por lo que es posible seleccionar la mejor temperatura para un determinado producto.

Los ventiladores y sopladores pueden trabajar con -

energía eléctrica que puede ser proporcionada por celdas -
fotovoltaicas ó por medio de aparatos que aprovechen la -
energía eólica, ver fig. 65.

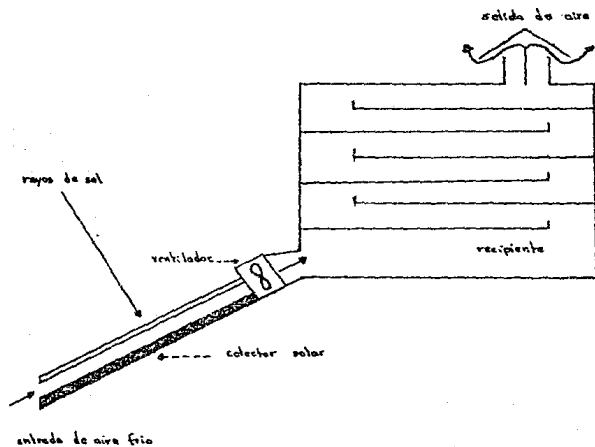


FIG. 65 Secador solar

ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL

FUNDAMENTO Y VENTAJA

Al enfriamiento y calentamiento ambiental se les denomina sistemas solares térmicos pasivos ya que en éstos la energía solar captada se convierte en calor sin el empleo de equipos auxiliares electromecánicos, tales como ventiladores o bombas (elementos activos). Su ventaja es que operan de manera natural y no requieren de elementos móviles que se desgasten. Prácticamente están exentos de mantenimiento y sus principios operacionales son sencillos y fácilmente comprensibles, además de ser estéticamente más atractivos que los que emplean colectores solares planos o de otro tipo. En algunos casos es necesario agregar elementos activos a fin de lograr una mayor eficiencia.

ENFRIAMIENTO DE ESPACIOS

Desde el punto de vista técnico el enfriamiento de espacios es más factible que el calentamiento. Esto es debido a que el primero se necesita cuando hay abundante energía solar y no hay necesidad de almacenar el calor. Se utiliza en edificios y es uno de los usos con más perspectivas. El método más sencillo consiste en hacer aberturas una en lo alto de la fachada norte y otra más en la parte superior e inferior de la fachada sur⁽²⁰⁾. Estas últimas se asocian a una cubierta de vidrio separada a una determinada distancia, provocando con esto, que el aire atrapado sea calentado ascendiendo por convección hacia la parte superior por donde escapa al exterior, ver fig. 66.

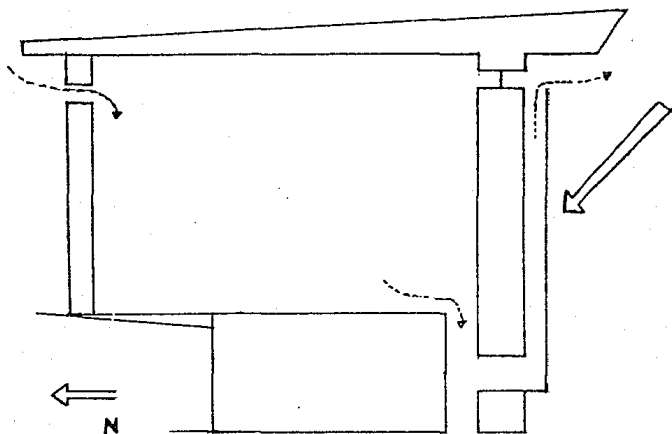


FIG. 66 Refrigeración solar

CALENTAMIENTO DE ESPACIOS

El sistema más simple de calentamiento es utilizar una ventana orientada al sur y según sea su tamaño puede contribuir con el 10 ó 20% a las necesidades de calefacción de viviendas⁽³⁷⁾. Además si esta cuenta con cortinas gruesas y aislantes se evitará la pérdida de calor a través del vidrio durante la noche.

Existen diversos arreglos para conseguir el calentamiento:

Sistema de ganancia directa

La energía solar es recibida en una superficie vidriosa orientada al sur colocada verticalmente, de tal manera, que el aire atrapado es calentado y por convección se dirige al interior del edificio donde aporta su calor ganado para nuevamente repetirse el ciclo, ver fig. 67

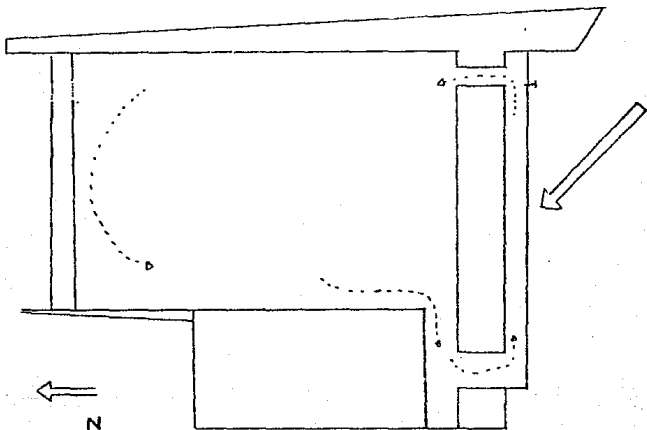


FIG. 67 Ganancia directa

Sistema con pared de almacenamiento

Sobre una pared orientada al sur se coloca una superficie vidriada separada unos 30 cm. (20) dicha pared recibe la radiación solar que atraviesa el vidrio y sirve de almacén térmico para posteriormente transmitir el calor al resto del edificio por conducción. Dentro de sus ventajas se encuentran; aíslan el ambiente interior de la construcción en condiciones extremas y las fluctuaciones de temperatura se reducen en los cuartos detrás de la pared, ver fig. 68.

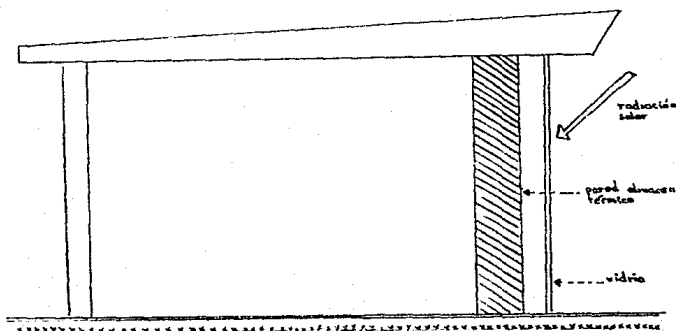


FIG. 68. Sistema con pared de almacenamiento



Sistema con techo de almacenamiento

Puede funcionar como enfriador o calentador ya - que la captación de energía se realiza en el techo de la construcción el cual es formado por un estanque de agua poco profundo que se cubre con un plástico aislante móvil, cuya función es propiciar la ganancia de calor en invierno y rechazarla en verano. Por lo anterior, en invierno se cubre durante las noches y se retira durante el día y vice versa en verano, ver fig. 69.

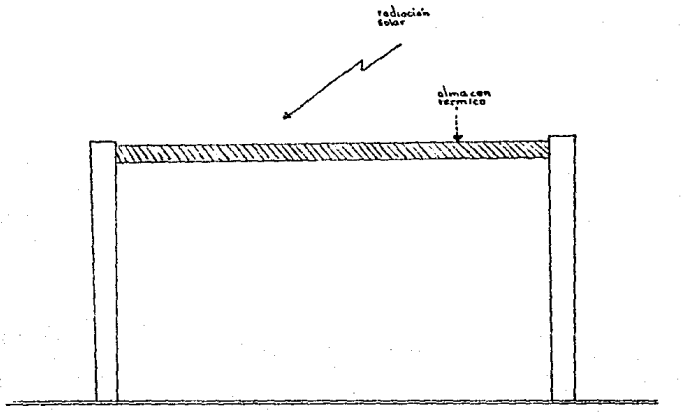


FIG. 69 Sistema con techo de almacenamiento

Sistemas más completos

Un sistema de calefacción más completo utiliza - una combinación de colectores planos insertados en el techo junto con un sistema convencional auxiliar o en su - defecto con un amplio dispositivo de almacenamiento que - permite usar el calor cuando es requerido. En este último caso una capacidad de 3 a 6 m³ es suficiente para calentar 2 o 3 días⁽³⁷⁾, ver fig. 70.

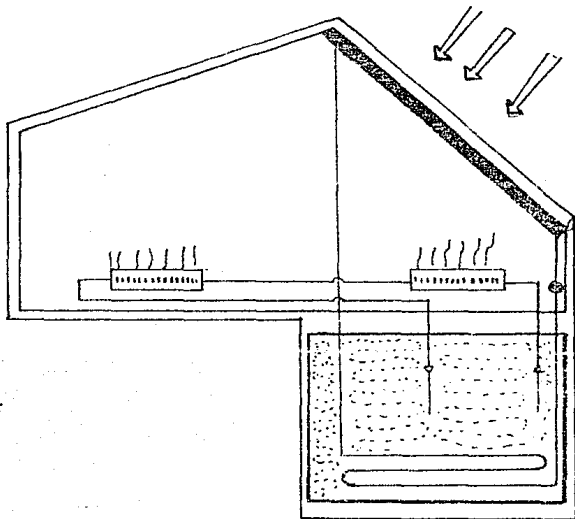


FIG. 70 Almacen térmico junto con colector plano.

Para un sistema más complejo, ver fig. 71.

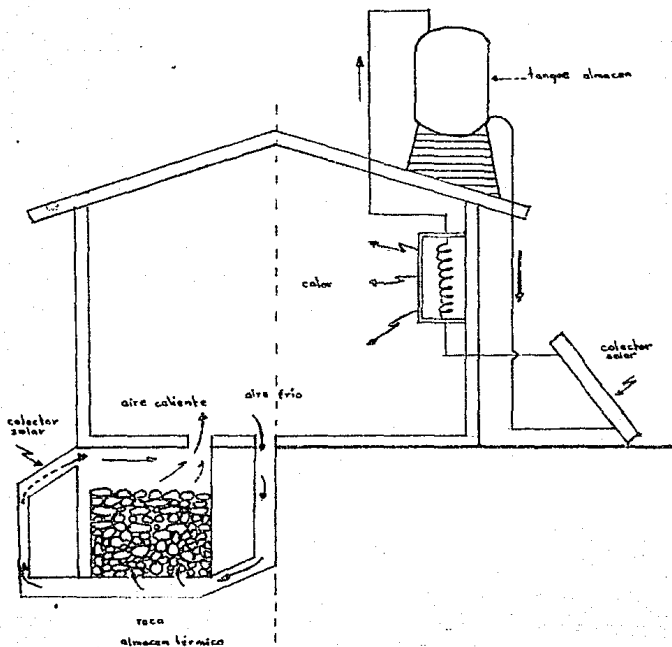


FIG. 71 Calentamiento con aire y agua

La tabla 4, resume el estado actual de las principales aplicaciones y futuros usos de estas.

Colectores	Aplicaciones promisorias	Estado actual	Observaciones
Pasivos	Calent. y enfriam. ambiental	Comercialmente disponible.	En edificios y comercios aún hay problemas sin resolver.
Estacionarios	Calent. y enfriam. calent. de agua, dom. e ind. Refrigeración. Secado solar.	Comercialmente disponible. Aplicación importante incipiente.	Introducción masiva. Tiene aún problemas institucionales.
Con seguimiento: distribuidos	Calor industrial Temps. medias. Energía mec. y eléc. sector agrícola.	Demonstración y algunos comercialesmente disponibles.	Requieren un alto porcentaje de radiación solar directa.
Torre Central	Calor indus. - Temps. altas. Electricidad	I, D y prototipos piloto.	
Potovoltaicos	Electricidad. Aplicaciones multiples.	Comercial Aplicaciones probablemente pronto	

TABLA 4: Aplicaciones promisorias y estado actual.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Y

PROPUESTAS

CONCLUSIONES

Después de haber utilizado la investigación documental en el campo de la energía solar he llegado a las siguientes conclusiones:

La energía solar puede proporcionar parte de los requerimientos energéticos de un país. Pero hasta ahora, esto no ha sido posible en la generalidad salvo en alguno de ellos todo debido a que esta energía no ha podido competir económicamente con los combustibles tradicionales y la "incomodidad" de tener que cambiar las costumbres de los usuarios. Pero con los problemas energéticos actuales ha que se enfrenta la sociedad se tendrá que reconsiderar esta actitud.

Después del costo, el principal problema es contar con un almacenamiento adecuado, así por ejemplo; el latente aún cuando es el más usado, no es el mejor, sino el más conocido, pero es inadecuado en lugares en donde no es posible almacenar grandes volúmenes de fluido. Los otros tipos están en pleno desarrollo, pero en especial el químico ofrece grandes expectativas.

En cuanto ha colectores solares el de mayor uso actualmente es el plano debido a su funcionamiento simple y bajo

costo. Pero los cilíndricos y esféricos se emplean en usos especiales donde el costo es compensado por el servicio -- que presta.

Los calentadores y destiladores solares por su parte, son las aplicaciones de la energía solar que han tenido -- mayor desarrollo y las que pueden estar más al alcance del usuario. Estos ya se producen en varios países desde hace algún tiempo y se tiene amplia experiencia en su montaje y mantenimiento.

En lo que respecta a la central de torre, ésta es una -- de las aplicaciones más complejas y que requieren gran --- inversión por eso algunas instituciones científicas se abo-- can a su experimentación y estudio a pequeña escala, y so-- lo en algunos países se ha contado con la intervención del Estado para financiar estos proyectos.

El estanque no convectivo se encuentra en su etapa ini-- cial por lo que presenta muchos problemas que hay que -- resolver algunos de ellos ni siquiera comprensibles. Pero -- es una forma viable de almacenar grandes cantidades de -- energía sin tener que utilizar equipos sofisticados.

En lo que se refiere a la conversión fotovoltaica, -- ésta ha sido la fuente principal de energía de los viajes espaciales, por lo que su desarrollo tecnológico ha ido a -- la par con ellos. Pero por las características de sus mate-- riales y la manera de producirlos sus costos son elevados , sin en cambio su utilidad y ventaja ya han sido demostradas en numerosas aplicaciones, y se espera que en un futuro no

lejano se logren costos accesibles.

Por su parte, el acondicionamiento ambiental tiene un futuro promisorio ya que no requiere de agentes activos (generalmente) sino simplemente de hacer modificaciones a la construcción. Su ventaja radica en que el servicio que presta, ésta en función directa de la cantidad de radiación solar existente.

Dentro de las aplicaciones aquí tratadas " las no mencionadas, algunas necesitan de investigación profunda que permita tener bases sólidas de su comportamiento y no guiarse simplemente por recomendaciones empíricas.

PROPUESTAS

En los lugares en donde no ha sido posible dotar a éstos de energía eléctrica por diversas circunstancias, debe utilizarse las celdas fotovoltaicas para su generación.

Pintar de negro los tubos de cobre expuestos al sol y que llegan al calentador convencional puede ser una forma simple, pero que globalmente representará un gran ahorro de energía. Si aunado a esto se coloca un colector plano y se utiliza como almacén el anterior dispositivo se contará con agua caliente.

Los balnearios deben usar un sistema de colectores planos para calentar el agua ya que ésta es necesaria generalmente cuando los días son calurosos y poco nublados.

Se debe crear un mercado seguro para los diversos equipos y dispositivos que permiten aprovechar ésta energía. Esto propiciaría la fabricación en serie y como consecuencia la reducción de costos.

G L O S A R I O

ABSORCION (α) Cociente del flujo de calor transmitido al fluido y la radiación solar incidente en el absorbente.

Absorción de un captador:

$$\alpha = \frac{Q}{C.G}$$

Q: Flujo de calor transmitido al fluido
 C: Razón de concentración
 G: Radiación global incidente
 C.G: Radiación solar incidente en el absorbente.

AGUA SALOBRE Agua salina no potable, de salinidad inferior al agua de mar en general comprendida entre 1-10 gr/l.

ALTITUD Altura sobre el nivel del mar de cualquier punto de la superficie terrestre.

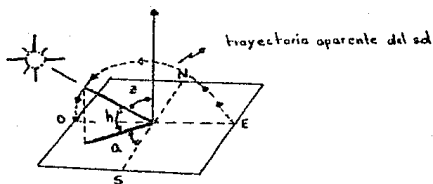
ANGULO (α) Angulo formado por la proyección de un rayo solar en un plano horizontal en un determinado lugar con la línea sur-norte.
AZIMUTAL Es positivo al oeste del sur (0-180°).

S: Declinación solar

W: Angulo horario

h: Altura solar

$$\sin \alpha = \frac{\cos S \sin W}{\cos h}$$



ANGULO DE INCLINACION (i): Angulo que forma la apertura del colector con el plano horizontal.



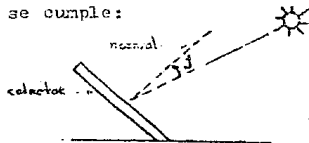
ALTURA SOLAR (h) Angulo formado por un rayo directo del sol y la tangente a la superficie terrestre.

$$\text{sen } h = \text{sen } \phi \text{ sen } \delta + \text{cos } \phi \text{ cos } \delta \text{ cos } \omega$$

ϕ : Latitud del observador

δ : Declinación del sol

ANGULO DE INCIDENCIA (j) Angulo que forman los rayos directos del sol con la normal al colector. Cuando el colector está orientado en todo momento al sur se cumple:



$$\begin{aligned} \cos j &= \sin \delta \sin \phi \cos i & - \\ &\sin \delta \cos \phi \sin i & + \\ &\cos \delta \cos \phi \cos i \cos w & + \\ &\cos \delta \sin \phi \sin i \cos w & \end{aligned}$$

ANGULO (w)
HORARIO

Es el desplazamiento angular del sol respecto al meridiano solar (mediodía). Con el origen en el sur y el tiempo (t) en horas se cumple:

$$w = 15(12 - t) \text{ Grados}$$

BATERIA SOLAR

Conjunto de celdas solares usualmente conectadas en serie y en paralelo.

CALOR

Energía en tránsito debida a una diferencia de temperatura entre dos cuerpos o dos partes del mismo cuerpo.

CALOR (Cp)
ESPECIFICO

Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de la unidad de masa de una sustancia en un grado.

CAMPO ELECTRICO

Región sometida a la influencia de una corriente eléctrica.

CAPACIDAD (C)
CALORIFICA

Capacidad que tiene un cuerpo para almacenar calor.

$$C = m C_p$$

CARCASA

Dispositivo de metal o plástico de un -
 captador cuyo papel es el aislamiento de -
 las diversas partes de éste respecto al -
 medio ambiente.

CELDA DE SILICIO

Es la más importante celda fotovoltaica, -
 construida con silicio como elemento semi-
 conductor. A una temperatura de 28°C la -
 fuerza electromotriz que se engendra al -
 iluminarla es de 0.46 V. Su principal in-
 conveniente está en el costo que origina -
 su producción. Hasta hace poco se extraía
 de un crisol, un lingote cilíndrico de alta
 pureza para luego rebanarse en obleas muy
 finas siendo ésta labor lenta y artesanal.
 Los laboratorios TYCO (Masachusetts) la -
 obtuvieron en forma de lámina o cinta muy
 fina y continua, la cual se puede marcar -
 y cortar con relativa facilidad y poco des-
 perdicio reduciéndose con esto el costo.
 Pero cuando se logre bajar aún más éste, -
 entonces será el sistema idóneo para cap-
 tar energía solar.

COEFICIENTE DE
CONCENTRACION

(Ver factor geométrico de concentración).-

CONDUCTIVIDAD
TERMICA (k)

Cantidad de calor que puede transmitirse -
 por conducción a través de un material de
 área y espesor unidad, cuando la diferencia
 de temperatura es de una unidad.

CONVECCION
TERMICA

Transmisión de calor producido por el movi-
 miento de un fluido a causa de una diferen-
 cia de temperaturas y efectos de gravita-
 ción.

CORRIENTE
ALTERNA

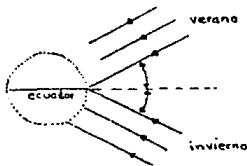
Es la corriente eléctrica que no siempre -
 fluye en el mismo sentido, sino que perió-
 dicamente cambia.

CORRIENTE
DIRECTA

Corriente que sale de la terminal negativa hacia la positiva presentando como consecuencia la misma dirección.

DECLINACION
SOLAR (δ)

Angulo variable durante el año que forman los rayos solares y la dirección del cenit a mediodía en el ecuador.



$$\delta = 23.45 \text{ sen } 360 \left[\frac{284 + N}{365} \right]$$

N: Día del año

DIFERENCIAL DE
POTENCIAL
ELECTRICO

Trabajo necesario que hay que aplicar para que la corriente fluya.

DIFUSIVIDAD
TERMICA (D)

Cociente entre la conductividad térmica - y el producto del calor específico y densidad del cuerpo.

$$D = \frac{k}{\rho c_p}$$

DOPAR

Adición controlada de impurezas (donadores o aceptores) a un semiconductor para alterar su conductividad eléctrica, produciendo materiales tipo "N" o tipo "P".

EFEECTO DE
INVERNADERO

Efecto que se produce al interponer un vidrio entre la radiación solar y un recinto cerrado. El vidrio deja pasar fácilmente - la radiación visible incidente de corta - longitud de onda, pero refleja la radiación del receptor que al elevar la temperatura emite en la zona del infrarrojo. De éste - modo el calor radiante del sol queda atrapado entre la superficie receptora y las - paredes del vidrio.

ELECTRONES DE
VALENCIA

Se denomina así a los electrones localizados en el último nivel de energía de un - átomo.

ENERGIA
RENOVABLE

Toda energía que se renueva al mismo ritmo que se extrae, entre las que se encuentran; energía solar, eólica, mareomotriz, biomé- sica, etc. Son no renovables los combusti- bles fósiles, carbón, petróleo y gas natu- ral.

ENERGIA SOLAR

Energía radiante emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas y engendradas por reacciones de fusión nuclear en su - interior.

ESPECTRO
SOLAR

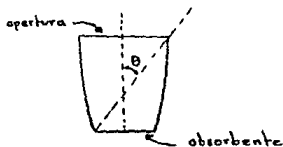
El espectro de la radiación electromagnéti- ca solar se extiende entre longitudes de - ondas de $0.25\mu\text{M}$ a $3\mu\text{M}$. La radiación ultra- violeta abarca longitudes de onda menores - a $0.38\mu\text{M}$ que representan el 8 % del total. La radiación visible tiene un dominio entre $0.38-0.78\mu\text{M}$ correspondiente al 41% y la - radiación infrarroja con longitudes de ondas mayores de $0.78\mu\text{M}$ el 51% .

ESTRATIFICACION

Disposición natural de un fluido en un de-posito, con el más frío en el fondo y el - más caliente en la parte superior.

FACTOR
GEOMETRICO DE
CONCENTRACION

Cociente entre área de apertura (proyección en un plano del área del espejo) y área del absorbente.



FACTOR DE
ABSORCION

Cociente entre la energía radiante absorbida por una sustancia y la energía que incide sobre su superficie en todas direcciones y todas las longitudes de onda (un buen absorbente solar debe estar comprendido entre 0.75 y 0.85).

FLUJO RADIANTE

Energía radiante por unidad de superficie y tiempo (emitida, transportada o recibida)

FOCO

Punto donde se reúnen los rayos luminosos reflejados por un espejo o refractados por un lente de cristal.

FOTON

Cuanto o gramo de energía luminosa que se propaga como una partícula material a una velocidad de 3×10^8 Km/seg. en el vacío.

HELIOTECNIA

Medios técnicos utilizados por el hombre para aprovechar la energía solar.

HELIOSTATOS

Espejo plano, pero en general dispositivo orientado automáticamente para dirigir la luz solar hacia un blanco fijo (foco).

HELIOTROPO

Dispositivos o plantas que siguen el movimiento aparente del sol a través del cielo.

IMAGEN DEL SOL

Forma del haz luminoso después de haber sido reflejado en una superficie. Generalmente haciendola incidir sobre el foco.

INERCI (I.T)
TERMICA

Término utilizado para indicar que un dispositivo solar posee una determinada capacidad calorífica. Depende de la masa y tipo de material usado en su construcción. - Así que a mayor capacidad calorífica correponde una mayor energía térmica para que el sistema alcance su temperatura de operación. Para un colector se cumple:

$$I.T = \frac{\sum M_i C_{pi}}{D}$$

M: Masa

Cp: Calor específico

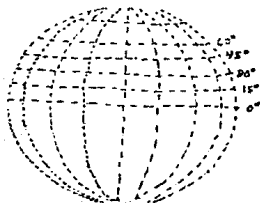
D: Difusividad térmica

INSOLACION

Energía radiante que incide por unidad de área sobre una superficie plana en la unidad de tiempo.

LATITUD (ϕ)

Distancia (medida en grados) a que se encuentra un punto sobre el ecuador. Existen latitudes N y S. La mínima latitud es 0° sobre el ecuador y máxima de 90° en los polos. Todos los puntos situados en un mismo paralelo tienen la misma latitud.



LUZ
INFRARROJA

(Ver espectro solar).

LUZ VISIBLE

(Ver espectro solar).

MODULO
POTOVOLTAICO

Grupo de celdas fotovoltaicas interconectadas eléctricamente y montadas en un sólo panel.

OBLEAS

Celda de silicio monocristalino formada por una unión "P-N", en cuya parte superior se localiza la capa tipo "N". Para su uso se recubren de polivinilo y se fijan en marcos de aluminio.

PANEL
FOTOVOLTAICO

Conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas en serie y paralelo que suministran corriente para una determinada aplicación.

PODER EMISOR

Energía emitida por un cuerpo por unidad de tiempo y unidad de superficie en todas direcciones.

POTENCIAL
ELECTRICO

(Ver diferencial de potencial eléctrico).

RADIACION
DIRECTA

Radiación procedente del sol sin haber sufrido ninguna dispersión al atravesar la atmósfera.

RADIACION
DIFUSA

Radiación solar que alcanza la superficie de la tierra después de haber sido difundida por moléculas o polvo (No puede enfocarse por ningún sistema óptico).

RADIACION
SOLAR

Radiación electromagnética originada en el sol a una temperatura de 6000°K y un intervalo de longitudes de onda comprendido -- entre 0.3 y $3\mu\text{M}$. (puede recibirse en la -- superficie de la tierra en forma directa -- o difusa).

RAYOS
ULTRAVIOLETA

(Ver espectro solar).

REFLECTIVIDAD

Relación entre la radiación reflejada por una superficie y la radiación incidente -- sobre la misma.

RENDIMIENTO

Cociente entre la energía útil extraída -- del colector y la energía radiante incidente.

RENDIMIENTO
DE UN
CAPTADOR

$$\eta = \frac{q_c}{A G_n}$$

$$q_c = m_f c_{pf} (T_{2f} - T_{1f})$$

q_c : Cantidad de calor por unidad de tiempo absorbida por el fluido que circula.

A : Area del captador.

G_n : Componente normal de la radiación -- solar sobre el captador.

M_f : Masa de fluido por tiempo.

C_{pf} : Calor específico del fluido.

T_{1f} : Temperatura de entrada de fluido.

T_{2f} : Temperatura de salida de fluido.

RENDIMIENTO DE
UNA INSTALACION
SOLAR

$$\eta = \frac{q_r}{A G}$$

q_r : Cantidad de calor almacenado por tiempo.

G : Irradiación global sobre el colector.

RENDIMIENTO DE
UN DESTILADOR
SOLAR

$$\eta = \frac{m \lambda}{A G}$$

m : Flujo del destilador

λ : Calor de vaporización

SAL HIDRATADA

Sal con agua de bajo punto de fusión, que la hace muy útil para el almacenamiento de calor en colectores de baja temperatura.

SEMICONDUCTOR

Sustancia de conductividad eléctrica intermedia entre un aislante como el vidrio y un metal como el cobre. Su conductividad varía extraordinariamente con la adición de pequeñas impurezas. Según el agente utilizado, el semiconductor será tipo "N o P".

SISTEMA
FOTOVOLTAICO

Serie completa de componentes para convertir la luz solar en electricidad por medio del proceso fotovoltaico.

SUPERFICIE
SELECTIVA

Superficie ideal que absorbe toda la energía que se encuentra por debajo de longitudes de onda inferiores a $2\mu\text{m}$. y la emite débilmente en el infrarrojo lejano ($\lambda > 2\mu\text{m}$).

TERMOPAR

Elemento fundamental que constituye el radiómetro. Se construye al unir dos alambres conductores por sus extremos, que al someterse a un cambio de temperatura en los extremos libres se genera un diferencial de potencial perfectamente identificado. Los materiales más comunes son: cobre-ferro, níquel-aluminio, níquel-cobre.

TERMOPILA

Conjunto de termopares conectados en serie cuya finalidad es amplificar la fuerza electromotriz que es utilizada para medir la temperatura en un foco calorífico.

TRANSMISIVIDAD

Relación entre la energía radiante transmitida por un determinado material y la energía radiante incidente sobre el mismo (Depende del ángulo de incidencia).

TURBIDEZ

Neblina atmosférica que resulta de los aerosoles y partículas suspendidas en el aire.

VOLTAJE

Diferencia de potencial entre los extremos de un conductor.

BIBLIOGRAFIA

- 1 H. Tabor and Z. Weinberger. "Non convecting Solar Ponds" Solar Energy Handbook Mc. Graw Hill Book Co, New York (1981).
- 2 E.I.H. Lin et al, "Stability consideration and a double diffusive convection model for solar ponds" Argonne National Laboratory. April 1979.
- 3 "Energía Solar de estanques Salinos en Israel". Información Científica y Tecnológica. CONACYT N° 18 (1980)
- 4 H. Tabor, "Solar Ponds" Solar Energy 7 (1963)
- 5 A. Rabl and C.E. Nielsen "Solar pond for space heating" Solar Energy 17 (1975)
- 6 G. Assay. "The Dead Sea; a Scheme for a Solar Lake" - "Solar Energy 18 (1976)
- 7 R. Almanza, and H.c. Bryant "Transmittance Measurements in the KNO_3 Solar Pond" UNM Salt Gradient Solar Pond - Research Report 82 New México (1982).
- 8 "Generación Eléctrica Hidrosolar, Triunfo de la Tecnología Israeli". Información científica y Tecnológica. - Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) N° 43 (1981)
- 9 "Saline Water Conversion Engineering Data Book" U.S. Department of the interior, July (1985).
- 10 Rafael Almazán y Serafín López. "Radiación Solar Global en la República Mexicana Mediante Datos de Insolación", Informe N° 357. Instituto de Ingeniería U.N.A.M. Octubre 1976.

- 11 Zarem. A. H y Erway D.D. Introduction to the Utilization of Solar Energy. Mc. Graw-Hill. 1963.
- 12 Duffie J.A y Beckman W. A. Solar Energy Thermal Processes Wiley Sons, N. Y. 1974.
- 13 Hernández E. Mayer E. Determination of an optimum site in México for an International Solar Energy Experimental center. Int. Solar Energy Congress. New Delhi.
- 14 Hernández H. Everardo. La distribución de la Radiación global en México Evaluada mediante la Fotointerpretación de la Nubosidad Observada por satélites meteorológicos C.I.M. , U.N.A.M.
- 15 Meinel, Aden B. Applied Solar Energy. Addison Wesley - 1976.
- 16 Wentworth W. E., Simple Thermal Decomposition Reactions for Storage of Solar Thermal Energy. Solar Energy. Vol. 18 1976.
- 17 Hernández H. y Regalado L. Distribución Regional de la Nubosidad en México. C.I.M., U.N.A.M.
- 18 Polo Encinas Manuel. Energéticos y Desarrollo Tecnológico.
- 19 Carter E. Listing of Solar Radiation Measuring Equipment and Glosary, Center For. Environmental and Energy - Studies, Univ. of Alabama. 1976.
- 20 Alonso Concheiro, Antonio. Alternativas Energéticas Fondo de Cultura Economica (1985).
- 21 Call P.J. National Program Plan for Absorber Surfaces Research and Development, Solar Energy Research Institute Golden Colorado 1979.

- 22 Roger Dumon. Solar Energy, Masson Publishing. U.S.A. - 1981.
- 23 Mc. Veigh J.C. Sun Power; An Introduction to the Applications of Solar Energy, Pergamon Press, 1978.
- 24 Wyman C. Castle J., Kreith: "A review of Collector and Energy Storage Technology for Intermediate Temperatura Applications" Solar Energy 24 1980.
- 25 Leonard J.A: Linear Con Centrating Solar Collectors: - Technology and Applications, Albuquerque Nuevo México - 1978.
- 26 "Primera central Electrosolar Francesa" Información Científica y Tecnológica. Conacyt N° 66
- 27 Alonso A. "Sistema Solar con Colectores de Canal Parabólico" I.I.E. Vol. 6 1982.
- 28 Swet C.J.: Energy Storage for Applications" en Solar - Energy Handbook. Kreiden J.P. Mc. Graw-Hill 1981.
- 29 Castañedas "plantas helioeléctricas de receptor Central" Boletín I.I.E. Vol 7 1982.
- 30 Hildebrant A.F. "Solar Central Receiver Technology and application", Proceeding 9th Energy Technology Conference 1982.
- 31 Programa de energía; metas a 1990 y proyecciones al año 2000; Secretaria de Patrimonio y Fomento Industrial 1980.
- 32 Roger Bernard "La radiación Solar, Conversión Térmica y Aplicaciones" Lavoiser 1980.
- 33 G. Menguy. M. Benoit "Study and Experimentation of a - new Solar Still", 2nd. Miami Conference on alternative Energy Sources. Miami Beach 1979.

- 34 Wolfgang Palz, An Economic Approach to Solar Energy - UNESCO 1977.
- 35 Evaluación de Central Solar Power Plant. Nueva York, American Society of Mechanical Engineers 1974.
- 36 Wilson, John. Solar Energy. Wynkeham, Publication. Londres 1979.
- 37 Practical Solar Heating, Kevin Mc. Cartney. 1978.
- 38 Farrington Daniel. Direct Use of Suns Energy. Bellantine Paperback, Yale University, 1964.