

870118

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



TESIS CON
FALSA DE ORIGEN

**"ESTUDIO COMPARATIVO DE CALENTADORES
SOLARES DE PLACA PLANA".**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

HERIBERTO VALLE AGUILAR

Asesor: I. Q. Juan José Trujillo del Río Dr. Ed.
GUADALAJARA, JAL., SEPTIEMBRE, 1986



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 está 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.

INDICE

" ESTUDIO COMPARATIVO DE CALENTADORES SOLARES DE PLACA PLANA "

	PAG.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I GENERALIDADES SOBRE ENERGIA SOLAR	
1.1 NATURALEZA DE LA ENERGIA SOLAR	5
1.2 CARACTERISTICAS	5
1.3 MARCO HISTORICO DE APLICACIONES	8
CAPITULO II CALENTADORES SOLARES DE PLACA PLANA	
2.1 ELEMENTOS QUE LO FORMAN	11
2.2 TIPOS DE CALENTADORES SOLARES DE PLACA PLANA	12
2.3 PRINCIPIOS Y FUNCIONAMIENTO DEL TERMOSIFON	19
CAPITULO III CONSTRUCCION Y ESPECIFICACIONES DEL CALENTADOR	
3.1 TIPO DE ABSORBEDOR	26
3.2 AISLAMIENTO USADO	28
3.3 CUBIERTA DE VIDRIO	30
3.4 CAJA SOPORTE O CARCAZA	38
3.5 SUPERFICIE ABSORBEDORA	38
3.6 TEMPERATURA DE OPERACION	38
3.7 TERMO - ACUMULADOR	41
3.8 DIMENSIONES DEL TERMO - ACUMULADOR	41
3.9 AISLAMIENTO DEL TERMO - ACUMULADOR	42
3.10 CONEXIONES EN EL TERMO - ACUMULADOR	42
3.11 TANQUE DE ALIMENTACION	42
3.12 ORIENTACION DEL CALENTADOR	42

CAPITULO IV DESCRIPCION DEL SISTEMA

4.1 DIAGRAMA DESCRIPTIVO DEL EQUIPO INSTALADO	46
4.2 FUNCIONAMIENTO	46
4.3 DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES	50

CAPITULO V ANALISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 PROMEDIOS OBTENIDOS	56
5.2 CALCULO DE EFICIENCIAS	59
5.3 BALANCES DE CALOR PARA EL CALENTADOR EXPERIMENTADO CON RESPECTO AL MEDIO AMBIENTE	61

CAPITULO VI CONCLUSIONES

6.1 CONCLUSIONES	69
------------------	----

BIBLIOGRAFIA	73
--------------	----

APENDICE A	74
------------	----

APENDICE B	80
------------	----

APENDICE C	92
------------	----

INTRODUCCION

El acelerado proceso de desarrollo industrial en nuestro planeta durante el presente siglo se ha traducido en una intensa explotación de las fuentes energéticas accesibles, con particular énfasis en los combustibles fósiles debido a su bajo costo de extracción y producción. Actualmente, el mundo industrial consume varios millones de Kilowatts a partir de petróleo, carbón, hidroelectricidad y combustibles nucleares, además de una pequeña fracción de las llamadas fuentes alternas de energía. Estas incluyen, principalmente, geotermia, viento, mareas y conversión directa de la energía solar.

La principal fuente de Energía del planeta es el Sol, el cual suministra a la tierra, cerca de 173 millones de Kilowatts. Esta energía llega continuamente a la tierra en forma de radiación infrarroja, ultravioleta y luz visible. Sin embargo, el 30 % de ésta energía se refleja al espacio exterior en forma de radiación de onda corta y el 47 % se refleja en forma de radiación de onda larga. El 23% restante se acumula en el planeta, principalmente en forma de calor en el agua de los mares y provoca la evaporación y precipitación pluvial además de cambios climatológicos que mantienen el planeta a una temperatura anual promedio de 20 grados centígrados.

Este trabajo se enfoca al aprovechamiento de energía solar en colectores de uso doméstico. Con este propósito se proyectó y construyó un calentador solar de placa plana de tipo comercial, de hierro, a fin de determinar su eficiencia y compararlo con un sistema similar de diseño propuesto, de cobre y con superficie selectiva, así, se tomaron las temperaturas en varios puntos estratégicos durante el transcurso del día para realizar balances de calor absorbido en los colectores y en los tanques de almacenamiento, para obtener las eficiencias en cada prueba.

Con los balances respectivos y las eficiencias logradas, se realizó una aproximación matemática del comportamiento de los calentadores haciendo una comparación, entre estos y obteniendo conclusiones.

CAPITULO I

GENERALIDADES SOBRE ENERGIA SOLAR

1.1 QUE ES LA ENERGIA SOLAR

Lo que comunmente se conoce como energía solar es la radiación electromagnética proveniente del sol, la que se compone de luz visible, radiación infrarroja y ultravioleta.

La distribución de las longitudes de onda del espectro electromagnético solar para la tierra, se puede ver en el apéndice A.

La energía recibida puede ser evaluada cuantitativamente, por medio de celdas fotovoltaicas en los instrumentos conocidos como pireliómetros, sin embargo, son de difícil acceso, debido a la situación económica vigente. Por tal motivo se han utilizado las gráficas de energía incidente en calorías por centímetro cuadrado-día para las diferentes regiones de la República Mexicana (ver apéndice A)

1.2 CARACTERISTICAS.

Al sol se le considera un cuerpo incandescente que irradia 7.158×10^{27} Kcal, aunque ésta energía no es la misma que llega a la superficie de nuestro planeta, ya que en el trayecto hacia la tierra se pierde gran parte, considerándose como constante solar la cantidad de 1164 Kcal/hr-m^2 más menos un 5% que llega a la atmósfera, la cuál retiene o refleja otra parte de ésta energía, permitiendo el paso de 535 Kcal/h-m^2 . Aunque ésta cantidad es variable dependiendo de la posición geográfica, las estaciones del año, la nubosidad y la posición del sol respecto a la tierra.

En el diagrama 1.2.1 se muestra esquemáticamente lo señalado antes. La captación de la energía es simple en regiones soleadas, pero en lugares menos generosos, es necesaria la optimización de los sistemas. La posición geográfica de nuestro país es recomendable para el aprovechamiento de este tipo de energía: en nuestra ciudad la insolación promedio anual se estima en 473 Langleys/día ($\text{cal}/\text{cm}^2\text{-día}$), tomando el día como ocho horas; se anexan en el apéndice A datos complementarios que comprueban ésta afirmación.

La ventaja del uso de colectores solares planos radica en el hecho de que pueden captar además de la radiación solar directa, la radiación difusa. El máximo aprovechamiento de la radiación incidente se presenta cuando el colector recibe perpendicularmente ésta. Es popular la recomendación de utilizar como ángulo de inclinación la latitud del lugar más 20 grados, lo que en nuestro caso no se aplicó, debido a la situación de privilegio ya mencionada, pues en otros países se requiere de complicados sistemas, bien para seguir el recorrido solar, o con sistemas de bombeo para el funcionamiento. Una ventaja adicional es el aprovechamiento del termosifón, del cuál se abunda en la sección 2.3.

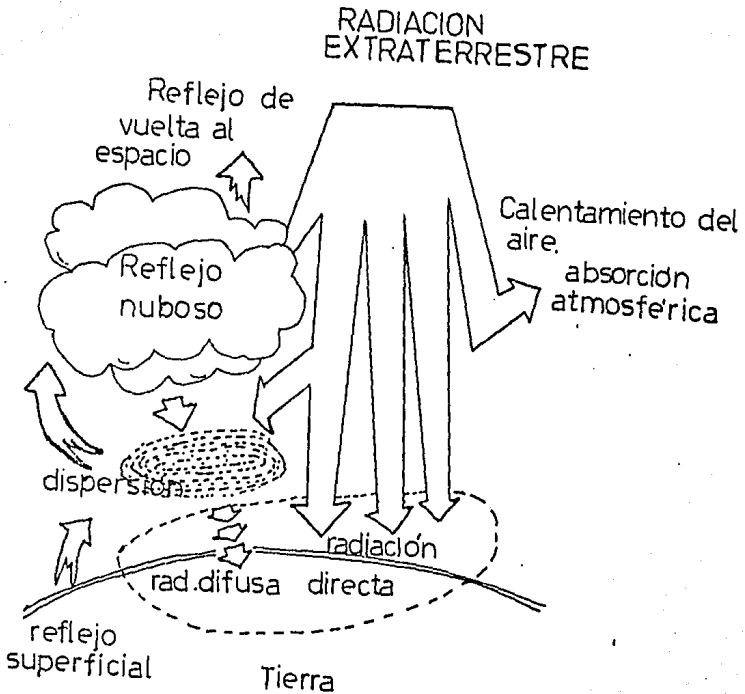


FIG. 1.2.1

1.3 MARCO HISTORICO DE APLICACIONES.

El uso de la energía solar para beneficio de el hombre es tan antiguo como la agricultura, practicada por las primeras tribus sedentarias.

El Sol, divinidad pagana de algunos pueblos del mundo, ha bañado con sus rayos a la tierra desde hace milenios, brindando luz y calor a nuestros antepasados, y a nosotros mismos, pero este recurso tan abundante y prácticamente inextinguible, ha sido aprovechado por el hombre de diversas formas:

Entre las aplicaciones más remotas, se encuentra la que Arquimides, se dice aplicó en las Guerras Púnicas, en la batalla de Siracusa, (Año 212 a. de N.S. Jesucristo), al concentrar los rayos solares por medio de espejos para destruir las naves romanas.

En el siglo XVIII, el científico francés Antoine Lavoisier, por medio de poderosos lentes concentró los rayos solares en un horno solar, que alcanzaba casi los 1750 grados centígrados.

En 1872, en el desierto de Atacama, en Chile se construyó un destilador de agua salada, que produjo 20,000 litros de agua dulce por día.

En 1878, Auguste Mouchot inventó una máquina de vapor accionada por energía solar que captaba un espejo cóncavo. Samuel Pierpont Langley creó una cocina solar y en 1916, Charles Greeley Abbott, construyó un horno probado durante varios años en el Monte Wilson. (Ref.17).

Desgraciadamente, la facilidad de utilización de los combustibles fósiles, bloqueó en parte, la investigación y desarrollo de aplicaciones de la energía solar y es prácticamente de veinte años a la fecha, que cobra relevancia este tipo de energía: no contaminante y prácticamente inagotable.

Entre algunas de las aplicaciones recientes, se encuentra el colector focal que cubre toda una ladera en Odeillo (Pirineos Franceses), que logra temperaturas de 4000 grados C. y se utiliza para fundir metales. La pared solar de Tronbe con usos de calefacción y enfriamiento en arquitectura ; la captación solar en celdas fotovoltaicas, para generación de energía eléctrica ha permitido hacer funcionar un motor Stirling en Malmo, Suecia.

Otras aplicaciones las encontramos en los estanques solares de generación eléctrica en Ein Bokek, Israel, y en nuestro país las investigaciones del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), en Cuernavaca, Morelos; asimismo las plantas desaladoras solares en Baja California y Zacatecas, entre otras.

CAPITULO II

CALENTADORES SOLARES DE PLACA PLANA

2.1 ELEMENTOS QUE LO FORMAN.

El sistema consta del colector solar de placa plana, un depósito termoacumulador y las tuberías que los interconectan. Estos elementos son los normalmente usados para el calentamiento de agua en climas templados, sin embargo, existe diversidad en los diseños con el fin de aumentar su eficiencia, reduciendo el área de absorción y con esto los costos y el espacio ocupado por el sistema.

El colector solar consta de cuatro elementos:

- 1) placa de absorción
- 2) cubierta transparente
- 3) aislamiento
- 4) carcaza

La carcaza tiene por objeto sustentar las otras tres partes mencionadas, es un cajón aislado y poco profundo en el que se coloca la placa absorbidora, que será la que transfiera el calor, en nuestro caso al agua, esta caja se cubre con la cubierta translúcida, para mejorar la absorción del sistema. En el capítulo tres se abunda sobre las funciones de cada una de las partes.

Las variaciones de diseño entre los colectores solares se centran en la red o flujo de agua en el área del colector y en la superficie absorbidora, la cual se busca tenga una alta absorbancia y baja emisividad, características propias de las superficies selectivas.

Entre los aislantes, se seleccionan los de fácil acceso en el mercado, usualmente fibra de vidrio, poliuretano, etc.

El termoacumulador es un tanque aislado, en el que se realiza la mezcla del agua de alimentación y el agua caliente que ha pasado por la rejilla absorbidora, y del cuál se obtiene el agua de uso.

2.2 TIPOS DE CALENTADORES SOLARES DE PLACA PLANA

Existe diversidad en los tipos de calentadores, pero podemos reducir sus diferencias esenciales a la forma de preparar la cesión de calor al agua, buscando maximizar la cantidad de calor cedido, y aumentando el rendimiento o eficiencia del sistema. La eficiencia no es un valor constante para cada colector o para cada tipo de calentador, ya que varía según sean la temperatura ambiente, la temperatura del agua del termoacumulador, las condiciones atmosféricas, la mayor o menor insolación recibida y las pérdidas de calor del sistema hacia el entorno.

Debemos por tanto valorar y buscar la optimización de nuestros sistemas colectores, reduciendo al máximo las variables que afectan su rendimiento, como son: transmisión de calor de la carcasa al exterior, corrientes convectivas sobre la placa y pérdidas por radiación, tanto de la placa, como en el termoacumulador.

Se puede mejorar la transmisión de calor en la placa, utilizando en su construcción materiales conductores y haciendo que el contacto del agua con el sistema sea máximo.

Podemos distinguir entre tres tipos fundamentales de calentadores:

- 1) abierto o de goteo
- 2) de placas paralelas o radiador
- 3) de circuito fijo o soldado a la placa, conocido como de placa y tubos.

1) El calentador abierto o de goteo es el más barato y más sencillo de todos los sistemas, pero también el menos eficiente. Está formado por una placa ondulada, en cuyos valles se deja correr agua por un tubo superior de alimentación, la placa está inclinada y por gravedad, se colecta el agua que ha absorbido el calor de la placa expuesta al sol en la parte inferior.

Este calentador requiere de materiales durables y resistentes a los cambios climáticos, con espacio para absorber los esfuerzos mecánicos; entre sus principales desventajas, tenemos las pérdidas por evaporación y la contaminación por polvos y suciedad del agua colectada, que puede provocar taponamientos del sistema.

2) Los calentadores de placas paralelas o de radiador distribuyen el agua entre las dos hojas del material siendo la cara superior la absorbidora del calor. En estos sistemas el agua está en contacto con la totalidad de la superficie captadora, y el calor solo tiene que pasar la delgada pared de la placa para llegar al líquido. No es en estos casos tan importante la conductividad térmica del material, siendo preponderante la separación entre las placas, ya que un volumen mayor equivale a una capacidad térmica más grande, lo que provoca un calentamiento lento.

3) Los calentadores de circuito fijo o de placa y tubos, constan de una reja de tubería a la que se fija una placa o se le sueldan aletas intertubos. En este tipo de aparatos se debe poner énfasis en la selección de los materiales, buscando una alta conductividad térmica y una adecuada unión entre la placa y los tubos que facilite el flujo calorífico, además de ser decisivo un buen diseño de la placa para maximizar la captación.

Entre los materiales con alta conductividad tenemos en primer lugar al oro y la plata, pero obviamente si lo que buscamos es aprovechar una fuente gratuita de energía, seleccionaremos otros más accesibles, entre estos el cobre no tiene competidor, sin embargo en el presente trabajo se ha buscado la comparación con un sistema popularmente usado, ya que la tubería de hierro si no tiene las cualidades del cobre es muy inferior en costo y se tratará de demostrar si la

diferencia en eficiencia del colector con el cual se compara es significativa, aunque no se abordará el estudio económico correspondiente.

En este tipo de colectores, se encuentran variaciones de diseño, desde el serpentín, un tubo soldado o fijo a una placa, con el cuál se alcanzan altas temperaturas, pero para bajos volúmenes de líquido, o la rejilla colectora, a la que se le soldan placas intertubos, para semejar aletas y maximizar el área de colección. En nuestro caso se ha usado una variante del tipo anterior, ya que a la reja se le ha moldeado la placa y se ha fijado convenientemente, y se comparará con una reja de tubos de cobre aplanados, para semejar las aletas. Estos colectores son conocidos comunmente como de placa plana.

En la figura 2.2.1 se muestran esquemas de los tipos de placas colectoras reseñadas.

La circulación dentro de las placas puede producirse de dos maneras, por circulación forzada o por gravedad, aprovechando el efecto conocido como termosifón que se produce al calentar un fluido.

La circulación forzada aumenta la velocidad de flujo y el Reynolds, lo que acelera la transmisión de calor, aunque la temperatura del agua será baja, pero con mejor rendimiento, ya que al operar con una alta extracción de calor en el colector, absorbe energía al mismo ritmo.

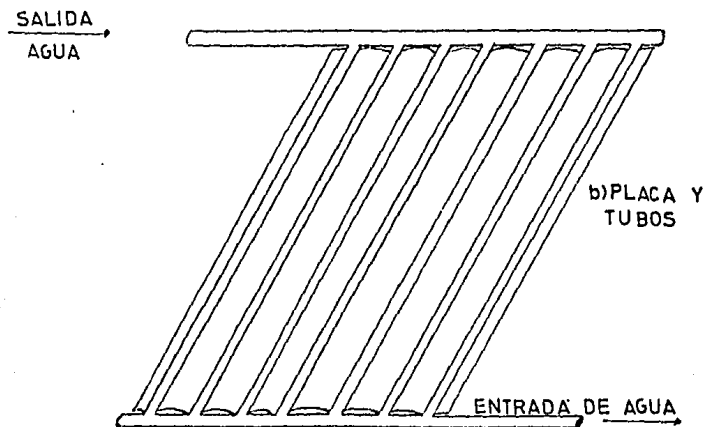
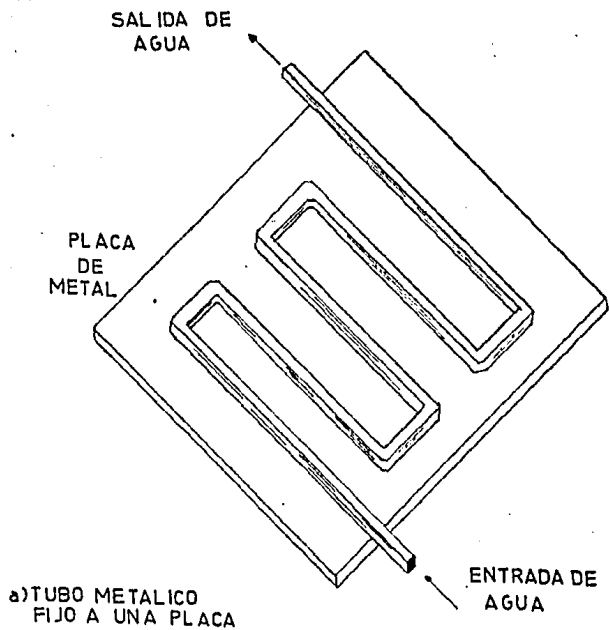


FIG. 2.2.1 TIPOS DE ABSORBEDORES.

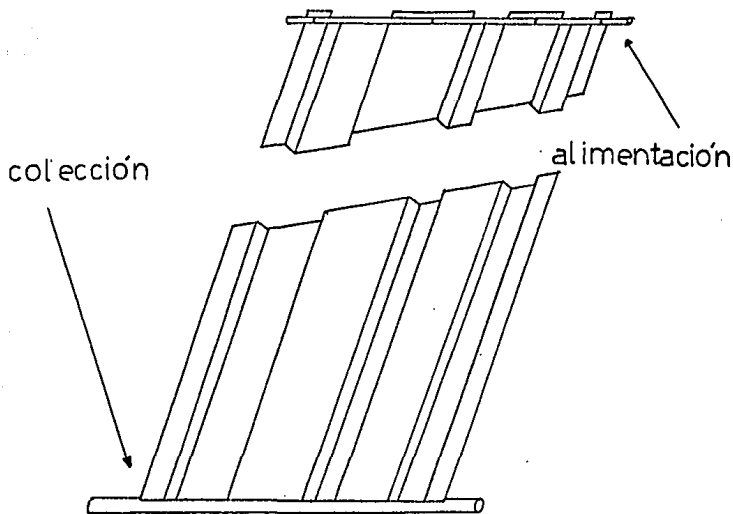
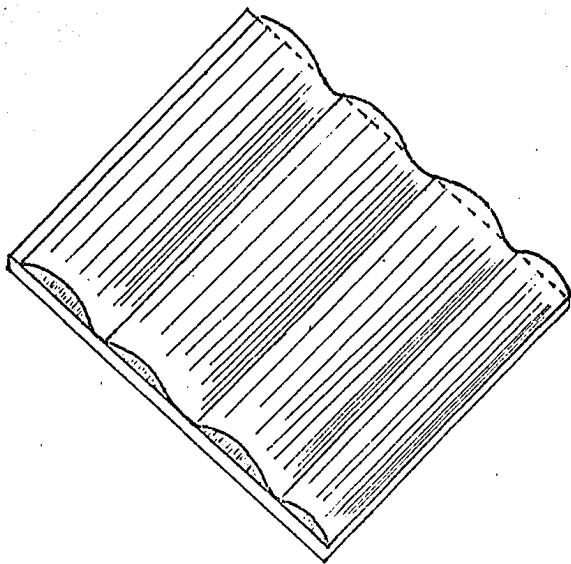


FIG. 2.2.1. ABSORBEDORES ABIERTOS

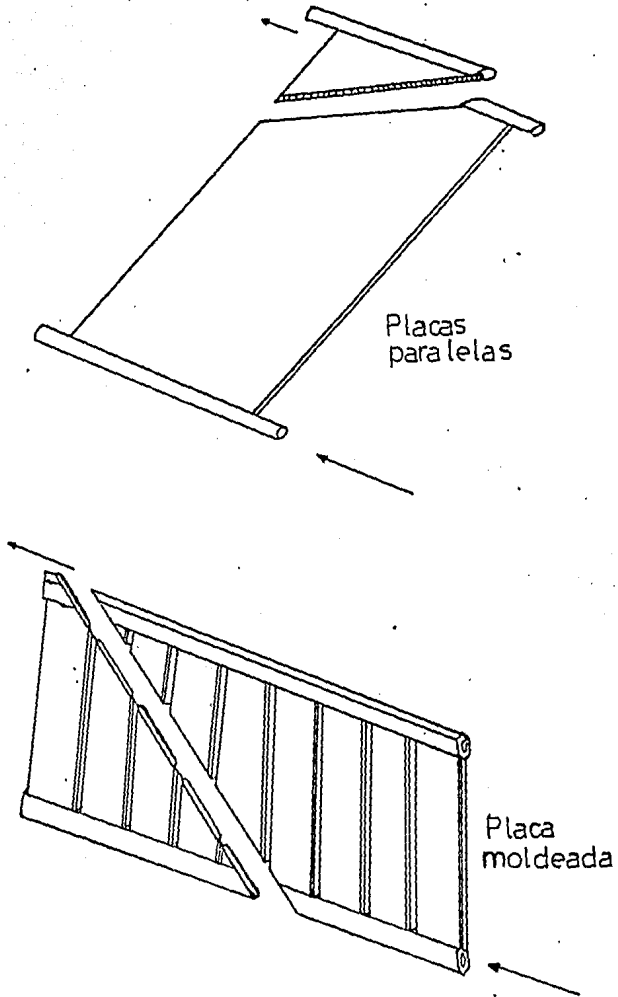


FIG.2.2.1 TIPOS DE ABSORBEDORES.

Las instalaciones de flujo forzado incrementan su costo por el equipo de bombeo, pero en una instalación se deberá particularizar las circunstancias y necesidades, de tal forma que no se puede generalizar la conveniencia o no de los sistemas forzados.

El termosifón, aparte de aportar autonomía de operación y bajo costo, requiere ciertas condiciones, la discusión de las cuales se realiza en la siguiente sección.

En la figura 2.2.2 se muestra un esquema tipo de ambas instalaciones.

2.3 PRINCIPIOS Y FUNCIONAMIENTO DEL TERMOSIFON

Las corrientes convectivas del agua se favorecen por una pendiente uniforme en las tuberías que ascienden de la placa al termo-acumulador. De la misma forma se debe buscar que exista una corriente continua desde el acumulador a la parte baja del colector. Se deben limitar la cantidad de accesorios y conexiones y los cambios bruscos de dirección, que puedan acumular aire en las líneas y estorbar el buen funcionamiento del termosifón.

El calor es absorbido por el agua en el punto más bajo del sistema. Esto causa un incremento en la temperatura del agua dentro del colector y consecuentemente la disminución en la densidad. En este punto la línea de alimentación de agua fría, ya no está equilibrada por la

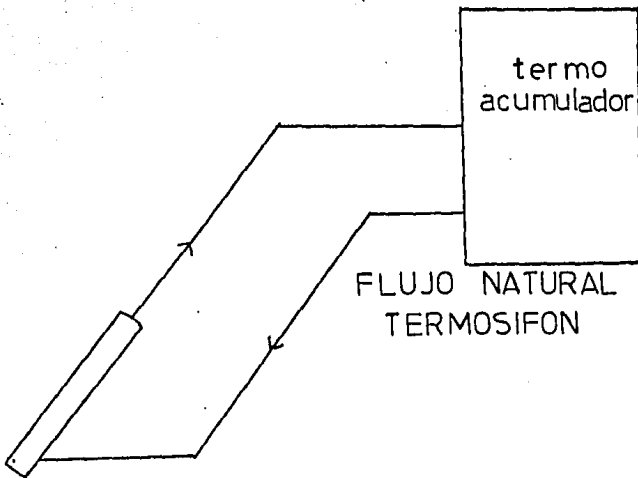
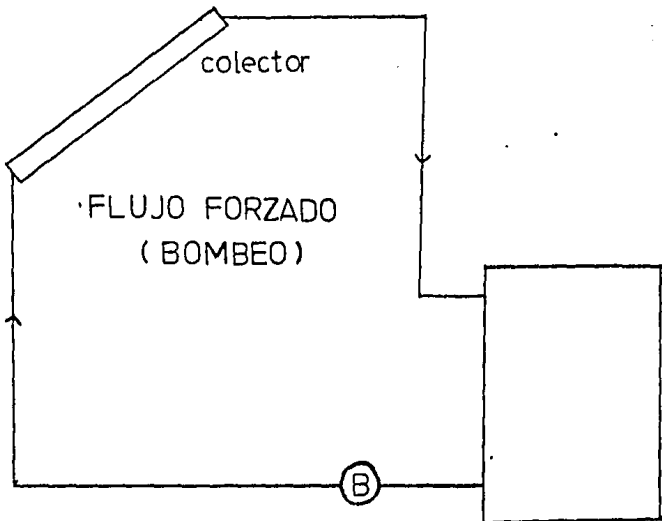


FIG. 2.2.2. INSTALACIONES SOLARES



columna de agua menos densa y más caliente, por lo que la gravedad origina que la primera baje y desplace a la segunda hacia el tanque. Esta circulación natural continúa mientras exista suficiente calor para aumentar la temperatura del agua y la fuerza impulsora pueda vencer las caídas por fricción del sistema.

El flujo inverso es un fenómeno indeseable, ya que entonces el agua caliente del termoacumulador descendería al colector, donde al irradiar su calor al medio ambiente se enfriaría, por tal razón se han ideado colectores con cubierta para la noche, pero con el consiguiente incremento en costo, una manera más barata de evitar el flujo inverso es el dejar en el plano vertical una separación de 60 centímetros, entre la salida de agua caliente y la descarga de agua fría, considerándose ésta la altura ideal entre ambas. En el plano horizontal es recomendable que el colector esté lo más cercano posible al termo-acumulador, para reducir la longitud de las líneas de conducción, disminuyendo su costo y la carga por fricción.

La presión de una columna de agua en un tubo en "U" abierto a la atmósfera es igual al producto altura por densidad más el valor de la presión atmosférica, si la mitad del fluido se calentara el valor de la densidad disminuye, y

el agua ascendería en esa rama un cierto cambio de altura (dh) y tenemos que su presión sería $P = (h+dh)$ por la densidad del agua caliente + presión atmosférica, para que estuvieran en equilibrio se igualan ambas expresiones y despejando dh , es igual a la altura original multiplicada por el cambio de densidades (fría - caliente) entre el valor de la densidad del fluido caliente, siendo el valor de dh la fuerza impulsora del fluido. La velocidad del fluido en el sistema está dada por la expresión: $v =$ cambio de densidades por la raíz cuadrada del valor de la aceleración de la gravedad por la altura, sobre el producto densidad del agua caliente por densidad media aritmética. En los sistemas de termosifón el flujo es laminar, debido al bajo número de Reynolds.

Las conexiones para la entrada y salida de agua en el absorbedor tienen una influencia decisiva en la circulación dentro del mismo, siendo el mejor sistema para placa absorbidora el de dos láminas paralelas cerradas del tipo mostrado en la figura 2.3.1, donde en instalaciones de termosifón (gravedad) el alimentar agua fría por la parte superior, perturba las corrientes convectivas, siendo el sistema del inciso (a) menos eficiente que (b) y ambos inferiores a (c), ya que favorecen la formación de zonas muertas, donde el agua no circula. En circuitos de circulación forzada, con el diseño utilizado por nosotros, por las diferencias de presión se recomienda el diseño de la fig. 2.3.2, el cual no es recomendable para termosifón.

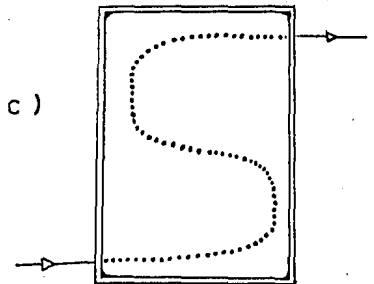
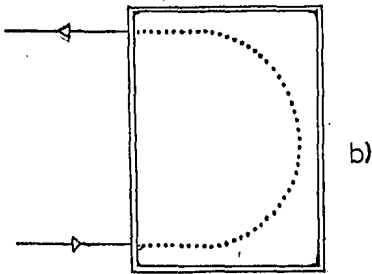
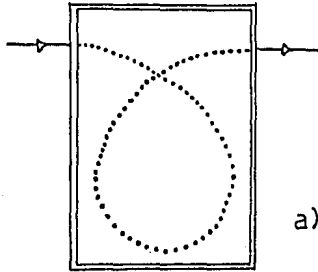


FIG. 2.31. CONEXIONES ENTRADA- SALIDA

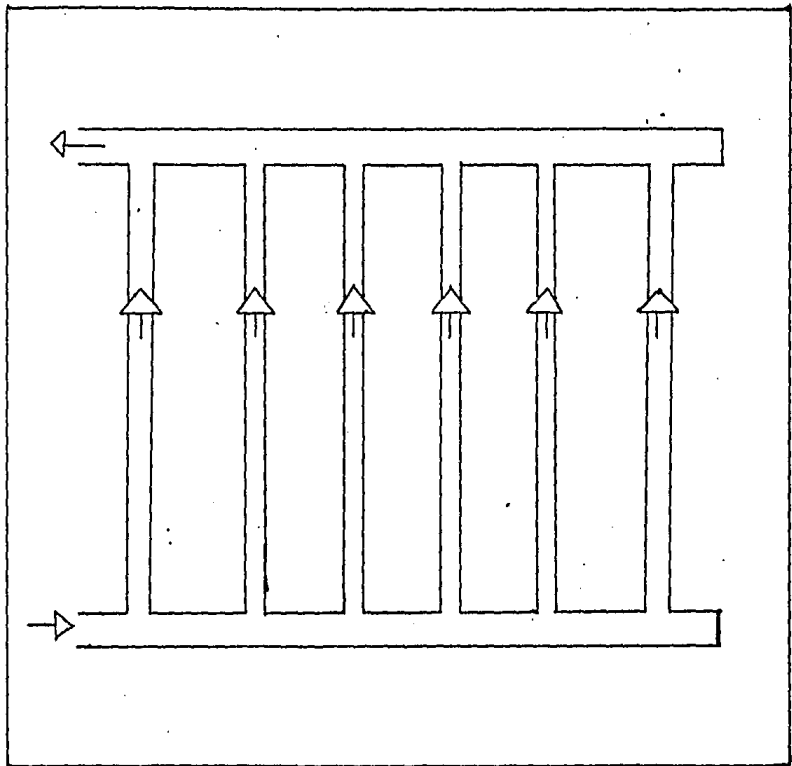


FIG. 232 MODELO PARA FLUJO FORZADO.

CAPITULO III

*CONSTRUCCION Y ESPECIFICACIONES
DEL CALENTADOR EXPERIMENTADO*

3.1 TIPO DE ABSORBEDOR.

La placa absorbidora utilizada, se encuentra entre la clasificación de colectores de placa plana, cuyas propiedades se trataron en la sección 2.2.

Este colector consta de una serie de 10 tubos de hierro comercial, cédula 40, de 1/2 pulgada de diámetro nominal (21.3 mm diámetro externo), de 89 cm de longitud los cuales van soldados perpendicularmente a dos tubos similares de 3/4 de pulgada (26.6 mm diámetro externo), los que cumplen la función de cabezales de la rejilla absorbidora y tienen una longitud de 111.3 cm; sirviendo uno como alimentación y el otro como desague.

Abajo de la rejilla se moldeó una lámina calibre 22 de hierro para hacer las aletas entre los tubos, formando una superficie plana entre estos; la lámina se unió a los tubos por puntos de soldadura de bronce en lugares adecuados.

La planta de la placa absorbidora se puede apreciar en la figura 3.1.1 y un corte de la misma en la figura 3.1.2.

El área del absorbedor construido es de 0.8277 metros cuadrados y con un volumen de 2.475 litros.

Los cabezales mencionados, se dejaron de esa longitud para que sobresalieran de la caja soporte para facilitar las conexiones y evitar fugas dentro de la misma.

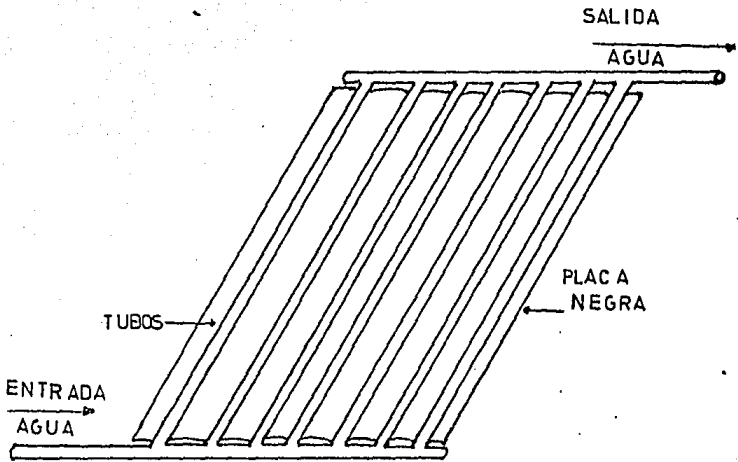


FIG. 3.1.1

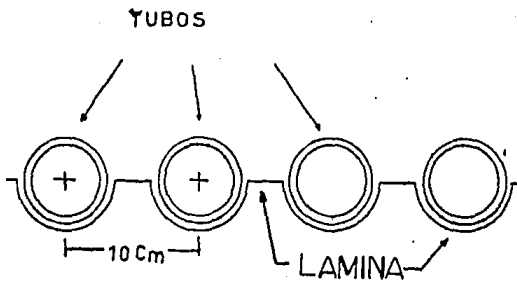


FIGURA 3.1.2

3.2 AISLAMIENTO UTILIZADO

Se utilizó fibra de vidrio para recubrir la caja protectora, por ser un material durable, resistente a altas temperaturas y de propiedades conocidas. se forraron el fondo y las paredes interiores de la caja, con colchoneta de fibra de vidrio, cubierta con malla del mismo material, la que fué endurecida con yelcoat (nombre comercial), para darle mayor rigidez, y así eliminar algún otro posible soporte interno, una vez concluida esta operación el espesor de aislante fué de 2.52 cms.

El aislamiento se colocó para minimizar pérdidas de calor del aire dentro de la caja hacia el medio ambiente por conducción hacia la lámina de fierro.

La rejilla absorbadora se montó sobre el aislante del fondo de la carcaza, a fin de evitar pérdidas por convección hacia el aire de la caja. Podemos apreciar un corte de la carcaza y la rejilla absorbadora en la figura 3.2.1.

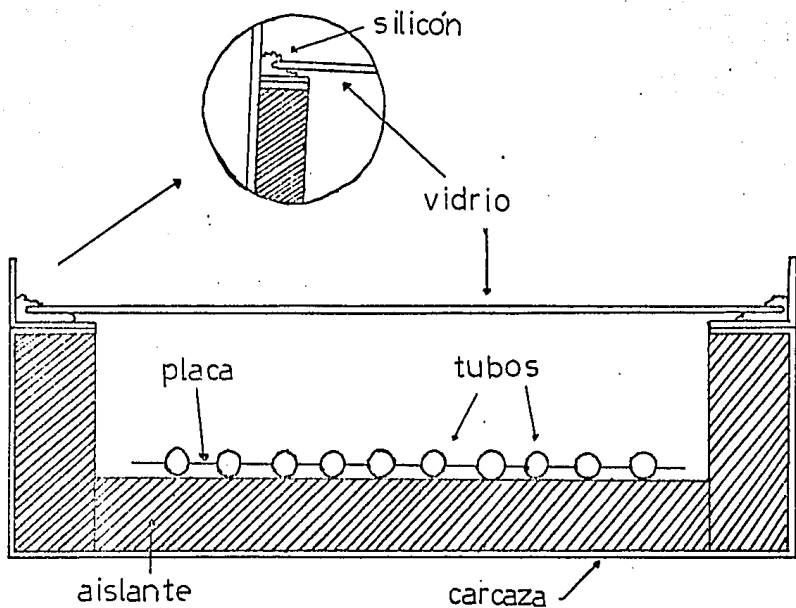


FIG. 3.2.1. CORTE DEL ABSORBEDOR

Características de la fibra de vidrio (ref.1)

Densidad relativa	1.8 - 1.95
Conductividad térmica	0.42 Kcal/hr m(^f/m)
Coefficiente de dilatación térmica	9.01-10.82E-05 /^f
Calor específico	0.1277 Kcal/Kg^f
Módulo de elasticidad en tensión	0.2391 Kg/m^2
Módulo de elasticidad en flexión	0.3376 Kg/m^2

3.3 CUBIERTA DE VIDRIO

El vidrio utilizado es transparente, cristalino de 6 mm de espesor por 10000 cm^2 de área; ésta cubierta descansa sobre el ángulo unido a la caja, con soldadura eléctrica, no porosa, el espacio entre el vidrio y el ángulo ha sido rellenado con silicón a manera de sello, para evitar las fugas de calor por convección del aire atrapado hacia el exterior. Una vista parcial se observa en la fig. 3.2.1.

Un aspecto considerado importante de la cubierta de vidrio es su separación con respecto a la rejilla absorbadora para minimizar pérdidas por convección; se han estudiado diferentes distancias en otros calentadores de este tipo, y se ha concluido que dicha separación no es determinante para mejorar la eficiencia del colector, mientras no sea mayor de 8 cm, pero la eficiencia si se afecta por la relación: separación entre tubos (H) sobre diámetro (D) según se muestra en las figuras 3.3.1 y 3.3.2. (ref.2)

Las variables consideradas son:

η = eficiencia del colector

T^* = variable auxiliar (Standar 93/77 de ASHRAE)

T^* = $(T_{\text{placa}} - T_{\text{ambiente}}) / I$

I = insolación

En la figura 3.3.3 vemos en la curva central la cantidad de energía que la radiación solar suministra en diferentes longitudes de onda, estando la mayor parte de esta energía en la radiación visible. (Ver apéndice A)

La curva de abajo muestra la energía que se transmite a través de una lámina de vidrio plano sencillo, y la de arriba los valores correspondientes a la transmitancia.

Estos valores varían en relación con la longitud de onda, siendo el máximo en el área de radiación visible y haciéndose casi cero para longitudes mayores de 3000 nm. Este

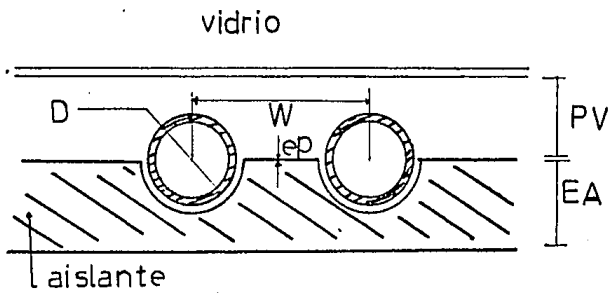


FIG. 3.3.1

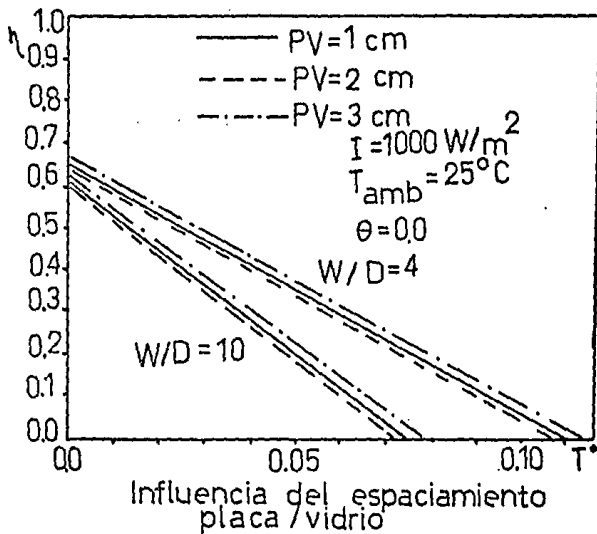


FIG.3.3.2

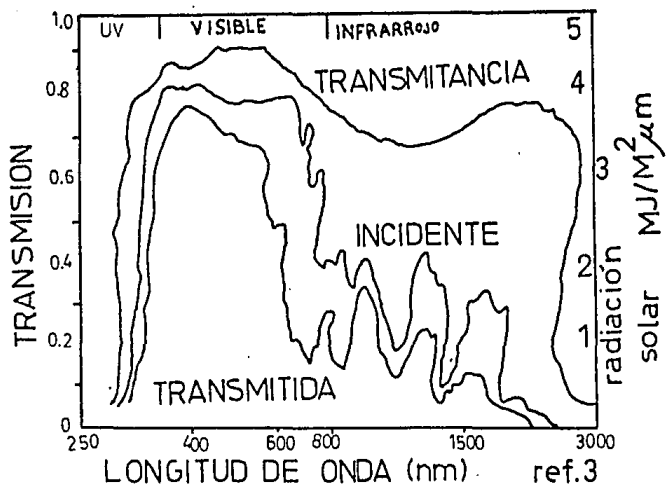


FIGURA 333

detalle está en estrecha relación con el funcionamiento de los colectores, ya que, aunque la energía solar les llega con longitudes de onda corta, el calor que, a su vez, irradian ellos mismos tiene longitudes superiores a los 3000 nm.

La figura 3.3.4 explica el porqué del fenómeno de recalentamiento que experimentan los objetos expuestos al sol tras un vidrio y que se conoce como "efecto invernadero".

La placa de absorción del calentador emite calor, como cualquier otro cuerpo negro. Esta emisión se inicia con radiaciones de longitud de onda superiores a 3000 nm, valor a partir del cual la transmisividad del vidrio se aproxima a cero, en otras palabras, el vidrio se vuelve impermeable a las radiaciones de onda larga. Quedando esa emisión "atrapada" dentro de la caja, aumentando la transmisión de calor por radiación.

Nota: en la referencia 3 señalada en la bibliografía, float glass es el vidrio producido por el sistema de vertir la masa fundida sobre la superficie de un metal, igualmente fundido, contenido en depósitos gigantescos. Las láminas así obtenidas presentan sus caras muy suaves y pulidas y con un paralelaje casi perfecto.

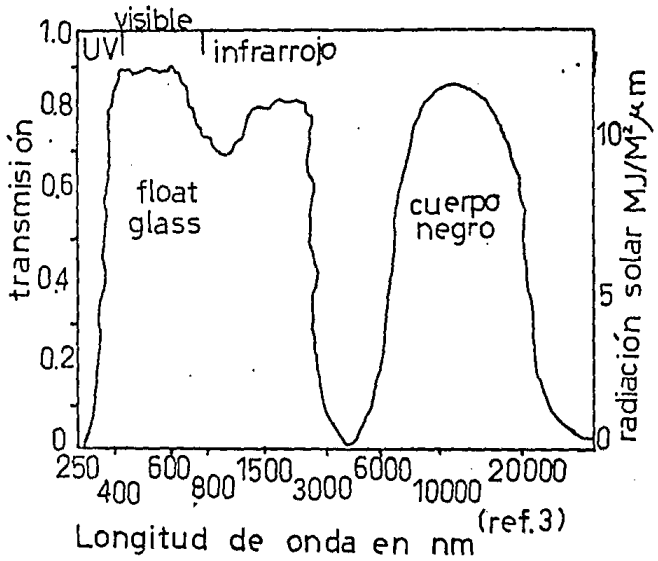


FIG.3.3.4

En la tabla 3.3.1 se indican los espesores de vidrio necesarios desde el punto de vista estructural de la Cia. Británica Pilkington Bros. Ltd. para las superficies de las láminas.

TABLA 3.3.1 SUPERFICIE ACEPTABLE PARA LAMINAS DE VIDRIO
(Relación de lados 1:1), APOYADAS EN LOS CUATRO BORDES(m²)

Carga edólica (N/m ²)	Espesor de vidrio (mm)	Angulo de inclinación de la lámina con respecto al plano horizontal.					
		20	30	40	50	60	70 (grados)
1000	3	0.34	0.38	0.45	0.53	0.64	0.83
	4	0.64	0.71	0.82	0.97	1.18	1.58
	5	1.64	1.18	1.36	1.59	1.95	2.63
	6	1.51	1.67	1.93	2.27	2.79	3.76
1500	3	0.30	0.32	0.37	0.42	0.49	0.60
	4	0.55	0.60	0.68	0.77	0.90	1.12
	5	0.91	1.00	1.12	1.18	1.50	1.87
	6	1.30	1.42	1.69	1.84	2.16	2.69
2000	3	0.20	0.28	0.31	0.35	0.39	0.43
	4	0.48	0.52	0.58	0.64	0.73	0.87
	5	0.80	0.80	0.90	1.07	1.22	1.45
	6	1.41	1.23	1.37	1.54	1.76	2.10

Si la relación de los lados es 2:1 multiplicar la superficie por 1.13. Si es 3:1, idem por 1.35.

3.4 CAJA SOPORTE O CARCAZA

La caja soporte se construyó de lámina de hierro calibre 14, la cuál fué recortada en sus esquinas, para luego doblarla y formar la caja, soldándose las uniones. Como ya se mencionó se soldó un marco de ángulo de 3x3 pulgadas a la orilla superior, con el fin de que sirviera de base a la cubierta de vidrio y darle mayor rigidez a la carcaza. En la parte de abajo, externamente le fueron soldados tramos del ángulo, para formar las patas, que dan el ángulo de inclinación necesario para que la radiación solar incida perpendicularmente al colector, además se le soldaron escuadras para mejorar el soporte. En la figura 3.4.1 se muestran las dimensiones de la carcaza.

3.5 SUPERFICIE ABSORBEDORA

Se eligió para efectos de la comparación con el nuevo diseño del calentador de cobre, la superficie absorbedora ya descrita en 3.1, tratando de semejarla en lo posible a los calentadores solares comunes, que se comercializan en la región para uso doméstico, por tanto la superficie fué pintada con pintura negro mate de la marca Rival, que es la comúnmente usada por los fabricantes de estos equipos.

3.6 TEMPERATURA DE OPERACION

Las aplicaciones más comunes en una casa habitación para el agua caliente son: lavado de ropa y loza y el baño, por esto el rango deseable de temperaturas es entre 45 y 50

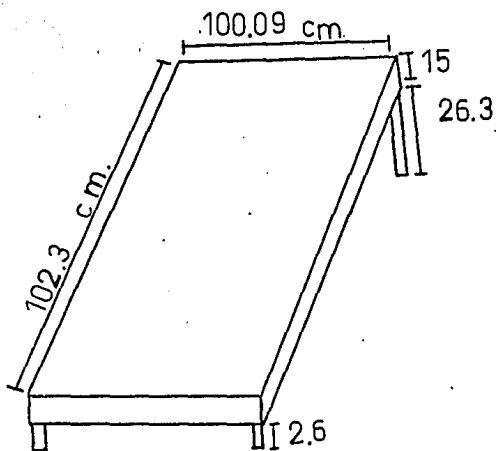


FIG. 3.4.1. CARCAZA

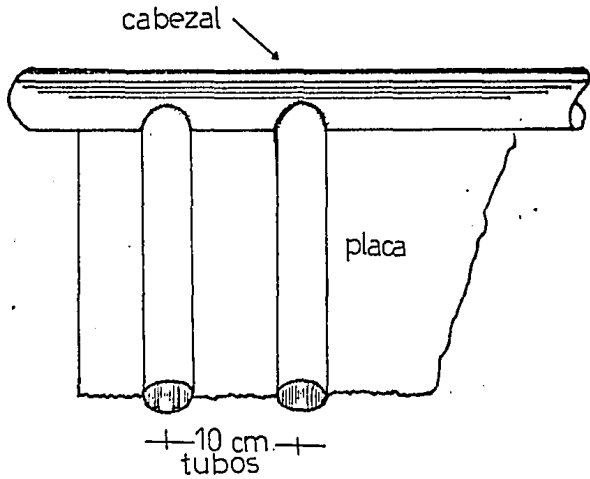
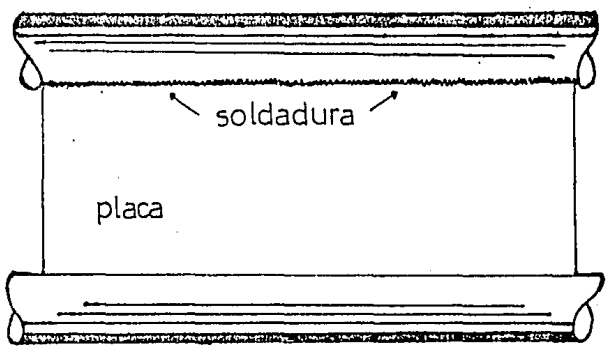


FIG. 3.5 SUPERFICIE ABSORBEDORA



grados centígrados, temperatura más que suficiente para esos fines. La temperatura de operación depende del propósito perseguido, siendo por tanto diferente si el uso final es industrial o en combinación con otros sistemas. En los datos del apéndice B se puede comprobar que se rebasó este pronóstico.

3.7 TERMO-ACUMULADOR

El volumen del termoacumulador debe ser proporcionado a el área del colector, la cantidad de agua que deseamos para el uso y la temperatura requerida.

Se acepta comunmente la regla de un metro cuadrado de colector por cada 50-65 litros de agua; para uso doméstico. Se ha especulado sobre la cantidad de agua requerida para una familia aceptando como gasto medio 160 litros por día, o 60 litros por persona diarios, valores que son muy variables entre los individuos, dependiendo de los hábitos particulares. Para una vivienda unifamiliar el área del colector estará entre 3 y 6 metros cuadrados.

Como se construyó un colector de un metro cuadrado se buscó un tanque con un volumen adecuado, encontrando uno, ya fabricado de 57.6 litros.

3.8 DIMENSIONES DEL TERMO-ACUMULADOR

El tanque utilizado en la fabricación del termo-acumulador, es cilíndrico con un diámetro de 38.3 cm, una altura de 50.0 cm y como ya se dijo un volumen de 57.6 l.

3.9 AISLAMIENTO DEL TERMO-ACUMULADOR

Al tanque descrito anteriormente se le aisló con fibra de vidrio, siguiendo el procedimiento señalado en 3.2, se dejó un espesor de 5.07 cm, similar al utilizado comercialmente.

3.10 CONEXIONES EN EL TERMO-ACUMULADOR

Las conexiones en el termo-acumulador son de rosca STD de 1.27 cm, su distribución se muestra en la figura 3.10.1,

3.11 TANQUE DE ALIMENTACION

El tanque alimentador del sistema, simula la función del tinaco en una instalación doméstica, es un recipiente común, de plástico, que se ajusta a nuestras necesidades y cuya representación y dimensiones se encuentran en la figura 3.11.1.

Es importante mantener el nivel de la alimentación en las pruebas de flujo continuo, tanto para mantener una carga hidrostática constante, como para evitar la entrada de aire al sistema.

3.12 ORIENTACION DEL CALENTADOR

El ángulo de inclinación y la orientación del absorbedor afectan directamente la eficiencia de éste.

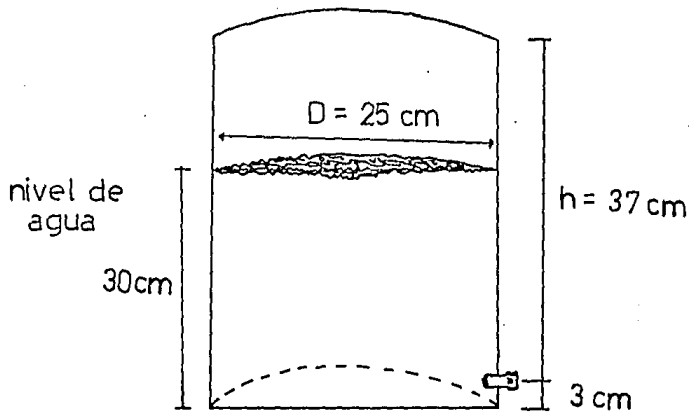
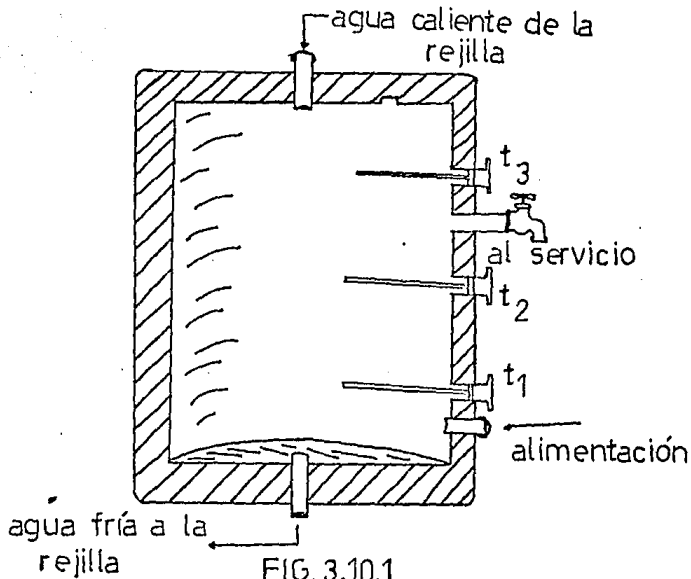


FIG. 3.10.2

En el apéndice A se incluyen los datos de insolación promedio mensual para la ciudad de Guadalajara, Jalisco y la latitud de ésta, que es de 20 grados 40 minutos, y según se señaló en 1.2, el ángulo de inclinación sería de 40 grados 40', pero esta práctica de sumar veinte grados a la latitud del lugar, es útil en países en los cuales el ángulo de incidencia de la radiación solar es casi horizontal y se busca que llegue perpendicular al colector.

En los datos de insolación encontramos que el ángulo de posición del sol con respecto a Guadalajara, es de 21 y 23 grados posición sur, para los meses de diciembre y enero, que aparte de ser los más fríos, es cuando más se requiere agua caliente, promediando estos valores encontramos que nuestro colector debe estar a 22 grados posición sur, para maximizar la captación en los meses en que más se requiere, por esto hemos señalado como privilegiado a nuestro país para el aprovechamiento de este recurso.

CAPITULO IV

DESCRIPCION DEL SISTEMA

4.1 DIAGRAMA DESCRIPTIVO DEL EQUIPO INSTALADO

En las figuras: 4.1.1 y 4.1.2 se puede apreciar el perfil y frente del colector solar utilizado en la experimentación y las partes constitutivas principales.

Nomenclatura:

- A) Tanque alimentador (tinaco).
- B) Conexión de PVC tanque alimentador al termo-acumulador.
- C) Tanque aislado (termo-acumulador)
- D) Conexión de PVC del termoacumulador a rejilla absorbadora.
- E) cubierta de vidrio.
- F) Tubería de hierro aislada de la rejilla al termoacumulador
- G) Llave para el servicio.
- H) Rejilla absorbadora de placa y tubos tipo comercial.
- I) Caja soporte o carcasa.
- J) Patas de ángulo para dar la inclinación necesaria.
- K) Respiradero y nivel de vidrio.
- L) Conexión en la carcasa (salida).
- M) Conexión en la carcasa (entrada).
- N) Armazón sostenedora del tanque aislado y alimentador.

4.2 FUNCIONAMIENTO

Con el fin de poner en funcionamiento el sistema descrito, se procedió a llenarlo con agua alimentando por el tinaco, hasta que por el respiradero superior sale el aire del sistema y se ajusta el nivel del agua del tubo de vidrio con el nivel en el tanque alimentador, cuando estos son iguales se estima que no existe aire atrapado y puede presentarse el fenómeno del termosifón; es recomendable mover

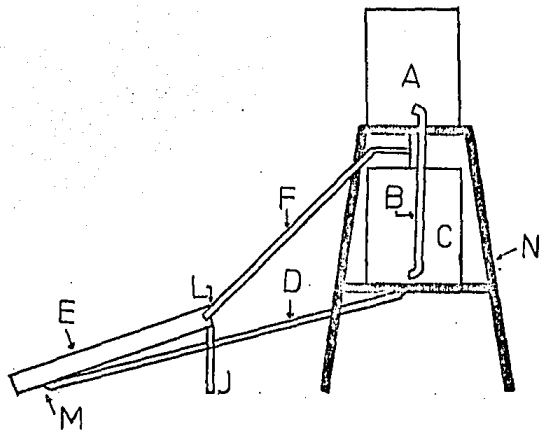


FIG. 4.1.2

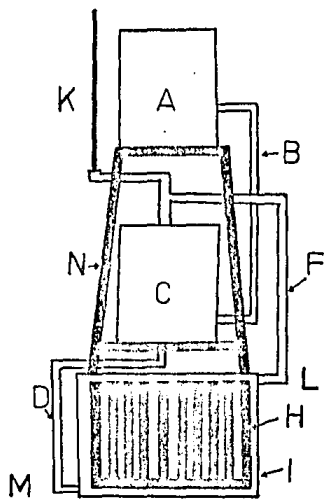


FIG. 4.1.1

el termo-acumulador, para tener la certeza que no se han formado burbujas de aire en las zonas muertas, de cualquier forma, es mejor dejar el sistema un día cargado y al siguiente, en las horas de mayor insolación, sacar agua y renovarla, al tiempo que se sacude al termo-acumulador para facilitar el purgado de las líneas, después de esto se puede considerar listo al sistema para iniciar su funcionamiento.

Con el llenado, debemos cerciorarnos de que no hay fugas en el sistema.

Una vez hecho el procedimiento descrito el sistema comienza a operar en la rejilla absorbadora, cuando el agua de la misma al calentarse, disminuye su densidad, y asciende por la conexión hacia el termo-acumulador, entrando en la parte superior de éste, mezclándose con el agua fría, siendo la de la parte inferior la que a su vez llena la rejilla por la parte baja, provocando el fenómeno de termosifón.

Cuando el circuito está cerrado, este fenómeno hace que el agua del termo-acumulador se recircule por la rejilla varias veces, con lo que se alcanzan temperaturas en el agua de uso más altas que cuando se opera con un flujo continuo en el servicio.

En la fig. 4.2.1 se muestra como se realiza el ciclo en el calentador solar.

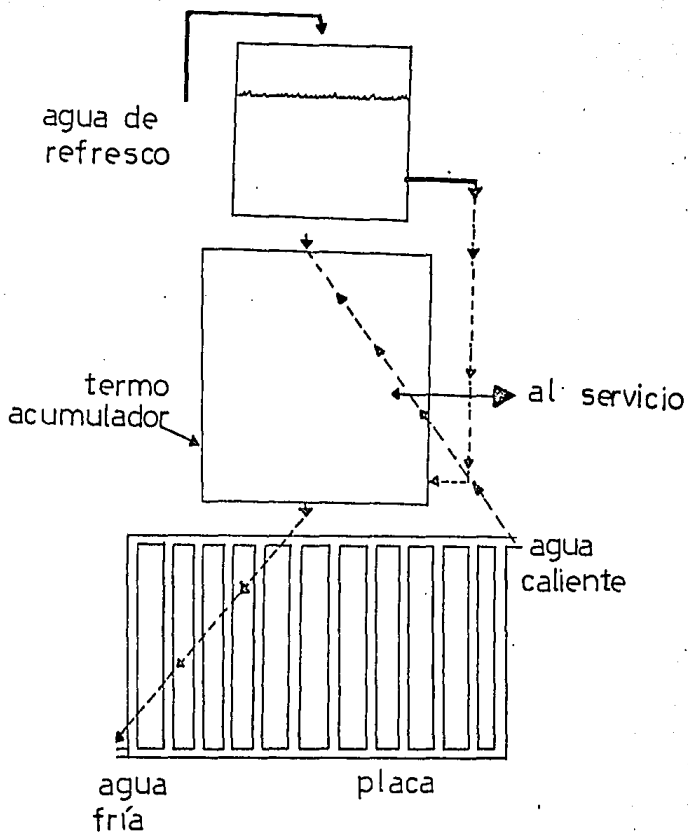


FIG. 4.2.1

4.3 DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES EXPERIMENTALES.

Se buscó minimizar al máximo las diferencias entre los calentadores sujetos a estudio, así se logró que las conexiones, los termo-accumuladores, los tanques de alimentación y los aislantes y vidrio en la caja soporte fueran iguales. Estando la única diferencia entre ambos, en el tipo de rejilla, en el material del que se compone y en la superficie absorbedora que se aplicó a la reja.

El colector construido es pues de tubería comercial de hierro, de 10 tubos con placa y pintado de color negro mate, y se compara con uno de cobre, de 41 tubos aplanados y con recubrimiento selectivo.

Se tomaron lecturas de temperatura cada hora de las 8:30 a las 16:30 de las placas, ambiente, salidas y entradas de las rejillas y en el termoacumulador, iniciando el 8 de abril de 1986, con un flujo estimado de 750 ml/minuto, realizando otra segunda prueba sin flujo del 18 al 20 de abril, y una tercera con un flujo supuesto de 500 ml/minuto del primero al 5 de mayo. Durante las pruebas que se hacían con flujo, se midió éste captando durante un cierto tiempo una cantidad de agua y obteniendo el promedio, desgraciadamente, como no se captó la totalidad del agua extraída, sino solo una parte durante períodos cortos, al realizar los cálculos se llegó a la conclusión de que la llave para el servicio, de la cuál se extraía el agua

funcionaba erráticamente y conducía a error en los resultados. Por tanto se volvieron a realizar las pruebas de flujo continuo entre el 20 de junio y el 5 de julio de 1986, colectando en recipientes ya tarados, la totalidad del agua extraída y procediendo a pesarla, con lo que obtuvimos el gasto másico, éstos datos se gráfcaron contra el tiempo transcurrido, se obtuvo el valor de la integración del área bajo la curva y se obtuvo el gasto promedio de esos días.

El esquema de los termómetros y termopozos instalados en el sistema se puede apreciar en la figura 4.3.1. Con las temperaturas logradas se realizaron los balances de calor con respecto al ambiente, para calcular la eficiencia de cada colector, aproximando el comportamiento de éstos mediante la ecuación:

$$\eta = \bar{\epsilon} \alpha - U_l ((T_p - T_a) / H_t) \quad (\text{ref.4})$$

Donde: $\eta = Q_a / Q_i$

Nomenclatura:

η = eficiencia (adimensional)

U_l = coeficiente global de transmisión de calor
(Kcal/hr m² grado centigrado)

H_t = insolación (Kcal/hr m²)

α = absorbancia de la placa (adimensional)

$\bar{\epsilon}$ = transmitancia de la cubierta (adimensional)

Q_a = calor absorbido en el colector (Kcal/hr)

Q_i = calor incidido en el colector (Kcal/hr)

Se gráfico eficiencia (η) contra $(T_p - T_a)/Ht$, obteniendo una recta, siendo la pendiente el coeficiente global de transmisión de calor (U_l), la intersección con la ordenada el producto transmitancia - absorbanza y la intersección con la abscisa el llamado punto de estancamiento, donde no existe el termosifón. El esquema se muestra en la figura 4.3.2.

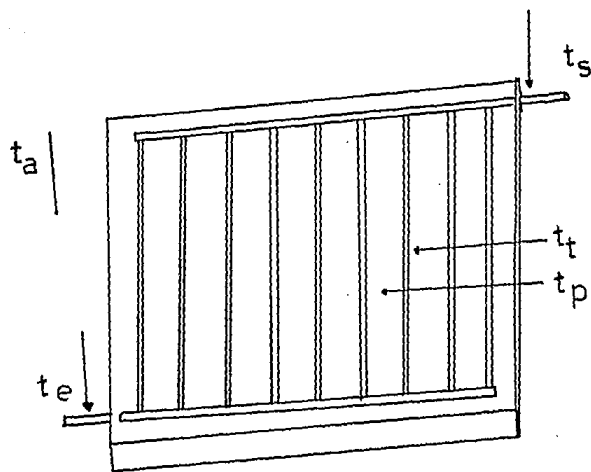
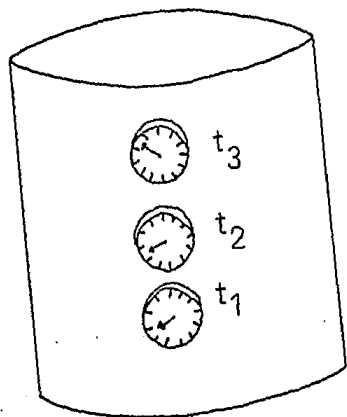


FIG. 4.3.1.

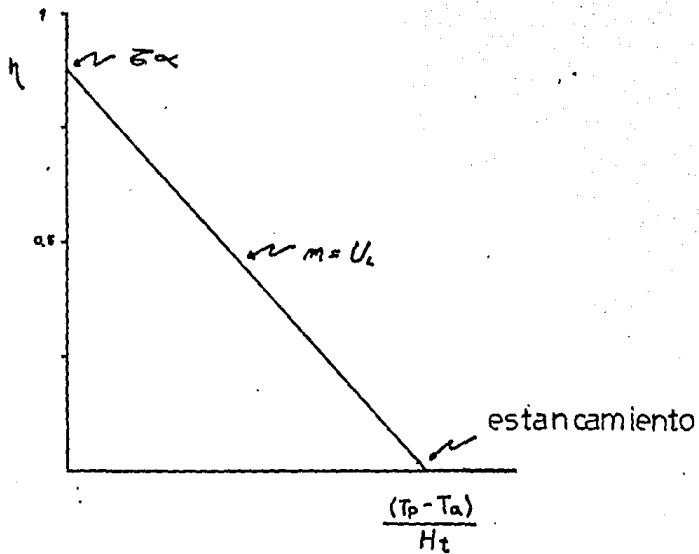


FIG. 4.3.2

CAPITULO V

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

NOMENCLATURA UTILIZADA EN ESTE CAPITULO:

Todas las temperaturas son en grados centigrados y son promedios obtenidos mediante integraciones gráficas, asimismo todos los valores de los gastos se obtuvieron de igual forma, en el apéndice C se anexa un ejemplo de la técnica usada.

T_a = temperatura ambiente.

T_e = temperatura de entrada a la rejilla.

T_s = temperatura a la salida de la rejilla.

T_p = temperatura de placa.

H = gasto másico en Kg/hr.

M_t = masa de agua en el sistema.

C_p = capacidad calorífica del agua en Kcal/m² grado C.

I = radiación promedio mensual en Langleys (cal/cm² hr).

H_t = radiación promedio mensual en Kcal/m² hr.

A = área del colector en m²

T_{prom} = temperatura promedio $(T_e + T_s)/2$.

Q_a = calor absorbido en el colector en Kcal/hr. .

Q_i = calor incidido en el colector en Kcal/hr.

η = eficiencia.

5.1 PROMEDIOS OBTENIDOS

De los datos registrados en el apéndice B, para el sistema de circuito continuo con reposición, se realizaron las gráficas para cada uno de los conceptos señalados en la tabla 5.1.1, contra tiempo, teniendo puntos en cada hora según se tomaron las lecturas de temperatura en los días 20, 26, 27, 28 y 29 de junio y 5 de julio, integrando el área bajo la curva y dividiendo entre las horas de observación se obtuvieron los valores reportados en la tabla mencionada.

TABLA 5.1.1 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS INTEGRACIONES GRAFICAS PARA EL SISTEMA DE CIRCUITO CONTINUO CON REPOSICION.

	JUNIO	JUNIO	JUNIO	JUNIO	JUNIO	JULIO
	26	27	28	29	20	5
Ta	21.26875	24.07143	23.86072	23.50357	24.58125	23.64286
Hierro						
Te	25.06563	26.40893	27.35714	26.09286	40.19063	32.28571
Tp	43.05313	45.48215	45.47858	44.48929	67.29376	55.07857
Ts	31.87797	34.28464	33.00715	32.92857	51.75313	37.03571
H	14.15333	14.6625	13.93571	14.2234	10.9875	16.18572
Cobre						
Te	24.67656	28.225	42.19286	27.86429	44.06875	38.33929
Tp	35.25625	45.5	60.89286	41.78929	64.20938	59.75357
Ts	34.54375	42.98572	49.20357	40.51429	52.62188	51.25001
H	11.15633	10.65	16.21429	11.284	15.71719	16.9375

Por la similitud en los gastos y las condiciones climáticas, se seleccionaron y promediaron los días afines en la siguiente forma:

Promedio 1 de hierros: 26, 27, 28 y 29 de junio.

Punto 2 de hierros: 20 de junio.

Punto 3 de hierros: 5 de julio.

Promedio 1 de cobres: 26, 27 y 29 de junio.

Promedio 2 de cobres: 20, 28 de junio y 5 de julio.

Los datos así promediados se muestran en la tabla 5.1.2, también se anota el cálculo de la temperatura promedio que se usó para calcular el C_p utilizando el programa reportado en el apéndice C.

TABLA 5.1.2 VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LA TABLA 5.1.1 Y RESULTADOS DEL CALCULO DE C_p .

	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO
	1	2	1	2	3
	COBRE	COBRE	HIERRO	HIERRO	HIERRO
Ta	22.94792	24.02828	23.17612	24.58125	23.64286
Te	26.92195	41.53364	26.23114	40.19063	32.28571
Tp	40.84852	61.61861	44.62579	67.29376	55.07857
Ts	39.34792	51.02516	33.02458	51.75313	37.03571
H	11.03011	16.28966	14.24374	10.9875	16.18572
Tprom	33.13493	46.27941	29.62786	45.97188	34.66071
Cp	0.9986314	0.998386	0.998634	0.998401	.9986466

De los datos del apéndice B para el circuito cerrado con reposición, se promediaron de los diez días de lecturas, la mitad de éstos en cada ocasión, procediendo como ya se mencionó y los resultados se muestran en la tabla 5.1.3. A estos promedios se les denominó como se señala y fueron los puntos: 3,4 de cobre y 4,5 de hierro.

Punto 3 de cobre y 4 de hierro: promedio de los días: 19, 20, 22, 23 y 24 de abril.

Punto 4 de cobre y 5 de hierro: promedio de los días: 18, 25, 26, 27 y 28 de abril.

TABLA 5.1.3 VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LOS DATOS PARA EL SISTEMA DE FLUJO CERRADO CON REPOSICION.

	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO
	3	4	4	5
	COBRE	COBRE	HIERRO	HIERRO
Ta	28.58281	25.02813	28.58281	25.02813
Te	46.475	36.00938	45.52188	36.0125
Tp	61.28752	47.28752	70.02813	52.74375
Ts	59.15938	43.92813	53.25	40.45
H	8.040363	8.040363	7.6341	7.6341
Tprom	52.81719	39.968755	49.38594	38.23125
Cp	.9987071	.9986998	.9982307	.9986823

La eficiencia de un colector solar es su capacidad de absorber y retener la radiación solar que llega a él, en otras palabras es igual a la relación de calor absorbido (Q_a) entre el calor incidido (Q_i) en el área del calentador.

Las áreas de los colectores solares son: 0.8276898 y 0.8203 metros cuadrados para el calentador de hierro y el de cobre, respectivamente.

Enseguida se presentan los balances necesarios para el cálculo de eficiencias y a manera de ejemplo el cálculo de los valores para el promedio uno de hierro y uno de cobre, de igual forma, se procedió en el resto de los valores, obteniendo la tabla 5.2.1 para los resultados de Q_a , Q_i y eficiencias.

Promedio uno del calentador de hierro:

Cálculo del calor absorbido.

$$Q_a = W C_p (T_s - T_e)$$

$$Q_a = (14.24374 \text{ Kg/hr}) (0.9986335 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) (33.02458 - 26.23114^\circ\text{C})$$

$$Q_a = 96.63174 \text{ Kcal/hr}$$

Cálculo del calor incidido.

$$Q_i = \alpha I (A) = \alpha H_t (A)$$

$$Q_i = (0.98) (612.5 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}) (0.8276898 \text{ m}^2)$$

$$Q_i = 496.8208 \text{ Kcal/hr}$$

Cálculo de la eficiencia.

$$\eta = Q_a / Q_i$$

$$\eta = (96.63174 \text{ Kcal/hr}) / (496.8208 \text{ Kcal/hr}) = 0.1945002$$

$$\% \text{ de eficiencia} = 19.45002$$

Promedio uno del calentador de cobre:

Cálculo del calor absorbido.

$$Q_a = H C_p (T_s - T_e)$$

$$Q_a = (11.03011 \text{ Kg/hr}) (0.9986314 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}) (39.34792 - 26.92195^\circ\text{C})$$

$$Q_a = 136.8722 \text{ Kcal/hr}$$

Cálculo del calor incidido.

$$Q_i = \alpha I (A) = \alpha H_t (A)$$

$$Q_i = (0.98) (612.5 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}) (0.8203 \text{ m}^2)$$

$$Q_i = 492.3851 \text{ Kcal/hr}$$

Cálculo de la eficiencia.

$$\eta = Q_a / Q_i$$

$$\eta = (136.8722 \text{ Kcal/hr}) / (492.3851 \text{ Kcal/hr}) = 0.277978$$

$$\% \text{ de eficiencia} = 27.7978$$

TABLA 5.2.1 RESUMEN DE LOS VALORES CALCULADOS DE CALOR ABSORBIDO E INCIDIDO, LAS EFICIENCIAS LOGRADAS Y EL PRODUCTO $(T_p - T_a) / H_t$.

	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO
	1	2	1	2	3
	COBRE	COBRE	HIERRO	HIERRO	HIERRO
Q_a	136.8722	154.3641	96.63174	126.8399	76.77813
Q_i	492.3851	528.15835	496.8208	666.1376	496.8208
EFICIENCIA	0.277978	0.2385866	0.1945002	0.190411	.1545389
% EFICIENCIA	27.7978	23.85866	19.45002	19.04109	15.45389
$(T_p - T_a) / H_t$	.02922547	.045772	.03501987	.0520091	.0513236
H_t	612.5	821.25	612.5	821.25	612.5

TABLA 5.2.1 CONTINUACION.

	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 4	PUNTO 5
	COBRE	COBRE	HIERRO	HIERRO
Qa	101.85515	63.586836	58.892856	33.831678
Qi	543.6334	344.6696	548.5308	347.7746
EFICIENCIA	0.18736	0.1844864	0.1073647	0.9728048
% EFICIENCIA	18.736	18.44864	10.73647	9.728048
$(T_p - T_a) / H_t$	.04836187	.05180028	.06128698	.06464285
Ht	676.25	428.75	676.25	428.75

5.3 BALANCES DE CALOR PARA EL CALENTADOR EXPERIMENTADO CON RESPECTO AL MEDIO AMBIENTE.

Debido a que pudimos leer los valores de las temperaturas de placa, gracias a que contamos con un termómetro electrónico, datos reportados en el apéndice B, obtuvimos la diferencia de temperatura de placa y ambiente, para dividirla entre la insolación (H_t), para obtener las curvas de eficiencia de cada uno de los calentadores, gráficamente eficiencia contra el producto $((T_p - T_a) / H_t)$; el resumen de los valores obtenidos se muestran en la tabla 5.3.1.

TABLA 5.3.1 RESUMEN DE DATOS PARA LAS GRAFICAS DE EFICIENCIA vs. $((T_p - T_a)/H_t)$.

	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO
	1	2	1	2	3
	COBRE	COBRE	HIERRO	HIERRO	HIERRO
EFICIENCIA	0.277978	0.2385866	0.1945002	0.190411	.1545389
% EFICIENCIA	27.7978	23.85866	19.45002	19.04109	15.45389
$(T_p - T_a)/H_t$	.02922547	.045772	.03501987	.0520091	.0513236
Ht	612.5	821.25	612.5	821.25	612.5
	PUNTO	PUNTO	PUNTO	PUNTO	
	3	4	4	5	
	COBRE	COBRE	HIERRO	HIERRO	
EFICIENCIA	0.18736	0.1844864	0.1073647	0.9728048	
% EFICIENCIA	18.736	18.44864	10.73647	9.728048	
$(T_p - T_a)/H_t$	.04836187	.05180028	.06128698	.06464285	
Ht	676.25	428.75	676.25	428.75	

Con los datos de la tabla anterior se elaboró la gráfica 5.3.1, aproximando a la ecuación :

$$\eta = \xi \alpha - U_1 (T_p - T_a)/H_t$$

Se determinaron así por un ajuste de mínimos cuadrados la intersección y la pendiente (U_1), encontrándose una ecuación para cada uno de los colectores:

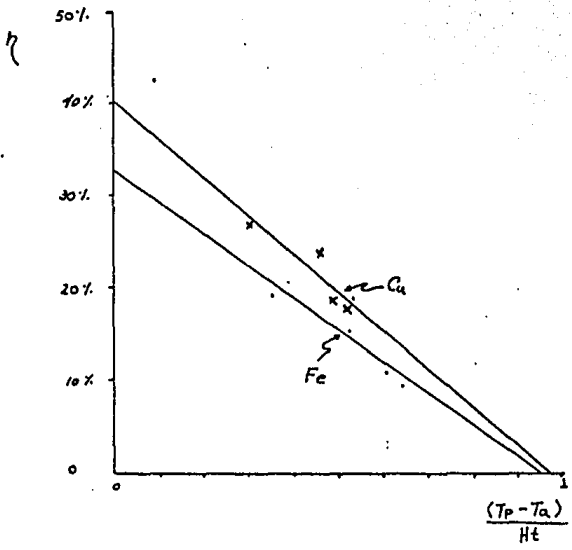


FIG. 5.3.1

Calentador de cobre:

$$\eta = -412.222 (T_p - T_a) / H_t + 40.261$$

Coefficiente de correlación: -0.923

Calentador de hierro:

$$\eta = -341.817 (T_p - T_a) / H_t + 32.949$$

Coefficiente de correlación: -0.869

Para ambos colectores determinamos el llamado "punto de estancamiento", que gráficamente se presenta en la intersección de éstas curvas con el eje de las abscisas.

COLECTOR	PUNTO DE ESTANCAMIENTO
cobre	0.09767
hierro	0.09639

La eficiencia máxima obtenible, es decir cuándo el producto $(T_p - T_a) / H_t = 0$, se presenta si la temperatura de placa iguala la temperatura ambiente, es de 40.261% para el calentador de cobre y 32.949% para el de hierro.

De las variables manejadas para las gráficas de eficiencia, tanto la temperatura ambiente como la insolación, no son controlables por nosotros, pero la temperatura de placa la podemos modificar, en base a la temperatura requerida en el agua de servicio, entre más baja sea, nos acercaremos a la máxima eficiencia, esto lo lograremos con una extracción acelerada de fluido.

Una importante limitante en el presente estudio es la carencia de elementos para medir la insolación diaria, ya que al usar las tablas promedio mensuales, se requeriría la medición continua durante un mes para que los valores se acercaran más a los promedios, pero aún así, no todos los años el clima y la insolación, se repiten exactamente, con lo que la aproximación, probablemente no fuera significativa.

Lo anterior lo encontramos al efectuar el cálculo de eficiencias, en base a las insolaciones promedio de los meses de lecturas, obteniendo resultados erráticos y no ajustados a el comportamiento normal de los colectores, según la bibliografía consultada. Por tal razón se calcularon por separado las eficiencias y balances de calor, para todos los datos de insolación del año, seleccionando los valores más ajustados a un lógico comportamiento, que son los que se reportan. Para justificar lo anterior se buscó el eliminar la influencia del valor de la insolación de los datos reales, y con ese fin, se hicieron las siguientes relaciones: eficiencia del calentador de cobre sobre eficiencia del calentador de hierro y $(T_p - T_a)$ de cobre sobre $(T_p - T_a)$ de hierro, datos que se reportan en la tabla 5.3.2.

TABLA 5.3.2 RESUMEN DE DATOS PARA LAS GRAFICAS DE RELACION EFICIENCIA COBRE SOBRE EFICIENCIA DE HIERRO vs. $(T_p - T_a)_{\text{COBRE}} / (T_p - T_a)_{\text{HIERRO}}$.

DIA	$(T_p - T_a)_{\text{Cobre}}$ $(T_p - T_a)_{\text{Hierro}}$	Eficiencia Cu Eficiencia Fe
20 de junio	0.9277874	1.069704
26 de junio	0.6420885	1.153968
27 de junio	1.000834	1.373241
28 de junio	1.713035	1.455283
29 de junio	0.8713412	1.484183
5 de julio	1.148716	2.866794
Prom. 1 sin flujo	0.7891051	1.74745
Prom. 2 sin flujo	0.8031352	1.895679

Los datos de la tabla 5.3.2 se gráficaron en la fig. 5.3.2. No encontrando una relación de linealidad, se procedió a integrar el área bajo la curva y a dividir entre el intervalo, encontrando que el área bajo la curva fué de 2.043429, y el intervalo en la abscisa de 1.070947, el cociente de ambos es de 1.912727.

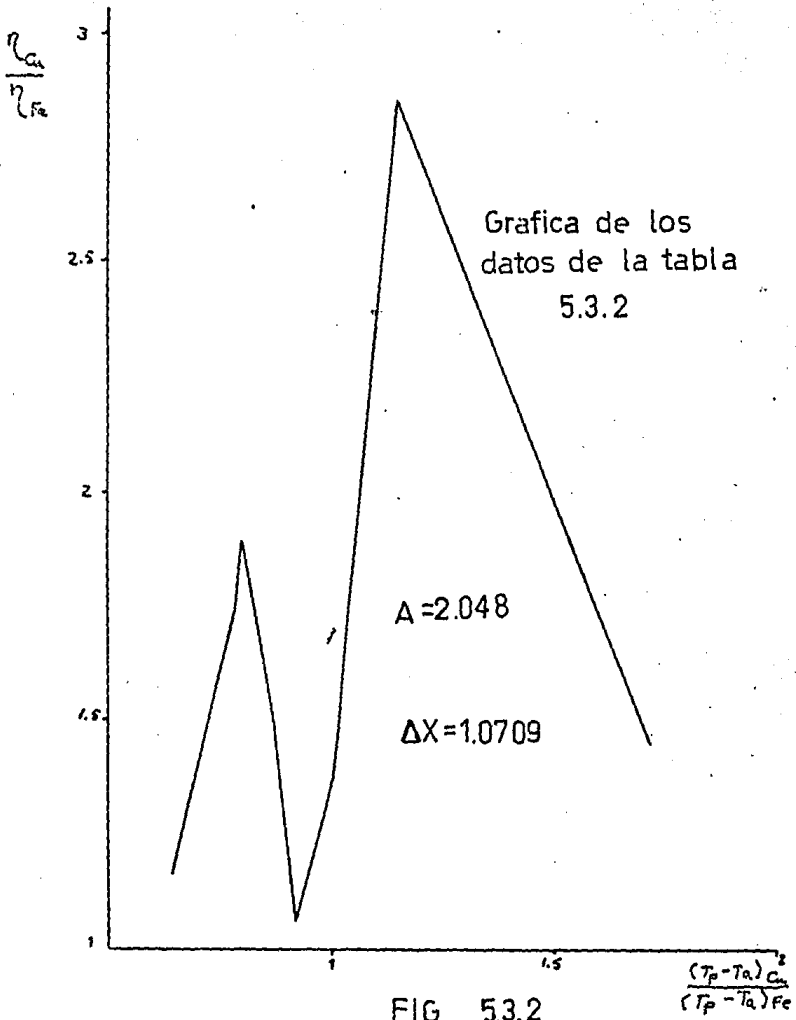


FIG. 5.3.2

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

6.1 CONCLUSIONES

Podemos concluir del presente estudio, que para cualquier valor de la insolación, siempre el calentador de cobre es más eficiente que el calentador de hierro de tipo comercial. Su diferencia en la eficiencia máxima es de $40.261 - 32.949 = 7.312$, este valor debería ser cero, debido a que la intersección con la ordenada de la fig. 5.3.1 es el producto transmitancia-absorbancia, cuyos valores son de 0.88 transmitancia del vidrio y 0.98 para la pintura negra, que fué el valor usado en los cálculos, al existir tal diferencia comprobamos que en realidad la absorbancia de la placa de cobre con recubrimiento selectivo es superior a la de la pintura negra, ya que las láminas de vidrio son del mismo tipo.

De la integración de la gráfica de la fig. 5.3.2, que elimina la posible desviación debida a la carencia de elementos de medición de la insolación, el valor encontrado de 1.912727, nos señala que para un metro cuadrado de calentador de cobre requerimos, para lograr la misma eficiencia, de 1.912727 metros cuadrados de calentador de hierro con diseño comercial, es decir que casi con el doble de área de calentador de hierro igualamos apenas los resultados del diseño propuesto, sin embargo, probablemente en costo, aunque se requiera el doble de área, siga siendo más económico el diseño comercial, estudio que no es objeto de esta tesis.

Actualmente el costo de instalación de un sistema de colector solar, para sustituir al tradicional boiler de gas, sigue siendo desventajoso, debido al bajo porcentaje de amortización de la inversión, y hasta cierto punto, el bajo precio y sencillez de uso que tiene el segundo, pero a la larga es una carrera en que la energía solar va ganando terreno, ya que el incremento paulatino en costo del gas y la toma de conciencia ecológica, obliga a la búsqueda de nuevas alternativas.

Creo sinceramente que el tipo de calentador comercial presentado, no sustituiría satisfactoriamente el sistema tradicional, pero puede ser usado ya, como un sistema auxiliar, que conectado al boiler tradicional y usando éste como termo-acumulador, sería un ahorrador del consumo de gas, ya que no permitiría que el termostato del boiler encendiera los quemadores.

La búsqueda e investigación en éste campo está en pañales en nuestro medio, ya que se debe buscar el abaratamiento del uso de la energía solar. Como alternativas propongo, primero el buscar que la carcasa, se construya de un material que le brinde rigidez y sirva a la vez de aislante, usando fibra de vidrio o asbesto. Además de incluir en la placa mayor cantidad de tubos, espaciándolos a cinco centímetros, en lugar de diez, para disminuir la diferencia de temperaturas entre la placa y el tubo.

Mucho se ha hablado de que los sistemas de flujo forzado son más eficientes que los de termosifón, quedando a futuro el hacer una comparación entre ambos y con el sistema tradicional, ya que esa afirmación se ha generado en estudios efectuados en otros países, cuyas realidades difieren de la nuestra.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Perry Robert y Chilton Cecil, Manual del Ingeniero Químico, 5a. ed., Mc Graw Hill, México, 1985.
- 2.- Dias Baptista Filho Benedito, Consideraciones sobre a eficiencia de colectores planos de energia solar, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brasil, 1981.
- 3.- Mc Cartney y Ford Brian, Aqua caliente solar, H.Blume edic., España, 1981.
- 4.- Manrique José A., Ph.D., Energia Solar, Harla, México, 1976.
- 5.- Rico Oscar y Denogean Hector, Estudio de un calentador solar de placa plana, tesis de Ing. Químico, UAG. 1983.
- 6.- Muñiz Ramirez Luis Gmo., Prototipo de un colector solar, tesis de IME, UAG. 1981.
- 7.- Kern Donald Q., Procesos de transferencia de calor, CECSA, México, 1965.
- 8.- Manrique José A., Ph.D., Transferencia de calor, Harla, México, 1976.

9.- Ocón Joaquín y Tojo Gabriel, Problemas de Ing. Química, Aguilar, España, 1978.

10.- Gieck Kurt, Manual de Fórmulas Técnicas, 18a. edición, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., México, 1981.

11.- Charters H.W.S., Solar Liquid Heaters, Addison Wesley, U.S.A., 1972.

12.- Revista, Solar Energy, Vol.24, pp 191-198, Pergamon Press Ltd., Gran Bretaña, 1981.

13.- Revista, Solar Energy, Vol.27, No. 5, pp 367-386, Pergamon Press Ltd., Gran Bretaña, 1981.

14.- Revista, Solar Energy, Vol.27, No. 5, pp 441-442, Pergamon Press Ltd., Gran Bretaña, 1981.

15.- Revista, Journal of Heat Transfer, February, pp 48-54, U.S.A., 1961.

16.- Revista, Instituto de Ingeniería UNAM, México.

17.- Revista, Información Científica y Tecnológica, pp 39-45, Marzo, México, 1982.

APENDICE A

DATOS ASTRONOMICOS Y ASOLEAMIENTO PROMEDIO

	ENERO		FEBRERO	
DECLINACION DEL SOL:	21	grados 03' sur	12	grados 50' sur
SALIDA DEL SOL:	07	hr 33 min	07	hr 24 min
MEDIO DIA VERDADERO:	13	hr 02 min	13	hr 07 min
PUESTA DEL SOL:	18	hr 32 min	18	hr 51 min
DURACION DEL DIA:	10	hr 59 min	11	hr 27 min
INSOLACION(kcal/m ² -hr):	485.00		580.00	

	MARZO		ABRIL	
DECLINACION DEL SOL:	00	grados	09	grados 55' sur
SALIDA DEL SOL:	06	hr 57 min	06	hr 34 min
MEDIO DIA VERDADERO:	13	hr 01 min	12	hr 53 min
PUESTA DEL SOL:	19	hr 04 min	19	hr 12 min
DURACION DEL DIA:	12	hr 47 min	12	hr 38 min
INSOLACION(kcal/m ² -hr):	676.25		795.00	
(EQUINOCCIO DE PRIMAVERA 21 DE MARZO)				

MAYO

JUNIO

DECLINACION DEL SOL:	18 grados 58'norte	23 grados 27'norte
SALIDA DEL SOL:	06 hr 15 min	06 hr 12 min
MEDIO DIA VERDADERO:	12 hr 49 min	12 hr 55 min
PUESTA DEL SOL:	19 hr 24 min	19 hr 37 min
DURACION DEL DIA:	13 hr 09 min	13 hr 25 min
INSOLACION(kcal/m ² -hr):	821.25	612.5

(SOLSTICIO DE VERANO 21 DE JUNIO)

JULIO

AGOSTO

DECLINACION DEL SOL:	21 grados 37'norte	14 grados 33'norte
SALIDA DEL SOL:	06 hr 43 min	06 hr 33 min
MEDIO DIA VERDADERO:	12 hr 59 min	12 hr 58 min
PUESTA DEL SOL:	19 hr 36 min	19 hr 24 min
DURACION DEL DIA:	13 hr 13 min	12 hr 49 min
INSOLACION(kcal/m ² -hr):	537.50	562.50

SEPTIEMBRE

OCTUBRE

DECLINACION DEL SOL:	00 grados	09 grados 24' sur
SALIDA DEL SOL:	06 hr 43 min	06 hr 48 min
MEDIO DIA VERDADERO:	12 hr 47 min	12 hr 39 min
PUESTA DEL SOL:	18 hr 51 min	18 hr 30 min
DURACION DEL DIA:	12 hr 08 min	11 hr 42 min
INSOLACION(kcal/m ² -hr):	547.50	515.00

(EQUINOCCIO DE OTONO 23 DE SEPTIEMBRE)

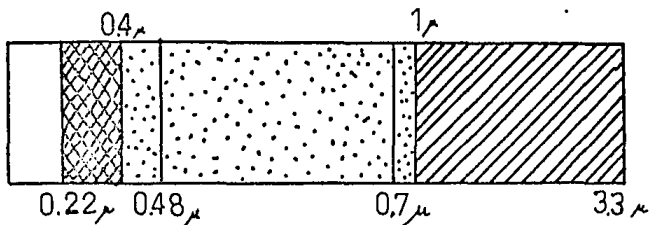
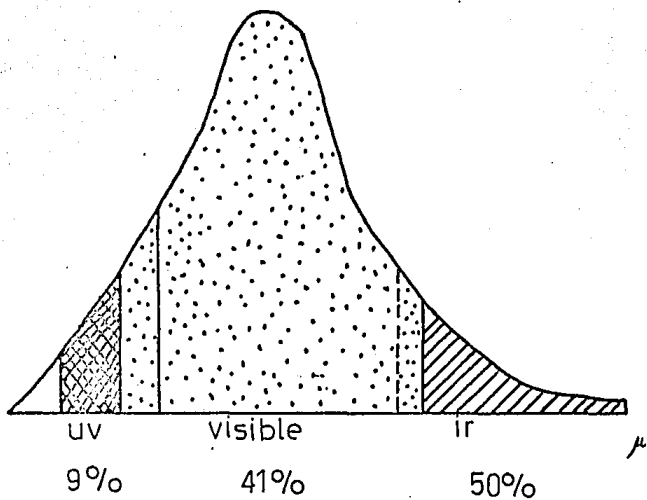
NOVIEMBRE

DICIEMBRE

DECLINACION DEL SOL:	18 grados 51' sur	23 grados 27' sur
SALIDA DEL SOL:	07 hr 02 min	07 hr 23 min
MEDIO DIA VERDADERO:	12 hr 38 min	12 hr 52 min
PUESTA DEL SOL:	18 hr 15 min	18 hr 21 min
DURACION DEL DIA:	11 hr 13 min	10 hr 38 min
INSOLACION(kcal/m ² -hr):	501.25	428.75

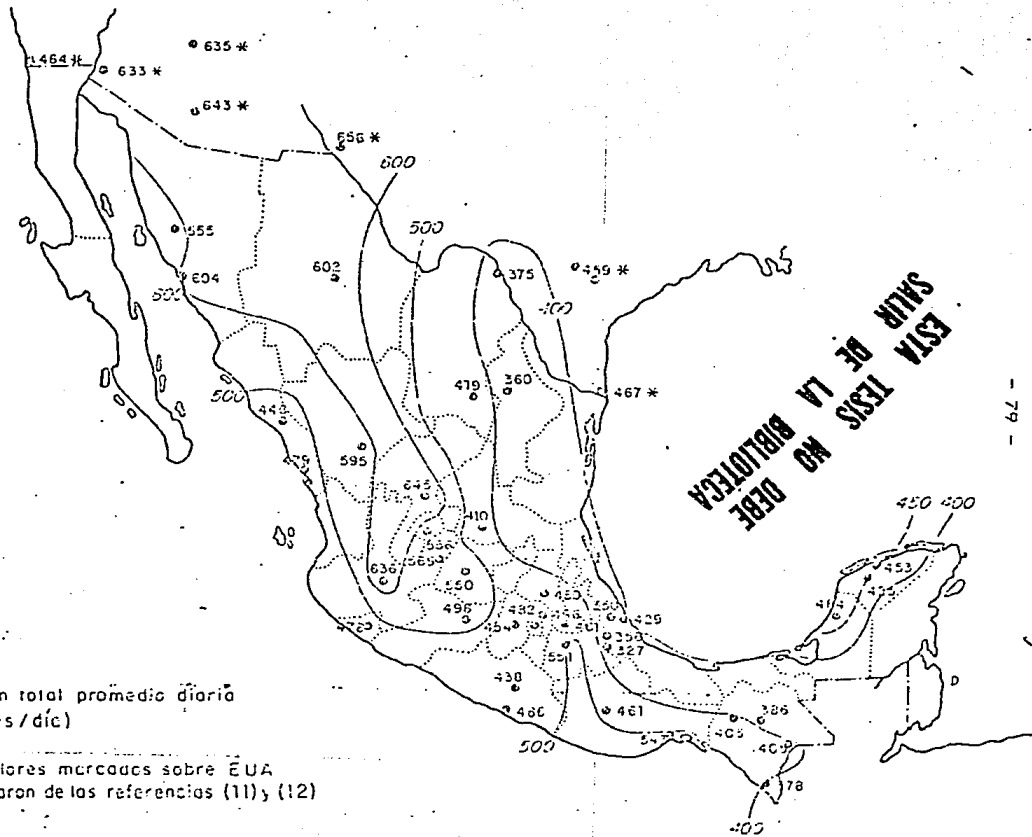
(SOLSTICIO DE INVIERNO 21 DE DICIEMBRE)

LOS DATOS ANOTADOS HAN SIDO CALCULADOS PARA LA HORA Y LATITUD DE GUADALAJARA JALISCO, MEXICO. (HORA DEL MERIDIANO 90 Y 20 GRADOS 40 MINUTOS DE LATITUD NORTE.)

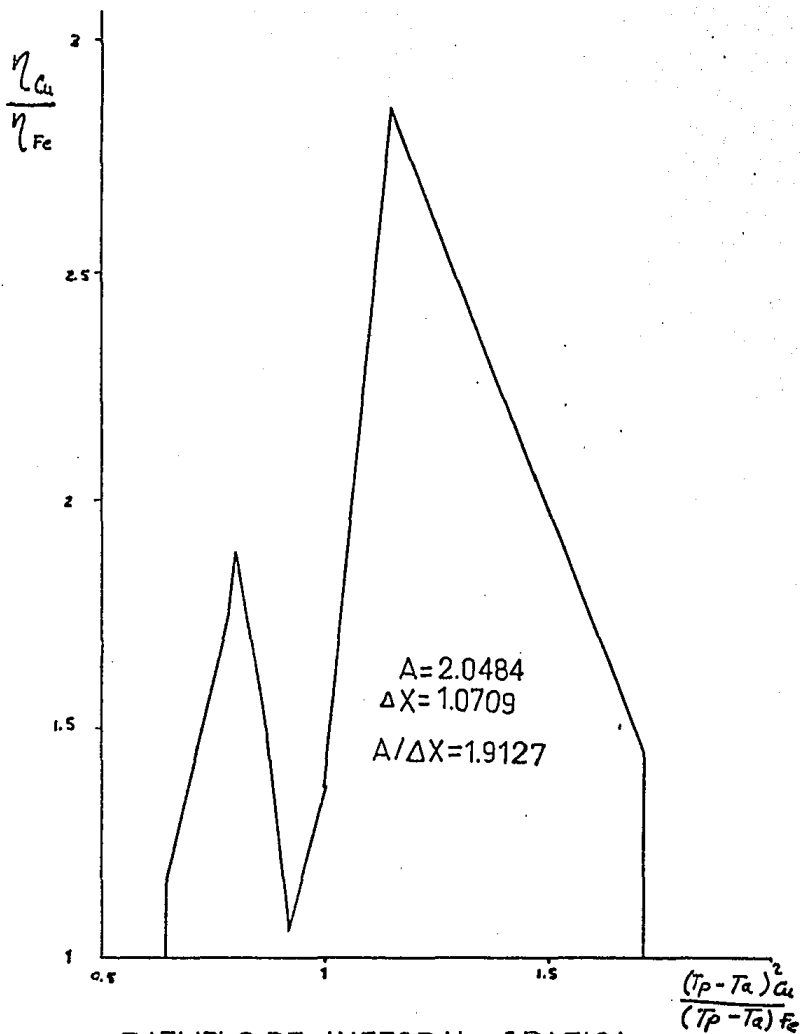


Longitudes de onda de la radiación solar

REF. 4
Ejemplo de curvas
de isorradiación mensual.



APENDICE B



EJEMPLO DE INTEGRAL GRAFICA

NOTA: SE SEÑALAN OBSERVACIONES CON LA SIGUIENTE NOMENCLATURA:

N= NUBLADO S= SOLEADO MS= MEDIO SOLEADO LL= LLUVIA
 MN= MEDIO NUBLADO PV= POCO VIENTO V= CON VIENTO

DATOS OBTENIDOS PARA EL SISTEMA DE FLUJO CERRADO CON REPOSICION

FECHA: 18 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA: 8:30 9:30 10:30 11:30 12:30 1:30 2:30 3:30 4:30
 TEMP. AMBIENTE (C) *25 *27 *28 *29 *29 * 32 * 31 * 30 * 30 *

CALENTADOR DE HIERROTERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO(t1) *34 *38 *40 *42 *48 * 48 * 50 * 52 * 52 *
 TEMP. MEDIA(t2) *40 *40 *40 *46 *48 *48 *52 *54 *54 *
 TEMP. ARRIBA(t3) *40 *40 *44 *50 *48 *54 *54 *54 *54 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA *26 *35 *41 *40 *42 *50 *46 *42 *37 *
 TEMP. PLACA *38 *56 *68 *70 *58 *84 *70 *56 *62 *
 TEMP. TUBO *36 *47 *56 *58 *52 *69 *66 *53 *56 *
 TEMP. SALIDA *29 *40 *47 *50 *48 *58 *56 *50 *54 *

CALENTADOR DE COBRETERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO(t1) *36 *36 *36 *39 *39 *40 *50 *57 *56 *
 TEMP. MEDIA(t2) *43 *43 *43 *43.5 *43.5 *44 *50 *57 *56 *
 TEMP. ARRIBA(t3) *44 *44 *43 *54 *55 *56 *57 *58 *56 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA *25 *40 *40 *46 *45 *42.5 *42 *42 *48 *
 TEMP. PLACA *34 *69 *76 *77 *73 *90 *74 *52 *60 *
 TEMP. SALIDA *26 *44 *63 *76 *60 *84 *57 *49 *45 *
 OBSERVACIONES: MN S MN N/PV N S S/V N/V S/V

FECHA: 19 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA: 8:30 9:30 10:30 11:30 12:30 1:30 2:30 3:30 4:30
 TEMP. AMBIENTE (C) *23 *26 *24 *29 *29 *32 *32 *29 *32 *

CALENTADOR DE HIERROTERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO(t1) *34 *38 *40 *42 *50 *54 *58 *58 *56 *
 TEMP. MEDIA(t2) *38 *38 *40 *49 *52 *58 *60 *58 *58 *
 TEMP. ARRIBA(t3) *40 *38 *45 *49 *55 *58 *60 *58 *58 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA *26 *36 *42 *44 *50 *52 *52 *55 *52 *
 TEMP. PLACA *38 *55 *58 *76 *84 *86 *68 *80 *76 *
 TEMP. TUBO *36 *47 *68 *63 *69 *70 *62 *78 *74 *
 TEMP. SALIDA *30 *42 *49 *54 *59 *61 *58 *66 *58 *

CALENTADOR DE COBRETERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO(t1) *29 *30 *30 *32 *48 *57 *57 *59 *62 *
 TEMP. MEDIA(t2) *40 *40 *39 *40 *56 *57 *62 *65 *63 *
 TEMP. ARRIBA(t3) *42 *41 *41 *45 *57 *64 *67 *66 *64 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA *22 *42 *57 *33 *44 *52 *52 *52 *48 *
 TEMP. PLACA *32 *60 *90 *78 *59 *67 *66 *58 *61 *
 TEMP. SALIDA *26 *47 *68 *84 *58 *65 *62 *58 *57 *
 OBSERVACIONES: S S S S/V S S N/PV N N/PV

FECHA: 20 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA: 8:30 9:30 10:30 11:30 12:30 1:30 2:30 3:30 4:30
 TEMP. AMBIENTE (C) *21 *25 *28 *29 *30 *30 *32 *31 *30 *

CALENTADOR DE HIERRO

TERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO(t1) *38 *38 *38 *42 *42 *53 *55 *58 *60 *
 TEMP. MEDIA(t2) *42 *42 *42 *42 *52 *53 *58 *60 *60 *
 TEMP. ARRIBA(t3) *42 *42 *42 *42 *52 *54 *60 *60 *60 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA *24 *39 *53 *68 *42 *50 *52 *54 *52 *
 TEMP. PLACA *33 *62 *86 *99 *80 *84 *84 *78 *69 *
 TEMP. TUBO *31 *60 *80 *90 *66 *70 *72 *70 *65 *
 TEMP. SALIDA *25 *49 *69 *62 *52 *60 *61 *62 *58 *

CALENTADOR DE COBRE

TERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO(t1) *31 *38 *44 *46 *55 *59 *60 *60 *59 *
 TEMP. MEDIA(t2) *43.5*43.5*44.5 *54 *58.5 *63 *66.5*66 *66 *
 TEMP. ARRIBA(t3) *45 *45 *52 *59 *64 *69 *73 *71 *69 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA *23 *34 *42 *46 *50 *54 *53 *62 *53 *
 TEMP. PLACA *33 *47 *57 *60 *66 *70 *80 *88 *78 *
 TEMP. SALIDA *29 *44 *54 *59 *62 *68 *78 *84 *74 *
 OBSERVACIONES: S S S S/PV S/V S/V S/V S/V S/V S/V

FECHA: 22 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA: 8:30 9:30 10:30 11:30 12:30 1:30 2:30 3:30 4:30
 TEMP. AMBIENTE (C) *25 *26 *27 *28 *29 *30 *32 *32 *31 *

CALENTADOR DE HIERRO

TERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO(t1) *36 *40 *42 *44 *48 *53 *56 *58 *58 *
 TEMP. MEDIA(t2) *42 *40 *42 *46 *52 *54 *58 *58 *58 *
 TEMP. ARRIBA(t3) *42 *40 *44 *50 *52 *56 *58 *58 *58 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA *26 *36 *42 *44 *47 *50 *52 *54 *52 *
 TEMP. PLACA *34 *55 *68 *76 *76 *78 *78 *73 *68 *
 TEMP. TUBO *32 *47 *57 *63 *65 *68 *68 *66 *63 *
 TEMP. SALIDA *28 *42 *46 *56 *56 *59 *59 *60 *57 *

CALENTADOR DE COBRE

TERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO(t1) *32 *39 *44 *41 *50 *58 *60 *60 *60 *
 TEMP. MEDIA(t2) *45 *45 *45 *50 *59 *61 *63 *64 *65 *
 TEMP. ARRIBA(t3) *47 *46 *50 *59 *62 *66 *69 *70 *68 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA *22 *34 *40 *45 *47 *51 *54 *50 *54 *
 TEMP. PLACA *32 *48 *56 *61 *62 *67 *70 *72 *69 *
 TEMP. SALIDA *30 *46 *53 *59 *60 *66 *69 *70 *68 *
 OBSERVACIONES: S S S S/PV S S S/PV S

FECHA: 23 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30	
TEMP. AMBIENTE (C)	*24	*25	*30	*28	*30	*30	*30	*29	*30 *	
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u>										
TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*36	*38	*41	*46	*48	*50	*54	*57	*57 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*42	*40	*40	*49	*50	*52	*58	*58	*57 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*42	*40	*40	*50	*52	*52	*58	*58	*57 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*26	*34	*41	*44	*46	*49	*50	*48	*48 *	
TEMP. PLACA	*34	*52	*66	*76	*76	*78	*80	*62	*67 *	
TEMP. TUBO	*34	*52	*56	*62	*65	*67	*68	*57	*62 *	
TEMP. SALIDA	*28	*40	*48	*53	*53	*58	*59	*55	*56 *	
<u>CALENTADOR DE COBRE</u>										
TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*40	*39	*43	*45	*45	*45	*48	*56	*62 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*46	*45	*45	*49	*52	*55	*60	*66	*64 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*46	*46	*54	*63	*65	*66	*76	*67	*64 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*23	*39	*31	*45	*44	*47	*45	*45	*48 *	
TEMP. PLACA	*32	*55	*58	*68	*70	*80	*60	*55	*56 *	
TEMP. SALIDA	*24	*43	*58	*66	*68	*76	*62	*56	*57 *	
OBSERVACIONES:	S	S	S	S	N/V	S	S/V	N/V	N/V	

FECHA: 24 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30	
TEMP. AMBIENTE (C)	*25	*25	*27	*27	*28	*30	*29	*29	*30 *	
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u>										
TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*33	*38	*40	*42	*48	*51	*53	*58	*58 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*40	*40	*40	*45	*50	*51	*56	*58	*58 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*40	*40	*43	*48	*52	*53	*57	*58	*58 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*26	*34	*41	*43	*46	*52	*50	*52	*51 *	
TEMP. PLACA	*38	*52	*65	*74	*78	*80	*74	*72	*68 *	
TEMP. TUBO	*36	*45	*55	*61	*65	*68	*66	*65	*64 *	
TEMP. SALIDA	*29	*40	*48	*52	*55	*58	*57	*58	*59 *	
<u>CALENTADOR DE COBRE</u>										
TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*31	*37	*44	*45	*52	*56	*60	*63	*64 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*44	*44	*44	*50	*56	*59	*64	*65	*65 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*45	*45	*50	*56	*60	*65	*67	*67	*66 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*25	*32	*41	*44	*48	*55	*54	*54	*51 *	
TEMP. PLACA	*37	*44	*54	*58	*62	*66	*64	*65	*64 *	
TEMP. SALIDA	*30	*40	*51	*56	*59	*62	*63	*64	*62 *	
OBSERVACIONES:	S	S	S	S	S/V	S	MN/PV	S	S/PV	

FECHA: 25 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30
TEMP. AMBIENTE (C)	*24	*22	*25	*25	*28	*29	*29	*29	*28 *
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u> TERMO-ACUMULADOR									
TEMP. ABAJO(t1)	*34	*37	*41	*42	*46	*50	*52	*52	*52 *
TEMP. MEDIA(t2)	*40	*40	*40	*42	*48	*50	*52	*52	*52 *
TEMP. ARRIBA(t3)	*42	*40	*42	*48	*50	*52	*52	*52	*52 *
<u>COLECTOR</u>									
TEMP. ENTRADA	*26	*28	*41	*40	*43	*49	*45	*48	*42 *
TEMP. PLACA	*37	*50	*66	*66	*72	*74	*58	*64	*51 *
TEMP. TUBO	*35	*44	*55	*55	*60	*64	*54	*58	*53 *
TEMP. SALIDA	*29	*39	*47	*49	*53	*55	*52	*52	*48 *
<u>CALENTADOR DE COBRE</u> TERMO-ACUMULADOR									
TEMP. ABAJO(t1)	*32	*32	*43	*45	*47	*54	*56	*57	*57 *
TEMP. MEDIA(t2)	*45	*44	*44	*45	*54	*58	*58	*58	*57 *
TEMP. ARRIBA(t3)	*47	*46	*46	*55	*59	*61	*60	*58	*58 *
<u>COLECTOR</u>									
TEMP. ENTRADA	*25	*36	*39	*43	*45	*49	*48	*50	*43 *
TEMP. PLACA	*33	*49	*53	*66	*58	*62	*54	*59	*51 *
TEMP. SALIDA	*30	*39	*50	*53	*57	*60	*55	*56	*50 *
OBSERVACIONES:	S	MN	S	MN/PV	MN	MN/PV	N	MN/V	MN/PV

FECHA: 26 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30
TEMP. AMBIENTE (C)	*18	*21	*21	*22	*24	*24	*24	*24	*24 *
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u> TERMO-ACUMULADOR									
TEMP. ABAJO(t1)	*30	*30	*36	*34	*36	*36	*36	*36	*36 *
TEMP. MEDIA(t2)	*37	*36	*36	*34	*34	*36	*36	*36	*36 *
TEMP. ARRIBA(t3)	*38	*36	*36	*34	*36	*38	*36	*36	*36 *
<u>COLECTOR</u>									
TEMP. ENTRADA	*18	*24	*26	*26	*36	*33	*30	*33	*32 *
TEMP. PLACA	*22	*31	*37	*37	*57	*41	*38	*42	*38 *
TEMP. TUBO	*21	*38	*34	*35	*46	*38	*36	*39	*37 *
TEMP. SALIDA	*24	*30	*31	*33	*40	*36	*34	*37	*35 *
<u>CALENTADOR DE COBRE</u> TERMO-ACUMULADOR									
TEMP. ABAJO(t1)	*30	*29	*29	*32	*39	*38	*37	*38	*38 *
TEMP. MEDIA(t2)	*40	*40	*39	*38	*38	*38	*38	*38	*38 *
TEMP. ARRIBA(t3)	*42	*41	*40	*39	*39	*41	*39	*39	*39 *
<u>COLECTOR</u>									
TEMP. ENTRADA	*19	*26	*30	*21	*33	*34	*31	*34	*33 *
TEMP. PLACA	*21	*37	*41	*33	*42	*38	*36	*39	*37 *
TEMP. SALIDA	*25	*27	*31	*30	*41	*37	*36	*37	*37 *
OBSERVACIONES:	N/LL	N/V	N/V	N	N	N/PV	N/PV	N	N

FECHA: 27 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30	
TEMP. AMBIENTE (C)	*23	*23	*25	*25	*26	*26	*26	*26	*	
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u> TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO(t1)	*27	*29	*31	*32	*35	*37	*39	*42	*42	*
TEMP. MEDIA(t2)	*28	*29	*31	*34	*36	*37	*42	*43	*42	*
TEMP. ARRIBA(t3)	*29	*31	*36	*36	*37	*42	*44	*43	*42	*
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*27	*28	*32	*31	*33	*36	*38	*35	*30	*
TEMP. PLACA	*38	*40	*49	*47	*50	*56	*56	*46	*40	*
TEMP. TUBO	*35	*35	*42	*41	*44	*48	*48	*43	*39	*
TEMP. SALIDA	*28	*33	*37	*36	*39	*42	*44	*39	*34	*
<u>CALENTADOR DE COBRE</u> TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO(t1)	*25	*29	*31	*33	*37	*39	*42	*45	*45	*
TEMP. MEDIA(t2)	*30	*30	*34	*37	*38	*41	*46	*46	*45	*
TEMP. ARRIBA(t3)	*31	*34	*38	*39	*40	*58	*49	*47	*46	*
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*25	*27	*31	*31	*34	*37	*39	*34	*32	*
TEMP. PLACA	*37	*35	*39	*39	*42	*46	*48	*43	*39	*
TEMP. SALIDA	*26	*34	*42	*38	*42	*44	*46	*42	*38	*
OBSERVACIONES:	MN	MN	MN/V	N	N/PV	N/V	N/V	N/V	N	

FECHA: 28 de abril de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30	
TEMP. AMBIENTE (C)	*22	*23	*23	*25	*28	*28	*28	*27	*27	*
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u> TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO(t1)	*28	*30	*32	*33	*34	*38	*44	*44	*45	*
TEMP. MEDIA(t2)	*32	*32	*32	*32	*34	*42	*44	*45	*45	*
TEMP. ARRIBA(t3)	*33	*32	*32	*34	*40	*43	*46	*45	*45	*
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*22	*25	*28	*34	*37	*39	*41	*36	*38	*
TEMP. PLACA	*31	*35	*36	*53	*64	*71	*63	*45	*47	*
TEMP. TUBO	*30	*32	*34	*46	*53	*58	*54	*43	*45	*
TEMP. SALIDA	*24	*29	*32	*38	*43	*46	*47	*40	*44	*
<u>CALENTADOR DE COBRE</u> TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO(t1)	*27	*27	*32	*33	*35	*46	*46	*47	*48	*
TEMP. MEDIA(t2)	*34	*34	*34	*34	*39	*46	*49	*50	*49	*
TEMP. ARRIBA(t3)	*35	*35	*35	*36	*45	*48	*51	*51	*50	*
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*22	*27	*28	*34	*36	*40	*44	*38	*39	*
TEMP. PLACA	*28	*36	*33	*44	*49	*54	*51	*45	*46	*
TEMP. SALIDA	*25	*30	*32	*41	*46	*50	*50	*44	*41	*
OBSERVACIONES:	MN	N	N	MN	MS	MS/PV	MN	N	N	

LOS GASTOS DE LOS DIAS SIGUIENTES SE REGISTRAN POR SEPARADO AL FINAL DE ESTAS LECTURAS YA QUE NO SE TOMARON A LA MISMA HORA.

FECHA: 20 de junio de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30
TEMP. AMBIENTE (C)	*20	*22	*22	*22	*24	*33	*32	*34	*28 *

CALENTADOR DE HIERRO
TERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO (t1)	*22	*23	*24	*24	*24	*24	*26	*28	*28 *
TEMP. MEDIA (t2)	*21	*22	*24	*24	*24	*24	*26	*28	*28 *
TEMP. ARRIBA (t3)	*22	*23	*24	*24	*24	*26	*26	*28	*28 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA	*21	*34	*33	*32	*37	*46	*55	*51	*46 *
TEMP. PLACA	*29	*58	*54	*49	*62	*77	*90	*96	*75 *
TEMP. TUBO	*28	*55	*53	*48	*59	*72	*86	*92	*72 *
TEMP. SALIDA	*22	*42	*46	*42	*47	*57	*70	*70	*58 *

CALENTADOR DE COBRE
TERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO (t1)	*20	*21	*22	*23	*24	*25	*26	*27	*28 *
TEMP. MEDIA (t2)	*21	*22	*24	*23	*24	*25	*26	*27	*28 *
TEMP. ARRIBA (t3)	*23	*23	*24	*24	*25	*26	*27	*28	*28 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA	*21	*36	*37	*37	*43	*52	*58	*53	*52 *
TEMP. PLACA	*27	*54	*51	*50	*58	*74	*86	*90	*74 *
TEMP. SALIDA	*21	*41	*44	*42	*50	*61	*70	*72	*61 *
OBSERVACIONES:	N	S/V	N/V	N	N	MN	MN	N	N

FECHA: 26 de junio de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30
TEMP. AMBIENTE (C)	*18	*19	*19	*21	*22	*20	*24	*24	*24 *

CALENTADOR DE HIERRO
TERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO (t1)	*24	*24	*24	*24	*26	*28	*30	*32	*34 *
TEMP. MEDIA (t2)	*24	*24	*24	*24	*26	*34	*34	*35	*38 *
TEMP. ARRIBA (t3)	*26	*26	*26	*27	*34	*35	*36	*39	*38 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA	*20	*20	*20	*24	*27	*25	*27	*33	*29 *
TEMP. PLACA	*30	*31	*29	*44	*58	*42	*42	*65	*37 *
TEMP. TUBO	*27	*28	*26	*37	*47	*36	*36	*53	*35 *
TEMP. SALIDA	*26	*25	*25	*30	*38	*33	*32	*42	*34 *

CALENTADOR DE COBRE
TERMO-ACUMULADOR

TEMP. ABAJO (t1)	*22	*21	*21	*23	*27	*29	*32	*36	*37 *
TEMP. MEDIA (t2)	*27	*27	*26	*27	*29	*38	*39	*39	*41 *
TEMP. ARRIBA (t3)	*28	*28	*28	*29	*39	*40	*41	*45	*45 *

COLECTOR

TEMP. ENTRADA	*21	*20	*20	*21	*27	*26	*30	*34	*31 *
TEMP. PLACA	*29	*30	*24	*31	*44	*34	*36	*49	*37 *
TEMP. SALIDA	*21	*28	*26	*31	*41	*36	*36	*48	*39 *
OBSERVACIONES:	N	LL/N	N	N	MN	N	N	MN	MN

FECHA: 27 de junio de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30	
TEMP. AMBIENTE (C)	*	*21	*21	*23	*24	*25	*27	*26	*24 *	
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u>										
TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*	*24	*26	*26	*28	*30	*35	*33	*32 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*	*26	*26	*27	*30	*34	*37	*39	*38 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*	*28	*32	*30	*35	*38	*41	*40	*38 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*	*22	*22	*27	*27	*27	*32	*31	*28 *	
TEMP. PLACA	*	*37	*36	*44	*48	*52	*63	*39	*36 *	
TEMP. TUBO	*	*34	*31	*38	*40	*43	*52	*36	*34 *	
TEMP. SALIDA	*	*31	*29	*32	*34	*36	*43	*34	*33 *	
<u>CALENTADOR DE COBRE</u>										
TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*	*22	*26	*26	*29	*31	*34	*32	*29 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*	*30	*30	*31	*34	*37	*44	*40	*35 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*	*31	*38	*35	*44	*48	*55	*54	*51 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*	*24	*23	*27	*26	*29	*31	*31	*37 *	
TEMP. PLACA	*	*35	*30	*43	*41	*41	*48	*48	*50 *	
TEMP. SALIDA	*	*27	*33	*38	*42	*45	*55	*52	*45 *	
OBSERVACIONES:		SOMBRA	N	N	N/V	MN	N	N	N	MN

FECHA: 28 de junio de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30	
TEMP. AMBIENTE (C)	*	*20	*21	*22	*25	*26	*24	*26	*26 *	
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u>										
TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*	*24	*26	*27	*28	*32	*31	*30	*30 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*	*26	*26	*27	*31	*36	*37	*36	*36 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*	*27	*30	*34	*35	*38	*39	*37	*36 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*	*21	*25	*26	*29	*29	*28	*30	*28 *	
TEMP. PLACA	*	*33	*40	*47	*59	*50	*40	*46	*40 *	
TEMP. TUBO	*	*29	*34	*39	*48	*42	*37	*40	*36 *	
TEMP. SALIDA	*	*27	*31	*33	*33	*36	*35	*34	*31 *	
<u>CALENTADOR DE COBRE</u>										
TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*	*22	*22	*22	*23	*25	*26	*25	*26 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*	*24	*24	*23	*24	*25	*26	*25	*26 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*	*29	*28	*38	*28	*27	*27	*26	*27 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*	*23	*32	*43	*49	*53	*46	*41	*40 *	
TEMP. PLACA	*	*36	*48	*61	*74	*74	*64	*59	*56 *	
TEMP. SALIDA	*	*24	*37	*49	*56	*62	*56	*49	*47 *	
OBSERVACIONES:		SOMBRA	MN	N	N	S	N	N	N	N

FECHA: 29 de junio de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30	
TEMP. AMBIENTE (C)	*	*20	*20	*21	*23	*24	*24	*25	*25 *	
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u> TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*	*24	*26	*27	*28	*31	*33	*31	*31 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*	*26	*26	*27	*30	*34	*37	*36	*36 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*	*27	*30	*33	*35	*38	*39	*37	*37 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*	*22	*23	*26	*28	*29	*29	*30	*28 *	
TEMP. PLACA	*	*34	*37	*44	*51	*52	*46	*46	*37 *	
TEMP. TUBO	*	*31	*32	*38	*41	*43	*38	*40	*35 *	
TEMP. SALIDA	*	*29	*30	*32	*33	*36	*35	*34	*32 *	
<u>CALENTADOR DE COBRE</u> TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*	*24	*25	*25	*28	*30	*32	*31	*30 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*	*27	*28	*32	*33	*36	*42	*40	*35 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*	*29	*30	*38	*43	*47	*53	*52	*50 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*	*23	*24	*26	*27	*29	*30	*30	*35 *	
TEMP. PLACA	*	*35	*36	*41	*40	*42	*46	*46	*48 *	
TEMP. SALIDA	*	*24	*32	*38	*40	*45	*53	*51	*45 *	
OBSERVACIONES:		SOMBRA	N	N	N	MN	N	N	N	N

FECHA: 5 de julio de 1986.

HORAS DE LECTURA:	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	1:30	2:30	3:30	4:30	
TEMP. AMBIENTE (C)	*	*20	*22	*22	*24	*24	*25	*26	*25 *	
<u>CALENTADOR DE HIERRO</u> TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*	*26	*26	*26	*27	*30	*38	*41	*44 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*	*31	*28	*26	*24	*37	*41	*43	*46 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*	*32	*32	*32	*36	*40	*42	*46	*46 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*	*25	*26	*25	*29	*35	*39	*39	*41 *	
TEMP. PLACA	*	*36	*41	*36	*58	*69	*68	*66	*59 *	
TEMP. TUBO	*	*32	*35	*32	*47	*55	*56	*56	*54 *	
TEMP. SALIDA	*	*30	*32	*30	*39	*44	*46	*46	*45 *	
<u>CALENTADOR DE COBRE</u> TERMO-ACUMULADOR										
TEMP. ABAJO (t1)	*	*24	*24	*25	*25	*27	*28	*28	*29 *	
TEMP. MEDIA (t2)	*	*25	*24	*25	*25	*27	*33	*37	*33 *	
TEMP. ARRIBA (t3)	*	*33	*32	*30	*30	*60	*58	*57	*54 *	
<u>COLECTOR</u>										
TEMP. ENTRADA	*	*26	*36	*35	*47	*32	*33	*48	*54 *	
TEMP. PLACA	*	*37	*49	*48	*70	*54	*64	*77	*76 *	
TEMP. SALIDA	*	*27	*38	*37	*51	*56	*63	*68	*64 *	
OBSERVACIONES:		SOMBRA	MN	N	N/V	S/V	S/PV	S/V	S.	S/V

DATOS DE MASA DE AGUA EXTRAIDA DE LOS CALENTADORES SOLARES DURANTE LAS PRUEBAS DE FLUJO CONTINUO CON REPOSICION.

Dia 20 de junio de 1986

Horas de captación	Calentador de hierro Kg de agua extraidos	Calentador de cobre Kg de agua extraidos
8:30 - 9	19.30	17.90
9 - 9:30	19.20	7.90
9:30 -10	18	8.20
10-10:30	18.20	10.70
10:30-11	20.10	12.40
11-11:30	15.60	7.10
11:30-12	19.40	17.60
12-12:30	18.90	8.40
12:30-13	14.80	10.70
13-13:30	14.40	16.40
13:30-14	10.40	10.60
14-14:30	26.00	16.80
14:30-15	11.90	10.70
15-15:30	9.90	11.20
15:30-16	12.00	7.00
16-16:30	7.70	4.20

Dia 26 de junio de 1986

Horas de captación	Calentador de hierro Kg de agua extraidos	Calentador de cobre Kg de agua extraidos
9 -10:30	14.80	13.00
10:30-12:30	14.50	13.50
12:30-14:30	16.50	12.30
14:30-16:30	18.30	12.40

Dia 27 de junio de 1986

Horas de captación	Calentador de hierro Kg de agua extraidos	Calentador de cobre Kg de agua extraidos
9 -10:30	19.90	6.90
10:30-12:30	14.60	10.90
12:30-14:30	11.40	9.50
14:30-16:30	23.90	21.70

Dia 28 de junio de 1986

Horas de captación	Calentador de hierro Kg de agua extraidos	Calentador de cobre Kg de agua extraidos
9 -10:30	11.70	9.90
10:30-11:30	13.00	18.50
11:30-13:30	18.70	17.40
13:30-14:30	9.10	22.90
14:30-15:40	21.90	22.10
15:40-16:30	8.40	9.60

Dia 29 de junio de 1986

Horas de captación	Calentador de hierro Kg de agua extraidos	Calentador de cobre Kg de agua extraidos
9 -10:30	11.70	9.90
10:30-11:30	13.00	18.50
11:30-13:30	18.70	17.40
13:30-14:30	9.10	22.90
14:30-16:30	23.90	21.70

Dia 5 de julio de 1986

Horas de captación	Calentador de hierro Kg de agua extraidos	Calentador de cobre Kg de agua extraidos
9 - 9:30	18.80	13.20
9:30-10:40	19.30	15.40
10:40-11:30	15.20	23.40
11:30-12:15	25.20	13.10
12:15-13:00	11.00	16.90
13:00-16:30	16.40	13.70

APENDICE C

```

10 REM programa promtesi.bas
20 REM PROGRAMA PARA CALCULAR LOS PROMEDIOS
30 REM DE LAS LECTURAS DE TEMPERATURA
40 REM PARA DETENER LA EJECUCION PRESIONA CTRL Y C
50 BP#=CHR$(27)+"H"+CHR$(27)+"J"+CHR$(7)
60 PRINT BP#
70 PRINT "CUANTAS LECTURAS VAS A PROMEDIAR ? "
80 INPUT N
90 DIM L(N)
100 SUM=0
110 FOR I=1 TO N
120 PRINT "DIME LA LECTURA":PRINT I
130 INPUT L(N)
140 SUM=L(N)+SUM
150 NEXT I
160 PROM=SUM/N
170 PRINT PROM
180 PRINT TAB(18)"EL PROMEDIO DE LAS ":PRINT TAB(21) N
190 PRINT TAB(18)"ES = ":PRINT TAB(21)PROM
200 GOTO 100

```

```

10 REM PROGRAMA INTEGRAL.BAS
20 REM ESTE PROGRAMA SIRVE PARA EVALUAR LA INTEGRAL GRAFICA BAJO UNA CURVA
30 REM DADA, PARA DETENER LA EJECUCION DEL MISMO DEBE PRESIONAR CTRL Y C
40 REM H1 ES LA ALTURA UNO DEL PARALELOGRAMO, Y H2 LA SIGUIENTE ALTURA
50 REM CONVIRTIENDOSE DESPUES LA SEGUNDA EN LA ALTURA UNO DEL SEGUNDO
60 REM PARALELOGRAMO Y ASI SUCESIVAMENTE, EL AREA ACUMULADA ES A1 Y NOS
70 REM LA INFORMA EL PROGRAMA DESPUES DE CADA CALCULO.
80 BP#=CHR$(27)+"H"+CHR$(27)+"J"+CHR$(7)
90 PRINT BP#
100 A1=0
110 REM SOLICITA DATOS
120 PRINT "DAME EL VALOR DE H1"
130 INPUT H1
140 PRINT "DAME EL VALOR DE H2"
150 INPUT H2
160 REM CALCULO DEL AREA BAJO LA CURVA PARA INTERVALOS REGULARES DE 0.25
170 A=(H1+H2)/2*.25
180 A1=A+A1
190 H1=H2
200 PRINT "A1=";A1
210 GOTO 140
220 END

```

```

10 REM PROGRAMA HVA.BAS
20 REM ESTE PROGRAMA CALCULA LOS VALORES DE EFICIENCIA Y CALOR
30 REM ABSORBIDO E INCIDIDO CON EL PROGRAMA INTERPOL.BAS COMO SBR
40 BP%=CHR$(27)+"H"+CHR$(27)+"J"+CHR$(7)
50 PRINT BP%
60 READ ACU,AFE
70 DATA 0.8203,0.8276898
80 PRINT BP%
90 TPRQMCU=0
100 PRINT"DIME DE QUE DIA SE TRATA"
110 INPUT DIA%
120 INPUT"LA TEMPERATURA AMBIENTE ES";TA
130 INPUT"TEMP. DE PLACA DE COBRE";TPCU
140 INPUT"TEMP. PLACA HIERRO";TPFE
150 PRINT"DIME LA INSOLACION DEL MES EN LANGLEYS"
160 INPUT I
170 INPUT"DIME LA TEMP. DE ENTRADA DE HIERRO";TEFE
180 INPUT"DIME LA TEMP. DE SALIDA DE HIERRO";TSFE
190 TPROMFE=(TEFE+TSFE)/2
200 GOSUB 520
210 CPFE=CPI
220 PRINT"EL VALOR INTERPOLADO DE Cp PARA HIERRO ES=";CPFE
230 INPUT"DIME LA TEMP. DE ENTRADA DE COBRE";TECU
240 INPUT"DIME LA TEMP. DE SALIDA DE COBRE";TSCU
250 TPRQMCU=(TECU+TSCU)/2
260 GOSUB 520
270 CPCU=CPI
280 PRINT"EL VALOR INTERPOLADO DE Cp PARA COBRE ES=";CPCU
290 REM CALCULO DEL CALOR INCIDIDO
300 QIFE=.98*10/8*AFE*I
310 QICU=.98*10/8*ACU*I
320 REM CALCULO DEL CALOR ABSORBIDO
330 PRINT"DIME LOS Kg/hr EN EL CALENTADOR DE HIERRO"
340 INPUT HFE
350 PRINT"DIME LOS Kg/hr EN EL CALENTADOR DE COBRE"
360 INPUT HCU
370 QAFE=HFE*CPFE*(TSFE-TEFE)
380 QACU=HCU*CPCU*(TSCU-TECU)
390 REM CALCULO DE EFICIENCIAS
400 NFE=QAFE/QIFE*100
410 NCU=QACU/QICU*100
420 REM CALCULO DE LA ABSCISA
430 H=TPFE-TA
440 V=TPCU-TA
450 X=V/H
460 Y=NCU/NFE
470 REM OBTENCION DE DATOS
480 PRINT DATOS PARA LA GRAFICA RELACION  $T_p - T_a$  ( $T_p - T_a$ ) vs. RELACION EFICIENCIAS
490 LPRINT "DIA";TAB(25)"ABSCISA", "ORDENADA"

```

```
500 LPRINT DIA$;TAB(25) X, Y
510 GOTO 80
520 REM SUBROUTINA PARA LA INTERPOLACION DE Cp
530 PRINT BP$
540 PRINT TPROMFE,TPROMCU
550 IF TPROMCU=0 THEN 580 ELSE 560
560 C=TPROMCU-X1
570 GOTO 590
580 C=TPROMFE-X1
590 PRINT"ESTE VALOR ES LA X DE LA EC. APOYADA EN DOS PUNTOS"
600 INPUT"DIME EL VALOR DE LA TEMP.MENOR";X1
610 INPUT"DIME LA TEMP. MAYOR";X2
620 INPUT "DIME EL Cp DE LA TEMP.MENOR";Y1
630 INPUT"DIME EL Cp DE LA TEMP. MAYOR";Y2
640 A=(Y2-Y1)
650 B=(X2-X1)
660 CPI=A/B+C+Y1
670 PRINT"EL Cp INTERPOLADO ES=";CPI
680 RETURN
```

```

10 REM PROGRAMA INTERPOL.EAS
20 REM DEFINICION DE VARIABLES
30 REM SE USA LE ECUACION LLAMADA APOYADA EN DOS PUNTOS
40 REM X1 Y Y1 CORRESPONDEN AL PUNTO LLAMADO UNO Y X2 Y Y2 AL DOS
50 REM X ES EL VALOR CONOCIDO Y "Y" ES EL VALOR INTERPOLADO
60 REM ESTE PROGRAMA SE USO PARA OBTENER LOS VALORES DE Cp, PERO
70 REM PUEDE USARSE EN CUALQUIER INTERPOLACION
80 REM PARA DETENER LA EJECUCION PRESIONA CTRL Y C
90 BP#=CHR$(27)+"H"+CHR$(27)+"J"+CHR$(7)
100 PRINT BP#
110 REM LA "Y" ES EL VALOR RESULTANTE
120 PRINT "DIME EL VALOR DE X1"
130 INPUT X1
140 INPUT "DIME EL VALOR DE X2";X2
150 INPUT "DIME EL VALOR DE X";X
160 INPUT "DIME EL VALOR DE Y1";Y1
170 INPUT "DIME EL VALOR DE Y2";Y2
180 A=(Y2-Y1)
190 B=(X2-X1)
200 C=(X-X1)
210 Y=A/B+C+Y1
220 PRINT "Y ES =";Y
230 GOTO 120

```

```

10 REM ESTE PROGRAMA SIRVE PARA EVALUAR LA INTEGRAL GRAFICA BAJO UNA CURVA
20 REM DADA, PARA DETENER LA EJECUCION DEL MISMO DEBE PRESIONAR CTRL Y C
30 REM H1 ES LA ALTURA UNO DEL PARALELOGRAMO, Y H2 LA SIGUIENTE ALTURA
40 REM CONVIRTIENDOSE DESPUES LA SEGUNDA EN LA ALTURA UNO DEL SEGUNDO
50 REM PARALELOGRAMO Y ASI SUCESIVAMENTE, EL AREA ACUMULADA ES A1 Y NOS
60 REM LA INFORMA EL PROGRAMA DESPUES DE CADA CALCULO.
70 BP#=CHR$(27)+"H"+CHR$(27)+"J"+CHR$(7)
80 PRINT BP#
90 A1=0
100 REM SOLICITA DATOS
110 PRINT "DAME EL VALOR DE H1"
120 INPUT H1
130 PRINT "DAME EL VALOR DE H2"
140 INPUT H2
150 REM CALCULO DEL AREA BAJO LA CURVA PARA INTERVALOS DANDO EL INCREMENTO EN X
155 INPUT "dime el delta x";DX
160 A=(H1+H2)/2*DX
170 A1=A+A1
180 H1=H2
190 PRINT "A1=";A1
200 GOTO 130
210 END

```

```

10 REM PROGRAMA EFICIENI.BAS
20 REM ESTE PROGRAMA CALCULA LA EFICIENCIA DE LOS COLECTORES
30 REM LOS CALORES INCIDIDOS EN ESTOS A PARTIR DE EL VALOR EN LA
40 REM LANGLEYS DE LAS TABLAS, CALCULANDO EL PRODUCTO DE  $(T_p - T_a) / H_t$ 
50 REM PARA PODER HACER LAS GRAFICAS CORRESPONDIENTES
60 REM NUM ES EL NUMERO DEL PROMEDIO YA OBTENIDO QUE SE SACARA
70 REM ACU EL AREA DEL CALENTADOR DE COBRE Y AFE EL AREA DEL DE HIERRO
80 REM I= INSOLACION EN LANGLEYS Y MES# EL MES AL QUE CORRESPONDE I
90 REM AL EMPEZAR EL PROGRAMA SE DEBE CONTESTAR SI A LAS PREGUNTAS:
100 REM SI SE ALTERAN LOS DATOS DE CALOR ADSORBIDO Y
110 REM TEMPERATURA AMBIENTE, ETC. EN LO SUCESIVO SI ESTO NO
120 REM SUCEDE SE EJECUTA SIN NECESIDAD DE REPETIR TODOS LOS DATOS
130 PRINT "ANTES DE INICIAR CERCIORESE DE QUE LA IMPRESORA ESTA ENCENDIDA"
140 PRINT "QUE PROMEDIOS VAS A MANEJAR"
150 INPUT NUM
160 PRINT "DIME EL AREA DEL CALENTADOR DE COBRE"
170 INPUT ACU
180 PRINT "DIME EL AREA DEL CALENTADOR DE HIERRO"
190 INPUT AFE
200 PRINT "DIME LA INSOLACION EN LANGLEYS"
210 INPUT I
220 PRINT "CUAL ES EL MES DE QUE SE TRATA"
230 INPUT MES#
240 REM CALCULO DE QI (CALOR INCIDENTE) DE HIERRO
250 QIFE = .98 * I / 8 * AFE * I
260 REM CALCULO DE QI (CALOR INCIDENTE) DE COBRE
270 QICU = .98 * I / 8 * ACU * I
280 PRINT "SE ALTERA ALGUN DATO DE CALOR ABSORBIDO, S/N"
290 INPUT RES#
300 IF RES# = "N" GOTO 380
310 PRINT "DIME EL CALOR ABSORBIDO EN EL "
320 PRINT "CALENTADOR DE HIERRO EN Kcal /hr"
330 INPUT QAFE
340 PRINT "DIME EL CALOR ABSORBIDO EN EL "
350 PRINT "CALENTADOR DE COBRE EN Kcal/hr"
360 INPUT QACU
370 REM CALCULO DE EFICIENCIAS
380 HCU = QACU / QICU
390 HFE = QAFE / QIFE
400 REM CALCULO DE HT
410 HT = I * 10 / 8
420 PRINT "SE ALTERA LA TEMPERATURA DE PLACAS O LA DEL AMBIENTE"
430 INPUT RESP#
440 IF RESP# = "N" THEN 510
450 PRINT "DIME LA TEMPERATURA DE PLACA DE HIERRO"
460 INPUT TFEF
470 PRINT "DIME LA TEMPERATURA DE PLACA DE COBRE"
480 INPUT TFCU
490 PRINT "DIME LA TEMPERATURA AMBIENTE"
500 INPUT TA

```

```
510 REM CALCULO DEL PRODUCTO (TP-TA)/HT
520 ABSCU=(TPCU-TA)/HT
530 ABSFE=(TPFE-TA)/HT
540 REM OBTENCION DE DATOS VIA IMPRESORA
550 LPRINT
560 LPRINT"VALORES OBTENIDOS CON FLUJO CERRADO"
570 LPRINT
580 LPRINT"PROMEDIOS";NUM
590 LPRINT"MES","EFICIENCIA","(TP-TA)/HT","HT"
600 LPRINT,"COBRE","COBRE"
610 LPRINT MES%,NCU,ABSCU,HT
620 LPRINT"CALOR RECIBIDO QI COBRE=";QICU
630 LPRINT
640 LPRINT ,"HIERRO","HIERRO"
650 LPRINT MES%,NFE,ABSFE,HT
660 LPRINT"CALOR RECIBIDO QI DE HIERRO=";QIFE
670 LPRINT
680 GOTO 200
690 END
```



```

10 REM ESTE PROGRAMA CALCULA LOS VALORES DE EFICIENCIA Y EL PRODUCTO
20 REM  $T_p - T_a$  / Ht PARA LAS GRAFICAS CORRESPONDIENTES
30 REM PROGRAMA EFICIENVS TP.BAS
40 BP $\equiv$ CHR$(27)+"H"+CHR$(27)+"J"+CHR$(7)
50 PRINT BP $\equiv$ 
60 READ ACU,AFE
70 DATA 0.8203,0.8276898
80 PRINT"DIME DE QUE DIA SE TRATA"
90 INPUT DIA $\equiv$ 
100 PRINT"DIME LA INSOLACION DEL MES EN LANGLEYS"
110 INPUT I
120 INPUT"DIME LA TEMP. DE ENTRADA DE HIERRO";TEFE
130 INPUT"DIME LA TEMP. DE SALIDA DE HIERRO";TSFE
140 TPROMFE=(TEFE+TSFE)/2
150 GOSUB 300
160 CPFE=CP1
170 PRINT"EL VALOR INTERPOLADO DE Cp PARA HIERRO ES=";CPFE
180 INPUT"DIME LA TEMP. DE ENTRADA DE COBRE";TECU
190 INPUT"DIME LA TEMP. DE SALIDA DE COBRE";TSCU
200 TPROMCU=(TECU+TSCU)/2
210 GOSUB 300
220 CPCU=CP1
230 PRINT"EL VALOR INTERPOLADO DE Cp PARA COBRE ES=";CPCU
240 REM CALCULO DEL CALOR INCIDIDO
250 QIFE=.9 $\times$ 10/8 $\times$ AFE $\times$ I
260 QICU=.9 $\times$ 10/8 $\times$ ACU $\times$ I
270 REM CALCULO DEL CALOR ABSORBIDO
280 PRINT"DIME LOS Kg/hr EN EL CALENTADOR DE HIERRO"
290 INPUT HFC
300 PRINT"DIME LOS Kg/hr EN EL CALENTADOR DE COBRE"
310 INPUT HCU
320 REM SUBROUTINA PARA LA INTERPOLACION DE Cp
330 PRINT BP $\equiv$ 
340 PRINT"ESTE VALOR ES LA X DE LA EC. APOYADA EN DOS PUNTOS"
350 INPUT"DIME EL VALOR DE LA TEMP.MENOR A TPROM";X1
360 INPUT"DIME LA TEMP. MAYOR A TPROM";X2
370 INPUT "DIME EL Cp DE LA TEMP.MENOR";Y1
380 INPUT"DIME EL Cp DE LA TEMP. MAYOR";Y2
390 A=(Y2-Y1)
400 B=(X2-X1)
410 C=(TPROM-X1)
420 CP1=A/B+C $\times$ Y1
430 PRINT"EL Cp INTERPOLADO ES=";CP1
440 RETURN

```