



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN

EVALUACION Y PROPUESTA DE MEJORAS  
DEL EQUIPO: AIRE ACONDICIONADO  
SOLAR

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA (ÁREA MECÁNICA)

P R E S E N T A:

RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ JOSÉ LUIS

ASESOR: M EN I DAVID FRANCO MARTÍNEZ

MEXICO 2010



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.

## *Agradecimientos*

*Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme los conocimientos y experiencias a lo largo de mi estancia desde el nivel medio superior, que serán mis herramientas para desempeñarme profesionalmente.*

*A la facultad de estudios superiores Aragón por arroparme en sus instalaciones durante mi licenciatura.*

*A mis padres y mi familia por su apoyo incondicional.*

*Al maestro David Franco Martínez por permitirme ser parte del laboratorio de diagnóstico energético, y apoyarme en la realización de este trabajo.*

*A todos mis compañeros que a pesar de estar en alguna situación difícil eran capaces de hacerme reír, y mirar hacia adelante.*

*Y también a ti vero por tus palabras de apoyo en los momentos necesarios.*

*A todos ustedes muchas gracias por estar conmigo y ser parte de mi vida.*

*José Luis Rodríguez Rodríguez*

## INDICE

INTRODUCCION.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVO .....	2
1 CONCEPTOS GENERALES.....	3
1.1 REFRIGERACIÓN .....	4
1.2-REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN.....	4
1.3-REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN.....	6
1.4-SISTEMA DE ABSORCIÓN TIPO. ....	8
1.5-SISTEMA AMONIACO- AGUA .....	10
1.6-SISTEMA AGUA - BROMURO DE LITIO.....	11
1.6.1 SISTEMAS H <sub>2</sub> O/LiBr y NH <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O CON ADITIVOS .....	16
1.7 COMPARACION DE LOS SISTEMAS .....	23
2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO .....	25
ANTECEDENTES.....	26
SITUACIÓN ACTUAL .....	27
2.1- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR.....	27
2.2- PARTES DEL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR .....	29
2.2.1-GENERADOR .....	29
2.2.2-ABSORBEDOR.....	32
2.2.3-EVAPORADOR.....	35
2.2.4-CONDENSADOR .....	38
2.2.5-INTERCAMBIADOR DE CALOR .....	40
2.1.6-VALVULA DE TERMO EXPANSIÓN .....	42
2.3- PARTES DEL EQUIPO DE CALENTAMIENTO CON ENERGIA SOLAR ...	45
2.3.1 PANEL SOLAR .....	45
2.3.2 TERMOTANQUE .....	48
3 EVALUACIÓN.....	52
3.1 PRUEBA DE VACIO.....	53
3.2 PRUEBAS Y ESAYOS DE LA SOLUCION LiBr – AGUA .....	56

3.3 PRUEBAS DE LA REACCION DE DIFERENTES MATERIALES AL CONTACTO CON LA SOLUCION LiBr – AGUA.....	57
3.4 SIMULACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO “AAS”.....	58
3.5 EVALUACION COSTO - BENEFICIO.....	63
3.6 MONITOREO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR.....	64
3.7 ANÁLISIS FODA.....	67
4 PROPUESTA DE MEJORAS.....	70
4.1 REEMPLAZO DE INSTRUMENTACIÓN.....	71
4.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS CON ACERO INOXIDABLE.....	72
4.3 AUTOMATIZACION DEL EQUIPO.....	73
4.4 MONITOREO A DISTANCIA DEL SISTEMA.....	73
4.5 CONSTRUCCION DE CASETA DE RESGUARDO.....	74
4.6 SISTEMA ALTERNO DE ALIMENTACION ELECTRICA.....	75
4.6.1 ANALISIS COSTO - BENEFICIO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	77
4.7 REDISEÑO Y COMPACTACION DE LOS EQUIPOS.....	78
4.8 SISTEMA ALTERNO DE CAPTACION SOLAR.....	80
4.9 ALTERNATIVAS DE SUSTANCIAS ABSORBENTES.....	82
4.10 RECUBRIMIENTO METÁLICO DEL ELASTÓMERO AISLANTE (ARMAFLEX).....	83
CONCLUSIONES.....	84
ANEXOS.....	85
BIBLIOGRAFÍA:.....	131

## INTRODUCCION

El cambio climático nos ha orillado a ser dependientes del aire acondicionado en la mayoría de nuestros lugares de trabajo o nuestros hogares, esto conlleva a un alto consumo de energía eléctrica aunado con el aumento de su costo representa una gasto considerable de capital, alrededor de \$1,900 al mes por cada unidad Minisplit.

Por tal motivo el laboratorio de diagnostico energético se dio a la tarea de diseñar y construir un dispositivo de aire acondicionado hibrido el cual su principal consumo de energía es térmica proveniente de un receptor de energía solar.

El propósito de este dispositivo es aplicarlo en diferentes áreas de la FES Aragón que requieran de aire acondicionado y así confirmar el ahorro de energía eléctrica.

En el presente trabajo se presentan pruebas a este dispositivo, realizadas con el propósito de proponer mejoras para optimizar el sistema.

En el capítulo uno se abordan los conceptos generales en los que se baso el sistema de aire acondicionado solar.

En el segundo capítulo se describen los antecedentes del proyecto, la situación actual en la que se encuentra y la descripción de los componentes del equipo.

En el tercer capítulo se presentan las diferentes pruebas realizadas y sus resultados.

Y por ultimo en el cuarto capítulo se encuentran las propuestas de mejoras en base a las pruebas realizadas e ideas que los participantes del proyecto creemos que mejorarían el equipo.

## JUSTIFICACIÓN

La conservación y el uso de la energía han dado origen a distintos métodos alternos para lograr el aire acondicionado en edificios y la refrigeración en algunos recintos o equipos.

Los sistemas de refrigeración mediante la compresión de un vapor (R22, R134a, R717, etc.) constituyen un método tradicional para lograr el enfriamiento de un edificio o la refrigeración de un espacio dado. Sin embargo, al requerirse en su operación cantidades relativamente grandes de energía eléctrica que es una forma valiosa de energía estos sistemas pueden llegar a ser muy costosos en su operación. Las cantidades requeridas de energía son grandes, fundamentalmente porque el vapor refrigerante en el compresor experimenta cambios muy significativos en su volumen específico, desde la presión del evaporador hasta la del condensador.

Una opción más económica a los sistemas convencionales de acondicionamiento de aire son los sistemas de absorción. Así, por ejemplo, para comprimir 0.1 Kg. /s de amoníaco (R717) desde un estado de vapor saturado seco a 0 °C (4.3 bar) hasta vapor sobrecalentado a 20 bar se requiere un mínimo de aproximadamente 21.7 Kw de potencia, mientras que para incrementar la presión de 0.1 Kg. /s de solución amoníaco-agua con una fracción másica de amoníaco igual a 0.4, entre los mismos límites de presión, se requieren sólo 0.2 Kw aproximadamente. Es decir, menos del 1 por ciento. Este ejemplo sencillo demuestra la ventaja de incrementar la presión a un líquido en lugar de un vapor.

Si a lo anterior le aünamos el diseño de un sistema que use energía solar para cubrir un porcentaje de los requerimientos de energía del sistema por absorción, se tendrá una opción viable para el acondicionamiento de áreas a un costo menor, redundando en un beneficio económico para el usuario.

## OBJETIVO

Evaluar mediante diversas pruebas, el equipo de aire acondicionado solar el cual utiliza energía eléctrica y energía solar, con la finalidad de proponer mejoras que optimicen el sistema.

# **CAPITULO I**

## **CONCEPTOS GENERALES**

## 1.1 REFRIGERACIÓN

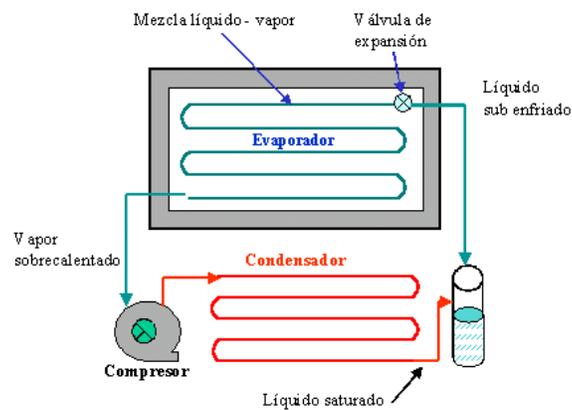
Refrigerar consiste en conseguir una temperatura más baja que la del medio ambiente inmediato a un área bien delimitada.

Consideraremos acondicionar el aire, como refrigeración del aire, aunque sabemos que el aire acondicionado no solo es enfriar el aire, sino el control total del confort térmico del ambiente.

El llegar al confort térmico implica el bienestar de las personas respecto al ambiente que los rodea, los valores de este confort en verano según la norma ISO 7730 son de temperatura 23 -26 °C, velocidad de aire <0.25 m/s y humedad relativa 50%.

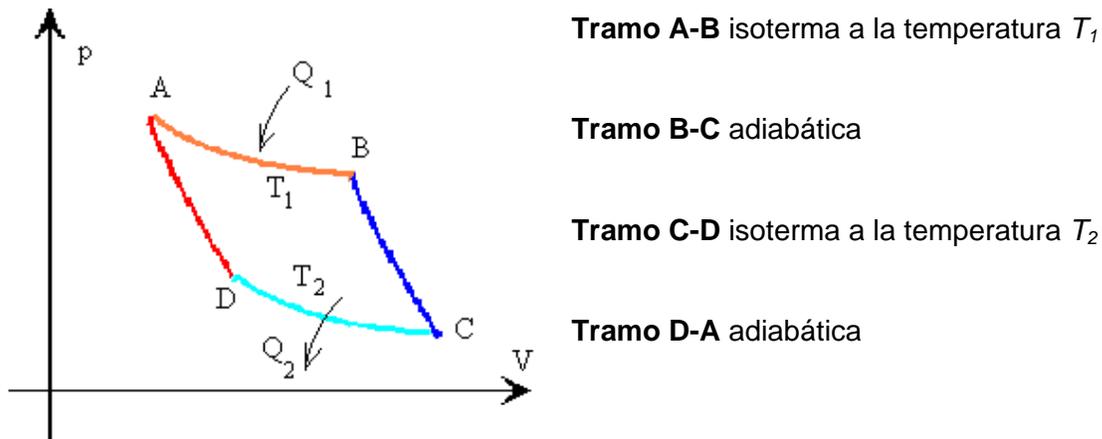
## 1.2-REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN

El sistema de refrigeración más común empleado en la actualidad es el sistema por compresión de un gas (Figura 1.1).



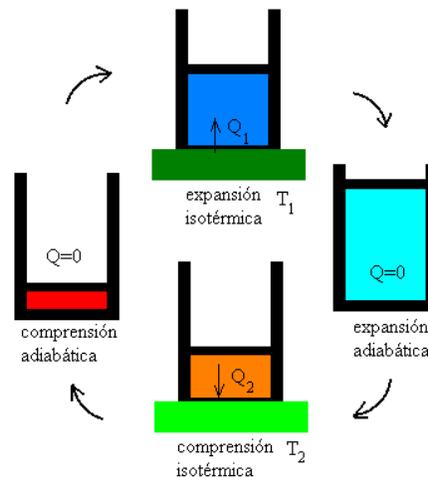
*Figura 1.1 Sistema de refrigeración por compresión de un gas*

Este sistema está basado en el ciclo de Carnot que se define como un proceso cíclico reversible que utiliza un gas perfecto, y que consta de dos transformaciones isotérmicas y dos adiabáticas como se indica en la (figura 1.2).



*Figura 1.2 Diagrama presión – volumen del ciclo de Carnot*

En este ciclo un fluido se evapora y se condensa alternativamente, siendo uno de los procesos que intervienen en el ciclo una compresión de vapor (figura 1.3).



*Figura 1.3 Diagrama de la compresión y expansión alternativa en un ciclo de compresión*

En un ciclo de compresión mecánica, los vapores del agente frigorígeno que se producen en el evaporador de la máquina dando lugar a la producción frigorífica, son aspirados por un compresor que ejerce las funciones de transportar el fluido y de elevar su nivel de entalpía. El vapor comprimido a alta presión y con un elevado nivel térmico se entrega a un intercambiador de calor, el condensador, para que ceda su energía a otro fluido, que

no es utilizable para la producción frigorífica, y cambie de estado, pasando a ser líquido a alta presión y temperatura, y por lo tanto tampoco utilizable para la producción frigorífica. Este líquido relativamente caliente se fuerza a pasar a través de un dispositivo en el que deja parte de la energía que contiene, por fricción mecánica fundamentalmente, y a partir del cual entra en una zona del circuito frigorífico en la que la presión se mantiene sensiblemente más baja, debido a que el compresor está aspirando de ella, que la presión de saturación que correspondería en el equilibrio a la temperatura a la que se encuentra el agente frigorífero en estado líquido.

Este desequilibrio entre las presiones y temperaturas de saturación y las reales a las que el refrigerante se encuentra, origina la evaporación parcial del líquido, que toma el calor latente de cambio de estado de la masa del propio líquido, enfriándola hasta la temperatura de saturación que corresponde a la presión a la que se encuentra, punto en el que la evaporación se interrumpe. El refrigerante en estado líquido a baja temperatura entra en el evaporador, donde se evaporará, cerrando así el ciclo frigorífico.

### ***1.3-REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN***

El sistema de refrigeración por absorción funciona por calor, y usa un refrigerante que es alternativamente absorbido y liberado por el absorbente; El refrigerante, agua o amoníaco, se volatiliza en el evaporador tomando el calor de cambio de estado del fluido que circula por el interior del haz tubular de este intercambiador. Los vapores producidos se absorben por el agente absorbente, agua o solución de bromuro de litio, en un proceso de disolución endotérmico que requiere de refrigeración externa para que la solución se mantenga en condiciones de temperatura correctas y no aumente la presión en la cámara en la que se produce la absorción y que se denomina Absorbedor. En este circuito de refrigeración externa se utilizan normalmente torres de refrigeración de agua de tipo abierto o cerrado. El agua enfriada en la torre se hace circular a través del interior del haz tubular de otro intercambiador que se encuentra situado en el interior de la cámara del absorbedor y sobre el que se rocía el absorbente para facilitar el proceso de la absorción.

La masa de absorbente conteniendo el refrigerante absorbido se transporta, mediante bombeo, hasta otro intercambiador de calor cuya función es separar el refrigerante del absorbente, por destilación del primero. Este intercambiador de calor se denomina Concentrador o Generador y es de tipo inundado. Por su haz tubular se hace circular el

fluido caliente, normalmente agua o vapor de agua, que constituye la fuente principal de energía para el funcionamiento del ciclo de absorción, y que procede como efluente de cualquier tipo de proceso en el que se genere calor residual. En el concentrador se produce la ebullición del refrigerante, que se separa del absorbente y que como consecuencia aumenta su concentración, en el caso de solución salina, o su pureza cuando se trata de agua, para que pueda ser utilizado de nuevo en el proceso de absorción.

El flujo de absorbente vuelve al absorbedor siguiendo un camino más o menos diferente según cada tipo de máquina, mientras que el flujo de vapores del refrigerante destilado en el concentrador pasa, por simple diferencia de presión, a otro intercambiador de calor por el interior de cuyo haz tubular circula agua procedente también de la torre de refrigeración, y que se denomina condensador porque alrededor de su haz tubular se produce la condensación de los vapores del agente frigorífico para volver al estado líquido. El líquido obtenido en el condensador se canaliza hacia la cámara de evaporador, por gravedad y por diferencia de presión, ya que esta se encuentra a una presión inferior a la de la cámara del condensador.

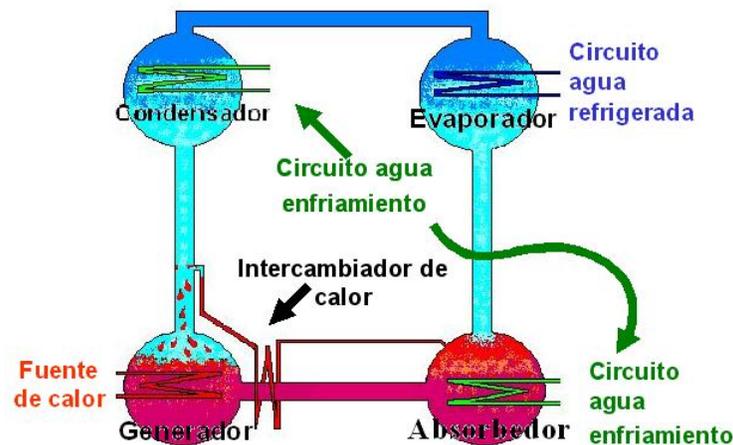
Cuando el líquido llega a la cámara del evaporador sufre un fenómeno idéntico al comentado en la descripción hecha del ciclo de compresión mecánica, y se evapora parcialmente, llevando la temperatura de la masa del líquido a la temperatura de saturación que corresponde a la presión en la que la cámara del evaporador se encuentra. De esta forma, el líquido frío está en condiciones de tomar calor del fluido que circula por el interior del haz tubular del evaporador, hasta evaporarse, cerrando así su ciclo.

Si comparamos ambos ciclos, comprenderemos que en el de absorción los intercambiadores de calor del Absorbedor y del Condensador, junto con la bomba o bombas que hacen la función de transporte del absorbente, equivalen a su trabajo al compresor del ciclo de compresión mecánica. Mientras que en el evaporador, condensador y dispositivo de expansión de las máquinas de absorción se desarrollan procesos similares, por no decir idénticos, a los que tienen lugar en sus homónimos del ciclo de compresión mecánica.

Sería válido referirse al Concentrador y Condensador de la máquina de absorción como Sector de Alta Presión, y al Absorbedor y Evaporador como Sector de Baja Presión, siguiendo la similitud con el ciclo de compresión mecánica.

#### **1.4-SISTEMA DE ABSORCIÓN TIPO.**

Resulta un sistema de absorción tipo cuando el compresor de un sistema de compresión de vapor se sustituye por el conjunto generador-absorbedor. La Fig. 1.4 representa el diagrama del flujo del sistema tipo. El conjunto generador-absorbedor comprime el vapor refrigerante desde la presión del evaporador a la del condensador, absorbiendo primeramente el vapor por un líquido, aumentando la presión del líquido hasta la del condensador, y liberando después el vapor. Cuando el vapor refrigerante se disuelve en el absorbente, la temperatura de la solución tiende a aumentar. Para oponerse a esta tendencia, un serpentín refrigerador extrae este calor de solución. La solución en el absorbedor se llama solución fuerte porque es rica en refrigerante. La bomba toma la solución fuerte del absorbedor, aumenta la presión, e introduce la solución fuerte en el generador.



*Figura 1.4 Sistema de refrigeración por absorción tipo*

En el generador, la adición de calor aumenta la temperatura, lo que hace que parte del refrigerante se desprenda como vapor a alta presión y alta temperatura. Cuando el vapor refrigerante abandona la solución en el generador, la solución se hace débil, es decir, tiene una pequeña concentración de refrigerante. La solución débil vuelve al absorbedor por una restricción que mantiene la presión diferencial entre los lados de alta y baja

presión del sistema. Desde el generador el refrigerante pasa a través del condensador, válvula de expansión y evaporador, lo mismo que en el sistema de compresión de vapor.

Una característica del sistema de absorción es que se requiere muy poco trabajo mecánico para hacer funcionar la unidad. En vez de la gran cantidad de energía mecánica consumida por el compresor de un sistema de compresión de vapor, solo una pequeña cantidad de trabajo mecánico se gasta en la bomba. El costo principal de funcionamiento es el costo de la energía térmica consumida en el generador.

### **Revisión bibliográfica de sistemas de absorción**

En 1755 **William Cullen** (1710-1790), catedrático de Química en Edimburgo, consigue obtener una pequeña cantidad de hielo evaporando agua de una vasija conteniendo otra con éter, en una campana donde mantenía una presión reducida.

En 1777, **Gerald Nairne** (1726 -1806) introducía ácido sulfúrico en la campana de Cullen, de manera a que el vapor de agua fuera absorbido por éste, dejando espacio para permitir una mayor evaporación de agua.

En 1810, Sir **John Leslie** (1766-1859) coloca dentro de la campana bajo vacío, un recipiente con el agua a evaporar y en el fondo otro recipiente con el ácido sulfúrico, logrando una producción de 3 Kg. de hielo por hora.

En 1866 el francés **Edmond Carré** (1833–1894) patentó un aparato de uso comercial basado en este sistema, que agitaba el ácido sulfúrico con un brazo conectado al émbolo de la bomba de vacío movida a mano. Lo utilizó para enfriar garrafas de agua, con gran éxito en el ámbito doméstico y en la restauración.



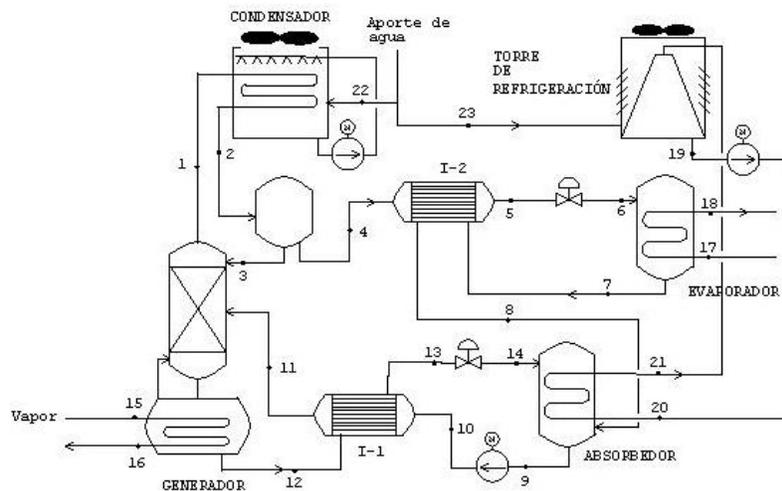
Pero en realidad fue su hermano **Ferdinand Carré** (1824-1900), (figura 1.5) quién en 1859 construye la primera máquina continúa de absorción, utilizando amoníaco como refrigerante y agua como absorbente. En 1862 presenta en la Exposición Universal de Londres, una máquina que fabrica 200 Kg. de hielo a la hora. 1865) suministrando al ejército confederado máquinas de hacer hielo.

*Figura 1.5 Ferdinand Carré*

En 1875 fueron utilizadas en el buque *Paraguay* para transportar carne congelada desde Buenos Aires a Le Havre

### 1.5-SISTEMA AMONIACO- AGUA

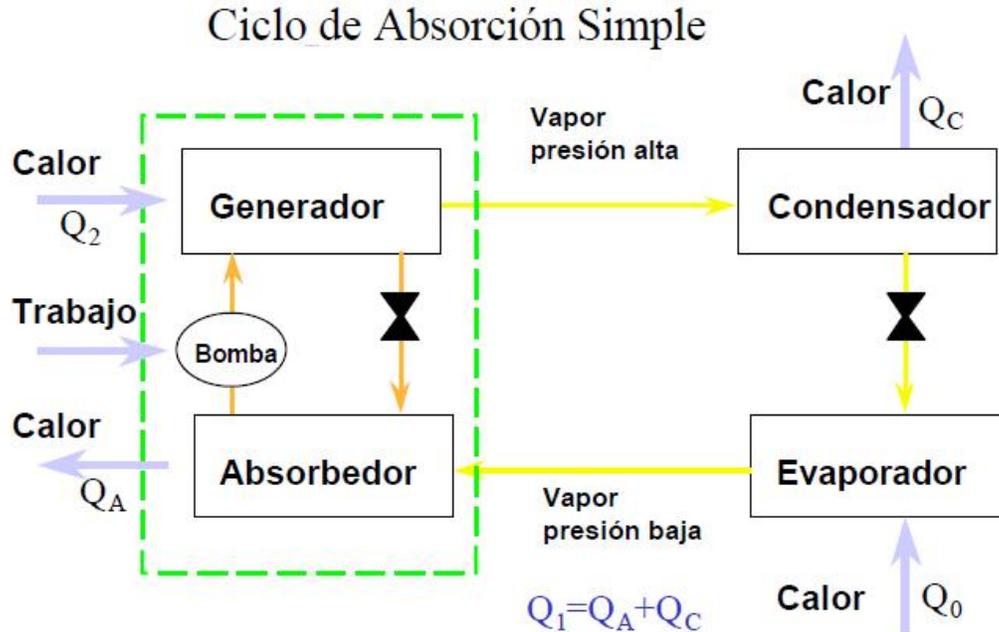
El sistema de absorción más popular es el del tipo amoniaco - agua, que utiliza agua como absorbente y amoniaco como refrigerante (figura 1.6). Hasta hace pocos años, este sistema era virtualmente el único usado, y es todavía empleado en aplicaciones industriales, cuando se requieren temperaturas muy bajas por debajo de 0° C (la temperatura de congelación del amoniaco es de -77,7 °C). Sin embargo, la toxicidad del amoniaco es un factor que limita su uso únicamente en áreas perfectamente ventiladas; de hecho, su uso suele estar regulado en zonas urbanas densamente pobladas. El principal uso es en refrigeración industrial y enfriadoras de agua de llama directa para aplicaciones de aire acondicionado de pequeña potencia (18 Kw).



*Figura 1.6 Sistema de refrigeración con amoniaco - agua*

### 1.6-SISTEMA AGUA - BROMURO DE LITIO

El ciclo básico de un sistema de absorción con agua/LiBr de un solo efecto, consiste en los cuatro procesos básicos: absorción, evaporación, regeneración y condensación. La Figura 1.7 muestra un diagrama esquemático de los principales componentes del sistema.



*Figura 1.7 Diagrama de los componentes principales de un sistema de absorción simple*

Básicamente un equipo de absorción con agua/LiBr está integrado por los siguientes componentes: generador, absorbedor, evaporador, condensador e intercambiador de calor solución/solución

Los procesos de ebullición, condensación, evaporación e intercambio de calor involucrados en el ciclo han sido ampliamente estudiados. En cambio, el proceso de absorción en el absorbedor, verdadero corazón de esta tecnología, todavía no se comprende bien y representa el “cuello de botella” en la máquina de absorción por los relativamente bajos coeficientes de transferencia de calor y materia.

Los sistemas de absorción con agua/LiBr se aplican principalmente para grandes cargas de enfriamiento (industria, edificios, etc.) y requieren agua de torre para la disipación del calor producido. Sin embargo, los mercados residencial y comercial de baja y media potencia están dominados por equipos eléctricos de compresión enfriados por aire.

La fabricación de equipos de absorción enfriados por aire utilizando agua/LiBr como fluido de trabajo es una antigua aspiración para la industria de absorción. De esta manera se

eliminarían las costosas torres de refrigeración requeridas en una máquina de absorción enfriada por agua. Aunque en los últimos años se vienen realizando diversos estudios y se han patentado ya algunos diseños de equipos de doble efecto, una serie de limitaciones han impedido hasta ahora que existan en el mercado equipos de absorción enfriados por aire.

El problema principal estriba en los bajos coeficientes de transferencia de calor del aire y la relativamente alta temperatura de diseño del aire atmosférico. Todo ello implica grandes áreas de intercambio y, en consecuencia, equipos más grandes y más caros. Incluso en estas circunstancias favorables de intercambio se prevén unas temperaturas en el condensador y el absorbedor de unos 45-50 °C, unos 10 °C superior a las del sistema enfriado por agua. En estas condiciones, si se mantienen los niveles de temperatura típicos en el evaporador y en el generador, la concentración de LiBr en solución debe aumentar para que el ciclo pueda operar y ello hace que puedan aparecer problemas de cristalización a la entrada del absorbedor.

Se han realizado numerosos estudios para aumentar el límite de solubilidad de las soluciones acuosas de LiBr añadiendo otras sales o aditivos (Medrano, 2001). Cualquier tipo de mejora en la solubilidad podría ser suficiente para extender la aplicabilidad de las máquinas de absorción con agua-LiBr enfriadas por agua y para desarrollar nuevos equipos enfriados por aire. Las máquinas de absorción que utilizan el agua como refrigerante y el bromuro de litio como absorbente se pueden clasificar por la fuente de calor en el generador primario (método de accionamiento), por el método de evacuación de calor a nivel intermedio de temperaturas y por si el ciclo de absorción es simple o multietapas.

El coeficiente de operación (COP) de estas máquinas varía entre 0,7 y 1,5 dependiendo de la configuración del ciclo.

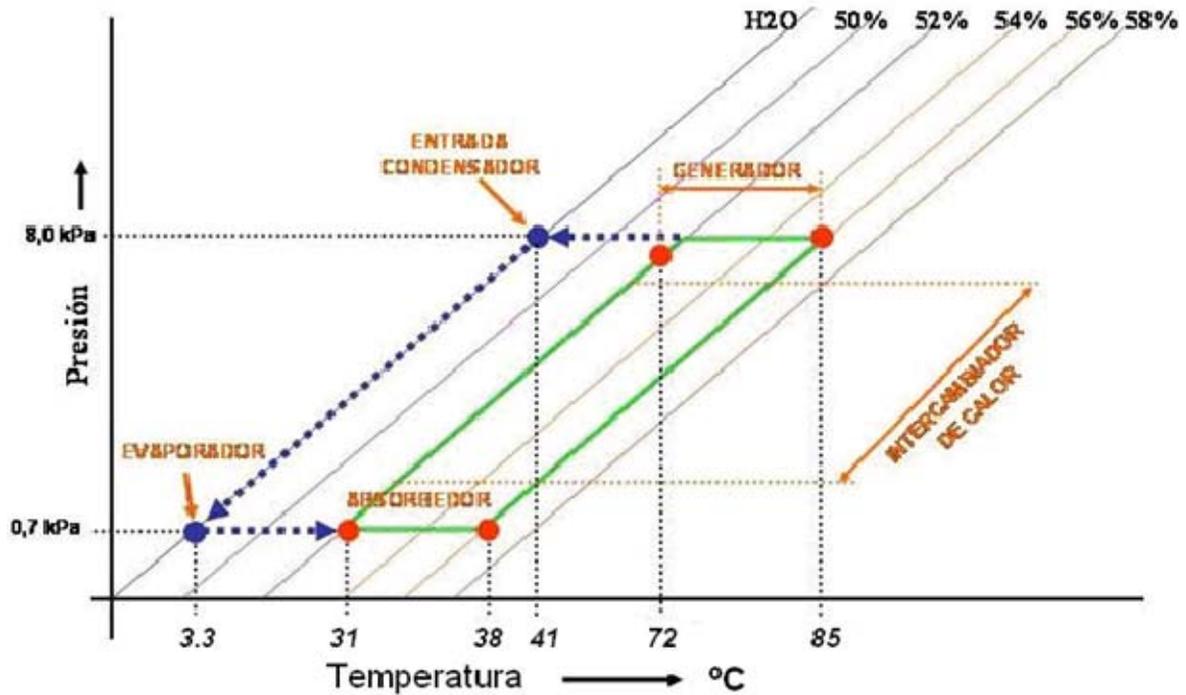
Ciclo de simple efecto: COP = 0,7 (Temperatura de activación superior a 85 °C).

Ciclo de doble efecto: COP = 1 - 1,2 (Temperatura de activación superior a 150°C).

Ciclo de triple efecto: COP = 1,5 (Temperatura de activación superior a 200 °C).

## Propiedades del fluido H<sub>2</sub>O/LiBr

En esta mezcla el agua tiene la función de **refrigerante**. Posee un elevado calor latente, lo cual favorece el diseño de equipos ya que se requiere menor caudal de refrigerante como se muestra en la (figura 1.8).



*Figura 1.8 Diagrama presión – temperatura de la solución BrLi – H<sub>2</sub>O*

Sin embargo presenta una presión de vapor excesivamente baja (0,87 KPa a 5 °C, típica temperatura en el evaporador) lo que implica trabajar en condiciones de vacío, obligando a una serie de consideraciones en el diseño, como son:

- Componentes más voluminosos, debido al volumen específico del vapor.
- Sellado hermético con el exterior.
- Sensibilidad a la presencia de trazas de gases generados internamente.
- Efectos hidrostáticos en el diseño del evaporador.
- Además, la temperatura de trabajo se ve limitada (por encima de 5 °C) debido a la congelación del agua. La viscosidad del mismo es apropiada para la circulación y la transferencia de calor.

En cuanto al absorbente, bromuro de litio, al ser un sólido (temperatura de ebullición de 1282 °C) se considera no-volátil, lo cual facilita la separación del refrigerante en el generador.

Aunque trazas de sal pueden acompañar a los vapores del refrigerante a la salida del generador, puede considerarse que estos están constituidos únicamente por agua pura. Los principales inconvenientes aparecen con las propiedades de la **mezcla** (disolución refrigerante / absorbente en el circuito de solución), y estos son la posibilidad de cristalización de la sal y la corrosividad.

#### *Cristalización.*

La naturaleza salina de la solución implica que la sal precipite cuando se excede el límite de solubilidad. En el caso del bromuro de litio la cristalización corresponde a una fase sólida hidratada, en forma de sólido humedecido. Este precipitado tiende a adherirse a las paredes de los conductos llegando incluso a atascarlos parando el flujo de solución en el sistema. A esta parada acompaña el enfriamiento local en las zonas donde se ha producido la precipitación, debido a la pérdida de calor en la transición entre fases.

Si se usan filtros la presencia de sólido flotante advierte de una inminente cristalización, lo que permite tomar las medidas oportunas a tiempo. La cristalización suele darse cuando la solución concentrada en bromuro de litio sale del intercambiador, ya que las temperaturas son relativamente bajas y la concentración de sal alta. Los equipos enfriados por agua suelen operar años sin problemas de cristalización. Sin embargo, casos puntuales de precipitación requieren tiempo y esfuerzo para ser corregidos.

El procedimiento más apropiado para el proceso de corrección es el calentamiento de la zona donde se ha producido la cristalización hasta que la viscosidad de la solución sea lo suficientemente baja para que la bomba pueda funcionar. Cuando es así se recupera la circulación del fluido y la solución puede diluirse fácilmente con agua procedente del evaporador.

De todos modos es preferible evitar completamente la precipitación del LiBr, por lo que los fabricantes suelen incluir controles que adviertan de la posibilidad de que se de este fenómeno, para poder tomar las acciones apropiadas para evitarla, como por ejemplo, reduciendo el calor de accionamiento en el generador o desviando agua líquida del evaporador hacia el absorbedor para diluir la solución. Otra posibilidad es la adición de algún compuesto que reduzca la temperatura de cristalización de la sal, ampliando así el límite de concentración del absorbente en la solución.

#### *Corrosividad.*

La presencia de oxígeno disuelto convierte al bromuro de litio acuoso en un fluido altamente agresivo para muchos metales, incluyendo el acero y el cobre. Sin embargo, la cantidad de oxígeno en el interior de un equipo de absorción es muy pequeño, por lo que este efecto es muy leve, sin embargo, es significativo en la vida de la máquina, por lo que se requiere su control. Éste puede llevarse a cabo por dos vías: control del pH o uso de inhibidores.

Existen diversos métodos destinados a mitigar los efectos negativos que suponen algunas de las propiedades de los distintos componentes de estas mezclas. Algunos de estos métodos. La adición de aditivos es una posibilidad muy considerada, y existe una extensa bibliografía en este sentido. En el caso del fluido H<sub>2</sub>O/LiBr, la adición de aditivos puede mejorar la solubilidad de la sal, aumentando así el límite de concentración del mismo en el circuito de solución disminuyendo el riesgo de cristalización. También puede disminuirse el efecto de la corrosividad en los conductos.

### 1.6.1 SISTEMAS H<sub>2</sub>O/LiBr y NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O CON ADITIVOS

Existen diversos documentos y libros que recogen los requisitos apropiados para refrigerantes y absorbente (Uemura e Iyoki, 1987; Takada, 1982). En la tabla 1.1 se muestra un resumen que recoge el criterio general utilizado durante muchos años para seleccionar los distintos componentes de un fluido de trabajo para equipos de refrigeración por absorción. Además de estos criterios debe tenerse en cuenta otras consideraciones, como que los fluidos deben ser física y químicamente compatibles, tener un bajo coste y una alta disponibilidad, no deben ser perjudiciales para el ser humano ni para el medioambiente, y finalmente debe disponerse de propiedades termodinámicas para intervalos concretos dependiendo del tipo de ciclo que se estudie (refrigeración, bomba de calor, etc.).

*Tabla 1.1. Requerimientos de los componentes de un fluido de trabajo para equipos de refrigeración por absorción*

Refrigerante	Absorbente	Solución
Alto calor de vaporización y calor latente	Baja viscosidad	Bajo calor específico y viscosidad
Baja viscosidad	Alta solubilidad con el refrigerante	Alta conductividad térmica
Estabilidad química y térmica		Gran diferencia en el punto de ebullición entre ambos
Seguro con el medio ambiente		Desviación negativa de la ley de Raoult
No toxico ni inflamable		

#### Sistema H<sub>2</sub>O/LiBr + aditivos

Desde los primeros equipos de absorción con H<sub>2</sub>O/LiBr como fluido de trabajo son numerosos los trabajos realizados con el objetivo de encontrar fluidos alternativos. Según Macriss et al. (1986, 1987) fueron publicados más de 450 documentos referentes a fluidos de trabajo, para equipos de refrigeración por absorción, hasta esa fecha.

Moncada et al. (1994) presentaron una extensa revisión bibliográfica sobre fluidos de trabajo aparecidos entre 1984 y 1994, considerando mezclas compuestas por agua-sal, agua-sal-solvente orgánico, alcohol-sal y amoniaco-solvente.

Como ya se consideró previamente en el presente capítulo, los principales inconvenientes de la mezcla  $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$  son el riesgo de cristalización, la corrosividad del  $\text{LiBr}$ , y la limitación de la temperatura de trabajo en el evaporador (temperatura de congelación del agua,  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ). Existen muchas investigaciones en la literatura en las que se proponen la adición de uno o más compuestos, ya sean sales inorgánicas o compuestos orgánicos, con el objetivo de atenuar estos inconvenientes. También existen estudios que proponen alternativas al uso de bromuro de litio como absorbente ( $\text{H}_2\text{O} + \text{LiCl} + \text{CaCl}_2 + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} + \text{KOH}$ , etc.)

Los estudios realizados encontrados en la revisión bibliográfica está limitada a sistemas constituidos por la mezcla convencional  $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$  más uno o varios aditivos inorgánicos, considerando siempre al bromuro de litio como el compuesto absorbente principal.

A continuación se mencionan los estudios realizados encontrados en la bibliografía con diferentes aditivos para el sistema  $H_2O + LiBr$ .

*Tabla 1.2 Recopilación cronológica de los estudios realizados con diferentes aditivos para el sistema  $H_2O + LiBr$ .\**

ADITIVO AGREGADO A LA SOLUCIÓN	FECHA	INVESTIGADOR(ES)	PUBLICACIÓN
$ZnBr_2 + CaBr_2$ Bromuro de zinc + Bromuro de calcio	1969	Aronson	Propuso este fluido y estudió el equilibrio líquido-vapor y la cristalización. La mezcla presentaba una mejor solubilidad respecto al sistema binario $H_2O/LiBr$ , pero a su vez poseía un mayor carácter corrosivo.
$LiI$ : ioduro de litio	1972	Hensel y hatlow	Concluyeron que esta mezcla es apropiada para trabajar con sistemas enfriados por aire, sin riesgo de cristalización
$LiSCN$ : tiocianato de litio	1980	Koshiyama et al.	Estudiaron el efecto de este aditivo en un ciclo de simple efecto. Simularon un ciclo obteniendo valores de COP superiores a los del sistema $H_2O/LiBr$ . Midieron la presión de vapor para muestras con distintas proporciones molares de las sales. La conclusión principal en ambos trabajos fue que la viscosidad de la mezcla era excesivamente alta.
	1981	Iyoki y Uemura	
$LiI$ : ioduro de litio	1982	Hesseler	Propuso este aditivo, mezclado con etilenglicol.
$ZnCl_2$ : Cloruro de zinc	1984	Manago	Estudio esta mezcla, obteniendo una gran estabilidad y absorción de refrigerante en el absorbedor.
$LiCl$ cloruro de litio	1986	Macriss y Zawaki	Utilizaron este aditivo, observando que la solubilidad en la solución era muy baja y que la mezcla final incrementaba el carácter corrosivo del fluido
$ZnCl_2$ : cloruro de zinc	1987	Asano	Estudiaron la inclusión de este aditivo a la solución, obteniendo, Una gran estabilidad y absorción de refrigerante en el absorbedor.
$CaCl_2$ : cloruro de calcio	1988	Koseki et al.	
$MgCl_2$ : cloruro de magnesio	1988	Koseki et al.	Propusieron el uso de $MgCl_2$ con el fin de aumentar la solubilidad del absorbente.

\* Tesis Doctoral Propiedades Termofísicas de nuevos fluidos de trabajo para sistemas de refrigeración por absorción (Salavera Muñoz Daniel)

ADITIVO AGREGADO A LA SOLUCIÓN	FECHA	INVESTIGADOR(ES)	PUBLICACIÓN
$ZnCl_2 + CaBr_2$ cloruro de zinc + Bromuro de calcio	1989	Iyoki y Uemura	Propusieron esta mezcla ternaria de sales. Midieron diversas propiedades, como la capacidad calorífica o la presión de vapor entre otras, y realizaron la simulación del ciclo, concluyendo que se trataba de un sistema apropiado para refrigeración por absorción con enfriamiento por aire. Malik y Siddiqui (1996) también realizaron la simulación de un ciclo de bomba de calor por absorción usando este fluido. La eficiencia obtenida era mejor a temperaturas relativamente altas en el evaporador.
$LiCl$ cloruro de litio	1989	Grover et al.	Estudiaron el ciclo de un pequeño enfriador de agua usando el fluido $H_2O/LiBr + LiCl$ , obteniendo una menor carga calorífica necesaria para activar el sistema, respecto a la mezcla binaria
$LiNO_3$ nitrato de litio	1991	Iyoki et al.	Propusieron esta mezcla para reducir la corrosividad y mejorar las prestaciones del ciclo. Determinaron la relación molar óptima de sales (4:1) en relación a la temperatura de cristalización. Además, midieron distintas propiedades (densidad, viscosidad, tensión superficial, solubilidad, calor de mezcla y presión de vapor).
$LiI + LiCl + LiNO_3$ Ioduro de litio + Cloruro de litio + Nitrato de litio.	1992	Izuka et al.	Propusieron este sistema, con proporciones molares salinas de: 1:0,63:0,25:0,25 y estudiaron sus propiedades. Estas mostraban una menor temperatura de cristalización y una corrosividad menor.
$LiI$ Ioduro de litio	1993	Iyoki et al.	Determinaron el ratio óptimo de la mezcla, midiendo la temperatura de cristalización de distintas muestras de igual concentración total de sales, variando la proporción $LiBr:LiI$ . Estos autores obtuvieron que la relación molar idónea era de 4:1.

ADITIVO AGREGADO A LA SOLUCIÓN	FECHA	INVESTIGADOR(ES)	PUBLICACIÓN
LiSCN: Tiocianato de litio	1993	Won et al	Retomo la investigación de Koshiyama, Iyoki y Uemura (1980 – 1981) con resultados similares en cuanto a la viscosidad de la mezcla, la cual no favorece al sistema de absorción.
LiCl + ZnCl <sub>2</sub> Cloruro de zinc	1993	Iyoki	Realizó un estudio de las propiedades y de la simulación de ciclos de máquinas de absorción de simple efecto, dos etapas y doble efecto y los comparó con la mezcla H <sub>2</sub> O/LiBr + LiCl. Concluyó que la adición de ZnCl <sub>2</sub> mejoraba el coeficiente de operación, aunque empeoraba el límite de cristalización.
CaCl <sub>2</sub> : Cloruro de calcio	1995	Takahashi y Koseki	Emulando a Koseki (1988) el resultado de la mezcla fue favorable, logrando una gran estabilidad y resultados positivos en cuestión de corrosividad.
LiCl Cloruro de litio	1995	Manago	Sugirió esta mezcla para refrigeración por absorción y estudió el punto de ebullición y de cristalización a distintas proporciones de las sales.
LiI Ioduro de litio	1996	Homma et al.	Estudió los efectos de diversos halogenuros de litio y del nitrato de litio, y observaron que el uso del LiI es el que consigue un mayor rango de trabajo. Además, también realizaron un estudio para obtener la relación molar óptima entre el LiBr y el LiI, a través de la medida de la temperatura de cristalización, concluyendo que ésta era de 1,0:0,7. Además propusieron el uso de Li <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> como agente anticorrosivo. Finalmente realizaron simulaciones del ciclo, obteniendo unas mejoras en el COP de hasta un 12 %, y reducciones del área de calentamiento del 24 %, lo que se traduce en equipos más compactos.
LiI Ioduro de litio	1996	Ogata et al.	Estudio las características corrosivas y la estabilidad de este fluido con el fin de sugerir materiales adecuados para la construcción de los equipos.

ADITIVO AGREGADO A LA SOLUCIÓN	FECHA	INVESTIGADOR(ES)	PUBLICACIÓN
CsCl Cloruro de cesio	1998	Shoji et al	Propusieron el uso de este aditivo para mejorar la solubilidad del absorbente en la mezcla sin afectar a la capacidad de absorción.
LiI + LiCl + LiNO <sub>3</sub> Ioduro de litio + Cloruro de litio + Nitrato de litio.	1998, 1999a, 1999b	Koo et al	Propusieron este sistema como fluido de trabajo para un refrigerador por absorción enfriado por aire a pequeña escala. Estimaron una proporción óptima de las sales en la mezcla (5:1:1:2, relación molar) en función de la temperatura de cristalización, y midieron diversas propiedades termo físicas (solubilidad, capacidad calorífica, presión de vapor, densidad, viscosidad y tensión superficial).
LiI + LiCl + LiNO <sub>3</sub> Ioduro de litio + Cloruro de litio + Nitrato de litio.	1999	Okano et al.	Estudiaron este sistema cuaternario de sales con una nueva proporción molar (1:0,75:0,41:0,25), estudiando algunas propiedades termodinámicas.
LiI + LiCl + LiNO <sub>3</sub> Ioduro de litio + Cloruro de litio + Nitrato de litio.	2000	Lee et al.	Realizaron la simulación del ciclo usando la mezcla con proporción molar (5:1:1:2), propuesta por Koo et al., resultando un COP adecuado, una temperatura de cristalización baja y suficiente capacidad de enfriamiento.
LiI + LiCl + LiNO <sub>3</sub> Ioduro de litio + Cloruro de litio + Nitrato de litio.	2002	Kim y Lee	Midieron recientemente las entalpías de dilución de esta mezcla.

## **ANALISIS DE LOS DIFERENTES ADITIVOS PROPUESTOS**

### **CaBr<sub>2</sub>** (Bromuro de calcio)

La adición del bromuro de calcio se realiza con la intención de aumentar la solubilidad del bromuro de litio en el agua.

### **CaCl<sub>2</sub>** (Cloruro de calcio)

La adición de cloruro cálcico aumenta la solubilidad del absorbente.

### **LiCl** (Cloruro de litio)

El cloruro de litio actúa como agente supresor de la presión de vapor del sistema agua-bromuro de litio, mejorando la absorción del refrigerante en el absorbedor lo que se traduce en un aumento en el COP del ciclo. Sin embargo, disminuye la solubilidad del absorbente, ya que la solubilidad de esta sal en agua es muy pequeña, aumentando el riesgo de cristalización, además de incrementar el carácter corrosivo del fluido.

### **ZnCl<sub>2</sub>** (Cloruro de zinc)

El cloruro de zinc mejora la solubilidad del LiBr, pero por otro lado es más corrosivo incluso que éste.

### **LiI** (Ioduro de Litio)

La adición de ioduro de litio es la más estudiada en la literatura. El objetivo es la mejora de la solubilidad del absorbente, reduciendo la temperatura de cristalización hasta 5 °C

### **LiNO<sub>3</sub>**: (Nitrato de litio)

El nitrato de litio disminuye el riesgo de cristalización y tiene efectos anticorrosivos en el fluido.

### **LiSCN** (tiocianato de litio)

La adición de tiocianato de litio se realiza con la intención de aumentar el límite de cristalización del absorbente.

Tras analizar los distintos estudios realizados para el sistema  $H_2O + LiBr$ , se concluyó que la adición de tres sales ( $LiNO_3$ ,  $LiI$  y  $LiCl$ ), propuesta por Izuka et al. (1992), reúne las características de solubilidad, corrosividad y presión de vapor más óptimas para este sistema.

Además, se propone utilizar la composición propuesta por Koo et al. (1998, 1999a, 1999b), con una relación molar de 5:1:1:2 para  $LiBr$ ,  $LiNO_3$ ,  $LiI$  y  $LiCl$ , respectivamente ya que esta composición ya ha sido probada experimentalmente con resultados positivos.

### **1.7 COMPARACION DE LOS SISTEMAS**

Ya se hablo de los diferentes tipos de refrigeración que existen, a continuación se realizara una pequeña comparación entre los sistemas.

#### **EFICIENCIA**

La eficiencia en los sistemas de compresión convencional y amoniaco agua son mas inferiores en cuanto a eficiencia ya que se ingresa más energía al sistema (compresor) que la que entrega; en cuanto al sistema bromuro de litio - agua se podría considerar más eficiente siempre y cuando el calentamiento de agua se realice con energía renovable, si no se caería en el mismo caso que los otros dos sistemas al calentar con un hidrocarburo.

#### **PELIGROSIDAD**

En este apartado el sistema más peligroso es el de amoniaco – agua ya que el amoniaco es altamente toxico, en segundo lugar seria el sistema de compresión por el manejo de los diferentes compuestos refrigerantes que son dañinos para el medio ambiente, y por ultimo estaría el sistema  $LiBr - Agua$  ya que la solución no es toxica en las concentraciones que se manejan, pero si se debe de tener las medidas de seguridad necesarias para el manejo del bromuro de litio.

#### **COSTO**

Para conseguir una comparación en el costo de los sistemas se supondrá que seria para la misma capacidad de refrigeración.

En el aspecto de construcción los sistemas de amoniaco- agua y  $LiBr - Agua$  son más costosos, ya que se necesitan equipos robustos para que los sistemas funcionen adecuadamente.

En la operación de los sistemas resultan más costosos los equipos que necesitan un compresor al ser dependientes de la corriente eléctrica para su funcionamiento; a comparación de un equipo de LiBr – Agua con la parte térmica alimentada con energía renovable.

### **VERSATILIDAD**

En versatilidad el sistema de compresión aventaja a los otros dos ya que este sistema se puede aplicar para pequeñas, medianas y grandes cantidades de refrigeración; a diferencia los otros dos sistemas que generan gran tonelaje de refrigeración por lo tanto están limitados a la refrigeración industrial o de espacios muy grandes.

*Tabla 1.3 Comparación de los diferentes sistemas de refrigeración*

Sistema	Eficiencia	Peligrosidad	Costo	Versatilidad
COMPRESION	Baja	Media	Alto	Alta
AGUA – AMONIACO	Baja	Alta	Alto	Baja
AGUA - LiBr	*Alta	Media	Medio	Baja

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO**

## ANTECEDENTES

Con el propósito de disminuir el consumo de energía eléctrica el laboratorio de diagnóstico energético se dio a la tarea de diseñar y construir un dispositivo híbrido de aire acondicionado el cual utiliza energía solar y energía eléctrica.

En la primera etapa del proyecto se seleccionó el mejor sistema de aire acondicionado compatible con la energía solar, el cálculo térmico del sistema de absorción y se diseñó los componentes del dispositivo de aire acondicionado.

La segunda etapa consta de la construcción de los diferentes elementos del sistema, el ensamble de los diferentes componentes del equipo, puesta en marcha, pruebas del sistema y propuesta de mejoras.

El equipo mencionado se encuentra en el patio del centro tecnológico Aragón ubicado geográficamente a 19° 28' 24.13" N, 99° 02' 47" W, con una altitud de 2234 msnm, en el estado de México.

En el año 2009 se realizó el sondeo de la disponibilidad de la radiación solar utilizando la estación meteorológica con la que cuenta el centro tecnológico Aragón, este sondeo se realizó de enero a octubre<sup>1</sup> teniendo los siguientes resultados.

*Tabla 2.1 Radiación máxima promedio alcanzada en la fes Aragón 2009*

MES	HORA	RADIACION MAXIMA PROMEDIO W/m <sup>2</sup>
ENERO	13:00	676,129032
FEBRERO	12:30	763,285714
MARZO	12:00	836,225806
ABRIL	12:00	928,7
MAYO	13:00	890,419355
JUNIO	13:00	797,0
JULIO	13:00	844,3
AGOSTO	13:00	815,9
SEPTIEMBRE	13:00	844,9
OCTUBRE	14:00	733,9

<sup>1</sup> ANEXO 1. Radiación solar promedio de enero a octubre del 2009 en la FES Aragón; Realizada con la estación meteorológica del Centro Tecnológico Aragón.

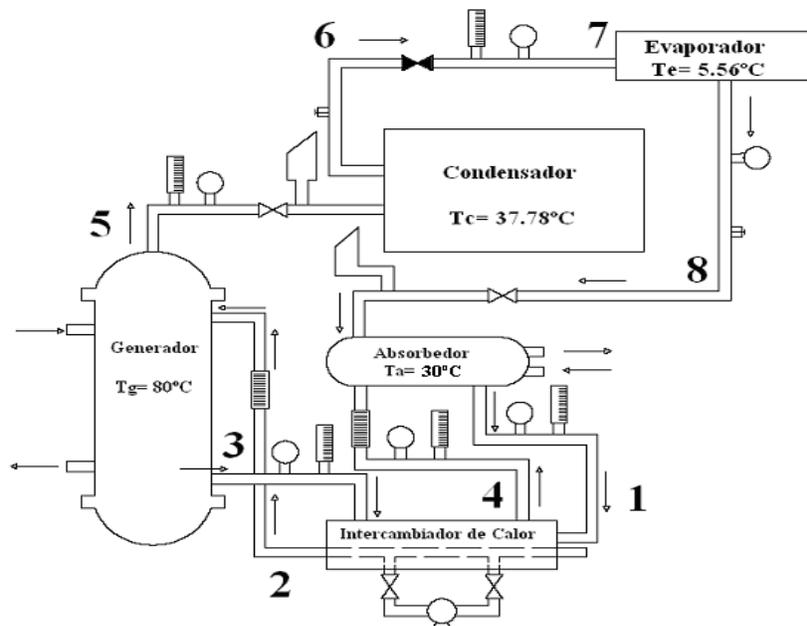
## SITUACIÓN ACTUAL

Abril del 2010, el equipo está construido y sometido a una presión vacuo métrica de 30cm de mercurio, por falta de presupuesto no se ha podido realizar la carga de la solución agua – bromuro de litio, ni la instalación eléctrica que alimentara los diversos componentes (bombas y ventiladores).

Octubre 2010 se ha realizado la instalación eléctrica, mas sin en cambio el equipo ha sufrido una falla en cuestión de hermeticidad por causas desconocidas, se realizo una inspección de los diferentes componentes y se encontraron rastros de impactos contra la tubería del equipo, en estos momentos se trabaja para lograr la nuevamente la el sellado en el sistema.

### 2.1- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR

Como ya se menciona el equipo de aire acondicionado solar es un sistema de absorción híbrido, ya que comúnmente el calentamiento de la solución se realiza con llama directa, en el caso de nuestro equipo se realizara con agua caliente proveniente de un panel solar cabe mencionar que el evaporador y el condensador en conjunto son un Minisplit convencional marca Ig, a estos se les adapto el conjunto de intercambiadores de calor que son: generador, absorbedor e intercambiador de calor, toda la interconexión de los equipos se realizo con tubería de cobre grado L en su mayoría de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro a continuación se muestra un diagrama del sistema (figura 2.1) y una tabla con las propiedades termodinámicas en los principales puntos de interés (tabla 2.1)



*Figura 2.1 Equipo de absorción del sistema de aire acondicionado solar*

*Tabla 2.1 Propiedades termodinámicas del equipo de absorción del sistema AAS*

<b>Punto Diagrama</b>	<b>Estado</b>	<b>T (°C)</b>	<b>T (°F)</b>	<b>P (mmHg)</b>	<b>h (BTU/lb)</b>	<b>x (%)</b>	<b><math>\dot{m}</math> (Kg./min)</b>
1	solución	30	86	6.797	-75.7496	54	1.34619
2	solución	67.22	152.99	49.108	-43.2855	54	1.34619
3	solución	80	176	49.108	-32.4641	60	1.21166
4	solución	37.22	98.99	6.797	-64.9282	60	1.21166
5	vapor	80	176	49.108	1136.4	----	0.134529
6	líquido	37.78	100.004	49.108	68	----	0.134529
7	vapor	37.78	100.004	6.797	68	----	0.134529
8	vapor	5.56	42.008	6.797	1079.5	----	0.134529

Se puede observar que la temperatura en el evaporador es de 5.56 °C con lo cual se estima que se logre retirar el calor del espacio confinado de nuestro prototipo.

En seguida se describirá cada uno de los componentes del equipo de aire acondicionado solar; Su principio de funcionamiento así como imágenes y dibujos técnicos realizados con paquetería CAD "solidworks" durante mi estadía en el centro tecnológico de la FES Aragón.

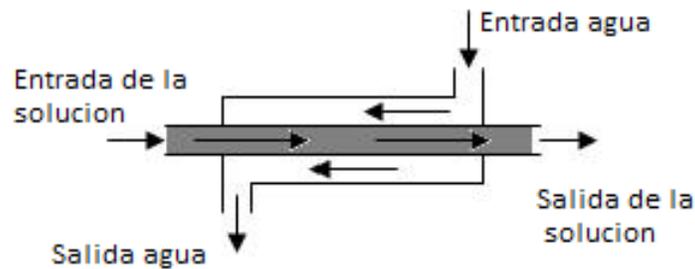
## 2.2- PARTES DEL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR

### 2.2.1-GENERADOR

Su función es separar el refrigerante del absorbente, por destilación del primero, que en este caso es el agua previamente destilada para eliminar impurezas que dañen nuestro sistema.

El fluido caliente produce la ebullición de la solución de LiBr-H<sub>2</sub>O y posteriormente conduce el vapor de agua generado (refrigerante) hacia el condensador

El generador es fundamentalmente un intercambiador de calor de doble tubo y flujo en contra corriente (figura 2.2).

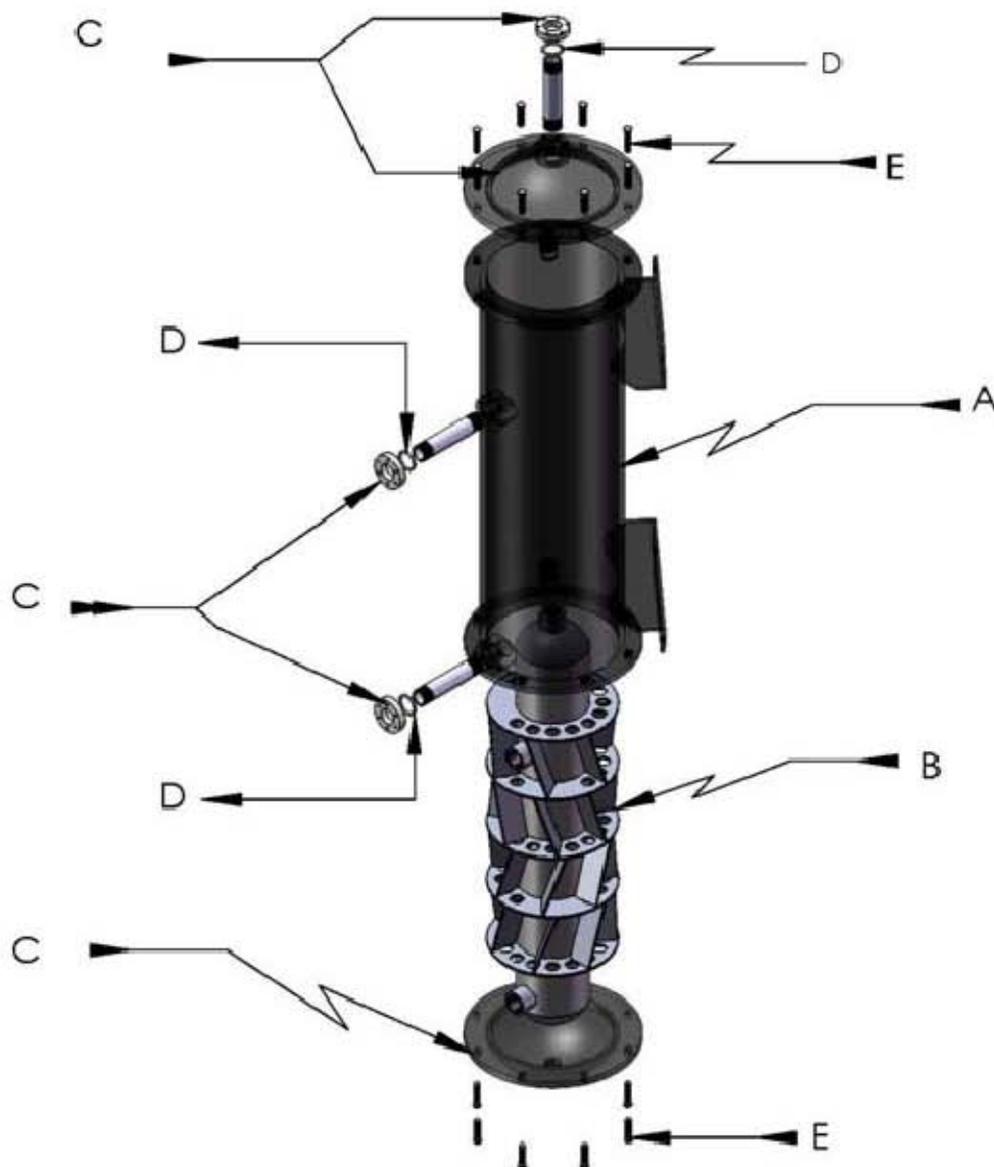


*Figura 2.2 Intercambiador de calor de doble tubo y flujo en contra corriente*

El tubo que funge como carcasa es de acero al carbón comercial A 106 Gr B, en el circula vapor proveniente de la sección de calentamiento solar y el tubo interno es de acero inoxidable A 306, en este se aloja la solución agua/LiBr como se muestra en la figura 2.3.

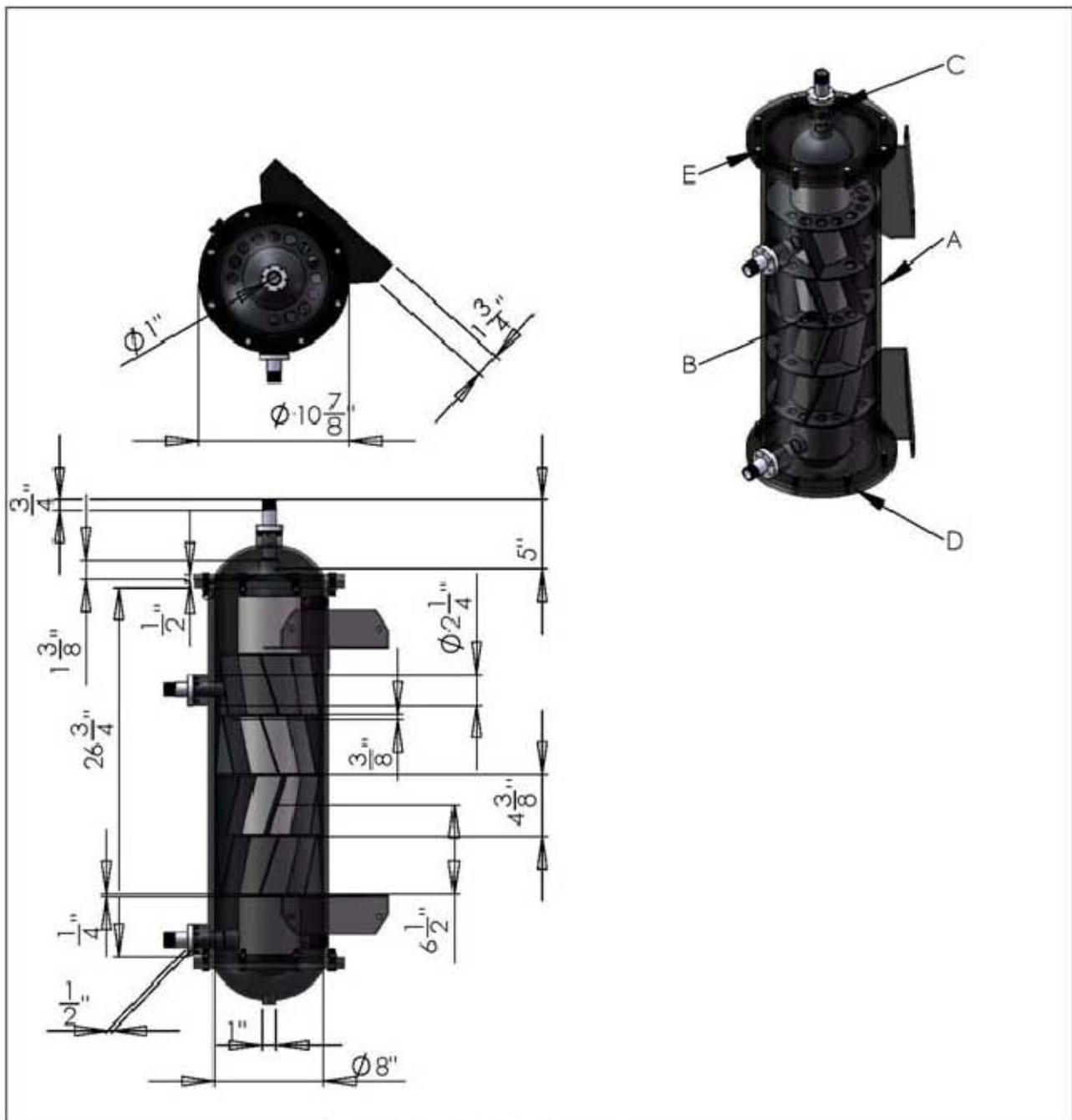


*Figura 2.3 Generador del equipo "AAS" realizado con paquetería CAD*



NOMBRE: GENERADOR		<b>DESCRIPCION:</b> Su función es separar el refrigerante del absorbente proveniente del intercambiador de calor, esta separación la realiza por destilación del refrigerante que en este caso es el agua previamente destilada para eliminar impurezas que dañen nuestro sistema. El generador es fundamentalmente un intercambiador de calor de doble tubo y flujo en contra corriente.	COTAS: in. ESCALA: 1:10	
PIEZA	MATERIAL			
A	CUERPO EXT			A 106 Gr
B	CUERPO INT			A 306
C	TAPA (S)			A 106 Gr B
D	EMPAQUE			POLIURETANO
E	TORNILLOS	AC. DE ALTA RESIST. G2		

Figura 2.4 Dibujo de explosión del Generador del equipo "AAS"



NOMBRE: GENERADOR		<b>DESCRIPCION:</b> Su función es separar el refrigerante del absorbente proveniente del intercambiador de calor, esta separación la realiza por destilación del refrigerante que en este caso es el agua previamente destilada para eliminar impurezas que dañen nuestro sistema. El generador es fundamentalmente un intercambiador de calor de doble tubo y flujo en contra corriente.	COTAS: in. ESCALA: 1:10
PIEZA	MATERIAL		
A	CUERPO EXT A 106 Gr B		
B	CUERPO INT A 304		
C	TAPA (S) A 106 Gr B		
D	EMPAQUE POLIURETANO		
E	TORNILLOS AC. DE ALTA RESIST. G2		

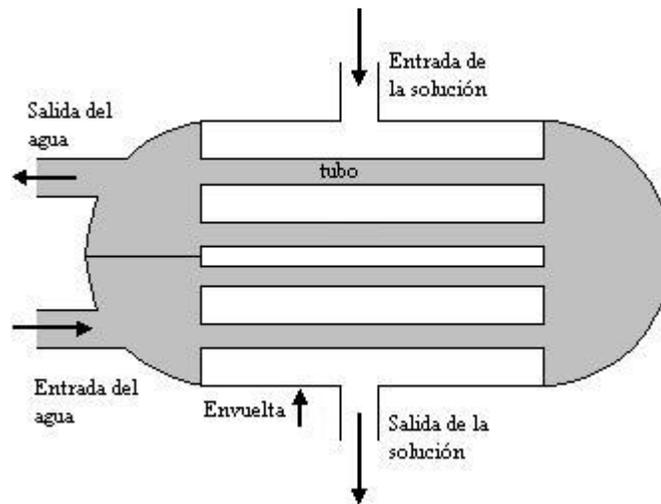
*Figura 2.5 Dibujo técnico del Generador del equipo "AAS"*

### 2.2.2-ABSORBEDOR

Como su nombre lo indica es donde se realiza el proceso de absorción, la solución proveniente del evaporador entra al absorbedor donde se encuentra una solución alta en bromuro de litio la cual realiza la absorción debido al cambio de temperatura generado por los tubos de enfriamiento donde circula el agua.

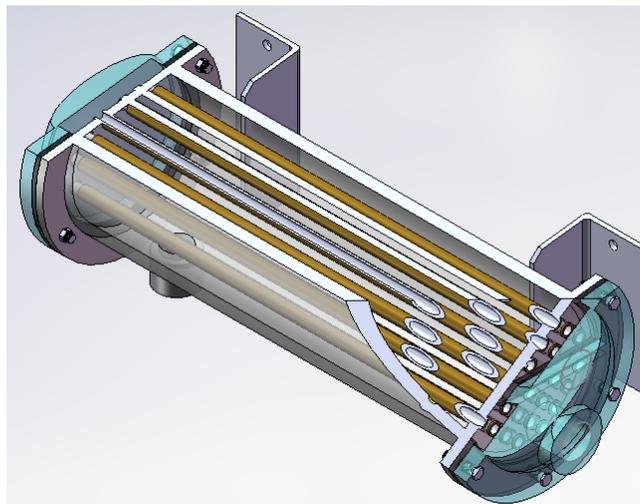
La solución en el absorbedor procedente del evaporador atrapa el vapor de agua y se obtiene una solución diluida de LiBr-H<sub>2</sub>O que es llevada nuevamente al generador

En particular el absorbedor del equipo "AAS" es un intercambiador de calor tipo horizontal con envuelta y tubos figura 2.6.

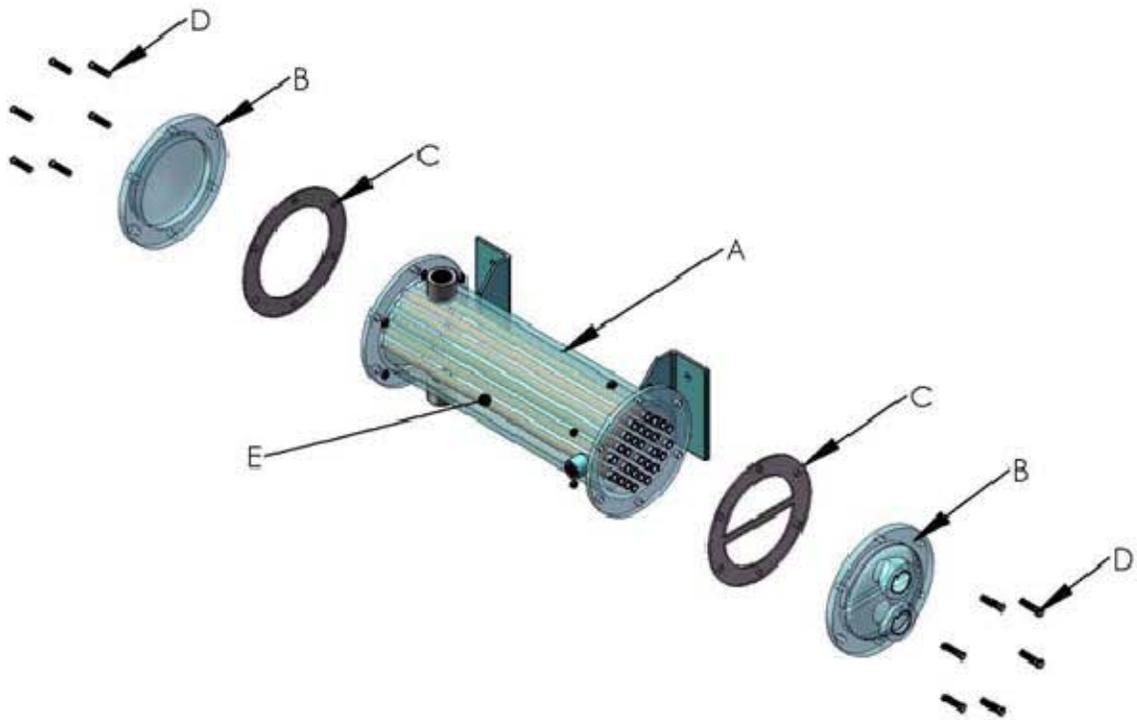


*Figura 2.6 Intercambiador de calor tipo horizontal con envuelta y tubos.*

Los tubos donde circula el agua son de cobre grado L, y la envuelta es de acero al carbón comercial A 106 Gr B, figura 2.7.



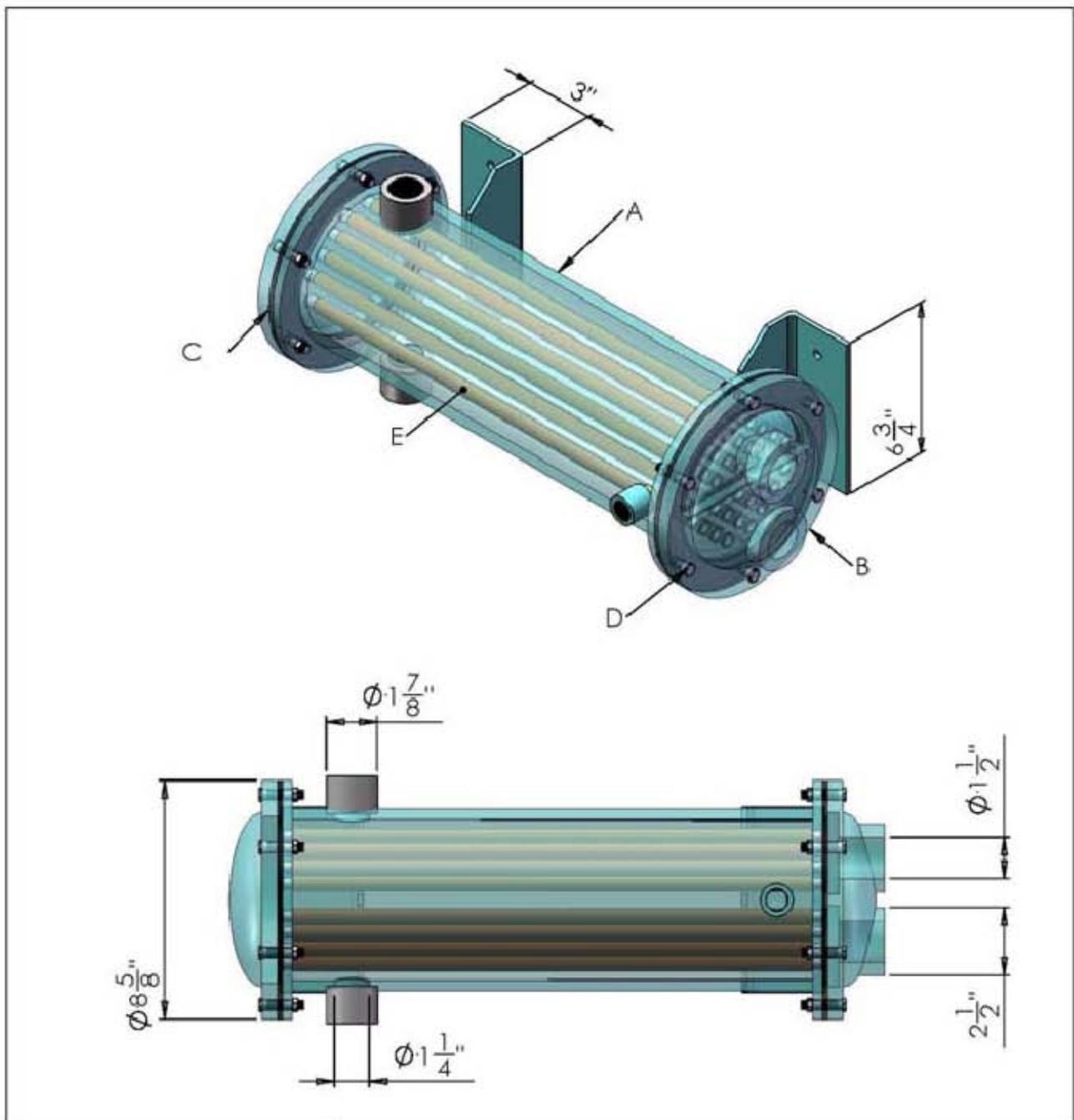
*Figura 2.7 Absorbedor del equipo "AAS"*



NOMBRE: A B S O R B E D O R		DESCRIPCION: Como su nombre lo indica es donde se realiza el proceso de *absorción la solución proveniente del evaporador entra al absorbedor donde se encuentra una solución alta en bromuro de litio la cual realiza la absorción debido al cambio de temperatura generado por los tubos de enfriamiento donde circula agua.	
PIEZA	MATERIAL		
A	CUERPO		A 106 Gr B
B	TAPAS		FUNDICION GRIS
C	EMPAQUE		POLIURETANO
D	TORNILLOS		AC. DE ALTA RESIST. G2
E	TUBOS	COBRE GR L	

COTAS: in.  
 ESCALA: 1:10

*Figura 2.8 Dibujo de explosión del Absorbedor del equipo "AAS"*



NOMBRE: ABSORBEDOR		<b>DESCRIPCION:</b> Como su nombre lo indica es donde se realiza el proceso de *absorción la solución proveniente del evaporador entra al absorbedor donde se encuentra una solución alta en bromuro de litio la cual realiza la absorción debido al cambio de temperatura generado por los tubos de enfriamiento donde circula agua.	COTAS: in. ESCALA: 1:10	
PIEZA	MATERIAL			
A	CUERPO			A 106 Gr B
B	TAPA (S)			FUNDICIÓN GRIS
C	EMPAQUE			POLIURETANO
D	TORNILLOS			AC. DE ALTA RESIST. IG2
E	TUBOS	COBRE Gr L		

*Figura 2.9 Dibujo Técnico del Absorbedor del equipo "AAS"*

### 2.2.3-EVAPORADOR

El evaporador del sistema de refrigeración es un intercambiador de calor donde el calor pasa desde el espacio a acondicionar, hasta el refrigerante.

La corriente de agua a enfriar entra al evaporador a una temperatura calculada de  $5.56^{\circ}\text{C}$ , lo que representa suficiente gradiente de temperatura para evaporar el refrigerante procedente del condensador; a la vez que se provoca el enfriamiento de la corriente de agua que pasa por el evaporador.

En particular el evaporador de nuestro sistema es un evaporador de expansión directa y circulación forzada figura 2.10.

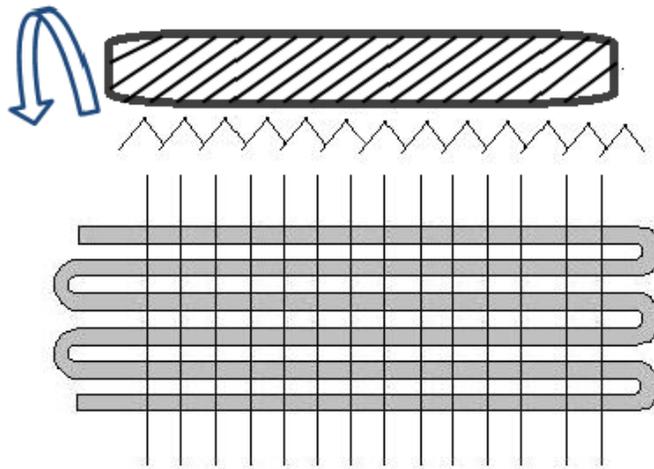


Figura 2.10 Evaporador de expansión directa y circulación forzada

El serpentín es de aluminio igual que las aletas, todo este conjunto está recubierto en un cuerpo plástico provisto de un control digital figura 2.11

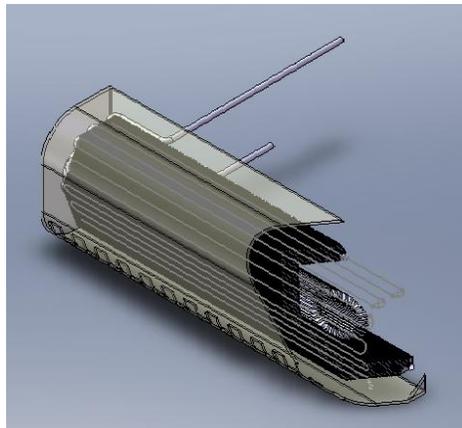
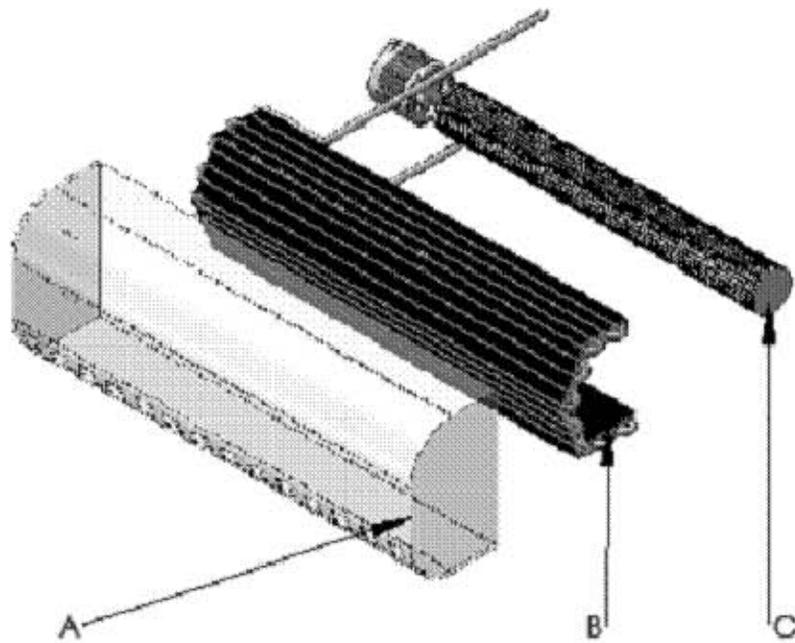
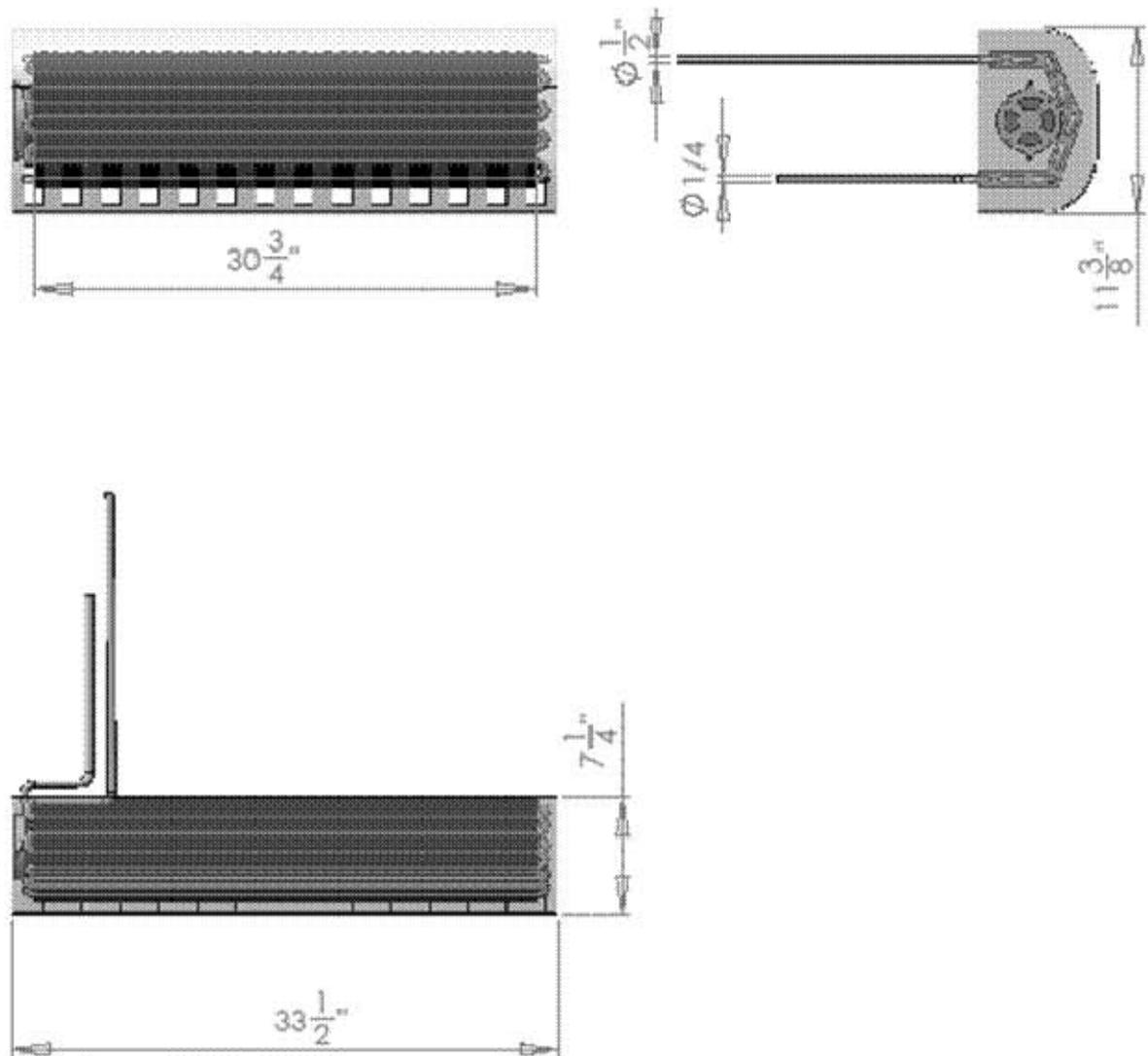


Figura 2.11 Diagrama del evaporador del equipo "AAS"



NOMBRE: EVAPORADOR		DESCRIPCION: El evaporador de nuestro sistema es un evaporador de expansión directa y circulación forzada; Su función es atraer el calor del espacio a acondicionar, hasta el refrigerante; en este caso agua en forma de vapor.	
PIEZA	MATERIAL		
A	CUERPO		PLASTICO
B	SERPENTIN		ALUMINIO
C	ALETAS		ALUMINIO
		COTAS: in.	
		ESCALA: 1:10	

*Figura 2.12 Dibujo de explosión del evaporador del equipo "AAS"*



**NOMBRE:**  
EVAPORADOR

PIEZA	MATERIAL
A CUERPO	PLASTICO
B SERPENTIN	ALUMINIO
C ALETAS	ALUMINIO

**DESCRIPCION:**  
El evaporador de nuestro sistema es un evaporador de expansión directa ; Su funcion es atraer el calor del espacio a acondicionar, hasta el refrigerante; en este caso agua en forma de vapor.

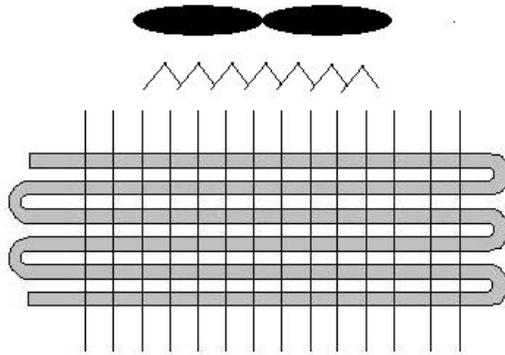
COTAS: in.  
ESCALA: 1:10

Figura 2.13 Dibujo Técnico del evaporador del equipo "AAS"

## 2.2.4-CONDENSADOR

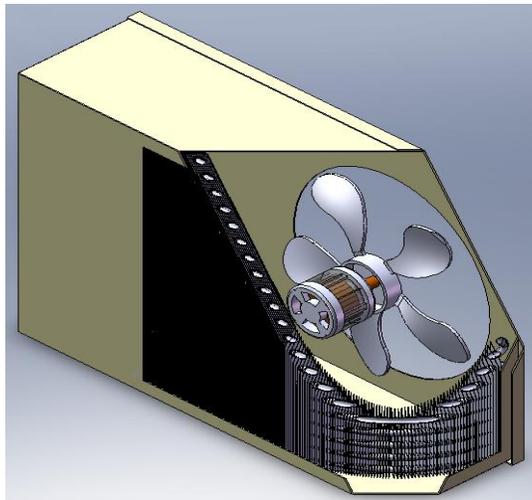
El condensador recibe el vapor refrigerante resultado de la destilación ejecutada en el generador del sistema con la finalidad de eliminar el recalentamiento del vapor y, a continuación lo licua; eliminando así el calor en el sistema de refrigeración.

En el condensador, el vapor es enfriado y condensado por ventilador que extrae el calor del condensador; El refrigerante condensado, es dirigido en forma líquida al evaporador Su constitución es similar al del evaporador antes mencionado consta de un serpentín aletado por el cual se hace pasar aire para enfriar el refrigerante figura 2.14.



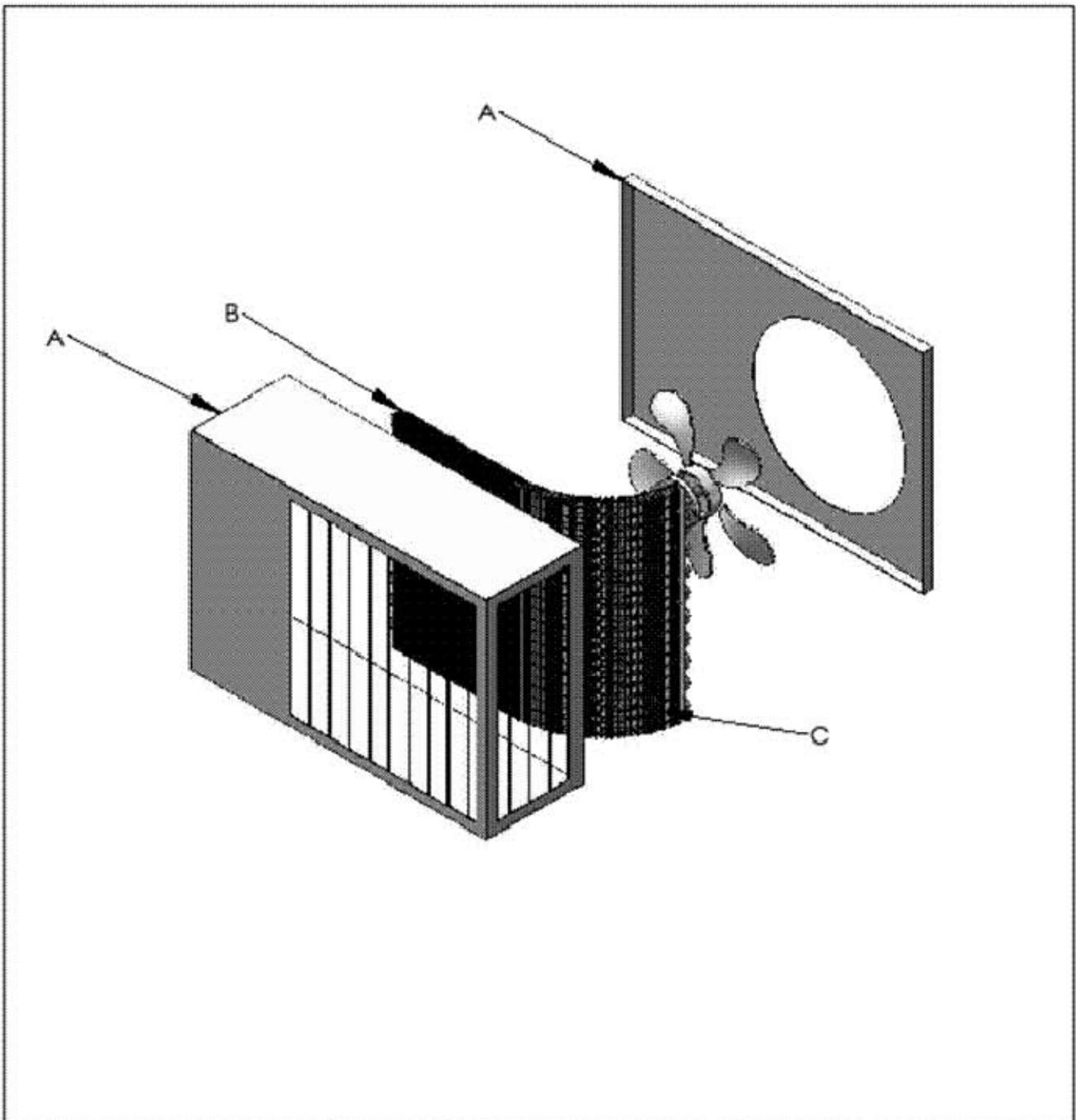
*Figura 2.14 Condensador de expansión directa y circulación forzada*

El condensador del equipo “AAS” es un condensador marca lg enfriado por aire figura 2.15.



*Figura 2.15 Evaporador del equipo “AAS”*

El conjunto de serpentín y aletas es de aluminio y el cuerpo es de lámina de acero.



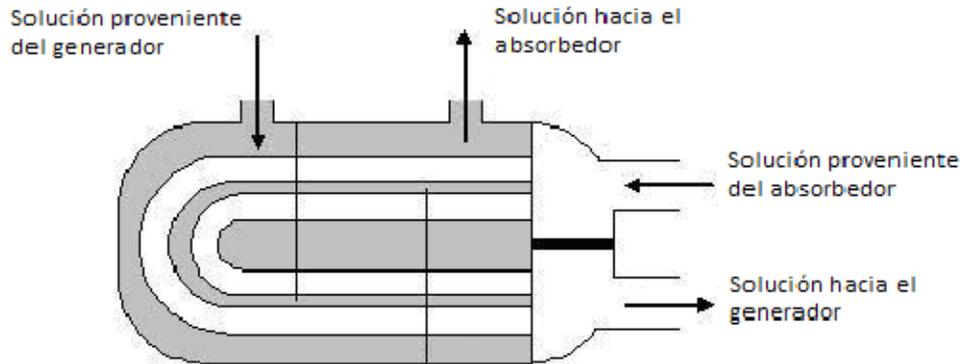
NOMBRE: ABSORBEDOR		DESCRIPCION: El condensador es el encargado de retirar el calor del refrigerante proveniente del generador, y licuarlo para transmitirlo a la valvula de expansion..
PIEZA	MATERIAL	
A	CUERPO AC. AL CARBON	
B	SERPENTIN ALUMINIO	
C	ALETAS ALUMINIO	
		COTAS: cm.
		ESCALA: 1:10

*Figura 2.16 Dibujo de explosión del evaporador del equipo "AAS" realizado con paquetería CAD*

### 2.2.5-INTERCAMBIADOR DE CALOR

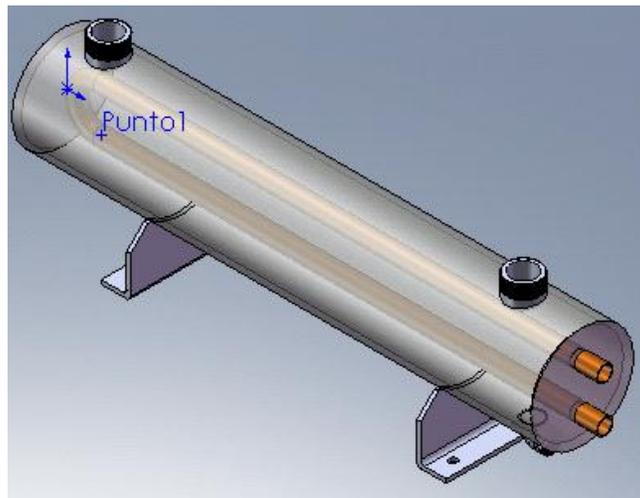
La función del intercambiador de calor es conseguir mayor rendimiento del equipo de refrigeración; enfriando la solución procedente del generador y calentar la solución que va hacia el absorbedor, con lo que se obtiene integración energética interna

Específicamente el intercambiador del sistema "AAS" es un intercambiador de calor tipo "U" como se muestra en la figura 2.17.

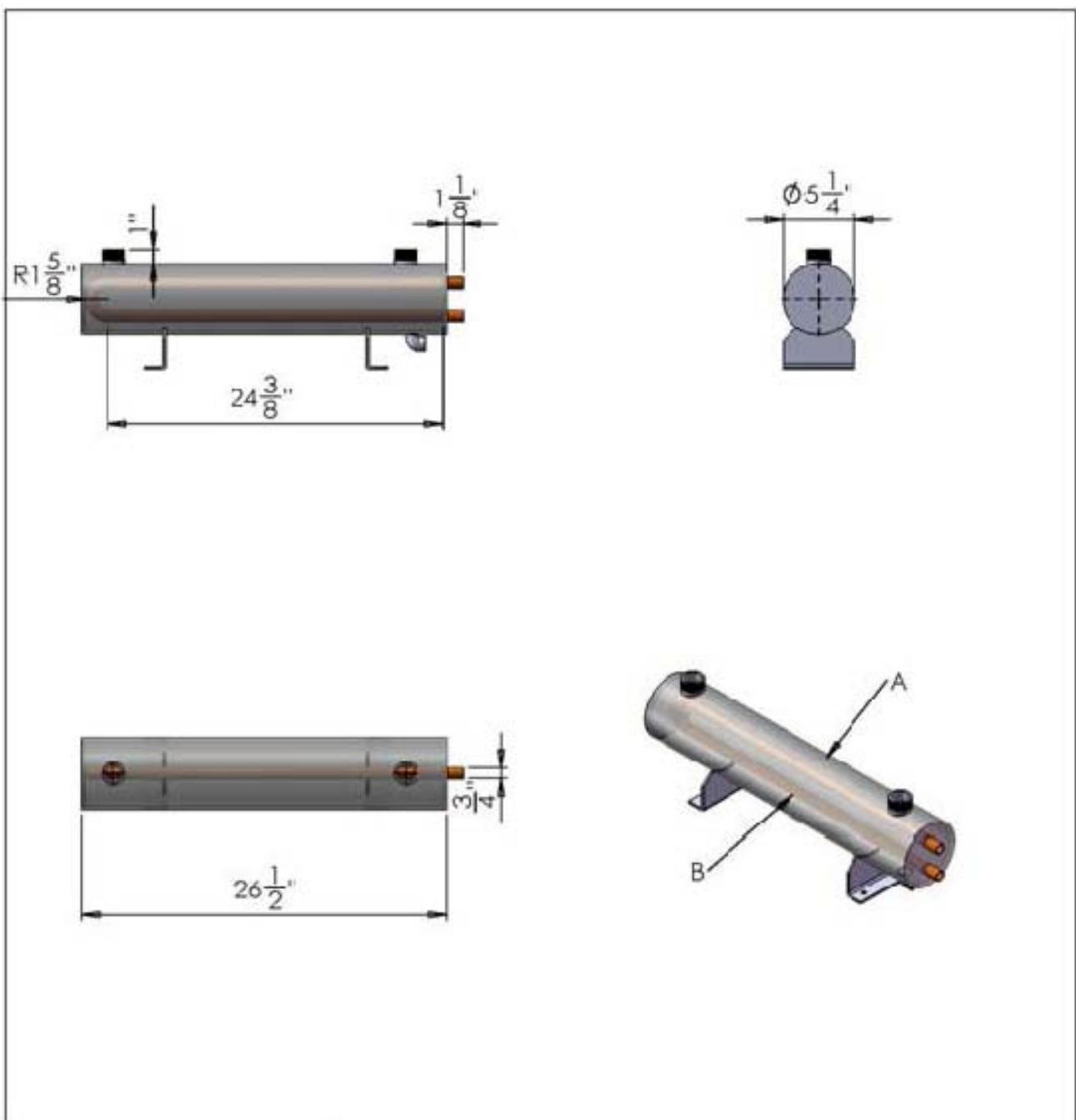


*Figura 2.17 Diagrama: Intercambiador de calor tipo "U"*

El tubo de nuestro intercambiador es de cobre grado L y el cuerpo de acero al carbón a 106 Gr b, figura 2.18.



*Figura 2.18 Diagrama intercambiador de calor del equipo "AAS"*



NOMBRE		<b>DESCRIPCION:</b> La función del intercambiador de calor es optimizar la eficiencia en el equipo de absorción	
INTERCAMBIADOR DE CALOR			
PIEZA	MATERIAL		
A	CARCAZA		A 106 Gr B
B	TUBO		COBRE Gr L
		COTAS: in ESCALA: 1:10	

Figura 2.19 Dibujo técnico del evaporador del equipo "AAS"

### 2.1.6-VALVULA DE TERMO EXPANSIÓN

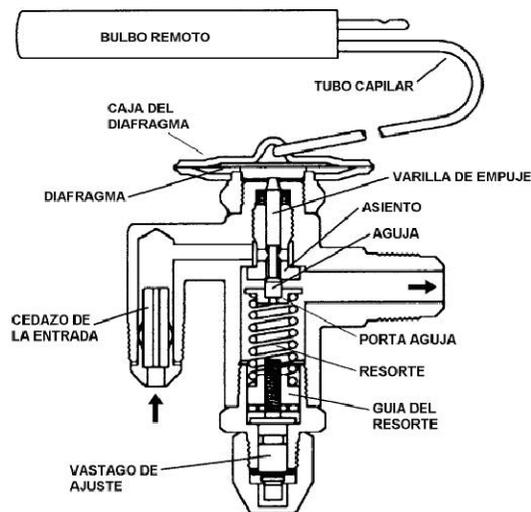
La válvula de expansión termostática o válvula de termo expansión, es un dispositivo diseñado para regular el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador, en la misma proporción en que el refrigerante líquido dentro del evaporador se va evaporando. Esto lo logra manteniendo un sobrecalentamiento predeterminado a la salida del evaporador, lo que asegura que todo el refrigerante líquido se evapore dentro del evaporador, y que solamente ingrese al absorbedor refrigerante en estado gaseoso. La cantidad de gas refrigerante que sale del evaporador puede regularse, puesto que la termo válvula responde a:

La temperatura del gas que sale del evaporador y. la presión del evaporador.

En conclusión, las funciones de una válvula de termo expansión son: reducir la presión y la temperatura del líquido refrigerante, alimentar líquido a baja presión hacia el evaporador, según la demanda de la carga, y mantener un sobrecalentamiento constante a la salida del evaporador.

#### Partes Principales

Las partes principales de una válvula de termo expansión son: el bulbo remoto, el diafragma, las varillas de empuje, el asiento, la aguja, el resorte, la guía del resorte y el vástago de ajuste. La figura 2.20, es un dibujo de corte transversal de una válvula de termo expansión típica, mostrando la ubicación de estas partes principales.



*Figura 2.20 Corte transversal de una válvula de termo expansión típica.*

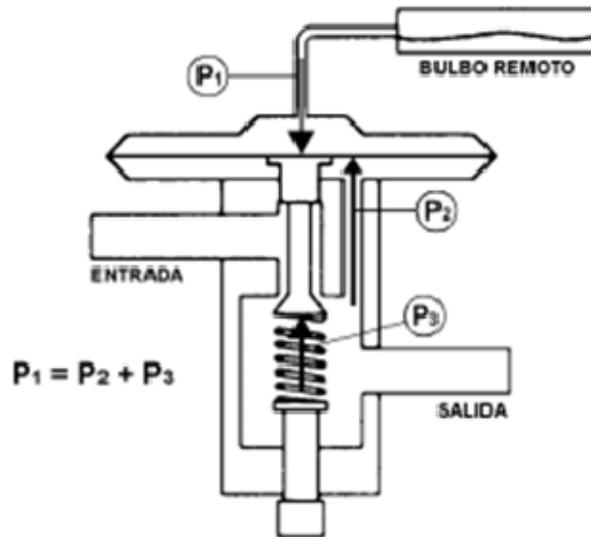
El vástago de ajuste sirve para variar la presión del resorte. Si se gira en el sentido del reloj, aumenta la tensión del resorte, y por lo tanto, su presión; si se gira en el sentido contrario, disminuye la presión del resorte.

### **Principios de Operación**

Observando detenidamente la figura 2.20, se puede ver que el bulbo remoto está conectado a la parte superior de la válvula de termo expansión mediante un tubo capilar. El bulbo se ubica en la línea de succión, justo a la salida del evaporador. El bulbo y el capilar contienen un fluido (carga) que puede ser líquido o gaseoso, el cual «siente» la temperatura del gas de succión que pasa por este punto. En esta posición, el bulbo y el fluido dentro de éste, tienen aproximadamente la misma temperatura del gas de succión. Los cambios de temperatura causan que aumente o disminuya la presión del fluido dentro del bulbo.

Observando ahora la figura 2.20, la presión del bulbo es ejercida sobre la parte superior del diafragma; éste a su vez, transmite ese movimiento a la parte superior del porta aguja mediante las varillas de empuje. Por otro lado, un resorte ejerce una fuerza en la parte inferior del porta aguja, la cual se opone a la del bulbo. Una vez en operación, el funcionamiento de la válvula de termo expansión es de la siguiente manera: cuando aumenta la presión del bulbo, el diafragma es empujado hacia abajo, las varillas de empuje “empujan” el porta aguja, vencen la fuerza del resorte y alejan la aguja del asiento, abriendo de esta manera la válvula y permitiendo el paso de líquido hacia el evaporador. Cuando disminuye la presión del bulbo, la fuerza del resorte es mayor que la del bulbo y empuja el porta aguja acercando la aguja al asiento, con lo cual se cierra la válvula y disminuye el flujo de líquido hacia el evaporador. Por lo anterior, pudiera deducirse que en la operación de una válvula de termo expansión actúan dos presiones: la del bulbo oponiéndose a la del resorte.

En realidad, en la operación de una válvula de termo expansión intervienen tres presiones fundamentales: la presión del bulbo, la presión del resorte y la presión del evaporador.



*Figura 2.21 Corte Las tres presiones fundamentales en una válvula de termo expansión.*

En la figura 2.21, se ilustra cómo actúan estas tres presiones fundamentales. La presión del bulbo actúa en la parte superior del diafragma y tiende a abrir la válvula, la presión del resorte y la del evaporador actúan en la parte inferior del diafragma y tienden a cerrar la válvula. Para que haya un equilibrio entre estas tres presiones, la presión del bulbo debe ser igual a la suma de las presiones del evaporador y del resorte.

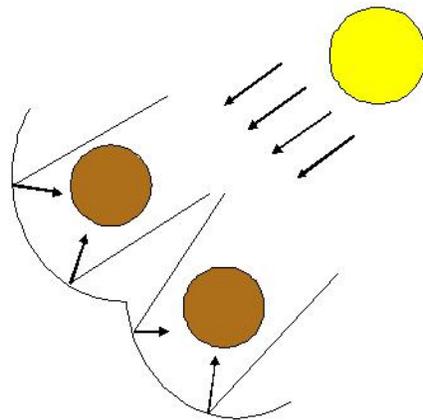
## 2.3- PARTES DEL EQUIPO DE CALENTAMIENTO CON ENERGIA SOLAR

### 2.3.1 PANEL SOLAR

La función del panel solar es el calentamiento del agua que alimenta al equipo de refrigeración.

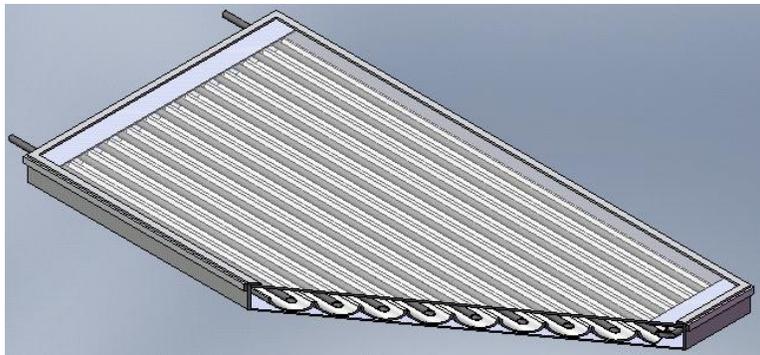
Un panel solar es una especie de intercambiador de calor que transforma la energía radiante en calor. La transferencia de energía se hace desde una fuente radiante que en este caso es el sol, hacia un fluido que sería el agua que circula por los tubos o ductos del sistema de captación solar

Específicamente el panel solar es un dispositivo que convierte la irradiancia solar en energía térmica como se muestra en la figura 2.22.

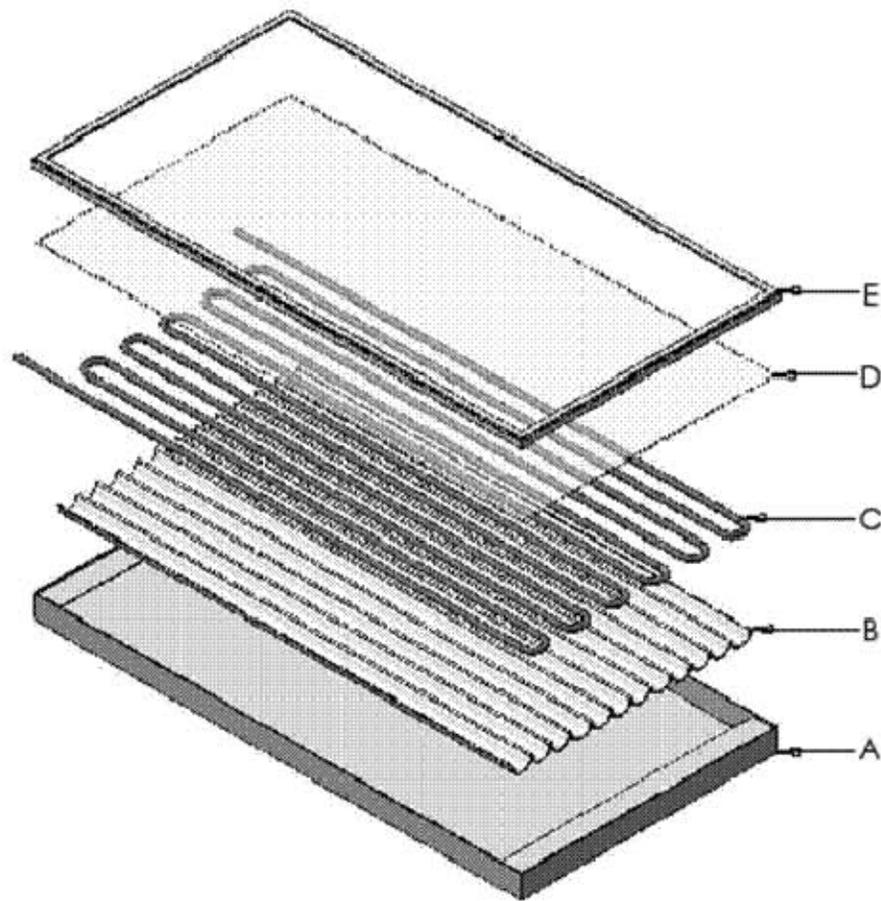


*Figura 2.22 Principio de funcionamiento del panel solar*

Concretamente el panel del sistema cuenta con tubos de vidrio recubiertos con pintura selectiva, una pantalla de aluminio con un factor de reflectancia de 0.80, todo esto protegido con una carcasa de aluminio y un vidrio templado en la parte superior figura 2.23.



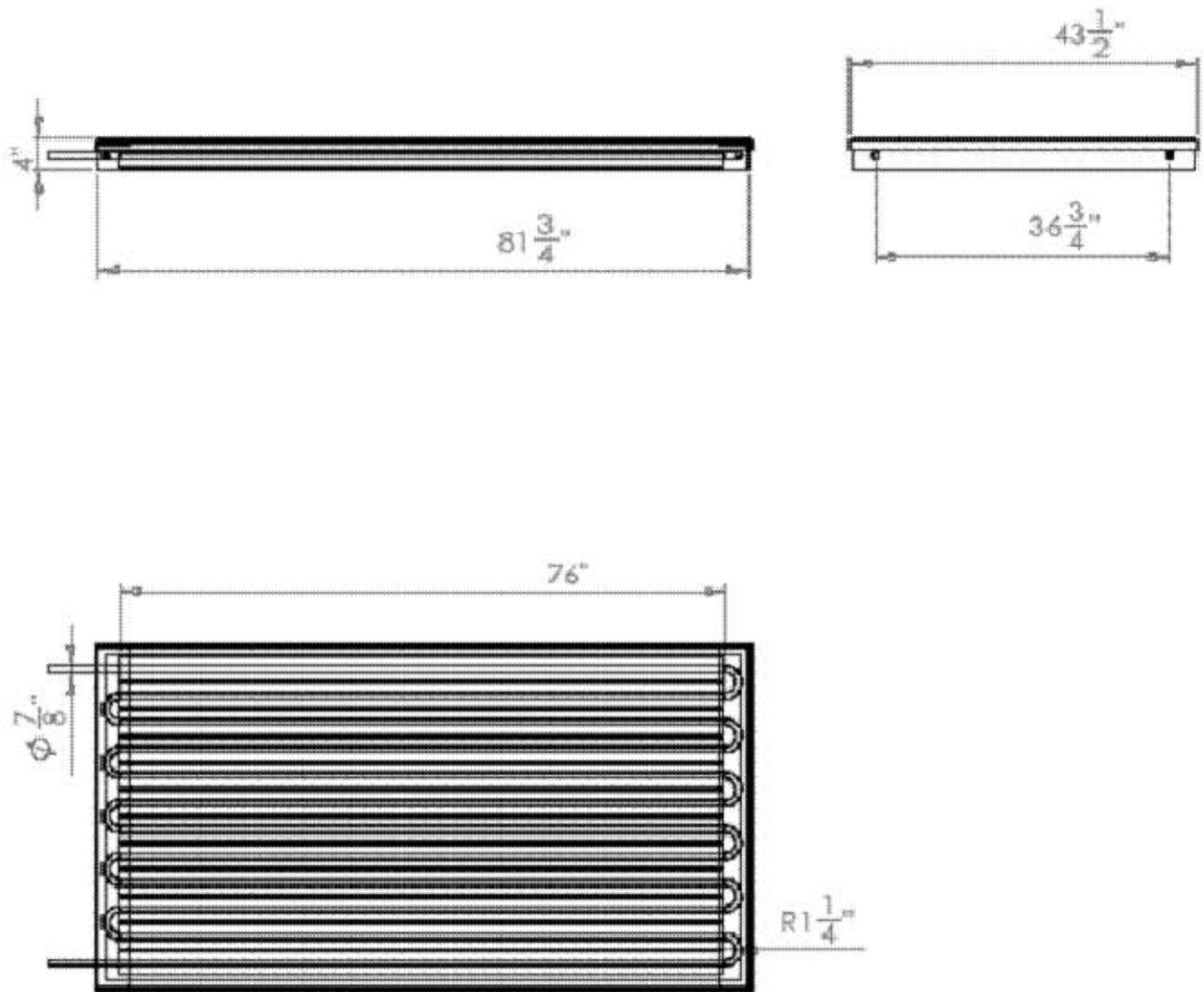
*Figura 2.23 Panel solar del equipo "AAS"*



NOMBRE:		DESCRIPCION:	
PANEL SOLAR			
PIEZA	MATERIAL	El panel solar genera el agua caliente indispensable para el funcionamiento del equipo de absorcion; la temperatura que logra alcanzar es de 78 °C.	
A	CARCAZA		ALUMINIO
B	PARABOLAS		ALUMINIO PULIDO
C	TUBOS		COBRE & VIDRIO
D	PROTECTOR		VIDRIO TEMPLADO
E	MARCO	ALUMINIO	

COTAS: in
ESCALA: 1:20

*Figura 2.24 Dibujo de explosión del panel solar del equipo “AAS”*



NOMBRE:		DESCRIPCION:
PANEL SOLAR		
PIEZA	MATERIAL	El panel solar genera el agua caliente indispensable para el funcionamiento del equipo de absorción; la temperatura que logra alcanzar es de 78 °C.
A CARCAZA	ALUMINIO	
B PARABOLAS	ALUMBRIO FLUIDO	
C TUBOS	COPRE & VIDRIO	
D PROTECTOR	VIDRIO TEMPLADO	
E MARCO	ALUMINIO	

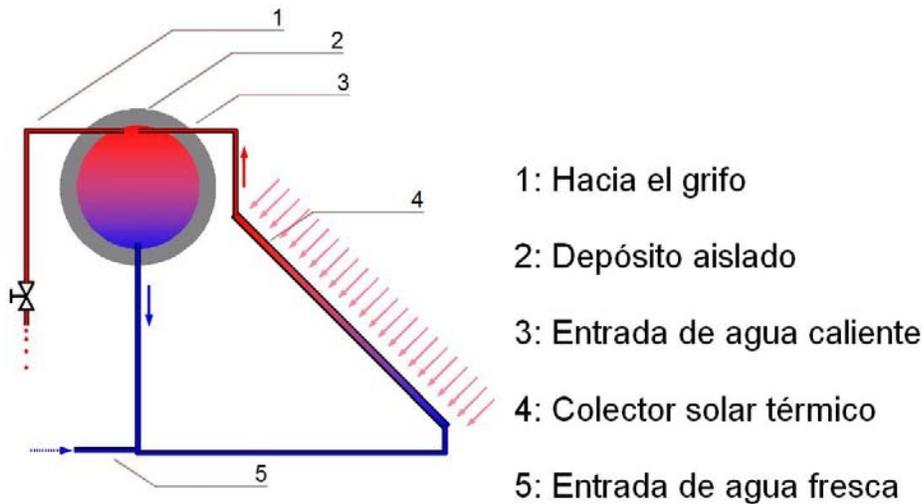
COTAS: in  
 ESCALA: 1:20

*Figura 2.25 Dibujo técnico del panel solar del equipo "AAS"*

### 2.3.2 TERMOTANQUE

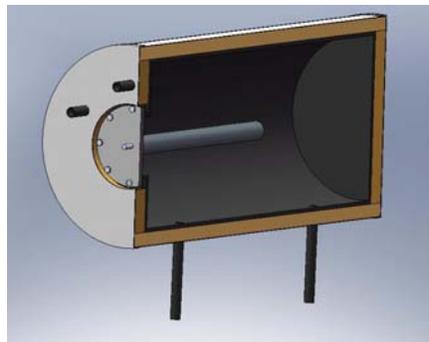
El termo tanque tiene la función de almacenar y circular el agua proveniente del panel solar hacia el generador del equipo de refrigeración.

El termo tanque es un recipiente cilíndrico aislado del medio ambiente con aproximadamente 5 cm de lana mineral. El funcionamiento del termo tanque es por corrientes de convección naturales del fluido en este caso agua, en los que las partes calientes de los mismos tienden a ascender. A este fenómeno se le conoce también como sistema de circulación natural, como se observa en la figura 2.26.

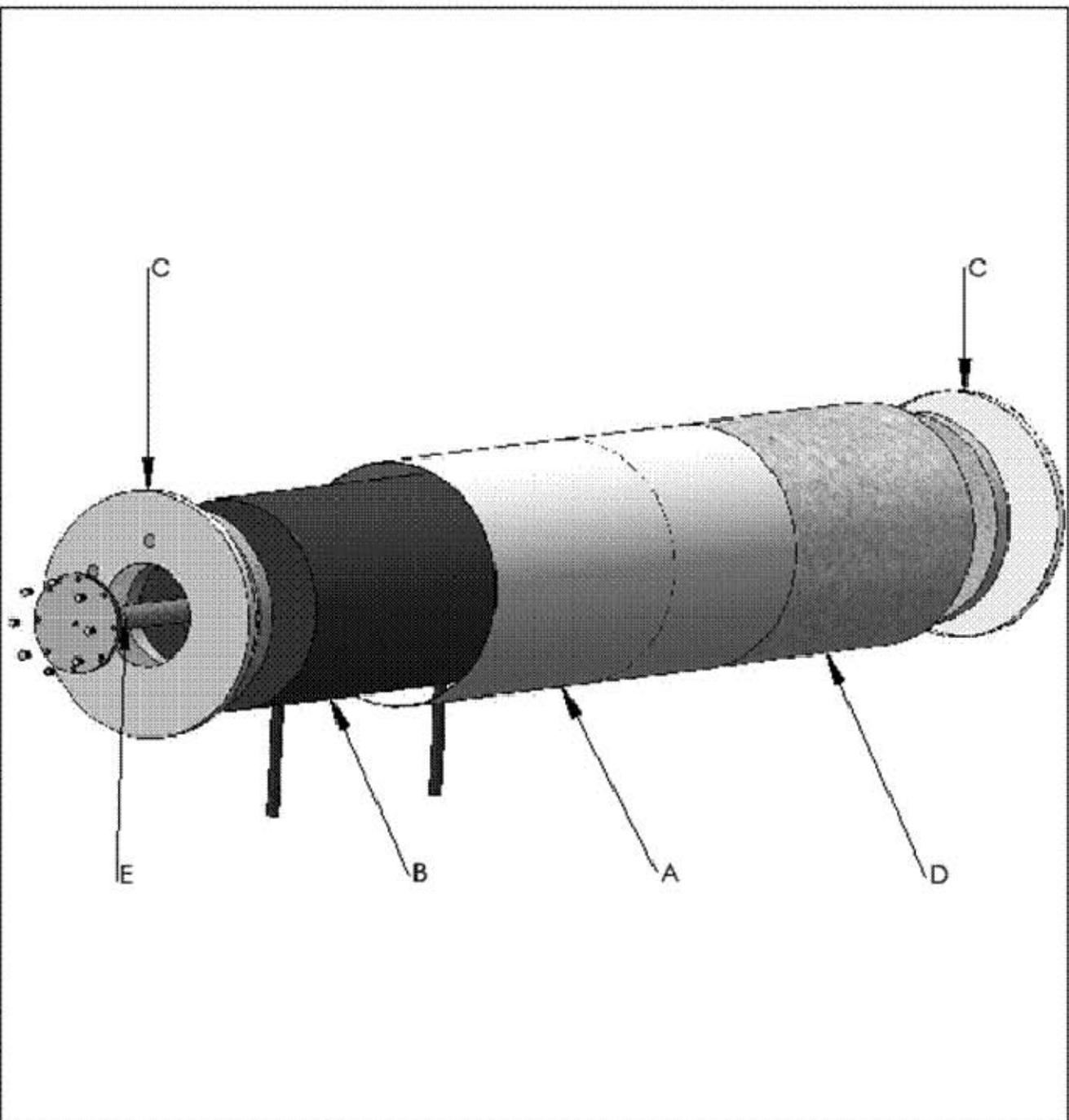


*Figura 2.26 Principio de funcionamiento del termo tanque*

Nuestro tanque termosifón es de la marca kromanger con una capacidad de 200 litros recubierto con lana mineral como aislante, todo esto recubierto con una capa de aluminio de 2 mm. De espesor; cabe señalar que el tanque está equipado con una resistencia como apoyo en caso de no alcanzar la temperatura deseada, esta resistencia es de un material semiconductor mineral y tiene la capacidad de 2500 watts como se aprecia en la figura 2.27.

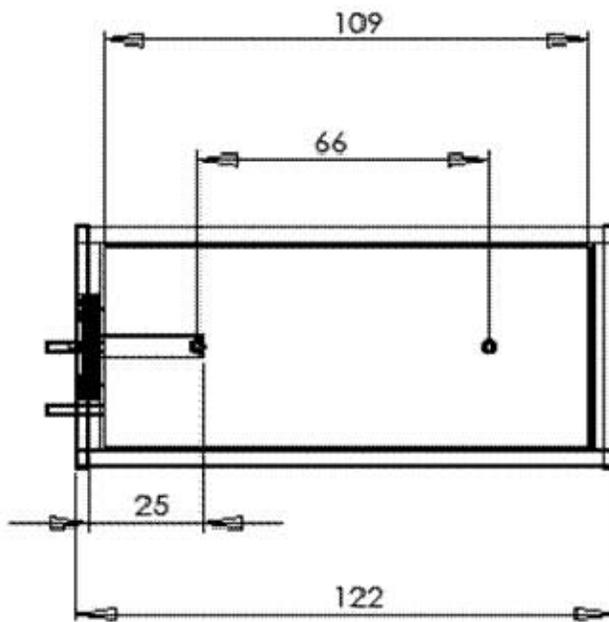
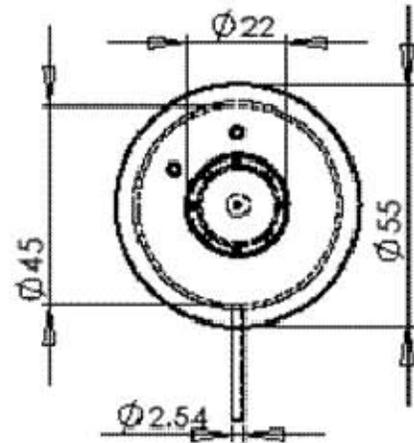
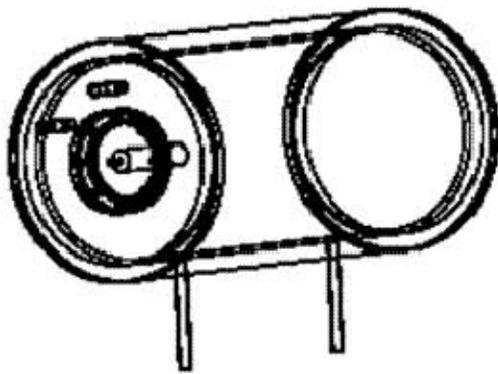


*Figura 2.27 Termo tanque del equipo "AAS"*



NOMBRE: TERMOTANQUE		DESCRIPCION: EL TERMOTANQUE TIENE LA FUNCION DE ALMACENAR Y CIRCULAR EL AGUA CALIENTE PROVENIENTE DEL PANEL SOLAR, CON UN EFECTO DE TERMOSIFON.	
PIEZA	MATERIAL		
A	CUERPO		ALUMINIO
B	TANQUE		AC. AL CARBON
C	TAPAS		ALUMINIO
D	AISLANTE		LANA MINERAL
E	Resistencia Elec.	Semiconductor	
		COTAS: cm.	
		ESCALA: 1:12	

*Figura 2.28 Dibujo de explosión del termo tanque del equipo "AAS"*



NOMBRE:		DESCRIPCION: EL TERMOTANQUE TIENE LA FUNCION DE ALMACENAR Y CIRCULAR EL AGUA CALIENTE PROVENIENTE DEL PANEL SOLAR, CON UN EFECTO DE TERMOSIFON.	
TERMOTANQUE			
PIEZA	MATERIAL		
A	CUERPO		ALUMINIO
B	TANQUE		AC. AL CARBON
C	TAPAS	ALUMINIO	
D	AISLANTE	LANA MINERAL	
E	Resistencia Elec.	Semiconductor	
		COTAS: cm.	
		ESCALA: 1:15	

Figura 2.29 Dibujo técnico: Termo tanque del equipo "AAS"

El acoplamiento de todos estos sistemas da como resultado el equipo de aire acondicionado solar.

En la figura 2.30 se puede observar el equipo totalmente ensamblado y aislado con una espuma elastómera flexible prefabricada conocida comercialmente como “armaflex”, con un recubrimiento de pintura vinílica blanca con el objetivo de contrarrestar los efectos de la intemperie que degradan el armaflex.

A un costado se aprecia un concentrador cilíndrico lineal a cual se le realizaran pruebas, para mejorar la eficiencia del equipo de aire acondicionado solar, ya que tiene la capacidad de alcanzar una temperatura mayor que la del colector solar plano.



*Figura 2.30 Equipo “AAS” totalmente ensamblado*

# **CAPITULO III**

## **EVALUACIÓN (PRUEBAS REALIZADAS)**

Para el correcto funcionamiento de cualquier maquina, equipo, dispositivo mecánico, térmico o eléctrico es necesario controlar diversos parámetros e identificar las secciones más problemáticas o susceptibles a fallar antes o durante la operación.

En particular el equipo de aire acondicionado solar debe de estar herméticamente sellado ya que para su funcionamiento es necesario realizar un vacío constante y permanente.

Otro parámetro importante es la solución empleada “agua – LiBr”, la literatura nos indica que esta es altamente corrosiva y ataca a la mayoría de los metales existentes en el equipo.

En base a estos dos principales parámetros se realizaron pruebas enfocadas a estos, las cuales nos darán la certeza del correcto funcionamiento del equipo.

### **3.1 PRUEBA DE VACIO**

Para esta prueba se publicó un manual técnico llamado: “**Manual para la detección de fugas en el equipo de aire acondicionado solar**”<sup>2</sup> este manual contiene el procedimiento realizado.

#### **EJECUCIÓN DE LA PRUEBA**

Se realizo la prueba para la detección de fallas en el equipo **AIRE ACONDICIONADO SOLAR** apegándose en todo momento al manual publicado.

Se decidió separar el equipo en dos partes: la primera parte consistía en el compresor térmico y la segunda se conformaba con el evaporador, condensador y válvula de expansión interconectados mediante dispositivos de acoplamiento roscado.

---

<sup>2</sup> ANEXO 2: José de Jesús Romo S., José Luis Rodríguez R., José Mauricio Duran L., José Roberto Santiago. **Manual para la detección de fugas en el equipo de aire acondicionado solar** (Edo. de México, FES Aragón 2009)

La prueba inicial fue realizada en la primera parte del equipo y nos arrojó resultados desfavorables localizando infiltraciones en la tubería, en numerosas secciones; Se procedió a reparar las fallas presentadas en la soldadura, cabe recalcar que el equipo fue rediseñado y armado en todo momento por el personal del laboratorio de diagnóstico energético del centro tecnológico de la institución del cual formo parte.

Se procedió a la reparación del equipo en las diversas soldaduras señaladas y dar paso a una segunda prueba; En esta se eliminaron satisfactoriamente las infiltraciones en las diversas uniones localizadas pero en esta ocasión el equipo presentó fallas en las uniones roscadas y algunos instrumentos de medición.

Corregimos las nuevas infiltraciones presentadas con apoyo de cinta teflón y aumentando el torque en el cierre de estas uniones, dando paso a la tercera prueba en esta sección, con resultados satisfactorios.

Nos enfocamos en la segunda parte del equipo la cual es más corta, ya que consta de menos componentes, nuevamente se presentó la misma problemática teníamos infiltraciones en numerosos dispositivos de acoplamiento.

Con la experiencia adquirida se corrigieron estos errores de la misma forma que en las pruebas anteriores. Con cinta teflón y mayor torque en las roscas.

Al someter nuevamente el equipo al vacío, este no se conservaba, para realizar el sellado se tuvo que emplear Silicón negro tipo automotriz ya que este cumple con las características de temperatura y adherencia que se requiere las cuales se presentan a continuación.

### **DESEMPEÑO DEL SILICON NEGRO TIPO AUTOMOTRIZ<sup>3</sup>**

Después de 7 días a 25°C (77°F), con 50% de Humedad relativa

	<b>Valor Típico</b>
Dureza (Shore A)	> 20
Elongación, %*	0 > 350
Resistencia a la Tensión PSI **	> 218

\*El material se estirará 3.5 veces su longitud original antes de romperse.

\*\* Cantidad de fuerza requerida para romper el material.

### **RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE**

Resistencia a la Temperatura Valor típico

Continuo, °C (°F)	-59 a 232 (-75 a 450)
Intermitente, °C (°F)	-59 a 260 (-75 a 500)

Después del vulcanizado total del silicón, se sometió nuevamente el equipo al vacío requerido, logrando la hermeticidad deseada.

Las pruebas y reparaciones se realizaron en un periodo de tres meses por la complejidad de la localización y reparación de las infiltraciones, así como el tiempo que se mantuvo en vacío el equipo que fue aproximadamente mes y medio.

---

<sup>3</sup> ANEXO 3 *Hoja de datos técnicos sellador adhesivo permatex de Silicon negro.*

### 3.2 PRUEBAS Y ENSAYOS DE LA SOLUCION LiBr – AGUA

Así mismo se realizaron pruebas y ensayos de la solución LiBr – Agua, con el objetivo de conocer su comportamiento al realizar la mezcla y su reacción a diferentes materiales.

Análogo al problema de hermeticidad, se realizó un manual llamado **Manual de Disolución de Bromuro de Litio (LiBr + H<sub>2</sub>O)**<sup>4</sup> en este manual se pretendía realizar la mezcla a una menor escala pero con la misma concentración de la que se utilizara.

Para la elaboración del manual se tomaron diversos conceptos de la misma que se presentan en dicho manual.

#### DESARROLLO DE LA PRUEBA

Se realizó la solución para diferentes concentraciones con el apoyo del laboratorio de estudios ambientales del centro tecnológico Aragón, con todas las precauciones necesarias y siguiendo la línea marcada en el manual elaborado.

En base a la literatura consultada se esperaba que al realizar la mezcla del bromuro de litio con el agua destilada se desprendieran vapores tóxicos, pero no fue así, la elaboración de la solución se realizó en el transcurso de unas horas y los resultados y observaciones se presentan a continuación.

Tabla 3.1 Resultados de los ensayos realizados con la solución LiBr – H<sub>2</sub>O

RESULTADOS				
No de experimento	Temp. de la salmuera °C	Temp. H <sub>2</sub> O °C	Temp. Solución °C	Observaciones
1	-6	8	70	Al realizar la mezcla no hubo ningún desprendimiento de algún gas como se esperaba y observamos una reacción exotérmica al mezclar el compuesto con el agua
2	3	8	74	
3	0	18	73	
4	8.5	18	73	

<sup>4</sup> ANEXO 4: José de Jesús Romo S., José Luis Rodríguez R., José Mauricio Duran L., José Roberto Santiago. **Manual de Disolución de Bromuro de Litio (LiBr + H<sub>2</sub>O)** (Edo. de México, FES Aragón 2009).

Con este conocimiento adquirido se realizara la solución final necesaria para la carga del sistema de aire acondicionado solar que es de aproximadamente 20 litros.

La solución realizada se aprovecho para realizar pruebas con diferentes materiales metálicos y así estar consientes del grado de corrosividad de la solución bromuro de litio – agua.

### **3.3 PRUEBAS DE LA REACCION DE DIFERENTES MATERIALES AL CONTACTO CON LA SOLUCION LiBr – AGUA**

Esta prueba consistió en dejar sumergidas durante un periodo prolongado piezas de diferentes materiales (cobre, acero inoxidable y aluminio), en la solución realizada, y observar el grado de corrosión que causa la solución a estos materiales, cabe señalar que el acero al carbón se omitió ya que se sabe su reacción.

Después de dos meses de reposo de las piezas, se tuvieron las siguientes conclusiones. La pieza de cobre presento un poco de oxido en la superficie removable fácilmente también se observo un cambio en la coloración del material específicamente se aclaro después del tiempo mencionado figura 3.1b



Figura 3.1a: Tubo de cobre 3/4"



Figura 3.1b: Tubo de cobre sometido a la solución LiBr – H<sub>2</sub>O

La pieza de acero inoxidable no tuvo problemas de corrosión al contacto con la solución, figura 3.2, mismo es el caso de la pieza de aluminio figura 3.3.



Figura 3.2: Niple de acero inoxidable 304 sometido a la solución LiBr – H<sub>2</sub>O



Figura 3.3: Lata de aluminio que contuvo solución LiBr – H<sub>2</sub>O por 2 meses

Se puede observar que los tres materiales son ideales para el manejo de la solución bromuro de litio – agua con estos resultados y apoyados en la literatura se procederá a rediseñar con alguno de estos materiales los intercambiadores de calor, los cuales son de acero al carbón y se ha observado que se corroen con mucha facilidad

### **3.4 SIMULACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO “AAS”**

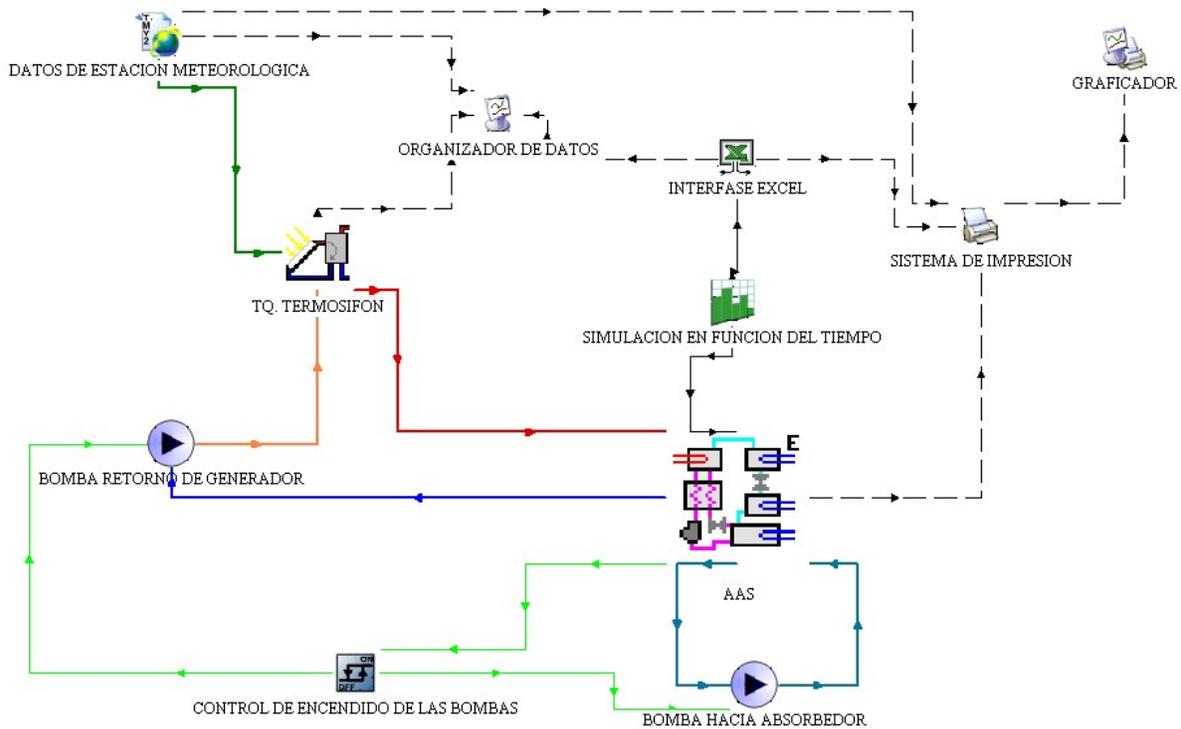
Ya que por diversas causas no se han realizado las pruebas de funcionamiento del equipo, se optó por introducir las condiciones de funcionamiento del prototipo al simulador llamado TRNSYS 16 con el objetivo de modelar las condiciones de funcionamiento del sistema.

TRansient System Simulations (Se trata de un entorno de simulación completo y extensible para sistemas térmicos transitorios, es decir que evolucionan en el tiempo, pasando de un estado 1 a otro 2) Fue diseñado en el laboratorio de energía de solar de Wisconsin, Madison (EEUU) por Klein et al

Fue originalmente desarrollado para el estudio de sistemas con energía solar Ha evolucionado mucho de la primera versión (v.6) al actual (v.16) pasando por diferentes versiones...12, 14, 14.5 15.

El simulador, en general cuenta con una estructura modular que divide el sistema en una serie de “types” (componentes), que son interconectados entre si y compilados a través la interface TRNSYS Studio.

Utilizando esta herramienta se creó el diagrama del equipo (figura 3.4) a partir de los datos de balance de masa y energía y las condiciones climatológicas de instalación del prototipo de aire acondicionado solar<sup>5</sup>, al mismo tiempo se ingresaron los datos de Radiación solar promedio de enero a octubre del 2009 en la FES Aragón<sup>6</sup>.



*Figura 3.4: Diagrama del equipo “AAS” realizado con TRNSYS16*

<sup>5</sup> Duran Lara, José Mauricio, Santiago Castillo, José Roberto. *Diseño y armado del sistema de aire acondicionado solar*. México, 2010, *Capítulo II Desarrollo del calculo Térmico del sistema de Absorción*. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista “Área Mecánica”). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Aragón.

<sup>6</sup> **ANEXO 1.** Radiación solar promedio de enero a octubre del 2009 en la FES Aragón; Realizada con la estación meteorológica del Centro Tecnológico Aragón.

## **RESULTADOS**

En ésta sección, se realiza el estudio de comportamiento operativo del “sistema de aire acondicionado solar” durante el periodo de máxima demanda de enfriamiento. Para el análisis de resultados se describen las condiciones climáticas del lugar y la disponibilidad del recurso solar y se finaliza con el análisis de los parámetros importantes del sistema global.

### ***Clima***

El clima, es un factor importante para la operación del sistema de acondicionamiento de aire termo solar. Para el análisis climático de CD. Nezahualcoyotl, estado de México, se consideró un archivo de año típico meteorológico generado por la estación meteorológica con la que cuenta el centro tecnológico Aragón.

Por otro lado la disponibilidad de radiación solar en es mayor en los meses de abril y mayo con una radiación máxima a las 12 horas de 928,7 y 890,419355 W/m<sup>2</sup> respectivamente.

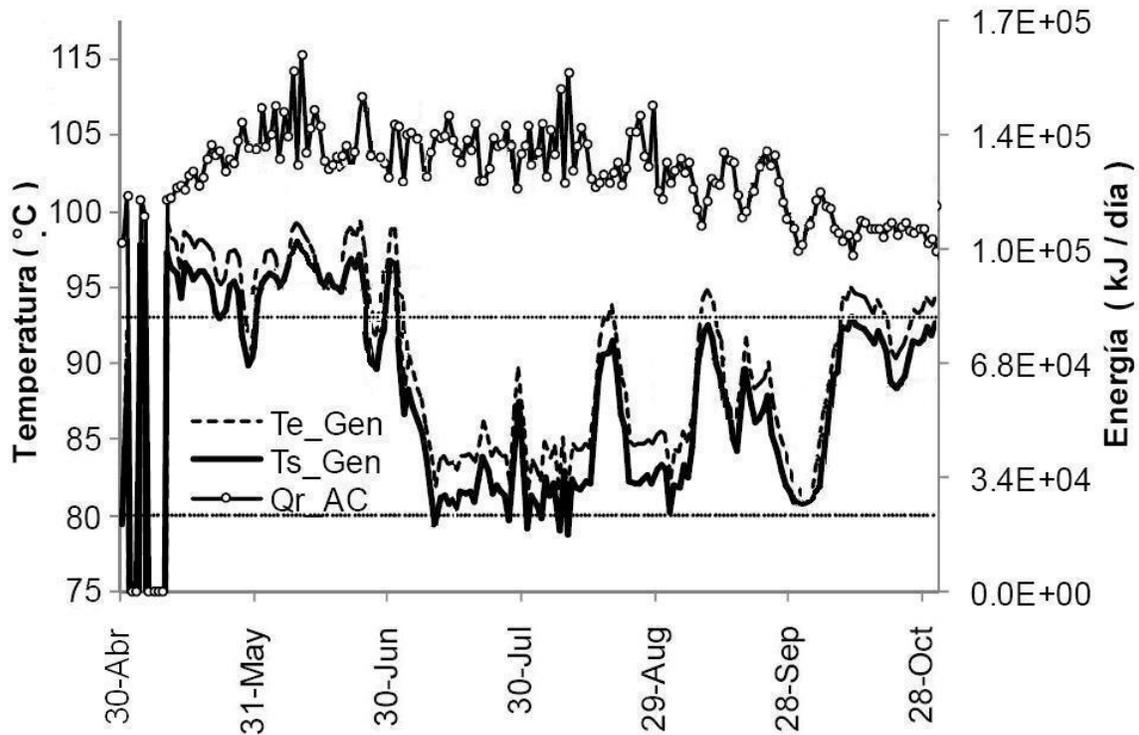
### ***Suministro de energía al sistema***

Para una correcta operación del “AAS”, el fluido de alimentación en este caso agua enviado del termo tanque al generador (Te\_Gen), deberá estar por encima de 80 °C; de tal manera que se garantice un coeficiente de operación (COP) aproximado superior a 0.79 y se produzca una adecuada ebullición de la solución diluida.

En la figura 3.5, se puede observar, que de julio a septiembre la Te\_Gen oscila entre el rango mínimo de 80°C y 92.5°C. Lo anterior es debido a que el decremento de Tamb provoca menor carga de enfriamiento en el conjunto de la caseta del prototipo y hace que incremente la temperatura del fluido en el tanque de almacenamiento.

El mismo fenómeno se produce de mayo a junio, pero en esos casos la Te\_Gen excede el límite superior.

El sistema de colección solar, tiene la mayor demanda de energía térmica (Qr\_AC) por parte del “AAS”, en los meses de mayo, julio y agosto, lo que implica una extracción promedio de  $1.5 \times 10^5$  kJ/día. Sin embargo, a partir de septiembre disminuye a  $1.1 \times 10^5$  kJ/h, debido a la reducción de Tamb. Por otro lado, la demanda de enfriamiento en octubre, disminuye a  $1.0 \times 10^5$  kJ/día.



*Figura 3.5 Grafica del comportamiento de la temperatura del generador*

### **Eficiencia total del sistema**

A la combinación de la eficiencia del campo de colectores y del COP del ciclo de absorción se le conoce como eficiencia total del sistema o COPsolar y se obtiene a partir del producto de ambos (García-Casals, 2006). Entre los factores que afectan al COPsolar están: temperatura ambiente, humedad relativa, área de captación solar, ángulo de incidencia con respecto al campo de colectores, entre otros.

Cuando se equilibra la eficiencia del colector ( $Eff_{Col}$ ) con el COP del ciclo de absorción, se adquiere el máximo COPsolar. Esto significa un mayor aprovechamiento de la energía solar para producción de refrigerante en el "AAS".

En la (figura 3.6), se puede observar que el COP solar promedio diario del sistema simulado durante los meses críticos de julio y agosto, se mantiene en el rango de 0.7 9 decimas por debajo de lo esperado. Lo anterior genera una buena obtención de Qutil del campo de colectores, e incrementa la eficiencia de captación solar.

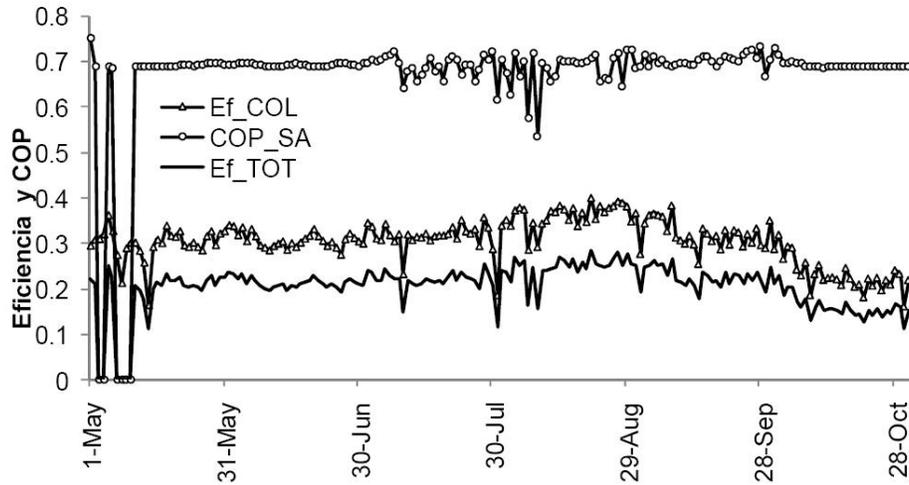


Figura 3.6: Eficiencias y coeficiente de rendimiento

Los resultados obtenidos dan muestra que el equipo teóricamente funciona en los rangos esperados deseados, aunque se debe tener en cuenta que el evaporador puede regular la temperatura de salida deseada por lo tanto se tiene un rango de 5.56 °C a 14 °C que son los rangos de temperatura del refrigerante en el evaporador, para regular la temperatura final del recinto según las condiciones que convenga al usuario.

### 3.5 EVALUACION COSTO - BENEFICIO.

Para todo proyecto es indispensable realizar un análisis costo - beneficio que respalde la inversión sobre el mismo, este no es la excepción, a continuación se presenta el análisis basado en la las tarifas de CFE para el verano 2010 (Tabla 3.2), los costos del sistema de aire acondicionado convencional (Tabla 3.3) y por último el costo del acoplamiento del sistema de absorción (Tabla 3.4).

Tabla 3.2 TARIFAS CFE 2010 VERANO (6 MESES MAS CALUROSOS DEL AÑO)  
<http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/Paginas/Conocetutarifa.aspx>

Región	Cargo Fijo	Cargo por energía consumida (\$/Kwh.)
	\$/mes	
Central	\$ 71.06	\$ 3.194
Noroeste	\$ 71.06	\$ 2.991
Norte y Noreste	\$ 71.06	\$ 2.912
Sur y Peninsular	\$ 71.06	\$ 2.960

Tabla 3.3 Análisis costo beneficio equipo por compresión de 1.5 ton utilizado comúnmente en casa – habitación y oficinas

Concepto	Costo \$	Beneficio \$	Costo/beneficio
Unidad minisplit	9,000		
Instalación del minisplit	1,500		
Consumo semestral del equipo (encendido 7 hrs. Al día 6 días a la semana) 5312.16 Kwh. Tarifa zona centro	16,967.03		
Bienestar térmico en el espacio acondicionado		27,467.03	
<b>Total</b>	<b>27,467.03</b>	<b>27,467.03</b>	<b>1</b>

Tabla 3.4 Análisis costo beneficio minisplit 1.5 ton acoplado al dispositivo por absorción

Concepto	Costo \$	Beneficio \$	Costo/beneficio
Costo del dispositivo e instalación	30,000		
Consumo semestral del dispositivo (Encendido 7 hrs. Al día 6 días a la semana) 1770.72kwh	5,655.67		
Ahorro semestral del consumo de 3541.44 Kwh. al mes		11,311.35	
Bienestar térmico en el espacio acondicionado		27,467.03	
<b>Total</b>	<b>35,655.67</b>	<b>38,778.38</b>	<b>.91</b>

La tabla 3.4 refleja un ahorro relativamente pequeño de \$ 3, 112.71, teniendo en cuenta el cobro del servicio de energía eléctrica semestral, por lo tanto es necesario evaluar el ahorro a largo plazo como se ilustra en la siguiente tabla (tabla 3.5).

*Tabla 3.5 Análisis costo beneficio sistema hibrido por absorción a largo plazo*

	Semestres de uso				
	1	2	3	4	5
Costo	35655.67	41311.34	46967.01	52622.68	58278.35
Ahorro (beneficio)	38778.38	50089.73	61401.08	72712.43	84023.78
<b>Costo/beneficio</b>	<b>0.91</b>	<b>0.82</b>	<b>0.76</b>	<b>0.72</b>	<b>0.69</b>

La tabla nos indica que la inversión total del equipo “\$ 30,000”se recupera con el ahorro de consumo de energía eléctrica, en el 5 to semestre de uso, sin tomar en cuenta el alza de las tarifas en los próximos años.

### **3.6 MONITOREO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR**

El largo proceso que se ha tenido que realizar ha permitido monitorear el estado del equipo de aire acondicionado solar, la instrumentación del equipo; indispensables ya que al ser un equipo experimental son necesarios para la lectura de las diferentes variables de interés y sus diferentes componentes.

Para dicho monitoreo se utilizo un formato facilitado por la Ing. Irma Velázquez González el cual se modifiko con logotipos de la institución como se presenta a continuación (figuras 3.7 y 3.8)

Se pudo observar que las carcazas de los vacuómetros se corroían y se tenían que cubrir constantemente con una nueva capa de pintura, también los prisioneros de los termómetros se oxidaban a tal grado que no era posible volver a colocarlos sin antes retirarles el oxido.

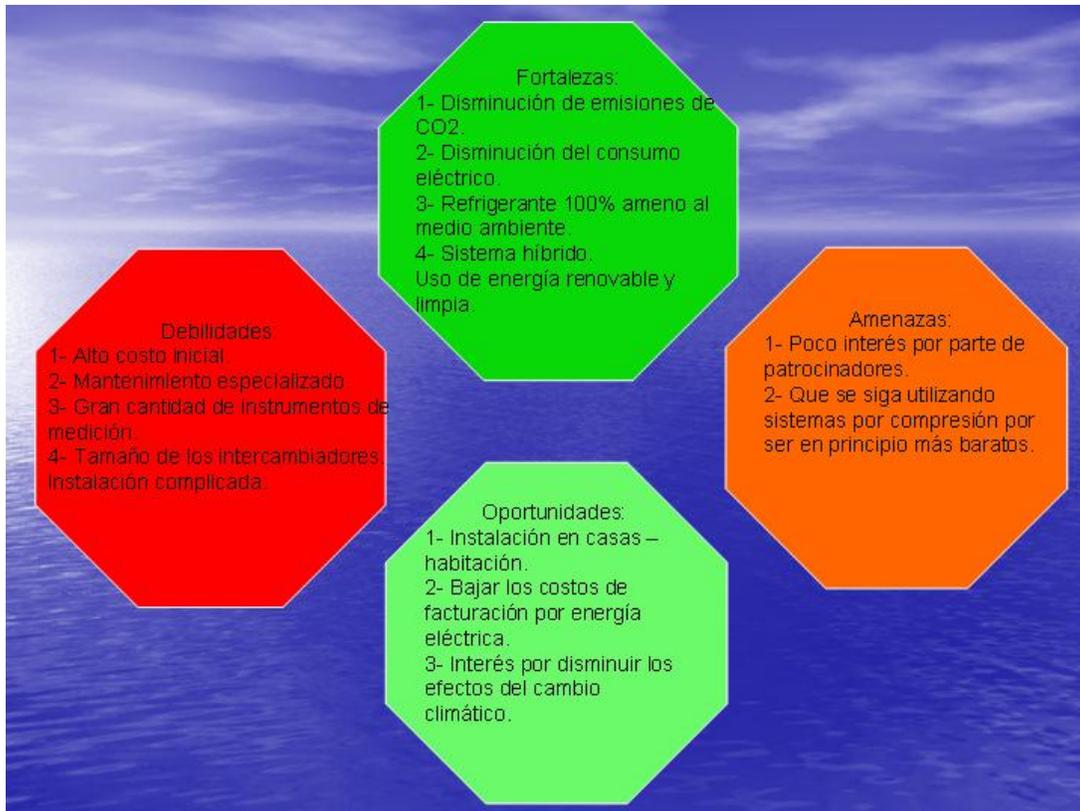
Otra cosa que se observo fue que el recubrimiento del aislante térmico al endurecerse se volvía más frágil a cualquier impacto.





### 3.7 ANÁLISIS FODA

El análisis FODA nos permite conformar el cuadro de la situación actual (figura 3.6) en la que se encuentra el proyecto, las posibles oportunidades a futuro del mismo, así mismo las desventajas y amenazas que pueden afectar el proyecto.



#### Fortalezas:

##### **1. Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>.**

Al realizar el calentamiento del fluido de trabajo con energía solar se sustituye los sistemas de calentamiento convencionales que utilizan gas o diesel eliminando así la emisión de CO<sub>2</sub>.

##### **2. Disminución del consumo eléctrico.**

El sistema sustituye una compresión mecánica que requiere un consumo considerable de energía eléctrica, por una compresión térmica la cual no requiere con sumo eléctrico el consumo solo será del sistema electrónico de control del evaporador y una bomba que recirculara el agua en el sistema de calentamiento.

##### **3. Refrigerante 100% ameno al medio ambiente.**

El sistema de aire acondicionado solar utiliza agua como refrigerante sustituyendo refrigerantes típicos para este tipo de equipos domésticos como el R22, que aumentaba las emisiones de CO<sub>2</sub> dañando la capa de ozono.

#### **4. Sistema híbrido.**

El sistema parte del uso de un minisplit equipo con el cual cuentan en la actualidad numerosos recintos, la innovación es la sustitución del compresor mecánico por un compresor térmico.

#### **5. Uso de energía renovable y limpia.**

La energía necesaria para hacer funcionar el generador que es el motor del sistema, es suministrada por el sistema de calentamiento solar, por lo tanto se considera una energía renovable y sobre todo limpia.

#### **Oportunidades:**

##### **1. Instalación en casas –habitación.**

Se prevé que después de poner en marcha en prototipo en algunas zonas de la FES Aragón se proyecte su aplicación en casa – habitación.

##### **2. Bajar los costos de facturación por energía eléctrica.**

La consecuencia del ahorro de energía eléctrica se verá reflejada en la facturación de la misma.

##### **3. Interés por disminuir los efectos del cambio climático.**

El grave deterioro del medio ambiente han propiciado cambios muy agresivos en el medio ambiente la disminución de consumo eléctrico a la par de la sustitución de agentes refrigerantes agresivos con el medio ambiente disminuirán los efectos del cambio climático que se vive.

#### **Debilidades:**

##### **1. Alto costo inicial.**

Por desgracia la principal debilidad del sistema es la inversión inicial necesaria que a comparación de los sistemas empleados actualmente es tres veces más grande, el usuario

##### **2. Mantenimiento especializado.**

El mantenimiento del equipo debe ser realizado por una persona calificada y especializada en sistemas de absorción, por ende el costo del mantenimiento en cuestión de mano de obra es un poco elevado.

### **3. Gran cantidad de instrumentos de medición.**

Al ser un equipo experimental aun, se requiere de instrumentos de medición, para monitorear el comportamiento del equipo, en estos instrumentos no generan perdidas y son las zonas más propensas en las cuales se producen infiltraciones al equipo.

### **4. Tamaño de los intercambiadores.**

Los intercambiadores son muy robustos en comparación con el evaporador y el condensador, lo que representa ocupar designar una área grande para la instalación de estos.

#### **Amenazas:**

##### **1. Poco interés por parte de patrocinadores.**

Al ser un equipo experimental se pretende el patrocinio de alguna empresa, pero se desconoce la reacción que estas tengan.

##### **2. Que se siga utilizando sistemas por compresión por ser en principio más baratos.**

Los usuarios siempre buscan la menor inversión posible, por lo tanto el equipo corre el riesgo del rechazo de los usuarios por el tamaño de la inversión inicial.

## **CAPITULO IV**

# **PROPUESTA DE MEJORAS**

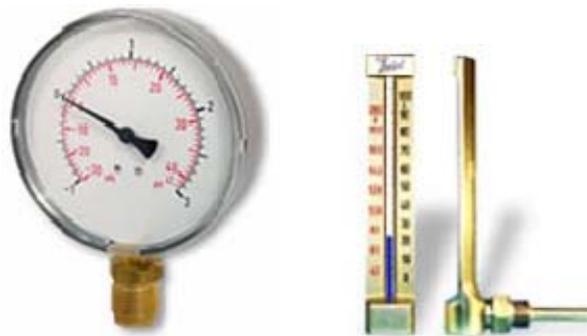
En este capítulo se propondrán diversas mejoras conforme a las evaluaciones y observaciones realizadas, para optimizar el equipo de aire acondicionado solar, tanto en funcionamiento como en autonomía.

#### **4.1 REEMPLAZO DE INSTRUMENTACIÓN**

En base a las pruebas realizadas, la experiencia adquirida en el apoyo del armado del equipo, una de las problemáticas es la corrosión con la intemperie y contacto de la solución que afecta a todos los componentes, desde los intercambiadores de calor hasta los instrumentos de medición; también las constantes infiltraciones en las conexiones de los instrumentos de medición.

Al ser un equipo experimental es necesario estos instrumentos, como ya se menciono se observo que la corrosión juega un papel importante en la degradación de estos componentes.

El problema con los instrumentos de medición se podría evitar cambiando los instrumentos analógicos con los que cuenta el equipo figura 4.1 por unos digitales<sup>7</sup> figura 4.2 ya que el tipo de conexión de los digitales es sobre la tubería monitoreada y al mismo tiempo se solucionaría la corrosión en la instrumentación del equipo con la cubierta plástica de estos.



*Figura 4.1 Vacuómetro y termómetro analógicos*

---

<sup>7</sup> ANEXO 5: Cotización instrumentación



*Figura 4.2 Vacuómetro y termómetro digitales*

#### **4.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS CON ACERO INOXIDABLE**

Para contrarrestar el problema de corrosión en el sistema se cambiaria el material de los intercambiadores generador, absorbedor e intercambiador de calor. Los resultados de las pruebas realizadas con la solución, el comportamiento de los materiales en la intemperie y respaldado con la literatura se tienen la opción de realizar estos equipos con acero inoxidable, cobre o aluminio.

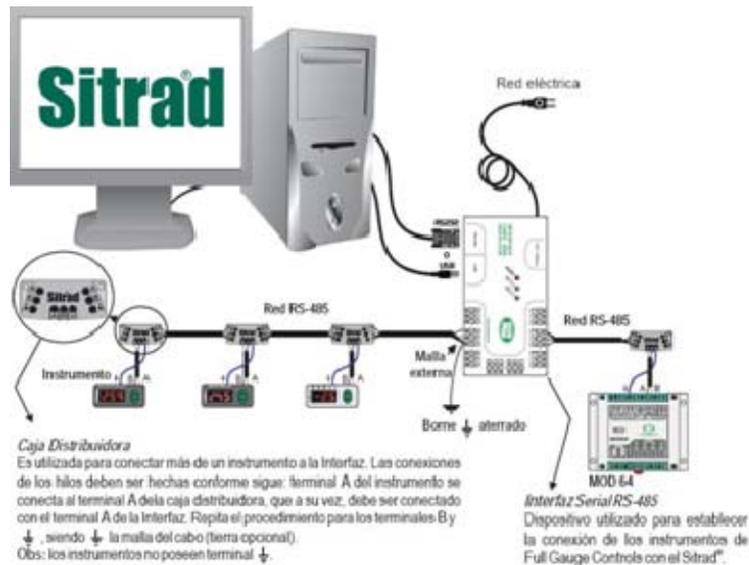
Ya que son muy pocos los proveedores de tanques de aluminio y cobre. Se optara por cotizar los recipientes en acero inoxidable comercial 304 figura 4.3.



*Figura 4.3 Vista de los intercambiadores de calor realizados con acero inoxidable.*

### 4.3 AUTOMATIZACION DEL EQUIPO

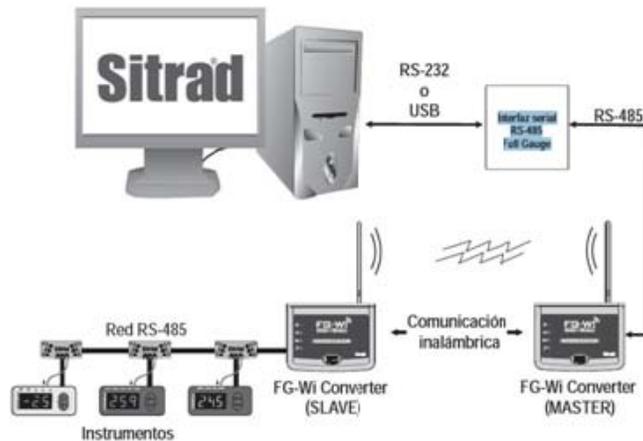
También se ha analizado la automatización de los componentes que tienen un funcionamiento intermitente y además se contará con un equipo de adquisición de datos (sitrad) a un servidor figura 4.4.



*Figura 4.4 Diagrama ilustrativo del sistema sitrad de adquisición de datos y automatización de equipos de refrigeración.*

### 4.4 MONITOREO A DISTANCIA DEL SISTEMA

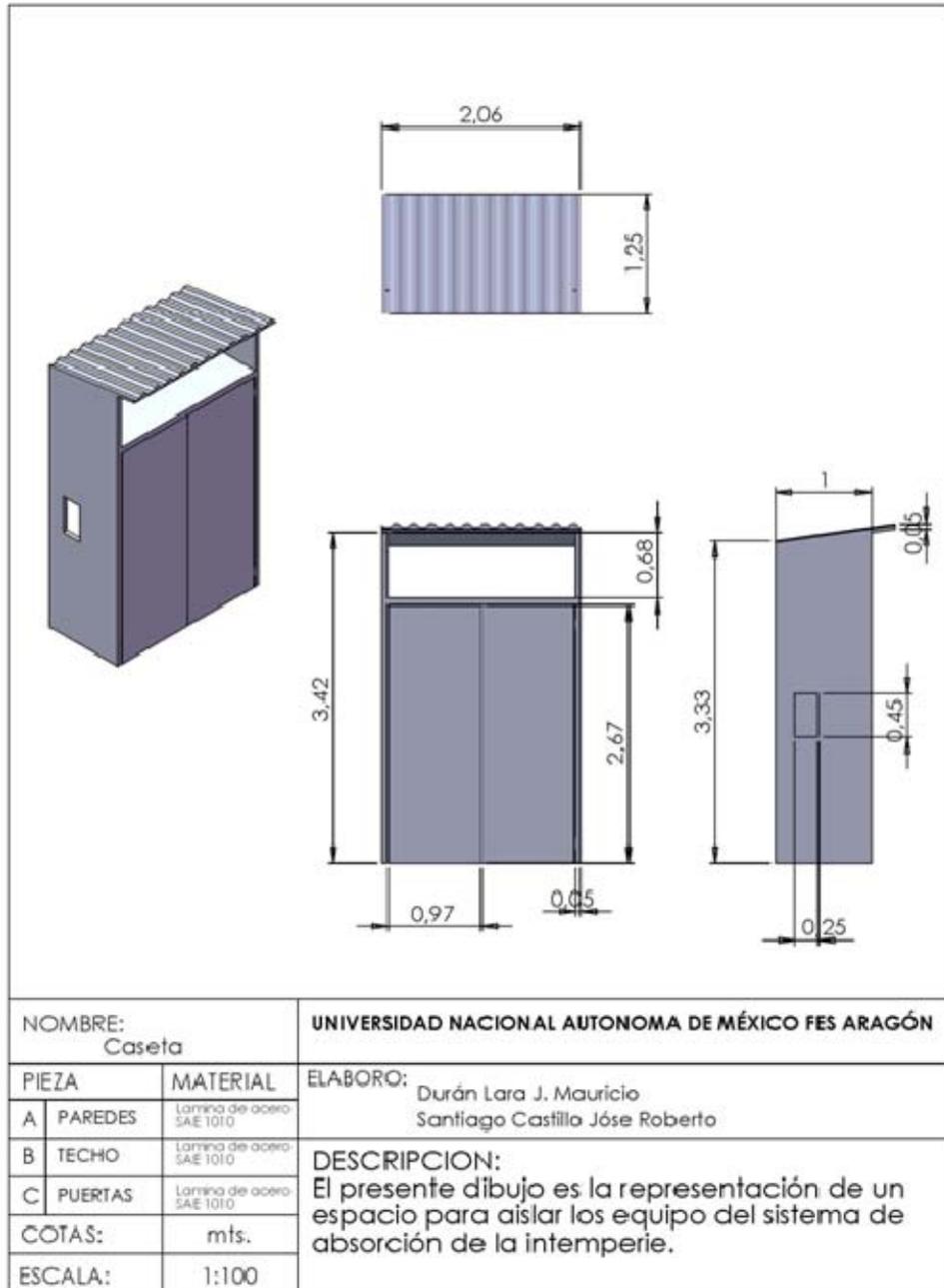
El sistema sitrad nos da la facilidad de realizar el monitoreo a distancia con un sistema de comunicación inalámbrico fg – wi converter figura 4.5.



*Figura 4.5 Diagrama ilustrativo del sistema sitrad de adquisición de datos y automatización de equipos de refrigeración con la adición de conexión inalámbrica.*

#### 4.5 CONSTRUCCION DE CASETA DE RESGUARDO

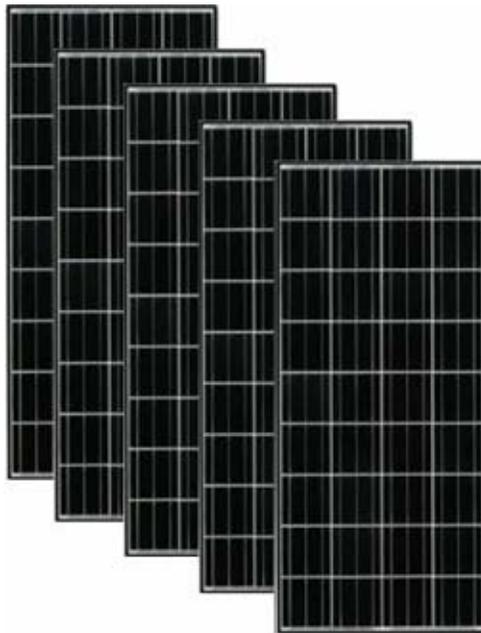
Con apoyo de los compañeros encargados del diseño y armado del equipo se observo que el posicionamiento de los componentes no es el ideal ya que la altura del condensador debe ser mayor al evaporador para evitar escarchamiento y/o congelación en la tubería. Además se propuso agregar una caseta de resguardo del equipo y así disminuir el deterioro por corrosión de los componentes figura 4.6



*Figura 4.6 Dibujo técnico de la caseta de resguardo realizada en paquetería CAD.*

#### **4.6 SISTEMA ALTERNO DE ALIMENTACION ELECTRICA**

También se cotizo un sistema fotovoltaico<sup>8</sup> que alimentaría el sistema con la intención de lograr su autonomía a la red eléctrica este sistema consta de 5 Módulos Fotovoltaico Policristalino marca Kyocera (figura 4.7), Controlador morningStar modelo TriStar TS-45 de Carga, 45 amp (figura 4.8), 6 Baterías CALE solar modelo 31H -12 V 115 Ah, libre de mantenimiento (figura 4.9), Inversor marca Invercom modelo IC4500-E12S220 de 1500W continuos, 4500 W pico. Onda Senoidal Modificada 12VCD, 220VCA (figura 4.10), todos estos componentes nos garantiza la alimentación de 2.5 Kw /h<sup>9</sup> del equipo de aire acondicionado solar.



*Figura 4.7 Módulos Fotovoltaico Policristalino marca Kyocera*



*Figura 4.8 Controlador MorningStar modelo TriStar TS-45 de Carga*

---

<sup>8</sup> ANEXO 6: Cotización sistema fotovoltaico

<sup>9</sup> ANEXO 7: Fichas técnicas de los diversos componentes del sistema fotovoltaico



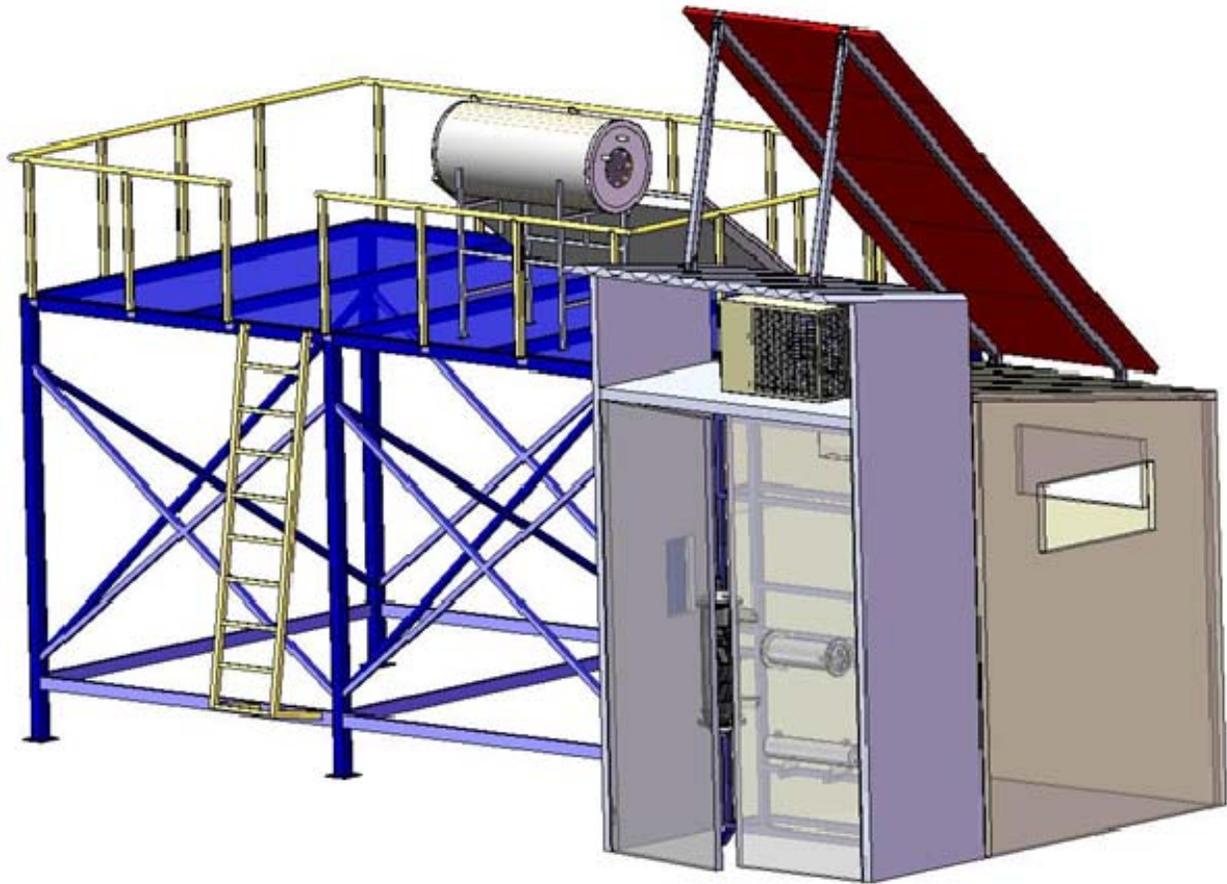
*Figura 4.9 Baterías CALE solar modelo 31H*



*Figura 4.10 Inversor marca Invercom modelo IC4500-E12S220*



*Figura 4.11 Diagrama de la instalación del sistema fotovoltaico*



*Figura 4.11 Simulación de las mejoras propuestas en el equipo instalado*

#### 4.6.1 ANALISIS COSTO - BENEFICIO SISTEMA FOTOVOLTAICO

A continuación (tabla 4.1) se presenta el análisis costo - beneficio del sistema de aire acondicionado solar con la adición del sistema alternativo de alimentación "fotovoltaico".

*Tabla 4.1 Análisis Costo Beneficio Minisplit 1.5 Ton Acoplado Al Dispositivo Por Absorción Equipado Con Sistema Fotovoltaico De Alimentación*

Concepto	Costo \$	Beneficio \$	Costo/beneficio
Costo del dispositivo e instalación	30,000		
Sistema Alterno De Alimentación Eléctrica	55,500		
Ahorro semestral del consumo de 5312.16kwh		16,967.00	
Bienestar térmico en el espacio acondicionado		27,467.03	
<b>Total</b>	<b>85,500</b>	<b>44,434.03</b>	<b>1.92</b>

Análogo al análisis del capítulo tres se realiza el cálculo a largo plazo (tabla 4.2) tomando en cuenta la adición del sistema fotovoltaico, se tomo como base los 5 semestres que se tiene previsto la recuperación de la inversión

*Tabla 4.2 Análisis costo beneficio sistema hibrido por absorción equipado con sistema de alterno de alimentación eléctrica a largo plazo*

	Semestres de uso				
	1	2	3	4	5
Costo	85,500	85,500	85,500	85,500	85,500
Ahorro (beneficio)	44,434	61,401.	78,368.	95,335	112,302
Costo/beneficio	1.92	1.39	1.09	0.89	0.76

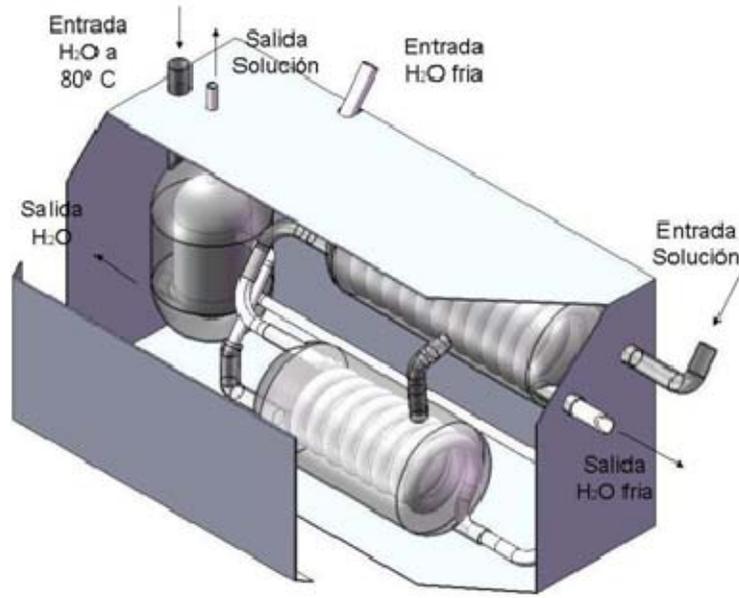
Se puede observar que no se genera un beneficio considerable en el plazo planteado, la adición del sistema generaría un beneficio aceptable a mas de 5 semestres; La causa de esto es que la tecnología fotovoltaica aun es muy cara por lo tanto la inversión inicial se eleva, lo que proboca que no sea viable utilizarla si se pretende que nuestro sistema sea accesible y no se eleve tanto el costo.

#### **4.7 REDISEÑO Y COMPACTACION DE LOS EQUIPOS**

Se ha planteado comercializar este equipo para las regiones más calurosas de la republica mexicana como son los estados del norte del país y playas de todo el país en donde este equipo tendría un nivel de eficiencia mayor que en el centro del país ya que se tiene mayor recurso solar.

El principal inconveniente es el tamaño y peso del equipo para ello se planea rediseñar el equipo con intercambiadores más compactos y materiales más ligeros que permitan solucionar esta problemática, hacer solo una unidad en la cual estén en su interior todos los intercambiadores (figura 4.12).

Se tiene en cuenta que la humedad en estas regiones de nuestro país juegan un papel fundamental, ya que en la zona norte al reducir la temperatura la humedad disminuiría proporcionalmente con la temperatura y se saldría del rango de zona de confort y opuesto a este fenómeno se tiene el caso de las costas al descender la temperatura se eleva la humedad, por lo tanto se tendría que añadir al sistema un humidificador o deshumidificador según la zona, acoplado al evaporador.



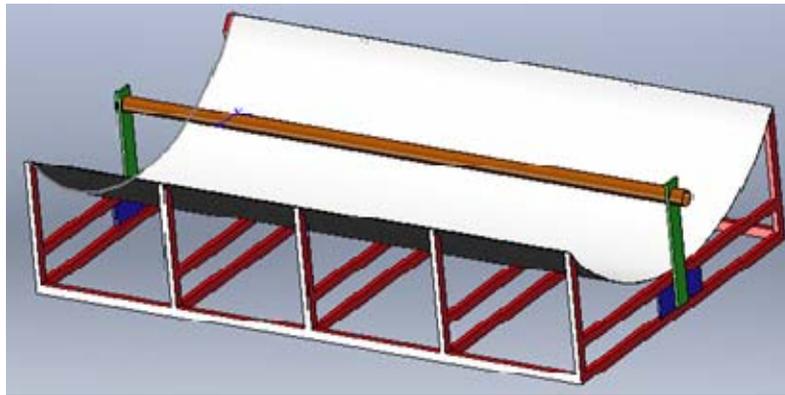
*Figura 4.12 Compactación de los equipos*



*Figura 4.13 Simulación de instalación del equipo en una casa – habitación*

#### **4.8 SISTEMA ALTERNO DE CAPTACION SOLAR**

Se a planeado analizar el funcionamiento de un concentrador parabólico lineal y compararlo con el panel solar instalado, ya que la literatura nos indica que alcanza mas temperatura, para evaluar su capacidad calorífica y así mejorar la eficiencia del equipo, el concentrador ya está diseñado y construido figura 4.14 y se está diseñando el sistema de seguimiento solar figura 4.15, ya que no se tuvo los resultados esperados con el construido figura 4.16.



*Figura 4.14 Concentrador parabólico lineal diseñado con paquetería CAD*



*Figura 4.15 Vista del sistema de seguimiento acoplado al concentrador diseñado con paquetería CAD*



Figura 4.16 Estructura construida en centro tecnológico Aragón acoplada al concentrador solar

Se puede observar en la figura 4.16 que la estructura construida hace que el centro de masa del concentrador este muy por encima del nivel del suelo, esto crea inestabilidad al momento de realizar el seguimiento y también cuando se crea una bolsa de aire. Por tal motivo se realiza otro sistema de sujeción y seguimiento solar.

En cuanto al sistema de calentamiento solar sería conveniente agregar un aditivo al agua con el fin de evitar incrustaciones por sales en las diferentes líneas así como la corrosión en los dispositivos mecánicos.

#### **4.9 ALTERNATIVAS DE SUSTANCIAS ABSORBENTES**

Es necesario encontrar un absorbente más amigable con el medio ambiente ya que en la actualidad el cuidado de este es indispensable, se ha investigado en la utilización de gel de sílice. El gel de sílice es una forma granular y porosa de dióxido de silicio fabricado sintéticamente a partir de silicato sódico. A pesar del nombre, el gel de sílice es un sólido. Se suele encontrar comúnmente en forma de pequeñas esferas envasadas en bolsas transpirables. En esta forma, se usa como agente desecante para controlar la humedad local y evitar el deterioro de ciertos bienes. Si se consume gel de sílice puro, es poco probable que cause una enfermedad grave o crónica, no obstante puede ser problemático.

Su gran porosidad, que le otorga alrededor de 800 m<sup>2</sup>/g de superficie específica, le convierte en un absorbente de agua. Por este motivo se utiliza para reducir la humedad en espacios cerrados; normalmente hasta un 40%. Cuando se ha saturado de agua el gel se puede regenerar sometándolo a una temperatura de 150°C, a razón de 1,5 horas por litro de agua.

Este gel no es tóxico, inflamable ni químicamente reactivo. Sin embargo, los pequeños envases de gel llevan un aviso sobre su toxicidad en caso de ingestión. Se debe a que el cloruro de cobalto que se suele añadir para indicar la humedad del gel sí es tóxico. El cloruro de cobalto reacciona con la humedad, cuando está seco es de color azul y se vuelve rosa al absorber humedad. El polvo que se forma al manipular este material puede generar silicosis si se respira.

Con estas características se puede deducir que es un elemento viable para sustituir al bromuro de litio, pero sería necesario realizar adecuaciones al sistema de calentamiento solar ya que nuestro sistema está diseñado para trabajar con agua la cual se evapora a los 100°C y para regenerar el gel de sílice es necesario una temperatura de 150°C; Esta temperatura se podría alcanzar con el colector solar cilíndrico que alcanza estas temperaturas y al fluido de trabajo “agua destilada” se tendría que agregar un aditivo que podría ser glicol para que se logre alcanzar la temperatura deseada sin que se evapore el fluido de trabajo.

#### **4.10 RECUBRIMIENTO METÁLICO DEL ELASTÓMERO AISLANTE (ARMAFLEX)**

Como se menciona en las evaluaciones al sistema, el elastómero empleado como aislante térmico (armaflex) en los diferentes componentes y tuberías se vuelve frágil y susceptible a algún impacto, esto provocaría pérdidas con respecto al medio ambiente.

Por tal motivo sería conveniente aumentar a la espuma plástica un recubrimiento metálico, que proteja de cualquier impacto al aislante (figura4.17).



Figura 4.17 Recubrimiento de aluminio utilizado en la industria para equipos de refrigeración

## **CONCLUSIONES**

El sistema de aire acondicionado solar nos brinda una alternativa viable y real para combatir el consumo excesivo de combustibles fósiles, disminuir el gasto en energía eléctrica y reducir la contaminación tanto por agentes refrigerantes como por la combustión de los diferentes combustibles.

Esto es posible ya que el consumo de energía eléctrica se reduce a menos de un tercio del consumo normal de un equipo de las mismas características al del aire acondicionado solar, el consumo promedio de un equipo comercial convencional de 1.5 toneladas de refrigeración es de 1272 kwh al mes, el gasto en la zona norte del país por este consumo sería alrededor de 1,963 pesos al mes, con el sistema híbrido de aire acondicionado solar se reduce considerablemente el consumo de energía eléctrica y por ende el gasto de capital por este servicio indispensable en la zona norte y playas del país.

Suponiendo que se acoplara el sistema fotovoltaico propuesto no se tendría gasto de consumo eléctrico; El costo del equipo de aire acondicionado solar fue de alrededor de treinta mil pesos sumado al costo del sistema fotovoltaico se tendría un total de \$85,500 aproximadamente; esta inversión se recuperaría en 22 meses.

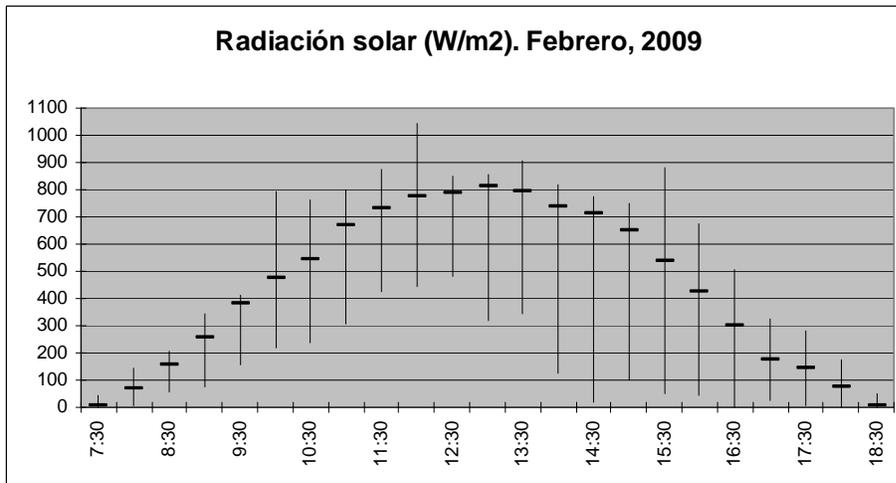
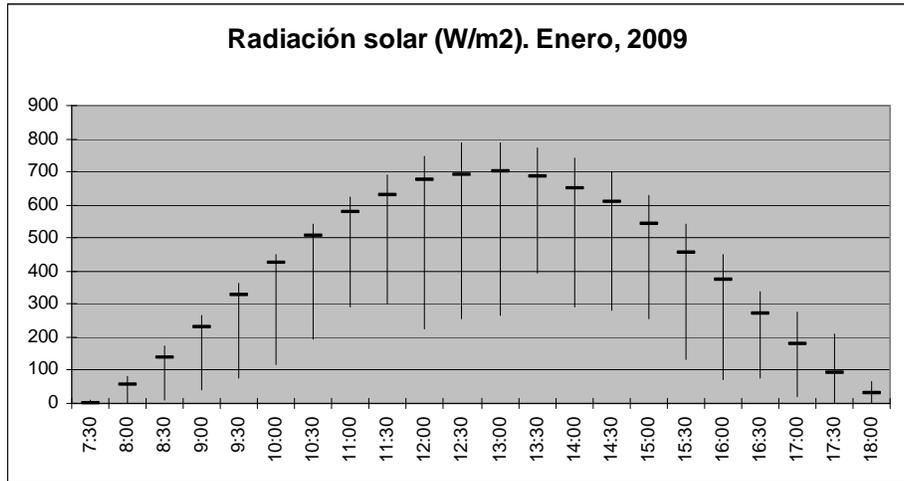
Lamentablemente ya que no se ha podido observar el equipo en marcha, se baso en la simulación del mismo en TRNSYS 16, con resultados positivos, no se han realizado pruebas de funcionamiento reales con el fin de tener la certeza de la eficiencia del sistema, por lo tanto no es posible realzar los ajustes necesarios para elevar el desempeño, mejorar el sistema, disminuir los costos, así como redimensionar el sistema con el fin de comercializarlo.

Del diseño y armado del equipo se publico un artículo en la semana nacional de energía solar, organizada por la Asociación Nacional de Energía Solar en Guadalajara Jalisco, en octubre del 2009, este año se publico la evaluación y propuesta de mejoras con el objetivo de la difusión del proyecto.

# ANEXOS

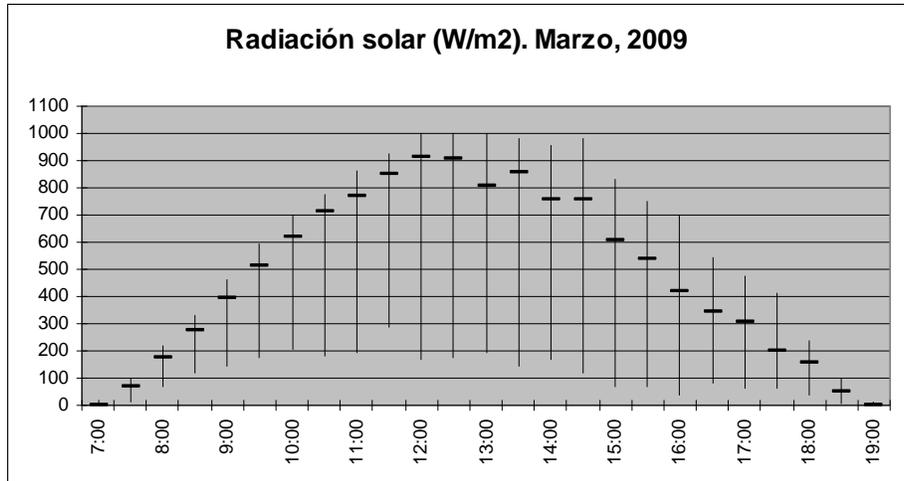
ANEXO 1  
Condiciones  
meteorológicas  
recabadas de la zona

ENERO 2009	
Hora	Promedio W/m <sup>2</sup>
7:30	2,09677419
8:00	52,2903226
8:30	125,612903
9:00	209,322581
9:30	298,774194
10:00	385,354839
10:30	467,419355
11:00	540,580645
11:30	592,322581
12:00	651,935484
12:30	668,064516
<b>13:00</b>	<b>676,129032</b>
13:30	666,612903
14:00	634,258065
14:30	573,612903
15:00	517,032258
15:30	441,419355
16:00	352,354839
16:30	260,903226
17:00	173,129032
17:30	95,7741935
18:00	28,2903226

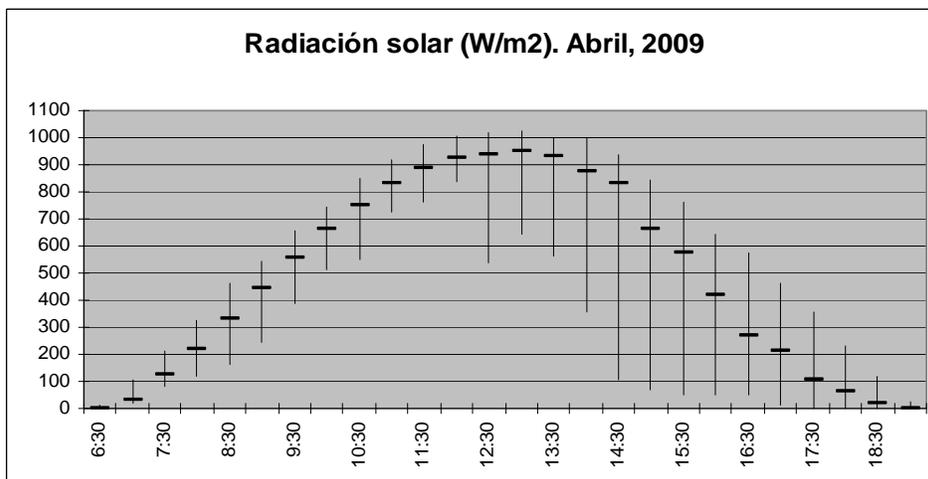


FEBRERO 2009	
Hora	Promedio W/m <sup>2</sup>
7:30	8
8:00	71,0357143
8:30	147,964286
9:00	236,535714
9:30	345,25
10:00	447,214286
10:30	529,071429
11:00	629,821429
11:30	707,75
12:00	760,107143
<b>12:30</b>	<b>763,285714</b>
13:00	749,25
13:30	731,714286
14:00	669,035714
14:30	610,392857
15:00	571,071429
15:30	479,071429
16:00	393,392857
16:30	287,428571
17:00	190,464286
17:30	144,642857
18:00	70,0357143
18:30	12,3214286

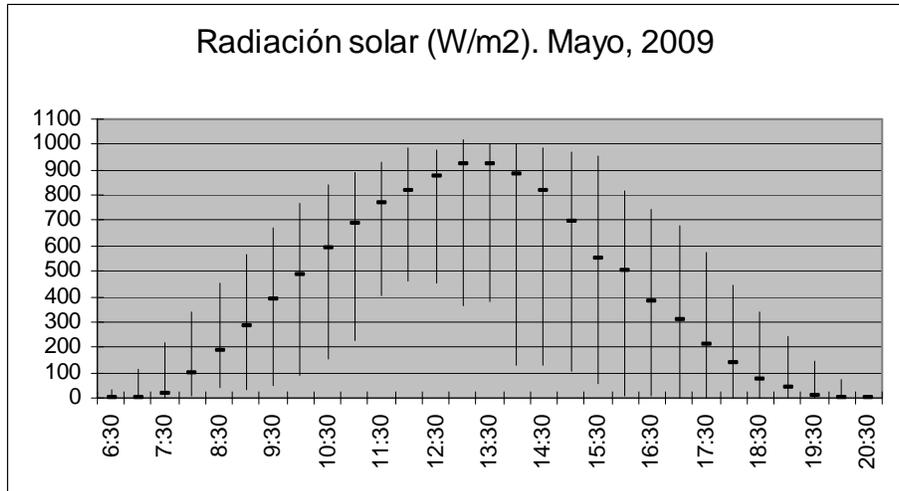
MARZO 2009	
Hora	Promedio W/m <sup>2</sup>
7:00	2,96774194
7:30	63,7741935
8:00	163,935484
8:30	263,4
9:00	374
9:30	477,935484
10:00	578,322581
10:30	661,419355
11:00	704,580645
11:30	787,354839
12:00	836,225806
12:30	810,354839
13:00	761,935484
13:30	748,612903
14:00	705,645161
14:30	668,548387
15:00	568,290323
15:30	481,354839
16:00	422,935484
16:30	339,903226
17:00	281,612903
17:30	207,677419
18:00	133,806452
18:30	48,3870968
19:00	1,87096774



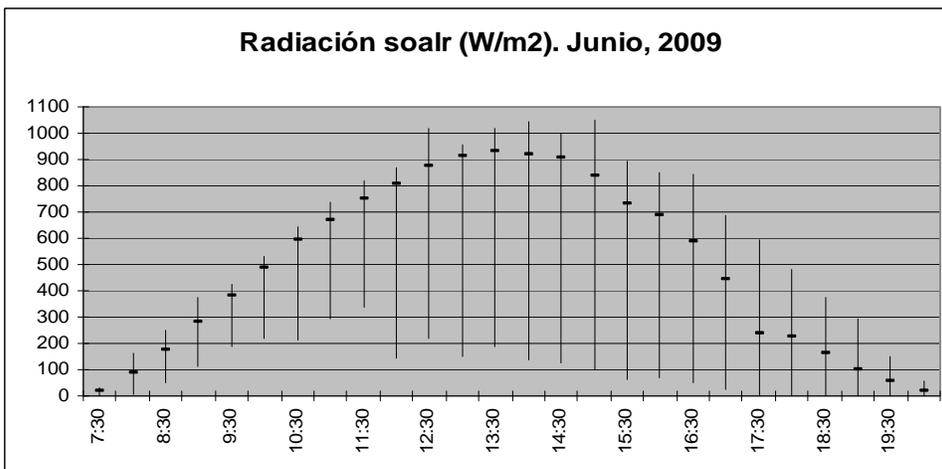
ABRIL 2009	
Hora	Promedio W/m <sup>2</sup>
6:30	1,73333333
7:00	41,7333333
7:30	128,666667
8:00	222,966667
8:30	335,266667
9:00	441,6
9:30	553,566667
10:00	654,433333
10:30	745,827586
11:00	825,333333
11:30	885,366667
12:00	928,7
12:30	923,9
13:00	920,066667
13:30	885,033333
14:00	811,066667
14:30	710,566667
15:00	607,9
15:30	538,133333
16:00	405,8
16:30	283,9
17:00	204,466667
17:30	139,133333
18:00	78,4
18:30	33,3333333
19:00	1,63333333



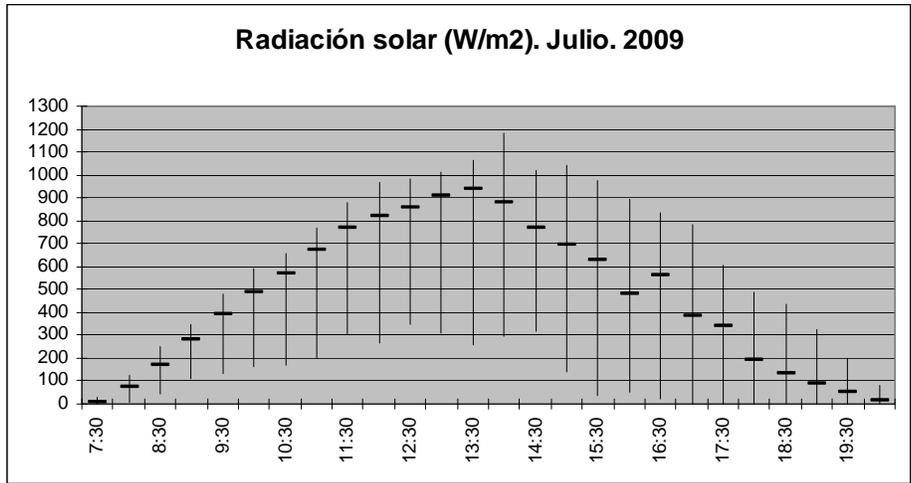
MAYO 2009	
Hora	Promedio
6:30	6,93548387
7:00	35,483871
7:30	74,1935484
8:00	152,774194
8:30	247,322581
9:00	345,709677
9:30	448,096774
10:00	535,258065
10:30	616,741935
11:00	697,129032
11:30	774,354839
12:00	821,806452
12:30	854,741935
<b>13:00</b>	<b>890,419355</b>
13:30	846,290323
14:00	769,354839
14:30	724,354839
15:00	618,16129
15:30	503,387097
16:00	470,6
16:30	413,566667
17:00	322,225806
17:30	247,677419
18:00	166,935484
18:30	118,354839
19:00	71,0322581
19:30	39,8709677
20:00	13,1290323
20:30	0,09677419



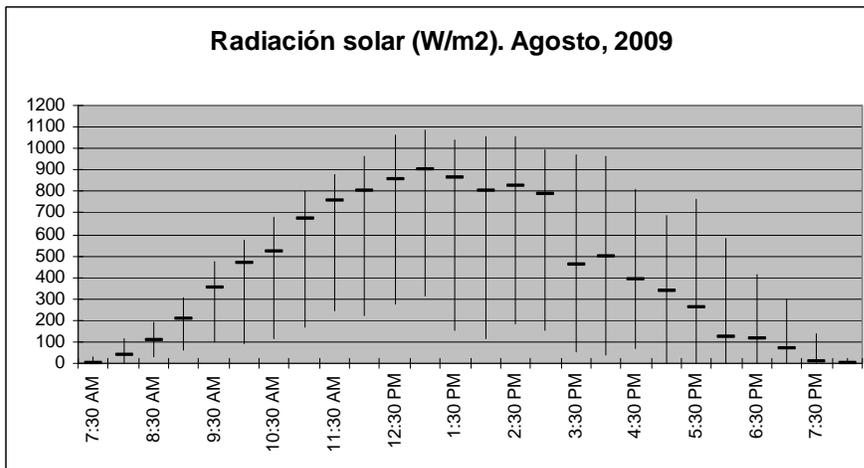
JUNIO 2009	
Hora	Promedio
7:30 AM	15,3
8:00 AM	79,1
8:30 AM	158,8
9:00 AM	255,5
9:30 AM	347,2
10:00 AM	438,0
10:30 AM	546,4
11:00 AM	619,0
11:30 AM	679,2
12:00 PM	701,7
12:30 PM	761,8
<b>1:00 PM</b>	<b>797,0</b>
1:30 PM	793,6
2:00 PM	756,1
2:30 PM	730,8
3:00 PM	641,0
3:30 PM	595,3
4:00 PM	533,9
4:30 PM	479,5
5:00 PM	398,6
5:30 PM	298,9
6:00 PM	227,2
6:30 PM	160,7
7:00 PM	113,1
7:30 PM	62,2
8:00 PM	19,0



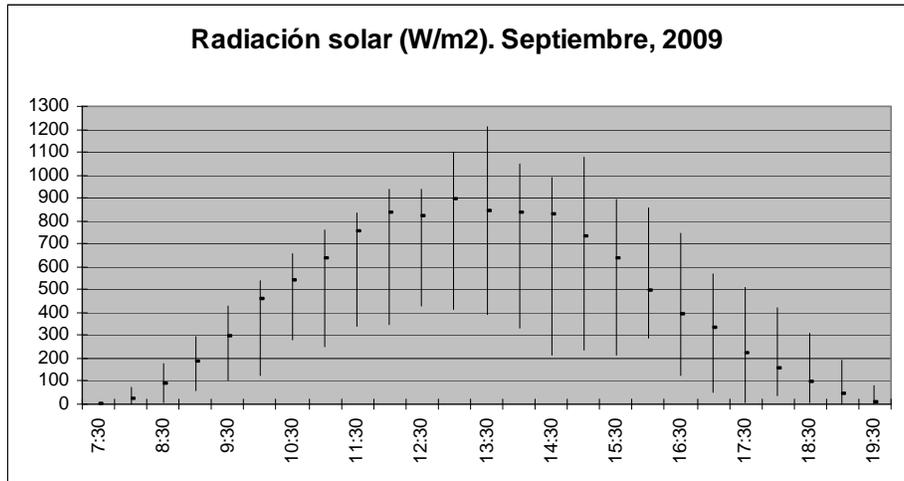
JULIO 2009	
Hora	Promedio
7:30	9,7
8:00	69,9
8:30	151,6
9:00	259,2
9:30	353,3
10:00	446,3
10:30	517,9
11:00	606,3
11:30	701,6
12:00	765,8
12:30	787,5
<b>13:00</b>	<b>844,3</b>
13:30	838,9
14:00	834,4
14:30	744,8
15:00	691,0
15:30	610,0
16:00	500,6
16:30	454,3
17:00	392,5
17:30	316,1
18:00	215,2
18:30	154,8
19:00	111,1
19:30	65,5
20:00	16,6



AGOSTO 2009	
Hora	Promedio
7:30	2,3
8:00	41,9
8:30	110,5
9:00	197,7
9:30	315,4
10:00	417,3
10:30	493,9
11:00	615,9
11:30	686,9
12:00	728,1
12:30	769,3
<b>13:00</b>	<b>815,9</b>
13:30	794,7
14:00	743,9
14:30	736,6
15:00	703,3
15:30	537,7
16:00	465,2
16:30	420,5
17:00	359,8
17:30	285,1
18:00	215,3
18:30	148,3
19:00	82,2
19:30	26,4
20:00	1,5

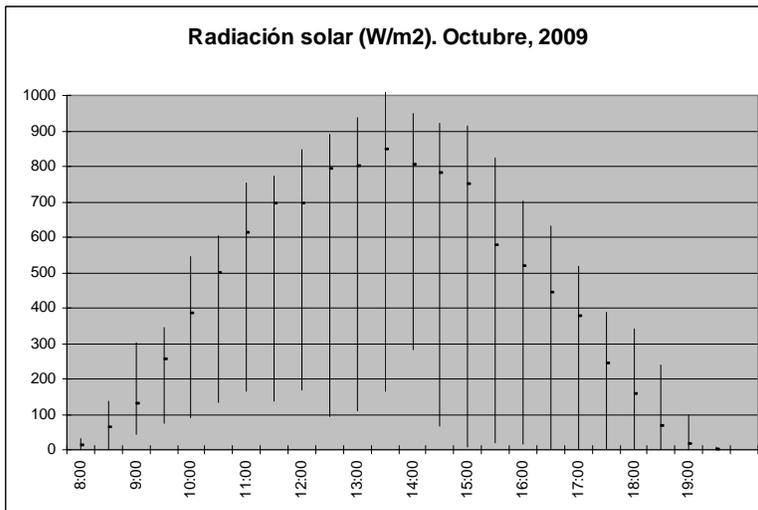


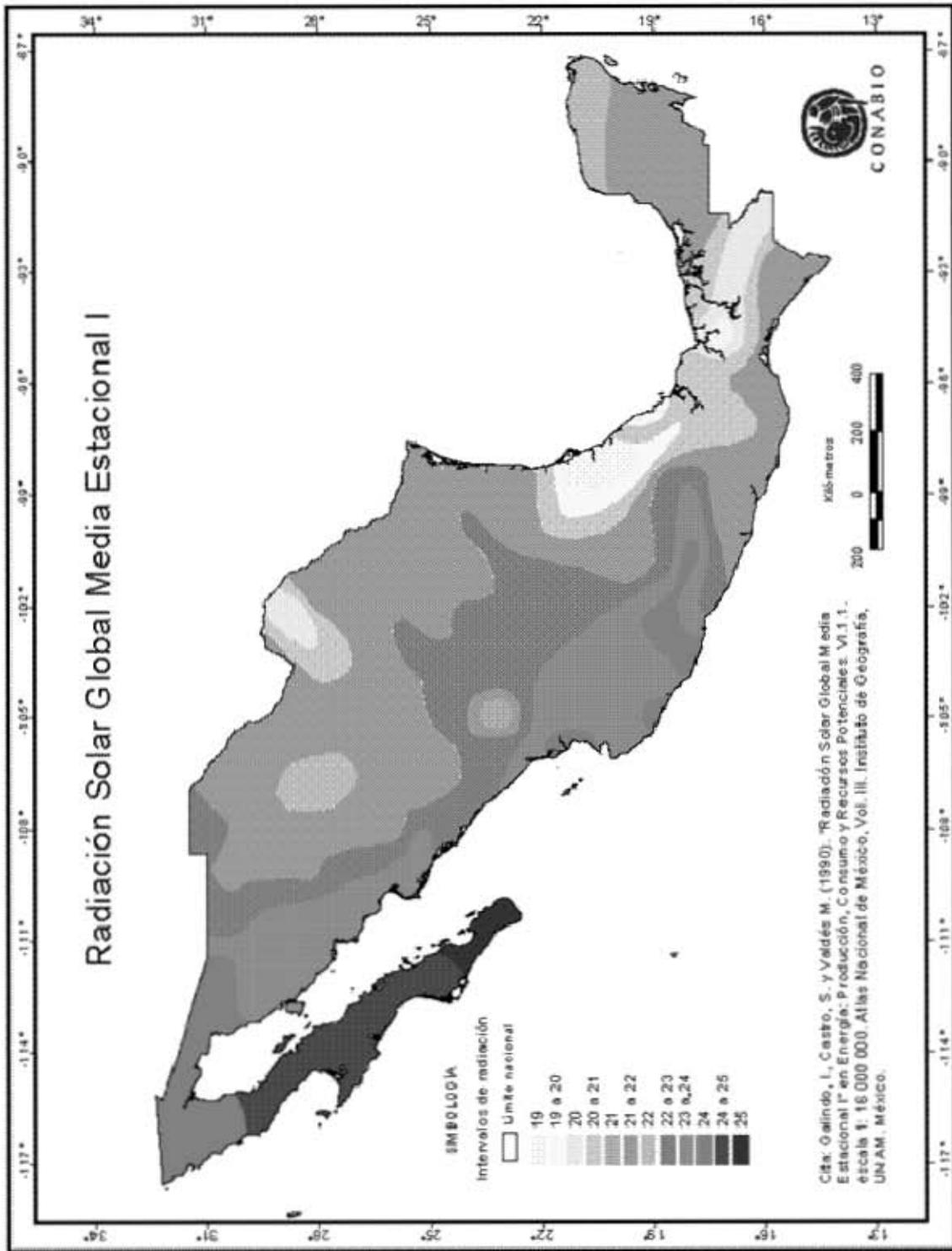
SEPTIEMBRE 2009	
Hora	Promedio W/m <sup>2</sup>
7:30	0,0
8:00	27,7
8:30	103,0
9:00	191,5
9:30	275,2
10:00	406,2
10:30	509,7
11:00	588,8
11:30	675,7
12:00	745,6
12:30	793,3
<b>13:00</b>	<b>844,9</b>
13:30	799,8
14:00	788,1
14:30	752,5
15:00	680,1
15:30	622,4
16:00	550,9
16:30	441,7
17:00	336,5
17:30	259,6
18:00	190,4
18:30	115,5
19:00	58,8
19:30	12,4

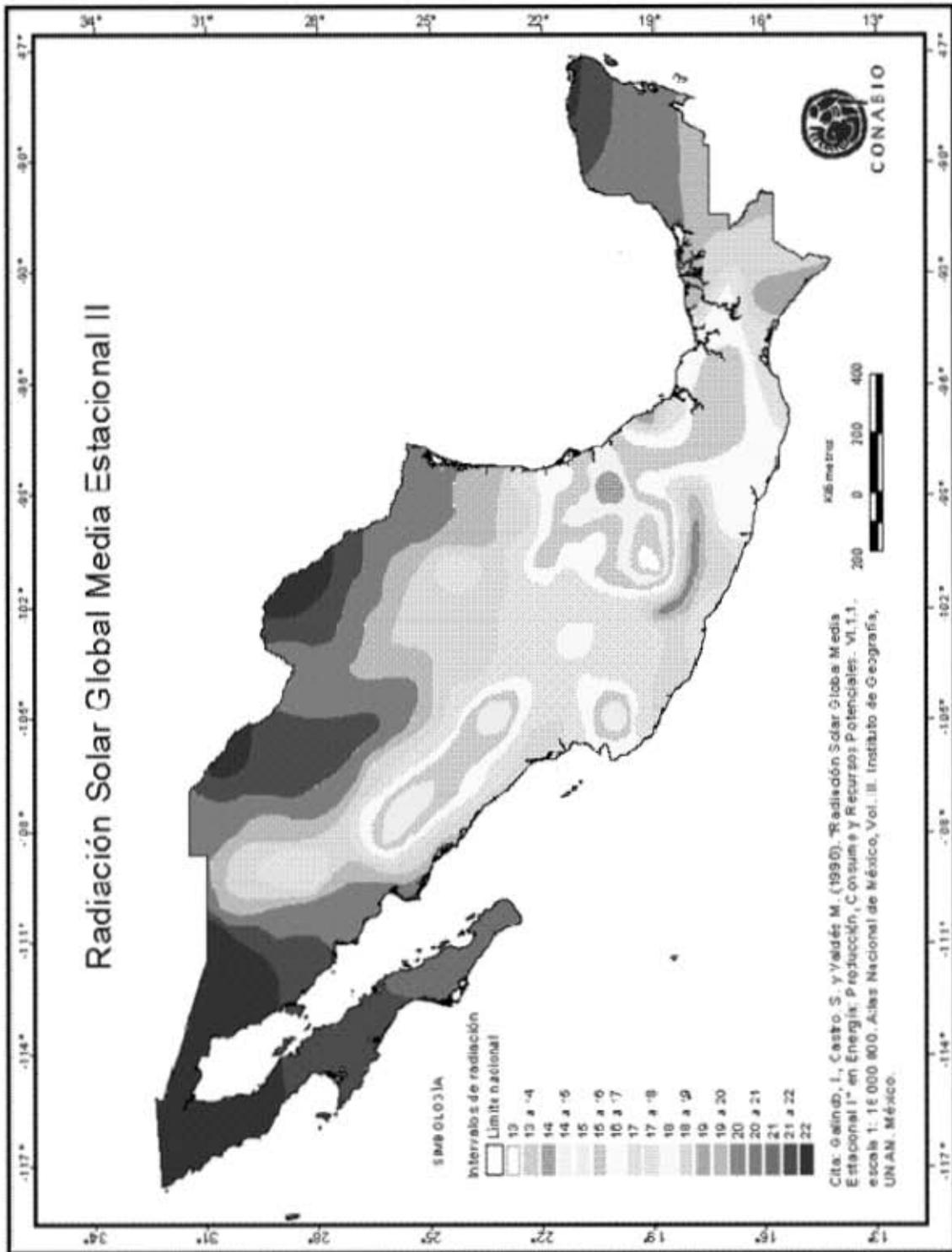


OCTUBRE 2009

Hora	Promedio W/m <sup>2</sup>
8:00	10,0
8:30	68,1
9:00	142,9
9:30	238,6
10:00	339,3
10:30	426,5
11:00	517,8
11:30	587,8
12:00	625,7
12:30	683,5
13:00	703,1
13:30	716,4
<b>14:00</b>	<b>733,9</b>
14:30	682,7
15:00	644,1
15:30	559,9
16:00	483,7
16:30	427,8
17:00	341,6
17:30	224,3
18:00	156,9
18:30	81,9
19:00	19,2
19:30	0,2







## ANEXO 2

# *Manual para la detección de fugas en el equipo de aire acondicionado solar*



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



## ***Manual para la detección de fugas en el equipo de aire acondicionado solar***

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
José de Jesús Romo S. José Luis Rodríguez R. José Mauricio Duran L. José Roberto Santiago Tesisistas del Lab. De Diagnóstico Energético	M. en I. David Franco Jefe del Lab. De Diagnóstico Energético	M. en I. David Franco Jefe del Lab. De Diagnóstico Energético



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



**Objetivo:**

Realizar una prueba vacuo métrica en el sistema de aire acondicionado solar, con la finalidad de avalar que el equipo mantendrá las condiciones necesarias para su funcionamiento.

**Alcance:**

Conciene a todos los participantes en el proyecto que este directamente o indirectamente en contacto con los reactivos.

**Responsables:**

Todos los tesisas participantes en el proyecto de aire acondicionado solar (AAS).

**Términos:**

**Presión.-** Es la fuerza normal ejercida en un área determinada, algunas de sus unidades de medición son: N/m<sup>2</sup>, Pa, atm, bar, psi.

**Presión atmosférica.-** Es la presión ejercida por los gases que conforman la atmósfera en cualquier punto de la misma. A nivel del mar, ésta es aproximadamente 1.013 bars, 101,300 Newtons/m<sup>2</sup>, 14.7 lbs/pulg<sup>2</sup> ó 30 pulgadas de mercurio.

**Presión absoluta.-** Es la suma de la presión atmosférica mas la presión relativa.

**Presión manométrica.-** La presión que registra un dispositivo de medición normal. Dicho dispositivo mide la presión en exceso de la atmosférica.

**Presión vacuo métrica.-** Es cuando el valor de la presión es menor a la presión atmosférica.

**Vació.-** Es la ausencia total de materia en un determinado espacio o lugar, o la falta de contenido en el interior de un recipiente. Por extensión, se denomina también vaciό a la condición de una región donde la densidad de partículas es muy baja, por ejemplo la cavidad cerrada donde la presión de aire u otros gases es menor que la atmosférica.

**Manómetro.-** Instrumento que mide presiones relativas mayores a la presión atmosférica.

**Vacuo metro.-** Instrumento que mide presiones relativas menores a la presión atmosférica.

**Bomba de vaciό.-** Una bomba de vaciό es un tipo de bomba que extrae moléculas de gas de un volumen sellado, para crear un vaciό parcial. Básicamente es un compresor que funciona en sentido inverso al funcionamiento normal de este ya que extrae el aire en lugar de suministrarlo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



**Instrumentos y Equipo:**

- Equipo AAS.
- Bomba de vacío
- Vacuo metro.
- Manómetro.
- Manguera de conexión.
- Ultraprobe 2000 MPH
- Compresor

**Material:**

- Aceite de trabajo.
- Detergente domestico.
- Esponja.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



## Introducción:

### La Técnica Del Vacío En Los Sistemas De Aire Acondicionado

La instalación o reparación del equipo de aire acondicionado requiere aplicar procedimientos adecuados para realizar la deshidratación parcial o total del ciclo de refrigeración. No siempre la tarea de vacío se realiza correctamente y lamentablemente se corren riesgos de reducir o terminar con la vida útil del equipo.

En estos tiempos donde la tecnología avanza rápidamente en la fabricación de nuevos equipos, con mejores características de aplicación y eficiencia, no se puede ocultar que la técnica a aplicar en la reparación exige ser cuidadoso y responsable en el manejo.

Algunos circuitos de refrigeración más extensos, requieren aplicar soldaduras de sus tuberías de cobre y también utilizar aceites anticongelantes sintéticos, los cuales son cien veces más ávidos de absorber humedad que los aceites minerales.

Los gases refrigerantes ecológicos que reemplazan inexorablemente a los refrigerantes que afectan a la capa de ozono también exigen un tratamiento especial, como ocurre con los llamados mezclas y otros como el R 410a, con el cual debemos manejar presiones de casi 70% superior a lo que se acostumbra con el R22.

Un equipo es fabricado cuidando siempre que el sistema esté libre de contaminantes y gases no condensables. La limpieza de las tuberías y demás componentes del circuito es una regla de estricto cumplimiento.

Cuando el circuito de refrigeración no requiere ser preparado y armado por el instalador como sucede con los equipos compactos, roof-top y máquinas enfriadoras de líquidos etc., no existen riesgos, pero si el equipo es una unidad separada (Split type) se deben aplicar técnicas y aplicar procedimientos adecuados para terminar con éxito la instalación.

### La Bomba de Vacío

Para saber que capacidad se requiere para la bomba debemos conocer previamente que capacidad en TR (toneladas de refrigeración) o Kcal /h tiene el equipo que estamos instalando o reparando, es importante recalcar que no debemos descuidar como será el transporte de la bomba, en función del peso y el tamaño de la misma.

Para poder elegir la bomba de vacío adecuada debemos considerar que por cada pie cúbico por minuto o por cada 28,56 litros por minuto que dispone la bomba de vacío (capacidad), podemos emplearla para evacuar o deshidratar equipos con capacidad hasta 6 Toneladas de Refrigeración (18.000 Kcal/h o 72000 BTU/h).

Una regla aproximada será entonces: Con 1 ft<sup>3</sup>/min o 28,56 l/min se puede evacuar equipos hasta 6 TR. Por ejemplo, con una bomba de 4cfm podemos evacuar equipos de hasta 24TR.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



Hoy están disponibles en el mercado bombas de una y dos etapas que llegan a valores de vacío de  $1.5\mu$  (15micrones), 0,015mm recordando que  $1\text{mm} = 1000$  micrones.

Las bombas de vacío que disponen de aceite para su lubricación requieren cambio de aceite de acuerdo no solo a su uso, sino también al grado de contaminación en que se encuentra el circuito a deshidratar. Es recomendable cambiar el aceite con frecuencia para evitar disminuir la eficiencia de la bomba, se debe tener en cuenta que el aceite se contamina por medio del vapor de agua que se elimina del circuito.

Es aconsejable que si el circuito a deshidratar contiene mucha humedad, en el mismo momento que la bomba se detiene al terminar la deshidratación, se proceda a retirar su aceite y sustituirlo por otro de las mismas características que aconseja el fabricante, de esta forma se evita que la humedad permanezca dentro de la bomba afectando sus partes mecánicas, ya que esto puede causar que disminuya su eficiencia.

Cuando se comienza el vacío en un circuito nunca se debe hacer funcionar la bomba si la presión en el circuito a evacuar es superior a la presión atmosférica. La presión atmosférica es de 760 mm Hg (1 atmósfera) = 14,7 PSI esta presión es la que soportamos diariamente sobre nuestro cuerpo.

El aire que respiramos (78% de Nitrógeno + 21% Oxígeno + 1% de otros gases) rodea nuestro Planeta y por acción de la gravedad se mantiene atraído a la Tierra hasta 960 Kmsnm.

La presión atmosférica a mayor altura disminuye y por lo tanto el punto de ebullición se alcanza a menor temperatura. De igual forma ocurre con una bomba de vacío aplicada a un circuito de refrigeración, cuánto más disminuye la presión, a menor temperatura entra en ebullición el agua (humedad) que puede estar contenida dentro del circuito. Es entonces fácil comprender, que trabajando a presión muy baja y a su vez favorecidos por la temperatura ambiente a la cual se hallan sometidas las partes del equipo (tubería, condensador, evaporador, etc.), las microgotas de agua que puedan estar dentro del circuito se transforman en vapor y este será extraído por la bomba y expulsado.

La bomba de vacío debe ser cuidada y mantenida para asegurar que se logre el vacío esperado por eso es importante recomendar lo siguiente:

- Las bombas en general deben disponer de una válvula manual o a solenoide que asegure interrumpir el trabajo de vacío antes de proceder a detenerla para no perder el vacío logrado hasta ese momento, evitando además que el aceite de la bomba pueda ingresar al equipo por la baja presión en que éste se encuentra, una interrupción de la energía eléctrica también debe tenerse en cuenta, tratando que una válvula a solenoide ( normalmente cerrada) actúe para proteger el vacío logrado hasta ese momento. Las bombas de última generación disponen de válvulas incorporadas para interrumpir el proceso de evacuación,



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



- Se debe controlar el estado de la bomba para conocer si no existen problemas de tipo mecánico que hayan disminuido su eficiencia, esto generalmente ocurre cuando las bombas tienen un uso muy frecuente, y no se realiza en el cambio de aceite necesario.
- Si disponemos de una bomba que tiene una válvula de lastre, ésta válvula permite que se mezcle aire atmosférico más seco con aire saturado extraído por la primera etapa de la bomba facilitando expulsar la humedad y aumentando la eficiencia de la bomba.

#### PROCEDIMIENTO DE VACIADO

Se debe asegurar que el circuito en cuestión tendrá todas sus válvulas abiertas en dónde corresponda para que no existan limitaciones en la evacuación. De no tenerse en cuenta puede haber zonas no deshidratadas convenientemente.

Las compuertas de estas válvulas deben estar debidamente cerradas y en condiciones para evitar fugas invisibles en depresión que puedan hacer fracasar el vacío o equivocar los diagnósticos ante posibles pérdidas.

Cuando los circuitos son de gran capacidad se debe estudiar el recorrido y asegurarse que restricciones insalvables como tubos capilares, válvulas de expansión, válvulas de retención no desmejoren o impidan la deshidratación. En los casos de circuitos de gran volumen, el uso de 2 bombas instaladas en dos lugares estratégicos del circuito, puede ser una muy buena solución. Los lugares apropiados pueden tener límites simétricos con la restricción más severa, como por ejemplo la válvula de expansión, el tubo capilar, etc.

Las mediciones de vacío, deben ser hechas en general en lugares alejados a la conexión de la bomba de vacío, y las mismas se deben tomar como válidas, cuando hallan pasado algunos minutos después de detener a la bomba, a fin de lograr que se estabilice el sistema.

Los niveles de vacío los establece y recomienda el fabricante del equipo, los valores más frecuentes en equipos convencionales están en un rango de vacío entre 500 a 300 micrones. Cuando se requiere la medición en el circuito, se debe hacer uso de un vacuómetro que permita asegurar no sólo los valores recomendados sino también valorar la eficiencia de la bomba y la técnica aplicada.

Los tiempos de evacuación son dependientes de la eficiencia de la bomba, su capacidad y el grado de humedad que dispone el circuito.

Un circuito puede haber llegado después de cierto tiempo al nivel de evacuación esperado, por lo tanto si se detiene la bomba y por medio del instrumento medimos el vacío, se percibe una pérdida de dicho vacío hasta un cierto nivel, donde el instrumento queda detenido, en principio puede atribuirse a una pérdida, pero si el instrumento se detiene manteniendo aún un nivel de vacío no despreciable, puede ser que el circuito aún contenga humedad, y al momento de detener la bomba, las micro gotas que aún quedan dentro del circuito al evaporarse aumenta la presión existente del circuito.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



Cuando un circuito, después de cierto tiempo de evacuación, llega al nivel de vacío esperado, es recomendable que la bomba continúe el proceso de evacuación por más tiempo, el tiempo sugerido debería ser no inferior a 1/3 del tiempo total empleado para llegar al vacío requerido. A continuación, antes de detener la bomba, debemos interrumpir la operación de ésta, cerrando la válvula, que la vincula con el circuito.

Cómo es de esperar, el vacuómetro podrá ser leído y en este caso podemos comentar algunos posibles resultados:

- El vacuómetro disminuye su valor hasta mantenerse invariable. Este movimiento, que surge a partir de la detención de la bomba, es atribuible a la búsqueda de equilibrio interno del sistema. Si la medición no sufre modificaciones con el transcurso del tiempo, se habrá logrado el fin buscado.
- El vacuómetro muestra un aumento acelerado en la lectura, en este caso estaremos frente a una pérdida en depresión, que debemos localizar. Si bien esta búsqueda deberá ser orientada a cargar al sistema con Nitrógeno, a fin de su localización, No debe pasar inadvertido que exista el problema de pérdida en las conexiones realizadas para esta tarea.
- Por último si se presenta una pérdida, que detiene al instrumento en un valor de vacío no deseado, y dicho valor permanece con un crecimiento casi imperceptible, podremos estar frente a un sistema donde aún permanecen micro gotas que al evaporarse hacen aumentar la presión interna del sistema. En este último caso debemos intentar continuar haciendo vacío y transcurrido cierto tiempo reiterar la medición.

Por todo lo expuesto se recomienda usar siempre los instrumentos adecuados " vacuómetros que cumplan los requisitos dispuestos en la norma ASME b40.100", aplicarlo con frecuencia y sacar conclusiones en cada trabajo.

La experiencia que se va adquiriendo es la herramienta que el personal sólo puede obtener haciendo un manejo responsable de los procedimientos adecuados de refrigeración.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



#### PROCEDIMIENTO

- 1- Cerciorarse del buen estado de la bomba de vacío.
  - Nivel de aceite correcto
  - Aceite limpio
  - Vacuometro
  - Manguera y sus conexiones
  - Alimentación eléctrica
- 2- Inspección visual del equipo para garantizar su limpieza interior y el buen estado de sus componentes.
- 3- Revisar las posiciones correctas de las válvulas en el equipo.
- 4- Conectar la bomba mediante la manguera con el equipo.
- 5- Encender la bomba para iniciar la deshidratación del equipo.
- 6- Tomar el tiempo que tarda en llegar al vacío esperado y aumentar 1/3 de tiempo mas para garantizar el vacío deseado.
- 7- Observar los vacuometros tomando como principal referencia el más alejado de la bomba.
- 8- Esperar que el sistema se estabilice para tomar las lecturas finales
- 9- En caso de que los vacuometros se mantengan en una lectura constante en un tiempo de 1 hora la prueba habrá terminado.

#### EN CASO DE FUGAS

- 1- El principal indicador de infiltraciones en el sistema es el aumento de presión manométrica y por lo tanto disminución en el valor de las lecturas de los vacuómetros.
- 2- El procedimiento a seguir será utilizar el Ultraprobe 2000 MPH siguiendo la trayectoria de las diferentes líneas del sistema hasta localizar la(s) fuga(s) al localizarlas se deberán corregir e iniciar el procedimiento.
- 3- En caso de no localizar la fuga con el Ultraprobe 2000 MPH se tendrá que realizar una prueba manométrica.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



#### PRUEBA MANOMÉTRICA

- 1- Instalar un manómetro en un punto donde la lectura se dirija hacia el frente del equipo donde se conecta la entrada de aire al sistema.
- 2- Cerciorarse del buen estado del compresor e instalar un deshumidificador.
- 3- Conectar el compresor al equipo.
- 4- Encender el compresor hasta alcanzar la presión de trabajo de 100 PSI.
- 5- Abrir la válvula para permitir el paso del aire al equipo hasta llegar a la presión 40 PSI.
- 6- Con una solución jabonosa y con ayuda de una esponja realice un recorrido por todos los componentes del equipo, principalmente en todas las uniones, ya sean roscadas o soldadas, la existencia de burbujas nos indicara la fuga.
- 7- Corrija la fuga y repita el procedimiento hasta que el manómetro mantenga la lectura inicial (40 PSI) constante por lo menos un día.

**ANEXO 3**

**Hoja de datos  
técnicos sellador  
adhesivo permatex  
de Silicon negro**



**PTX de México, S.A. de C.V.**  
 Calle 3 No. 47-104 Col. Alce Blanco  
 53370 Naucalpan de Juárez, Edo. de México  
 Tel. 55-76-90-34 Fax. 55-76-90-34  
 Servicio Técnico. 53-58-21-45

## Hoja de Datos Técnicos

### Sellador Adhesivo Permatex de Silicón Negro.

INDUSTRIAL

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO S.I.N.: 834-300

El sellador Adhesivo Permatex Silicón Negro es un compuesto forma juntas de uso general, unicomponente, de vulcanizado a temperatura ambiente (RTV), diseñado para el sellado de ensamblajes mecánicos. Cuando cura al exponerse a la humedad del aire, ésta pasta que no escurre, forma un sello resistente, flexible de hule silicón a prueba de agua, que resiste envejecimiento, clima y cambios de temperatura sin endurecerse, encoger o romperse.

#### BENEFICIOS DEL PRODUCTO

- Fácil aplicación
- Puede aplicarse en forma vertical u horizontal
- Adhesión y flexibilidad superior
- A prueba de agua
- Aislante
- No se afecta por la vibración
- No es inflamable
- No tóxico

#### APLICACIONES TÍPICAS

El Sellador Adhesivo Permatex Silicón Negro es un excelente adhesivo/sellador de uso general para los siguientes materiales:

- Metal
- Vidrio
- Madera
- Plástico
- Resina de silicón
- Hule silicón
- Cerámica
- Fibras naturales y sintéticas
- Superficies pintadas.
- Une, sella, repara y asegura:  
Parabrisas, ventanas, Marcos de puerta, Poder de vinil y cubiertas.

#### INSTRUCCIONES DE USO

##### Para ensamble

- 1.- Elimine cualquier material usado anteriormente de las superficies a unir. El Removedor de Juntas Permatex es recomendado, excepto en plásticos y superficies pintadas.
- 2.- Para mejores resultados, limpie y seque todas las superficies con un solvente libre de residuos, tal como el limpiador Permatex para Frenos y Partes.
- 3.- Corte la boquilla al tamaño del cordón deseado, de 1/16" a 1/4" de diámetro. Un cordón de 1/8" es normalmente suficiente para la mayoría de las aplicaciones.

4.- Quite la tapa, perforo el tubo o cartucho y ponga la boquilla.

5.- Aplique un cordón continuo y parejo de silicón a una de las superficies. Como se muestra a continuación

6.- Ensamble las partes inmediatamente mientras el silicón está húmedo. Fije o apriete como requiera, evitando que se desborde demasiado.

7.- No será necesario reapretar después que el producto ha curado.

#### Limpieza

- 1.- Permita que salga un exceso de material de la boquilla o punta del bote para que cure, sellando y protegiendo el producto remanente de la humedad. Para reutilizar simplemente quite el tapón curado de la punta.
- 2.- Elimine el material no curado de las partes y herramientas con un trapo seco, si se formó una película, rompa la superficie con el trapo para quitar lo más posible y limpie con el Removedor de Juntas Permatex.
- 3.- Limpie las manos con un trapo seco o con el limpiador de manos Permatex Fast Orange.

#### PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL SIN CURAR

	Valor típico
Tipo químico	Hule silicón acetoxo
Apariencia	Pasta negra, no escurre
Olor	Leve ácido
Gravedad Específica	1.07
Velocidad de extrusión @25°C (gramos/min)	>220
Temperatura de Inflamación °C (°F)	>93 (>200)

NO SON ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO  
 LOS DATOS TÉCNICOS CONTENIDOS SON SOLO COMO REFERENCIA.  
 POR FAVOR CONTACTE AL DEPARTAMENTO DE SERVICIO TÉCNICO PERMATEX PARA ASISTENCIA Y RECOMENDACIONES, PARA APLICACIONES Y ESESECFICAS  
 CALLE 3 No. 47-104 COL. ALCE BLANCO 53370 NAUCALPAN DE JUÁREZ, EDO DE MÉXICO 53-58-21-45

### DESEMPEÑO TÍPICO DE CURADO

El Sellador Adhesivo de Permatex Silicón Negro cura exponiéndose a la humedad del aire. El producto seca al tacto en una hora y cura totalmente en 24 horas.

Las velocidades de curado pueden variar con la temperatura, humedad y holgura. Nota: El proceso de curado puede corroer algunas superficies, para aplicaciones críticas utilice los silicones de la serie Ultra.

### DESEMPEÑO DEL MATERIAL CURADO

Después de 7 días a 25°C (77°F), con 50% de Humedad relativa

	Valor Típico
Dureza (Shore A)	>20
Elongación, %*	>350
Resistencia a la Tensión, N/mm <sup>2</sup> (psi)**	>1.5 (>218)

\*El material se estirará 3.5 veces su longitud original antes de romperse.

\*\* Cantidad de fuerza requerida para romper el material.

### RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE

Resistencia a la Temperatura Valor típico

Continuo, °C (°F)	-59 a 232 (-75 a 450)
Intermitente, °C (°F)	-59 a 260 (-75 a 500)

### Resistencia Química y a Solventes

El producto presenta propiedades efectivas de resistencia en contacto con fluidos automotrices, tales como aceite, líquido de la transmisión, alcohol y soluciones de anticongelantes. Nota: No recomendado para contacto con gasolina.

### INFORMACIÓN GENERAL

Para información del manejo seguro de producto, consulte la Hoja de Seguridad de Materiales (MSDS).

Este producto no se recomienda normalmente para usarse en plásticos (particularmente en materiales termoplásticos los cuales se pueden estrellar). Se recomienda confirmar la compatibilidad del producto con tales sustratos.

### ALMACENAMIENTO

Los productos deben almacenarse en un lugar fresco con la caja cerrada a una temperatura entre 8°C a 28°C (46°F a 82°F) al menos que exista alguna otra indicación. La temperatura óptima es por debajo del promedio de este rango. Para prevenir contaminación de material no utilizado, no devuelva el material a su envase original.

#### NOTA

Los datos contenidos aquí se han elaborado para su información solamente, y son por lo tanto confiables. No podemos asumir la responsabilidad de los resultados obtenidos por otros sobre los cuales no tenemos control. Permatex, Inc. específicamente no se responsabiliza de las garantías, expresadas o implícitas incluyendo garantías de mercadeo o adecuados para un caso particular, resultando de la venta o uso de productos Permatex, Inc. , no responsabilizándose de daños o consecuencias de incidentes de cualquier tipo incluyendo pérdidas de utilidades. Este producto puede estar cubierto por una o más de las patentes en los Estados Unidos o extranjeras.

**ANEXO 4**  
***Manual de***  
***Disolución de***  
***Bromuro de Litio***  
***(LiBr + H<sub>2</sub>O)***



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



# **Manual de Disolución de Bromuro de Litio (LiBr + H<sub>2</sub>O)**

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
José de Jesús Romo S. José Luis Rodríguez R. José Mauricio Duran L. José Roberto Santiago Tesisistas del Lab. De Diagnóstico Energético	M. en I, David Franco Jefe del Lab. De Diagnóstico Energético	M. en I, David Franco Jefe del Lab. De Diagnóstico Energético



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO



**Objetivo:**

Realizar la disolución del bromuro de litio en agua destilada de una forma ordenada y correcta para lograr la concentración deseada sin ningún riesgo y poder documentar todos los fenómenos físicos y químicos que experimente la solución.

**Alcance:**

Conciene a todos los participantes en el proyecto que estén directa o indirectamente en contacto con los reactivos.

**Responsables:**

Todos los tesisas participantes en el proyecto de aire acondicionado solar (AAS).

**Términos:**

SOLUCIÓN: Mezcla homogénea de dos o más sustancias.

MEZCLA: Una muestra de la materia integrado por dos o más sustancias, cada una de las cuales conserva su identidad y propiedades.

HIGROSCÓPICO: Propiedad de algunos compuestos de absorber agua en forma de vapor o líquidos de su ambiente.

CRISTALIZACIÓN. La naturaleza salina de la solución implica que la sal precipite cuando se excede el límite de solubilidad

**Instrumentos y Equipo:**

- Campana de Extracción.
- Balanza.
- Agitador.
- Termómetro.
- 2 Matraz de Erlenmeyer.
- 1 Pipeta.
- 1 Cucharilla.
- Contenedor de 5 lt.

**Material:**

- Bromuro de litio.
- Sal yodada.
- Agua destilada.
- Hielo
- Guantes de plástico.
- Cubre bocas.
- Lentes de seguridad



#### Introducción:

##### El Bromuro de Litio (LiBr)

La solución de Bromuro de Litio (LiBr), esta compuesta por dos elementos el Litio y el Bromo, los cuales presentan diversas características por separado que al unirse adquieren otras características. Por una parte el Litio es un metal alcalino que se comporta como fuerte reductor, ya que tiende a perder el electrón de su capa externa (s), por lo cual su estado de oxidaciones +1 y sus compuestos son de carácter iónico. El litio tiene un punto de fusión de 181 °C, un punto de ebullición de 1,342 °C y una densidad relativa de 0,53. Su masa atómica es 6,941 mol. Al igual que otros metales alcalinos, el litio puro es altamente inflamable y ligeramente explosivo cuando se expone al aire y especialmente al agua. Es además corrosivo por lo que requiere el empleo de medios adecuados de manipulación para evitar el contacto con la piel. Se debe almacenar en un líquido hidrocarburo inflamable como nafta. El litio se considera ligeramente tóxico.

Mientras que el Bromo es un no metal, tiende a completar su capa electrónica externa mediante la incorporación de un electrón. Sus puntos de fusión y ebullición aumentan al incrementarse el número atómico, ya que aumentan las fuerzas de Van Der Waals. Su punto de fusión es de -7,25 °C, y su punto de ebullición de 58,78 °C, siendo su densidad relativa 3,10 y su masa atómica 79,90 mol. Por sus propiedades químicas, el bromo es muy parecido al cloro. El bromo es un líquido extremadamente volátil a temperatura ambiente; libera un venenoso y sofocante vapor rojizo compuesto por moléculas diatómicas.

La solución de bromuro de litio (Li Br) la cual manejaremos es considerada como una sal neutra<sup>1</sup>.

FÓRMULA:	LiBr
MOL WT.:	86,84
TOXICIDAD:	DL <sub>50</sub> oral rata: 1800 mg / kg
SINONIMOS:	LiBr; hidrato de bromuro de litio; monobromuro de litio;

#### PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS (99%)

Estado físico:	polvo blanco
Punto de fusión:	547 °C
Punto de ebullición:	1265 °C
Gravedad específica	3,464
Solubilidad	soluble en agua
PH	Neutro

#### CLASIFICACIONES NFPA

Salud:	1
Inflamabilidad:	0
Reactividad:	0
Estabilidad	Estable en condiciones normales.

<sup>1</sup> Hoja De Datos De Seguridad LiBr Sigma-Aldrich



#### APLICACIONES

Bromuro de litio (LiBr): polvo blanco con un sabor amargo; funde a 547 °C, soluble en agua, alcohol y glicol; utiliza como medio de funcionamiento del aire acondicionado y sistema de secado industrial debido a su muy higroscópica propiedad; como un sedante hipnótico en la medicina. También es usado en la fabricación de productos farmacéuticos en el proceso de alquilación. Se utiliza como soldadura de los flujos de soldadura.

El bromuro de litio, al ser un sólido (temperatura de ebullición de 1282 °C) se considera no-volátil, lo cual facilita la separación del refrigerante en el generador.

La cristalización del bromuro de litio corresponde a una fase sólida hidratada, en forma de sólido humedecido. Este precipitado tiende a adherirse a las paredes del contenedor. La cristalización suele darse cuando la solución concentrada en bromuro de litio se encuentra a temperaturas que son relativamente bajas y la concentración de sal alta.

Corrosividad. La presencia de oxígeno disuelto convierte al bromuro de litio acuoso en un fluido altamente agresivo para muchos metales, incluyendo el acero y el cobre.

#### Preparación de los Compuestos:

##### Proceso de preparación

1.- Todos los participantes en este experimento deben de usar el equipo de seguridad correspondiente (cubre bocas, guantes de plástico y gafas de seguridad) ya que la solución no debe de tener contacto con la piel y al realizarse la mezcla se generaran gases sofocantes.

2.- Se debe de pesar un litro de agua con el objetivo de verificar su equivalencia en gramos y realizar las diferentes concentraciones como se muestra en la siguiente tabla.

**TABLA 1**

	AGUA	BROMURO DE LITIO	CONCENTRACION
	gr.	gr.	%
1			
2	100	30	70/30
3	100	40	60/40
4	100	50	50/50
5	100	54	46/54
6	100	60	40/60

3.- Colocar el recipiente en el interior de la tina de la campana de extracción, rellenarlo con hielo a la mitad de su capacidad, agregar sal suficiente y mezclar hasta obtener una salmuera estándar.



4.- Colocar el matraz con 100 gr. de agua destilada al centro del recipiente con cautela para evitar el contacto entre el agua destilada y la salmuera.

5.- Pesar la cantidad deseada de bromuro tomando como base la tabla 1.

6.- Ya encendida la campana vierta el bromuro gradualmente y simultáneamente agite hasta que se haya disuelto completamente.

7.- Anote las observaciones en la tabla 2

8.-Repita el punto 5 y 6 para las diferentes concentraciones y anote las observaciones.

**TABLA 2**  
**Resultados**

No. de Experimento	Temp. salmuera	Temp. H <sub>2</sub> O	Temp. solución	Observaciones
1	-6	8	70	Al realizar la mezcla no hubo ningún desprendimiento de algún gas como se esperaba y observamos una reacción exotérmica al mezclar el compuesto con el agua.
2	3	8	74	
3	0	18	73	
4	8.5	18	73	
5				

# ANEXO 5

## Cotización instrumentación



**VANCONTROLS, S.A. DE C.V.**  
Vanguardia en Controles



México, D. F.; a 10 de febrero de 2010  
**COTIZACIÓN** 0087/2010  
 Elaboró: Leticia Cruz Sánchez  
 Referencia:

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO (FES-ARAGON)**  
 At'n: Jose Luis Rodríguez / Prof. David Franco  
 E-mail:

Dirección: Av. Rancho Seco S/N  
 Colonia: Impulsora  
 Edo. De Méx.  
 Telefono: 5623-0965

PARTIDA	CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
1	1	VG64.- Vacumetro digital marca Supco T. E. 8 DÍAS HABILES	\$197.00	\$197.00
2	1	25SD-160.- Termómetro digital con sensor para ducto, marca Weiss T. E. 8 DÍAS HABILES	\$33.00	\$33.00
3	1	TIC-17RGTI.- Control de temeperatura, marca Full Gauge T. E. 8 DÍAS HABILES	\$42.50	\$42.50

La presente esta expresada en dólares americanos, su importe puede ser pagado en moneda nacional al tipo de cambio de venta bancario al momento de efectuar su pago.	SUBTOTAL	\$272.50
La presente incluye únicamente EQUIPO DE CONTROL, NO INSTALACIÓN	I.VA	\$43.60
Los bienes tienen un año de garantía sobre defectos de fabricación.	TOTAL	\$316.10
Toda cancelación o devolución de equipo tendrá un cargo del 20% del total de su factura.		
La presente tiene una vigencia de <b>15 días</b> a partir de su expedición.		

**TRECIENTOS DIECISEIS DOLARES 10/100 USD**

TIEMPO DE ENTREGA: Especificado en partidas  
 CONDICIONES DE PAGO: 50% Anticipo, 50% contra aviso de embarque

**México D. F**  
 Playa Tecolutla núm. 543  
 Col. Reforma Iztaccihuatl Sur  
 08840 México, D. F:  
 5634 0540, 5634 0504  
 e-mail: lcruz@vancontrols.com  
[www.vancontrols.com](http://www.vancontrols.com)

**Cuernavaca, Mor.**  
 Av. Universidad 2034 Mz II Lt 14  
 Col. Chamilpa  
 62210 Cuernavaca, Mor.  
 Tel: 01(777) 31 17 159  
 Fax: 01 (777) 31 17 159

# ANEXO 6

## Cotización sistema fotovoltaico

**JOSE LUIS RODRIGUEZ RODRIGEZ**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON**

Agradecemos su interés en los productos comercializados por SOLARTRONIC. SOLARTRONIC es una firma conformada por profesionales para proporcionar servicios técnicos y soporte en la comercialización de sistemas eléctricos eólicos y solares. Nuestro objetivo es el de satisfacer las necesidades de nuestros clientes con los mejores servicios, productos y precio. SOLARTRONIC es distribuidor oficial de las marcas Lorentz y Kyocera.

En atención a su amable solicitud tenemos al agrado de presentar la siguiente oferta comercial

**Sistema fotovoltaico de 675Wp capaz de suministrar 2700Whr/día en una localidad con radiación solar promedio**

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO U.	PRECIO
5	Módulo Fotovoltaico Policristalino marca Kyocera modelo KD135GX-LPU de 135W 12V	USD 450.74	USD 2,253.70
1	SB-05 Bastidor de aluminio 6.3mm para 5 módulos de 50 W a 130 W. Fijación a dala o losa de concreto	USD 176.37	USD 176.37
1	Controlador morningStar modelo TriStar TS-45 de Carga, 45 amp	USD 209.92	USD 209.92
6	31H Batería CALE solar 12 V, 115 Ah, libre de mant. Vida útil: 3 a 4 años	USD 105.68	USD 634.08
1	Inversor marca Invercom modelo IC4500-E12S220 de 1500 W continuos, 4500 W pico. Onda Senoidal Modificada, 12VCD, 220VCA	USD 401.11	USD 401.11
<b>Subtotal</b>			<b>USD 3,675.18</b>
<b>16% IVA:</b>			<b>USD 588.03</b>
<b>Total</b>			<b>USD 4,263.21</b>

Nota: el sistema no incluye soportes, cableado ni accesorios para instalación profesional ya que esto depende de las características propias de cada instalación.

Gracias nuevamente por su interés en SOLARTRONIC, y esperamos que pronto podamos estar trabajando en este campo tan nuevo, interesante y en constante crecimiento. Sin más por el momento y en espera de sus comentarios, quedo de usted como su atento y seguro servidor.

ATENTAMENTE



Ing. Isaias Rodríguez R.

**CONDICIONES COMERCIALES**

1. Estos precios NO incluyen la instalación, operación y mantenimiento rutinario del equipo.
2. Vigencia de la oferta 15 días
3. Tiempo de entrega: 5 días por fabricación especial del bastidor.
4. El precio es en dólares americanos o su equivalente en pesos pagadero al tipo de cambio de venta en billete verde según el promedio de las cotizaciones que reporten las casas de cambio principales, vigentes el día de la fecha de pagos
5. Forma de Pago: 100% a la orden de compra mediante depósito o transferencia electrónica en moneda nacional en alguna de las siguientes cuentas:

<b>Santander</b> No.92000104916 CLABE:003540920001049160 Sucursal:5259 Morelos/Palmas	<b>HSBC</b> No.4030515829 CLABE:021180040305158299 Sucursal:1022 Palmas
<b>Scotia Bank Inverlat</b> No.03901824643 CLABE:044540039018246437 Sucursal: 008	<b>DOLARES</b> <b>Scotia Bank Inverlat</b> No.03900001821 SWIFT: MBCOMXMM Sucursal: 008

6. En caso de realizar depósitos en efectivo, deberá agregar un 3% adicional al monto total, de acuerdo a la nueva ley fiscal del impuesto IDE.
7. Lugar de Entrega: LAB Cuernavaca, Morelos.
  - a. El envío de la mercancía será por cuenta y riesgo del cliente, Solartronic se libera de toda responsabilidad al momento de entregar la mercancía al transportista mediante la guía del embarque.
  - b. El flete y pago del seguro del flete en caso de solicitarlo correrán por cuenta del cliente.
  - c. Es responsabilidad del cliente revisar la mercancía al momento de recibirla
  - d. Solartronic no se hace responsable por mercancía perdida o dañada por la empresa transportista.

# ANEXO 7

## Fichas técnicas de los diversos componentes del sistema fotovoltaico



LA NUEVA FRONTERA DEL VALOR  
(THE NEW VALDE FRONTIER)



# KD135GX-LP

MÓDULO FOTOVOLTAICO POLICRISTALINO  
DE ALTA EFICIENCIA



LISTADO POR UL

## ASPECTOS MAS NOTABLES DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE KYOCERA

El avanzado proceso tecnológico y la producción automatizada de las células Kyocera, permite producir unos módulos fotovoltaicos policristalinos de altísima eficiencia.

La eficiencia de conversión de la célula Kyocera es más de 16%.

Estas células están encapsuladas entre una cubierta de vidrio templado y un polímero de capas múltiples de alta resistencia a la acción mecánica actuando como una protección eficiente de las condiciones ambientales más severas.

El laminado es de aluminio anodizado para servir como protección, refuerzo estructural y facilitar su instalación.

Los módulos vienen equipados con conectores de enchufes



## APLICACIONES

KD135GX-LP es ideal para aplicaciones conectadas a la red.

- Sistemas de tejados residenciales
- Sistemas comerciales grandes de conectado a la red
- Sistemas de bombeo de agua
- Sistemas autónomos de alto voltaje
- etc.

## CALIFICACIONES

- MÓDULO: listado por UL1703
- FÁBRICA: ISO9001 Y ISO 14001

## ASEGURANZA DE CALIDAD

Módulos fotovoltaicos policristalinos de Kyocera han pasado las siguientes pruebas.

- Prueba de ciclo térmico
- Prueba de choque térmico
- Prueba de ciclo térmico / congelación y de humedad elevada
- Prueba de aislación eléctrica
- Prueba de impactos de granizo
- Prueba de sobrecargas mecánicas, de viento y de torsión
- Prueba de rocío salino
- Prueba de exposición a la luz y exposición al agua
- Prueba de exposición al campo

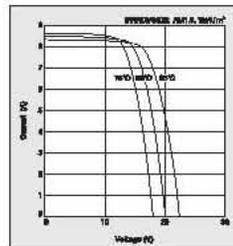
## GARANTÍA LIMITADA

- × 2 año de garantía limitada de mano de obra y de material
- × 20 años de garantía limitada sobre el volumen de salida de corriente. Para detalles, por favor, refiérase a la "categoría IV" en la garantía expedida por Kyocera.

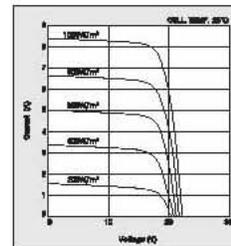
(Garantía de largo plazo debe garantizar si el (los) módulo(s) exhibe(n) salida de corriente menos de 90% de mínimo original especificado al momento de la venta dentro 10 años y menos de 80% dentro de 20 años después de la fecha de venta al Consumidor. Los valores de salida de energía deben ser aquellos medidos bajo las condiciones de medida estándar de Kyocera. Con respecto de las condiciones de la garantía en más detalle, por favor, refiérase a la Garantía expedida por Kyocera.)

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Características de Voltaje-Actual de Módulo Fotovoltaico KD135GX-LP a varias temperaturas de células



Características de Voltaje-Actual de Módulo Fotovoltaico KD135GX-LP a varios niveles de irradiación



0509



# TRISTAR™

## CONTROLADOR SOLAR DE TRES FUNCIONES

El Controlador TriStar de Morningstar es un controlador de tres funciones que provee una carga confiable de baterías por energía solar, un control de carga o una regulación por desvío. El controlador opera en uno de esos modos por vez y pueden usarse dos o más controladores para proporcionar múltiples funciones.

El TriStar usa una tecnología avanzada y producción automatizada para proporcionar sus sorprendentes nuevas prestaciones a un precio competitivo. El medidor opcional TriStar es el medidor de controlador más sofisticado e informativo del mercado. El controlador está listado en UL y fue diseñado para sistemas solares residenciales y para aplicaciones profesionales.



### Prestaciones clave y beneficios

#### La más alta confiabilidad

Su amplio disipador de calor ❶ y su diseño conservador permiten la operación en rango completo a 45°C. No necesita reducir la potencia normal.

#### Mayor potencia

Rangos de 60A a 48VCC que permiten manejar conjuntos de hasta 4KW.

#### Capacidad de comunicaciones

La interfaz RS-232 ❷ para conexión con computadoras personales permite ajustes según la necesidad del cliente, adquisición de datos, monitoreo y control remotos.

#### Totalmente ajustable

Los interruptores tipo DIP ❸ permiten que el usuario opte entre 7 diferentes configuraciones digitales preestablecidas y entre ajustes específicos de su aplicación a través de RS-232.

#### Amplias protecciones electrónicas

Totalmente protegido contra polaridad invertida, cortocircuitos, exceso de corriente, alta temperatura y exceso de voltaje.

#### Interfaz mecánica simple

Terminales de potencia ❹ y tapones pasacables ❺ más grandes. Espacio adicional para vueltas de cable. Calza en paneles de potencia.

#### Mejor carga de batería

La conexión de los cables de sentido de batería ❻ y los sensores de temperatura remotos opcionales ❼ mejoran la precisión del control. El algoritmo de PWM serie de tensión constante incrementa la capacidad y la vida útil de la batería.

#### Mayor información

3 LED ❶ para dar indicación del estado, las anomalías y las alarmas. El medidor opcional ❷ muestra amplia información del sistema y del controlador, con capacidades automáticas de autoverificación y reinicio. Conexión del medidor a través de conector telefónico RJ-11 ❸.

#### Fácil de reiniciar

El pulsador ❹ permite el reinicio manual y el arranque / parada de la recarga de la batería o la desconexión de la carga.

#### Bajo ruido para telecomunicaciones

El ajuste de los interruptores tipo DIP cambiará el modo de carga de la batería de PWM a "encendido-apagado".

### CONTROL DE CARGA



- Diseño PWM (Modulación por ancho de pulso) en serie, de voltaje constante para suministrar una carga de batería altamente eficiente
- Cuatro etapas de carga para incrementar la capacidad y vida útil de la batería: carga masiva, PWM regulación, flotante y de ecualización.
- En paralelo para conjuntos solares más grandes de hasta 300 A, o más

### CONTROL DE CARGA



- Permite arrancar grandes cargas incluyendo motores y bombas sin daños para el controlador
- Permite picos de corriente de arranque de hasta 300 A
- Protección contra cortocircuitos y sobrecarga con reconexión automática
- El LVD está compensado por corriente y tiene una demora para evitar falsas desconexiones.

### CONTROL DE DERIVACIÓN



- Puede ser usado para carga solar, eólica o hidroeléctrica
- Para proteger contra sobrecarga de la batería, el exceso de energía es derivado de la batería primaria a una batería secundaria o a una carga resistiva alternativa de CC
- PWM reduce la potencia hacia la carga de derivación durante las condiciones de exceso de corriente

#### Especificaciones eléctricas

- Corriente nominal solar en carga o en derivación: TriStar-45 45A, TriStar-60 60A
- Voltaje del sistema 12-48V
- Precisión 12/24V:  $\pm 0.1\%$   $\pm 50mV$ , 48V:  $\pm 0.1\%$   $\pm 100mV$
- Voltaje mínimo para operar 9V
- Máximo voltaje solar (Voc) 125V
- Consumo propio: Controlador <20mA, Medidor 7.5mA

#### Especificaciones ambientales

- Temperatura del ambiente de operación: Controlador  $-40^{\circ}C$  a  $+45^{\circ}C$ , Medidor  $-40^{\circ}C$  a  $+60^{\circ}C$
- Temperatura de almacenamiento:  $-55^{\circ}C$  a  $+85^{\circ}C$
- Humedad: 100% (sin condensación)
- Tropicalización: Cobertura conforme en ambos lados de todas las placas de circuito impreso

#### Protecciones electrónicas

- Protección contra polaridad invertida (cualquier combinación)
- Protección ante cortocircuitos
- Protección contra excesos de corriente
- Protección contra rayos y picos de tensión, usando supresores de transitorios de voltaje de 4500 W
- Protección contra alta temperatura a través de una reducción automática de corriente o apagado completo
- Previene corrientes en reversa desde la batería por la noche.

#### Especificaciones mecánicas

- Dimensiones: Altura: 26.0cm/10.3 pulgadas, Ancho: 12.7cm/5.0 pulgadas, Profundidad: 7.1cm/2.8 pulgadas
- Peso: 1.6 kg /3.5 lb
- Cable más grande: 35mm<sup>2</sup>/2 AWG
- Pasacables: Excéntrico 2.5/3.2cm (1.0/1.25 pulgadas)
- Encapsulado: Tipo 1, calificado para interiores

#### Opciones del TriStar

- Medidor del TriStar — Visor de 2 x 1.6 montado al controlador que proporciona información del sistema y el controlador, adquisición de datos, gráficos de barras y elección de Idiomas



- Medidor remoto del TriStar — Incluye 30 metros de cable para el montaje del medidor a distancia del controlador
- Sensor remoto de temperatura — Proporciona una carga compensada en temperatura mediante la medición de la temperatura en la batería (cable de 10 metros)

#### Certificaciones

- Cumple con CE
- Listado en UL (UL 1741)
- cUL (CSA-C22.2 No. 107.1-95)
- Cumple con el Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos
- Manufacturado en un establecimiento certificado según ISO 9001



**GARANTÍA:** Periodo de garantía de cinco años. Consulte con Morningstar o su distribuidor autorizado para información completa sobre las condiciones.

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE MORNINGSTAR:

**MORNINGSTAR**  
corporation

## Batería Ca-Le Solar

El acumulador CA-LE SOLAR es libre de mantenimiento para aplicaciones de ciclo profundo. Diseñadas específicamente para aplicaciones de almacenamiento de energía.

### Información general

La orientación de la batería es hacia arriba. Las baterías pueden ser conectadas en serie y paralelo para obtener el voltaje y la intensidad de los requerimientos de descarga. El ciclo de vida depende de los parámetros de carga. (CA-LE puede proporcionar asistencia). La carga de igualación puede ser necesaria en intervalos mensuales si la intensidad de descarga es mayor que el 40 %. Las baterías deben ser protegidas del calor excesivo.



### Características

- \* Plomo calcio en parrilla positiva y negativa
- \* Placas 13 % más gruesas que dan una mejor resistencia al ciclado
- \* Caja y tapa de polipropileno de alto impacto
- \* Parrillas de metal expandido 11 % más gruesas, forjadas en frío
- \* Placas encapsuladas con separador de polietileno
- \* 430 cc de reserva de electrolito por celda
- \* Pasta positiva de alta densidad para alargar la durabilidad
- \* Arrestador de flama para seguridad
- \* Terminales roscadas de 3/8" de acero inoxidable

Especificaciones de la batería		Parámetros del controlador de carga	
Voltaje nominal	12 V	Fijación del punto de regularización (VR)	14.5 V +/- 2 El voltaje máximo que el controlador permite alcanzar a la batería.
Largo	330.2 mm (13.0")	Histéresis de regularización (VHR)	13.5 V Voltaje cuando la corriente es reaplicada
Ancho	172 mm (6.8")	Desconexión de bajo voltaje (LVD)	12.0 V* Voltaje en el cual la descarga es desconectada para prevenir una sobre descarga
Altura	217.8 mm (8.6")	Histéresis de desconexión de bajo voltaje (LVDH)	1.5 V Es el lapso entre el LVD y el voltaje al cual la descarga es reconectada.
Altura total	240.3 mm (9.5")		
Peso	27.3 Kg. (60.2 lbs)		
Capacidad	115 AH a 100 horas de descarga		
Instrucciones de carga			
Voltaje de flotación	13.5 V @ 80 °F		
Voltaje de igualación	15.5 V @ 80 °F		
Compensación por temperatura	Por cada grado abajo de 27 °C (80°F) agregar .033 (.018) V a la inversa, por cada grado superior a 27 °C (80 °F) quitar .033 (.018) V		

La vida de la batería depende de la profundidad de descarga. Por favor referirse a las curvas de ciclos de vida.

### Información para Pedidos y Contacto:

**Solartronic, S.A. de C.V.**

Av. Morelos Sur No.90, Cuernavaca, Morelos, Mexico • Tel/Fax:+52(777)318-9714  
mexico@solartronic.com • www.solartronic.com



# INVERCOM

**Inversor de poder electrónico  
entrada 12 volts dc.  
salida regulada 220 volts ac. 60 hz.**



## INVERSOR 4500 WATTS MÁXIMO 1500 WATTS CONTINUOS MOD. IC4500-E12S220

-Inversor electrónico con regulador integrado de uso rudo. Cuenta con una base diseñada para su fácil instalación.

### DATOS TECNICOS

Inversor grado médico cuenta con las siguientes características.

- Frecuencia controlada
- libre de armónicas
- libre de picos transitorios.
- Consumo del inversor a la batería a plena carga, 125 amperes
- Alimentación, 10 - 15 volts dc.
- Salida regulada al 5% 220 volts ac. 60 hz.
- Corriente de salida, 5.4 amperes
- Salida 4500 watts máximo  
1500 watts continuos
- Forma de onda, senoidal modificada
- Ventilación forzada ( Enfriado con ventilador )

### DIMENSIONES

Alto: 17 centímetros  
Ancho: 24 centímetros  
Largo: 30.5 centímetros

### PESO EN KILOS

15.9 Kg.

### CUERPO DEL INVERSOR

Fabricado con aluminio extruido  
Y anodizado color natural

### CONEXIONES

Para la alimentación del inversor utilice cables del # 2 awg en los conectores (positivo y negativo). Terminal de encendido y apagado, toma corriente de 220 volts para control remoto alámbrico, en la parte trasera, para ser operado desde un panel de control.

### Nota:

Recuerde que en todos los inversores de todas las marcas los watts máximo son de uso momentáneos.

De venta en Solartronic, S.A. de C.V.

[www.solartronic.com](http://www.solartronic.com)

ANEXO 8  
Hoja técnica de  
seguridad del  
Bromuro de litio

### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑIA

Nombre del producto	: Lithium bromide
Referencia	: 213225
Marca	: Sigma-Aldrich
Compañía	: Sigma-Aldrich Quimica, S.A. de C.V. Parque Industrial Toluca 2000 Calle 8 Norte No. 107 50200 TOLUCA MEXICO
Teléfono	: +5218000075300
Fax	: +5218007129920
Teléfono de Urgencia	:

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

#### Revisión de la Emergencia

#### Peligros OSHA

Efecto del órgano de blanco, Dañino si se ingiere.

#### Órganos diana

Sangre, Sistema nervioso central

#### Elementos de las etiquetas del SGA, incluidos los consejos de prudencia

Pictograma



Palabra de advertencia Atención

Indicación(es) de peligro  
 H302 Nocivo en caso de ingestión.

Declaración(es) de prudencia  
 ninguno(a)

#### HMIS Classification

Health hazard: 1  
 Chronic Health Hazard: \*  
 Flammability: 0  
 Physical hazards: 0

#### Clasificación NFPA

Peligro para la salud: 1  
 Fuego: 0  
 Peligro de Reactividad: 0

#### Efectos potenciales para la Salud

**Inhalación** Puede ser nocivo si se inhala. Puede provocar una irritación en el tracto respiratorio.  
**Piel** Nocivo si es absorbido por la piel. Puede provocar una irritación de la piel.  
**Ojos** Puede provocar una irritación en los ojos.  
**Ingestión** Nocivo por ingestión.

### 3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Sinónimos : Lithium monobromide

Formula : BrLi  
Peso molecular : 86.85 g/mol

No. CAS	No. CE	No. Índice	Concentración
<b>Lithium bromide</b>			
7550-35-8	231-439-8	-	-

---

#### 4. PRIMEROS AUXILIOS

##### Recomendaciones generales

Consultar a un médico. Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio. Retire a la persona de la zona peligrosa.

##### Si es Inhalado

Si aspiró, mueva la persona al aire fresco. Si ha parado de respirar, hacer la respiración artificial. Consultar a un médico.

##### En caso de contacto con la piel

Eliminar lavando con jabón y mucha agua. Consultar a un médico.

##### En caso de contacto con los ojos

Lavarse abundantemente los ojos con agua como medida de precaución.

##### Si es tragado

Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Enjuague la boca con agua. Consultar a un médico.

---

#### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

##### Medios de extinción adecuados

Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.

##### Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego.

---

#### 6. MEDIDAS EN CASO DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL

##### Precauciones personales

Utilícese equipo de protección individual. Evite la formación de polvo. Evitar respirar los vapores, la neblina o el gas. Asegúrese una ventilación apropiada. Evitar respirar el polvo.

##### Precauciones para la protección del medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

##### Métodos y materiales para la contención y la limpieza

Recoger y preparar la eliminación sin originar polvo. Limpiar y traspalar. Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.

---

#### 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

##### Precauciones para una manipulación sin peligro

Evitese el contacto con los ojos y la piel. Evitese la formación de polvo y aerosoles. Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo. Disposiciones normales de protección preventivas de incendio.

##### Condiciones para el almacenaje seguro

Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.

Higroscópico. Conservar en un lugar seco.

## 8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

### Protección personal

#### Protección respiratoria

Para exposiciones molestas use respirador de partículas tipo P95 (EE.UU.) o tipo P1 (UE EN 143). Para un nivel de protección mayor use cartuchos de respirador tipo OV/AG/P99 (EE.UU.) o ABEK-P2 (UE EN 143). Usar respiradores y componentes testados y aprobados bajo los estándares gubernamentales apropiados como NIOSH (EEUU) o CEN (UE)

#### Protección de las manos

Manipular con guantes. Los guantes deben ser controlados antes de la utilización. Utilice la técnica correcta de quitarse los guantes (sin tocar la superficie exterior del guante) para evitar el contacto de la piel con este producto. Deseche los guantes contaminados después de su uso, de conformidad con las leyes aplicables y buenas prácticas de laboratorio. Lavar y secar las manos.

#### Protección de los ojos

Gafas de seguridad con protecciones laterales conformes con la EN166 Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes, tales como NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (UE).

#### Protección de la piel y del cuerpo

Traje de protección completo contra productos químicos, El tipo de equipamiento de protección debe ser elegido según la concentración y la cantidad de sustancia peligrosa al lugar específico de trabajo.

#### Medidas de higiene

Manipular con las precauciones de higiene Industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.

---

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

### Aspecto

Estado físico	polvo
Color	beige

### Datos de Seguridad

pH	sin datos disponibles
Punto de fusión	550 °C (1,022 °F) - lit.
Punto de ebullición	sin datos disponibles
Punto de inflamación	sin datos disponibles
Temperatura de ignición	sin datos disponibles
Límite de explosión, inferior	sin datos disponibles
Límite de explosión, superior	sin datos disponibles
Densidad	3.460 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua	sin datos disponibles

---

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

### Estabilidad química

Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

### Condiciones que deben evitarse

Evitar la humedad.

**Materias que deben evitarse**

Ácidos fuertes, Agentes oxidantes fuertes

**Productos de descomposición peligrosos**

Productos de descomposición peligrosos formados en condiciones de incendio. - Bromuro de hidrógeno gaseoso, Óxidos de litio.

---

**11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA****Toxicidad aguda**

DL50 Oral - rata - 1,800 mg/kg

DL50 Intrapertoneal - conejillo de indias - 580 mg/kg

DL50 Intrapertoneal - ratón - 1,160 mg/kg

DL50 Subcutáneo - ratón - 1,680 mg/kg

**Corrosión o Irritación cutáneas**

sin datos disponibles

**Lesiones oculares graves/ Irritación ocular**

sin datos disponibles

**Sensibilización de la piel o respiratoria**

sin datos disponibles

**Mutagenicidad en células germinales**

sin datos disponibles

**Carcinogenicidad**

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

ACGIH: No se identifica ningún componente de este producto, que presente niveles mayores que o el igual a 0,1% como cancerígeno o como carcinógeno potencial por la ACGIH.

NTP: En este producto no se identifica ningún componente, que presente niveles mayores que o iguales a 0.1%, como agente carcinógeno conocido o anticipado por el (NTP) Programa Nacional de Toxicología.

OSHA: No se identifica ningún componente de este producto, que presente niveles mayores que o el igual a 0,1% como cancerígeno o como carcinógeno potencial por la (OSHA) Administración de Salud y Seguridad Ocupacional.

**Toxicidad para la reproducción**

sin datos disponibles

**Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposición única (SGA)**

sin datos disponibles

**Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposiciones repetidas (SGA)**

sin datos disponibles

**Peligro por aspiración**

sin datos disponibles

**Efectos potenciales sobre la salud**

<b>Inhalación</b>	Puede ser nocivo si se inhala. Puede provocar una irritación en el tracto respiratorio.
<b>Ingestión</b>	Nocivo por ingestión.
<b>Piel</b>	Nocivo si es absorbido por la piel. Puede provocar una irritación de la piel.
<b>Ojos</b>	Puede provocar una irritación en los ojos.

**Signos y Síntomas de la Exposición**

---

En dosis elevadas, el ion litio puede provocar mareos y postración, así como lesiones renales si se limita la aportación de sodio. Se han descrito casos de deshidratación, pérdida de peso, efectos dermatológicos y trastornos tiroideos. Entre los efectos sobre el sistema nervioso central pueden presentarse lenguaje escandido, visión borrosa, disminución de la función sensorial, ataxia y convulsiones. La exposición repetida al ion litio puede provocar diarrea, vómitos y efectos neuromusculares como temblores, clonus y reflejos hiperactivos., Cuando la inhalación o administración de bromuro es prolongada se producen a menudo erupciones, especialmente de la cara, parecidas al acné y furunculosis., Síntomas agudos de exposición excesiva, depresión, psicosis, Según nuestras informaciones, creemos que no se han investigado adecuadamente las propiedades químicas, físicas y toxicológicas.

**Información Adicional**

RTECS: OJ5755000

---

**12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA**

**Toxicidad**

sin datos disponibles

**Persistencia y degradabilidad**

sin datos disponibles

**Potencial de bioacumulación**

sin datos disponibles

**Movilidad en suelo**

sin datos disponibles

**Valoración PBT y MPMB**

sin datos disponibles

**Otros efectos nocivos**

sin datos disponibles

---

**13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN**

**Producto**

Ofertar el sobrante y las soluciones no-aprovechables a una compañía de vertidos acreditada.

**Envases contaminados**

Eliminar como producto no usado.

---

**14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE**

**DOT (US)**

Not dangerous goods

**IMDG**

Not dangerous goods

**IATA**

Not dangerous goods

---

**15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

**Peligros OSHA**

Efecto del órgano de blanco, Dañino si se Ingiere.

**DSL Estado**

Este producto contiene los componentes siguientes que no están en la lista canadiense NDSL, ni en la lista DSL.

Lithium bromide

No. CAS  
7550-35-8

**SARA 302 Componentes**

SARA 302: Este material no contiene productos químicos sujetos a los requisitos reportados por SARA Título III, sección 302.

**SARA 313 Componentes**

SARA 313: Este material no contiene ningún componente químico con los conocidos números CAS que exceden el umbral de los niveles reportados (De Minimis) establecidos por SARA título III, sección 313.

**SARA 311/312 Peligros**

Peligro Agudo para la Salud, Peligro para la Salud Crónico

**Massachusetts Right To Know Componentes**

No hay componentes sujetos al Acta de Derecho a Saber de Massachusetts.

**Pennsylvania Right To Know Componentes**

	No. CAS	Fecha de revisión
Lithium bromide	7550-35-8	

**New Jersey Right To Know Componentes**

	No. CAS	Fecha de revisión
Lithium bromide	7550-35-8	

**Prop. 65 de California Componentes**

Este producto no contiene ninguna sustancia química conocida para el de Estado de California que pueden causar cáncer, defectos de nacimiento, o cualquier otro daño reproductivo.

---

**16. OTRA INFORMACIÓN**

**Otros datos**

Copyright 2010 Sigma-Aldrich. Se autoriza la reproducción en número ilimitado de copias para uso exclusivamente interno.

La información indicada arriba se considera correcta pero no pretende ser exhaustiva y deberá utilizarse únicamente como orientación. Sigma-Aldrich, no responderá por ningún daño resultante de la manipulación o contacto con el producto indicado arriba. Ver otros términos y condiciones de venta en el reverso de la factura o de la nota de entrega.

---

## **BIBLIOGRAFÍA:**

### **LIBROS:**

Academia Hütte de Berlín, (1978), Manual del Ingeniero, (28ª Edición), Gustavo Gili S.A., Barcelona.

Burghardt, M. David., (1984), Ingeniería termodinámica, (2ª Edición), Harla México.

Carless, J., (1995), Energía renovable, EDAMEX, México.

Carrier Corporation. Carrier Air Conditioning Company, (1987), Manual de aire acondicionado, McGraw – Hill, Barcelona.

Faires, V. M., (1982), Termodinámica, (2ª Edición), Limusa, México.

Fraas, A.P., (1989), Heat Exchanger Design, (2ª Edición), Wiley, E.U.A.

Havrella Raymond, A., (1988), Fundamentos de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire, McGraw – Hill, México.

Hernández Goribar, E., (1973), Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, Limusa México.

Ibáñez Plana, M.; Rosell Polo, J. R.; Rosell Urrutia, J. I., (2005), Tecnología Solar, Mundi - Prensa, Madrid.

Jennings Burgess, H., (1970), Aire acondicionado y refrigeración, Continental, México.

Manrique, José A., (1984), Energía solar: Fundamentos y aplicaciones foto térmicas, Harla México.

Planchard, D.C.; Planchard, M. P., (2007), Solid Works 2007 tutorial, Schroff Development Corporation, E.U.A.

Stoecker, W F., (1965), Refrigeración y acondicionamiento de aire, McGraw – Hill, New York.

## **Artículos**

Franco Martínez, David, (2007), “Avances del proyecto de investigación AAS: aire acondicionado solar para aplicarse en la FES Aragón” en Memoria de Artículos técnicos de la XXXI Semana Nacional de Energía Solar, ANES, México.

Franco Martínez, David, Santiago Castillo José R., Durán Lara José M., (2009), “Rediseño Y Armado Del Equipo De Aire Acondicionado Solar” en memoria de Artículos Técnicos de la XXXIII Semana Nacional de Energía Solar, ANES, México.