

Provincia: Neuquén

# Refrigerador Solar – Térmico por Adsorción

Nivel: Ed. Secundaria

Área: ETP/B 4

Modalidad: Educación Técnico  
Profesional

**TECNICAMENTE**

**2017**

**Refrigerador Solar-Térmico por Adsorción**

**Área: Tecnología**

**Modalidad: Educación Técnica y profesional**

**Alumnos/as:**

**Gatica, Camila Belén                      DNI: 41.591.582**

**Plottier, Julián Alejandro                DNI: 41.346.779**

**Docentes:**

**Sponton, Alejandro Darío                DNI: 32.567.801**

**Pagliaro, Carlos Cecilio                 DNI: 13.355.890**

**Garcés Olsen, Enrique Daniel         DNI: 26.510.866**

**Giovana, Paola Ragusa                 DNI: 33.678.752**

**ESCUELA PROVINCIAL DE EDUCACIÓN TÉCNICA Nº 4**

**Gregorio Álvarez y Perito Moreno - Junín de los Andes - Neuquén**

**e-mail [epetjandes@yahoo.com.ar](mailto:epetjandes@yahoo.com.ar)**

**Teléfono: 02972-491556**

ÍNDICE:

	<b>PÁGINA</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>3</b>
<b>Descripción.....</b>	<b>12</b>
<b>Desarrollo.....</b>	<b>15</b>
<b>Construcción.....</b>	<b>16</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>22</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>23</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>32</b>

## RESUMEN:

### Introducción:

*“Ante la avidez de energía que manifiesta la vida actual, resulta necesario tener conciencia plena de lo que significan las investigaciones de nuevas fuentes de energía para satisfacer las demandas presentes y futuras” [Manrique 1984]*

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

La energía solar tiene un enorme potencial, aun poco explorado, para energizar tantos ciclos de calentamiento como de refrigeración.

### Problema:

- En un mundo tan complejo y moderno como el actual, donde el cambio climático desempeña un papel cada vez más importante en la vida de las personas y del planeta, generando impactos a gran escala, es necesaria contribuir de alguna manera al ejercicio de mejoramiento continuo del planeta.
- La gran mayoría de los pobladores del área rural, no cuentan con acceso al tendido de distribución eléctrica, por lo que el mantenimiento del estado de sus alimentos y medicamentos les resulta un problema y se encuentran limitados por esto, obligados a utilizar otros métodos de conservación, en el caso de los medicamentos tienen que almacenarlos en el hospital local, así teniendo que movilizarse en ambulancias hacia el para suministrárselos.

### Objetivos:

- Estudio y desarrollo de un sistema de refrigeración autosustentable y que utilice energías renovables, para pobladores del área rural con escaso acceso a la red eléctrica y de bajos recursos
- Identificar los procesos que rigen el principio de refrigeración por adsorción.
- Determinar los parámetros de desempeño del prototipo de sistema de refrigeración por adsorción, coeficiente de desempeño (COP).
- Estudiar el comportamiento del sistema en diferentes temperaturas.

### Propuesta:

Diseñar y construir un sistema cerrado de refrigeración por adsorción, aprovechando la radiación solar, para la conservación de alimentos y medicamentos. Sistema de bajo costo y fácil construcción.

## MARCO TEÓRICO:

La tecnología del frío solar parte de una idea aparentemente contradictoria: aprovechar el calor para generar frío. Teniendo en cuenta que el consumo eléctrico sube considerablemente durante los meses de verano por el uso de los aparatos de aire acondicionado, la generalización de esta tecnología puede suponer un desarrollo muy positivo en la implantación de nuevas aplicaciones de las energías renovables y en la reducción de dichas puntas de consumo eléctrico.

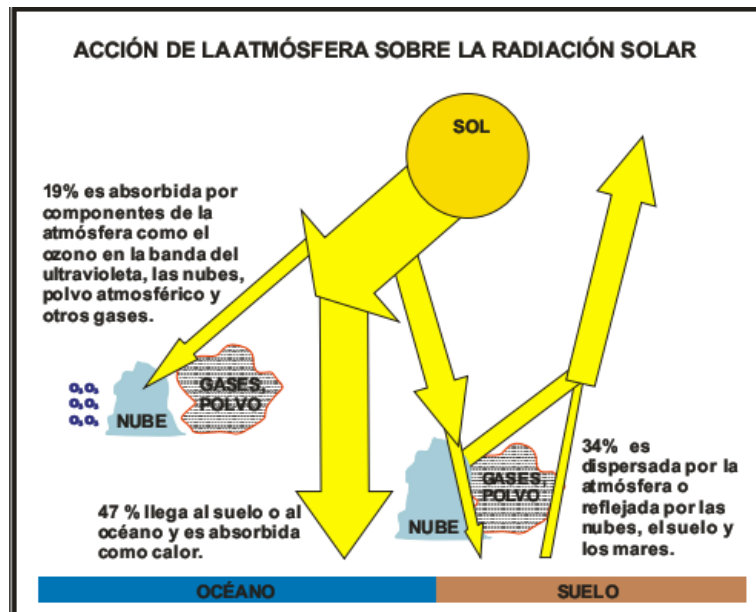
### **La Energía Solar:**

La luz visible y rayos infrarrojos provenientes del reactor nuclear natural, nos proveen de energía gratuita que se puede aprovechar para activar sistemas para la producción de frío. El sol es la estrella más cercana a la tierra y su núcleo tiene en su interior una temperatura aproximada de 15 millones de grados Celsius, y sin embargo en la superficie alcanza una temperatura promedio de 5770°C. El sol es alimentado en su interior por reacciones nucleares. De su superficie se emiten radiaciones electromagnéticas en todas las direcciones. Un rayo del sol tarda aproximadamente ocho minutos en llegar a la tierra. La radiación solar abarca desde el ultravioleta pasando por la luz visible hasta el infrarrojo, lo que se conoce como el espectro solar.

La cantidad de energía recibida por unidad de tiempo (minuto), en el límite superior de la atmósfera terrestre, sobre una superficie unitaria (centímetro cuadrado) perpendicular a los rayos solares y ubicada a una distancia media entre el sol y la tierra, se denomina constancia solar. Su valor se ha estimado en aproximadamente 2 cal/cm<sup>2</sup> min.

Sin embargo, la energía solar, a medida que atraviesa la atmósfera sufre procesos tales como reflexión, dispersión y absorción, que reduce la cantidad de radiación que efectivamente alcanza la superficie terrestre.

Como se observa en la figura 1, del total de radiación que llega del sol, el %19 es absorbida por la atmósfera, una parte en la banda del espectro correspondiente al ultravioleta por las moléculas de ozono presentes en la alta atmósfera y otra, por el vapor de agua, polvo atmosférico, el dióxido de carbono y las gotitas de agua que componen las nubes. Aproximadamente un %34 es dispersado por los componentes de la atmósfera o bien reflejado por las nubes o por la superficie terrestres (albedo). Se estima que en promedio, solo el %47 restante llega finalmente a la superficie del suelo en el océano y es absorbida como calor (Oort 1982)



La cantidad de radiación solar que llega a un determinado punto de la superficie terrestre condiciona la disponibilidad de energía, y depende de la inclinación con la que llegan los rayos solares y la duración del brillo solar, ambos determinados por la latitud y la época del año.

### Sistemas de refrigeración:

Los denominados sistemas frigoríficos sistemas de refrigeración corresponden a arreglos mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos ,o más, focos conforme se requiera. Están diseñados primordialmente para disminuir la temperatura del producto almacenado en cámaras frigoríficas o cámaras de refrigeración las cuales pueden contener una variedad de alimentos o compuestos químicos, conforme especificaciones.

Cabe mencionar la radical diferencia entre un sistema frigorífico y un circuito de refrigeración, siendo este último un mero arreglo para disminuir temperatura el cual se define como "concepto", ya que su diseño (abierto, semi abierto, cerrado), fluido (aire, agua, incluso gas refrigerante), flujo (sólo frío o "bomba de calor") varían conforme la aplicación. Estos varían desde el clásico enfriamiento de motor es de combustión interna por medio de agua hasta el wáter cooling utilizado en enfriamiento de computadoras. Los sistemas frigoríficos tienden a ser bastante más complejos que un circuito de refrigeración y es por eso que se presenta aparte.

### Refrigeración por sorción:

Un sistema de sorción tiene una capacidad única de transformar la energía térmica directamente en potencia de refrigeración. Entre el par adsorbente-adsorbato, el fluido de trabajo (refrigerante) es conocido como adsorbato mientras que el sólido que adsorbe es llamado adsorbente.

### **Coefficiente de desempeño (COP)/ Eficiencia frigorífica:**

El coeficiente de operación (COP) corresponde a la medida de funcionamiento de los sistemas de acondicionamiento de aire y de enfriamiento. Se define el COP como la relación entre la energía retirada de los alrededores (realizando el enfriamiento) y la entrada de energía.

La energía que entra al sistema, puede hacerlo bajo la forma de trabajo o de calor e incluye la energía necesaria para impulsar todo el equipo auxiliar, tal como ventiladores, bombas, calentadores de respaldo, etc.

### **La Refrigeración:**

La refrigeración artificial o mecánica se refiere a la acción de retirar calor dentro de una zona confinada para cambiar la temperatura interna de este espacio [Pilatosky Figueroa 1993]. Hay muchos procesos y fines específicos para la producción de frío, como preservar alimentos, dar una sensación de confort o realizar un proceso.

El ser humano antes de producir frío comienza a recolecta bloques de agua congelada, consecuencia del deshielo de ríos y lagos. Posterior a esto el hombre notó que adicionando sales al hielo se mantiene una baja temperatura por más tiempo donde interviene el calor latente de fusión. Varios siglos después el hombre experimenta con mezclas refrigerantes, la presión de vapor del líquido-gas como pareja de trabajo, y cuando Faraday descubre la licuefacción de los gases bajo ciertas condiciones de presión y temperatura nace el principio de refrigeración [Rapin 2001]

### **Ciclos Frigoríficos:**

Al tratar el segundo principio de la termodinámica, se expresó que la maquina frigorífica funciona con un ciclo Carnot inverso al de la máquina térmica, y que su rendimiento quedaba expresado por la **eficiencia:**

$$w = \frac{Q_2}{A.W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

En el cual:

$Q_2$ = es la cantidad de calor que la maquina extrae del foco frio;

$A.W$ = el equivalente calorífico del trabajo que recibe la maquina;

$Q_1 = Q_2 + A.W$ = cantidad de calor que la maquina entrega al foco caliente;

$T_1$  y  $T_2$  las temperaturas absolutas del foco caliente y del foco frio, respectivamente.

En el caso el ciclo ideal de Carnot (fig A) es recorrido en sentido contrario por el fluido de evolución que evoluciona y que se lo denomina refrigerante (metanol)

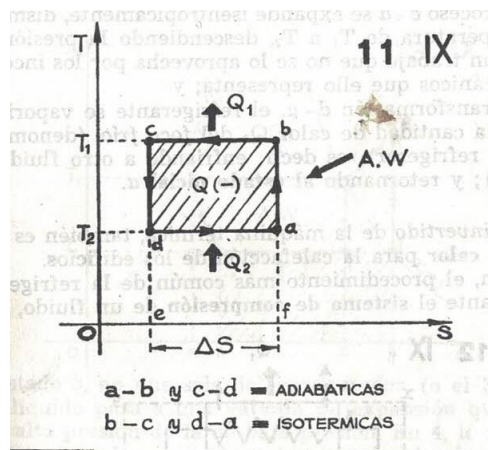


Fig. A

En el caso, el área a – d – e – f representan la cantidad de calor:

$$Q_2 = T_2 \cdot \Delta S$$

El área b – c – d – e – f – a – b, representa la cantidad de calor:

$$Q_1 = T_1 \cdot \Delta S$$

En consecuencia, el área a – b – c – d, encerrada en el ciclo representa el equivalente calorífico del trabajo entregado a la maquina:

$$A . W = Q_1 - Q_2 = -Q = \Delta S (T_1 - T_2)$$

Si bien, por la convención anterior este valor es negativo, en la práctica se lo considera positivo, pero adoptando una nueva unidad de medida que, en el sistema métrico decimal es la frigorífica, de igual valor que la calorimetría.

En el ciclo ideal de Carnot corresponde a la maquina frigorífica se lo explica de la siguiente manera:

- a) El fluido refrigerante, a la temperatura  $T_2$  (estado a) recibe el equivalente calorífico A.W del trabajo que hace mover la máquina, realizando una compresión adiabática a – b, con aumento de temperatura. Es decir, el refrigerante se lo comprime isentrópicamente hasta la temperatura  $T_1$
- b) En el proceso se condensa a temperatura constante, cediendo la cantidad de calor  $Q_1$ , al foco caliente (aire o liquido)
- c) En el proceso c – d se expande isentrópicamente, disminuyendo su temperatura de  $T_1$  a  $T_2$ , descendiendo la presión y realizando un trabajo que no se lo aprovecha por los inconvenientes mecánicos que ello presenta; y
- d) En la transformación d – a, el refrigerante se evapora extrayendo la cantidad de calor  $Q_2$  del foco frío (denominado espacio a refrigerar), es decir, enfriando a otro fluido (aire o liquido) ; y retornando al espacio inicial a.

El procedimiento más común de la refrigeración se realiza mediante el sistema de compresión de un fluido como en el caso del sistema que utilizamos en nuestro proyecto, denominado de Adsorción (quimisorción) que se caracteriza porque el refrigerante (Metanol) es adsorbido en baja presión y liberado a alta presión. En el esquema de la figura B se representa un sistema de refrigeración por compresión y en la figura C el ciclo ideal correspondiente en el diagrama entrópico.



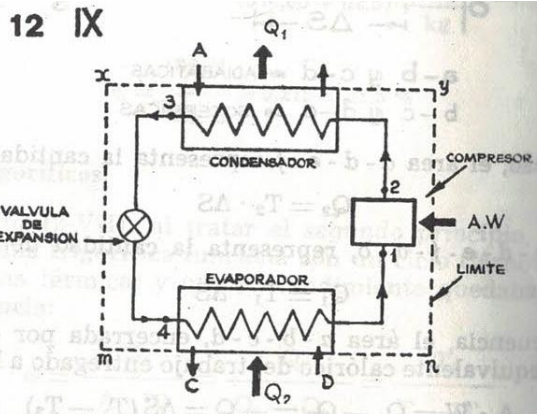


Fig. B

El refrigerante entra al compresor (punto 1) a baja temperatura ( $T_2$ ) y mientras la compresión 1 – 2 sale del mismo a una presión tal que la temperatura de saturación es mayor que  $T_1$ . Del compresor el vapor entra a los serpentines del evaporador y el calor de la condensación es extraído por el agua de circulación, en otras instalaciones es el aire circulante el que adsorbe el calor  $Q_1$ . El condensador sale el recalentamiento del vapor (si existe como en el caso analizado) y, a veces, enfría el líquido por ejemplo de 3 a 3'

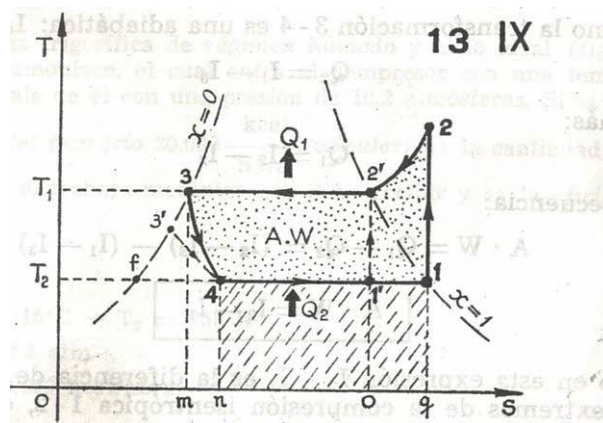


Fig. C

En el estado 4, la mezcla muy húmeda entra en el evaporador, adsorbiendo el calor  $Q_2$  del ambiente o del medio circulante (espacio frío u otra sustancia). Así por ejemplo, en la fabricación comercial del hielo, se hace circular salmuera fría alrededor de los moldes que contienen el agua adsorbiendo la salmuera el calor del agua hasta congelarla. La salmuera circula luego por el evaporador, donde es enfriada nuevamente y retorna luego para adsorber más calor del agua contenida en los moldes

### El fenómeno llamado Adsorción:

El fenómeno de la adsorción es prácticamente un proceso termodinámico en el cual la molécula de un fluido en fase gaseosa se condensa sobre la superficie de alguna sustancia de fase sólida. Para ponerlo de una manera en fases, si se tienen las fases 1 y 2 en contacto, va a haber una región en medio de las dos en las que hay un potencial distinto al homogéneo de las fases cuando no están en contacto. En el caso de la adsorción las dos fases implicadas son una gaseosa o vapor y otra sólida. En esta región

donde el potencial es distinto suele ser de un grosor definido por la afinidad y varios diámetros de la molécula en fase gaseosa (López R.H, 2004)

Para nombrar a los participantes en el proceso de adsorción, al sólido que adsorbe a la molécula gaseosa se le llama adsorbente, a la molécula gaseosa se le llama adsorbato, a la molécula de gas o vapor sin adsorber en la superficie del sólido se le llama adsorbtivo, cuando la molécula de gas ya ha sido adsorbida y depositada en el sólido se le llama adsorbato.

Es conveniente señalar en este momento la diferencia de los términos de ADSORCIÓN, en nuestro caso, y ABSORCIÓN. En el caso de la adsorción, la interacción entre las dos fases es simplemente por fuerzas superficiales, ninguna de las dos penetra en la otra; al contrario de la absorción en la cual la interacción de las dos fases es llevada hasta la penetración de una en la otra lo que lleva al aumento de la masa y volumen y de la fase que absorbe. El termino genérico para los dos procesos es el de sorción - igual que para los implicados en la sorción, sorbato, sortivo y sorbente- y este se usa siempre y cuando en un proceso se pueden llevar cado ambos fenómenos. En cuanto al proceso inverso en el cual las moléculas abandonan el adsorbente se le llama desorción (Martín J.M., 1988)

La adsorción se da en casi cualquier superficie expuesta a una fase gaseosa o de vapor, sin embargo, ni la superficie, ni la cantidad de adsorbato y ni la cantidad de energía son lo suficientemente importantes para notar cambios importantes en estas debido a que cuando se lleva a cabo el proceso de adsorción, es la superficie libre del sólido el que dicta la energía que hay disponible para poder adsorber un fluido. Mientras mayor sea la superficie que tenga la posibilidad de albergar una molécula de una fase fluida, mayor cantidad de adsorbato puede retener. Es por esto que los mejores adsorbentes son aquellos con estructura porosa. A diferencia de los sólidos no porosos donde las moléculas solo pueden adherirse a la superficie exterior, los sólidos pueden dirigir a las moléculas del adsorbato a su interior en donde se pueden difundir para llenar la mayor cantidad de espacios en los poros internos (González, M.I., 2006)

Los sólidos porosos se clasifican generalmente según el tamaño de sus poros, los cuales pueden ser: macro, meso y microporos. De estos los mejores adsorbentes son los microporosos, ya que estos son los que cuentan con la mayor área superficial. Los tamaños de los microporos son de radio menores a 2nm, los mesoporos van desde los 2 a 50nm y los macroporos con diámetros mayores a los 50nm.

El proceso de la adsorción se puede llevar a cabo por dos tipos de fuerzas que son físicas y químicas. Para describir a las fuerzas físicas se les llama fisorción y estas son las fuerzas atractivas y repulsivas que son responsables de la condensación de vapores y las desviaciones de la identidad de los gases reales (Dubinin, M.M, et al. 1964). Las fuerzas químicas se conocen como quimisorción, y esta está gobernada por la formación de enlaces químicos entre las especies adsorbidas y los átomo-iones-superficies del sólido (Hayward, D.C, at al. 1964), dicho de otra manera, la quimisorción es cuando las moléculas quedan adheridas a la superficie del sólido. Las temperaturas son más altas que las de la fisorción, es un proceso más lento y habitualmente conlleva a la existencia de energía de activación.

Debido a que nuestro proceso solo se lleva a cabo la fisorción, este tipo de absorción es un proceso de superficie, este es mayormente determinado por las fuerzas de van der Waals, y las interacciones pueden ser de tipo dipolo - dipolo, dipolo permanente, dipolo inducido, dipolo - cuadrupolo, y cuadrupolo - cuadrupolo, además de las interacciones repulsivas de corto alcance. Debido a estas interacciones repulsivas de corto alcance. Debido a estas interacciones ciertas moléculas de adsorbato no son tan compatibles con un sólido adsorbente, aunque sus tamaños de poro y diámetro de molécula sean muy

cercanos, ya que, si es apolar y el sólido es de cierta interacción polar, las fuerzas repulsivas pueden dominar la adsorción.

### Importancia de la refrigeración

La inercia con la que gira el mundo globalizado demandante de tiempo y comodidades, no se detendrá por falta de tecnología amigable con el ambiente, es por esto que se debe hacer uso responsable de los avances tecnológicos utilizando la energía que se nos proporciona gratuitamente (la solar). Los habitantes del planeta no pueden prescindir de la producción del frío, ya que la producción antropogénica de frío es necesaria para la preservación de productos en la industria alimentaria, en procesos, fabricación de hielo, transportación, refrigeración doméstica y el acondicionamiento térmico de espacios fijos o móviles. Mayor relevancia tiene la producción de frío para la preservación de vacunas, biológicos y órganos vitales en el sector salud. Esta producción de frío tiene un consumo mundial de un 15 por ciento del total de la energía eléctrica generada [Pilatosky Figueroa 2007]. Este consumo de energía, con las tecnologías actuales, conlleva emisiones de efecto invernadero por la quema de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas. Actualmente ya existe tecnología alternativa que opera con energía solar y no requiere de la electricidad.

### La elección del “refrigerante” para una determinada instalación de refrigeración depende:

- De las presiones y temperaturas a las cuales se evapora.
- Del calor latente de evaporación.
- Del olor.
- Del volumen específico.
- De la temperatura de solidificación.
- De su poder corrosivo y del poder disolvente.
- De la posibilidad de explosión y combustión.
- De sus efectos tóxicos o su inocuidad con respecto a las sustancias alimenticias
- De su costo.

Fluido	$\Delta$ Vaporización KJ/mol	P Densidad En g.l	Gramos por mol	Energía para vaporizar 1g	Temperatura de ebullición a 1 atm	Calor especifico
Agua	40.657	.997	18	731.826	100°C	1
Metanol	17.46	.741	26	453.960	64.7°C	1.37
Etanol	27.76	.789	46	1,276	78°C	2.42

**Sumatorio de resultados experimentales:** Recopilamos los resultados experimentales de máquinas de adsorción descritas en la literatura, especificando que no se trata de una lista exhaustiva, sino solo de tratar de dejar reflejado una relación más o menos amplia de resultados publicados, preferentemente en

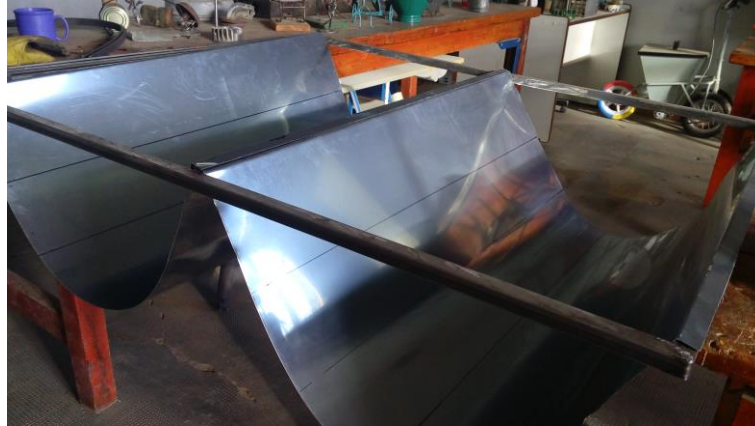
años recientes. En esa tabla se hace mención de prototipos que utiliza el par metanol-carbón activado como también otros pares de adsorbentes-adsorbato.

Autor	Año	Ref	Pareja	Tipo	COP	Observaciones
Critoph	1997	[33]	ca-am	E	0,06-0,07	
Pons	1986	[60]	ca-am	E	0,10-0,12	
Douss	1988	[14]	ca-me	E	0,58	Térmico
Passos	1989	[16]	ca-me	S	0,156	
Bentayeb	1994	[13]	ca-me	S		Hasta 10 kg hielo por m <sup>2</sup> y día
Mhiri	1996	[41]	ca-me	?	0,19	
Wang	1998	[48]	ca-me	E		Térmico. No informan del aporte. 1 kg hielo por kg de carbón y día
Sumathy	1999	[36]	ca-me	E, S	0,10-0,12	
Boubakri	2000	[35]	ca-me	S	0,19	
Leite	2000	[15]	ca-me	S	0,24	
Wang	2000	[61]	ca-me	E, S	0,07	
Anyanwu	2001	[12]	ca-me	S	0,02-0,07	COP calculado en función de diversos parámetros
Wang	2001	[54]	ca-me	E, S	0,06	
Wang	2001	[37]	ca-me	E	0,13	Térmico
Li	2002	[40]	ca-me	E	0,147	Aporte mediante simulador solar de lámparas
Wu	2002	[62]	ca-me	E	0,17-0,40	Térmico, doble efecto
Buchter	2003	[42]	ca-me	E	0,09-0,13	
Leite	2004	[63]	ca-me	E	0,085	En el COP se cuenta sólo el hielo realmente obtenido
Li	2004	[51]	ca-me	E	0,12	
Li	2004	[64]	ca-me	E		2 kg metanol evaporado por m <sup>2</sup> y día. Mal funcionamiento con etanol
Khattab	2004	[47]	ca-me	E	0,14-0,16	
Lemmini	2005	[65]	ca-me	E	0,08	
Anyanwu	2005	[39]	ca-me ca-am ze-ag	S	0,16 0,19 0,30	Los COP son límites máximos calculados para cada tipo de par de trabajo.
Oertel	1998	[25]	si-me	E	0,25	Híbrido térmico - solar. Modifican una máquina comercial de silicagel - agua
Hildbrand	2004	[28]	si-ag	E	0,25	
Guilleminot	1981	[18]	ze-ag	E	0,04-0,14	
Marmottant	1992	[27]	ze-ag	E, S	0,07-0,11	
Hajji	1991	[38]	ze-ag ca-me	S	0,09	

Tabla 1.2: Resumen de máquinas de adsorción en la literatura. Las líneas marcadas en color representan máquinas directamente comparables con la que se presenta en este trabajo. **(Clave de parejas)** ca: carbón activo; am: amoníaco; me: metanol; ze: zeolitas; ag: agua; si: silicagel. **(Clave de tipos)** E: experimental; S: simulación. **(Clave de observaciones)** 'Térmico' significa que el aporte energético es mediante una fuente de calor no solar.

## DESCRIPCIÓN:

1. **Concentrador solar:** El concentrador solar que utilizaremos en nuestro proyecto será el de tipo Concentrador Canal Parabólico (CPC); compuesto por una lámina refractaria (acero inoxidable). Esta lamina recibe los rayos solares y por la propiedad de la parábola concentra los rayos incidentes en su foco, donde se encuentra el elemento receptor que contiene el fluido a calentar



2. **Carbón activado, metanol (parte química):**

Sustancias como el carbón activado contienen poros de varios tamaños y formas geométricas. Estos poros pueden ser categorizados básicamente en tres grupos; microporos, son aquellos cuyos radios son menores de 2nm. Los mesoporos son los que poseen radios comprendidos entre 2 y 50nm y los macroporos son aquellos cuyos radios son mayores a 50 nm.

Comercialmente el carbón activado disponible se lo prepara a partir de carbones en materiales carbón-contenedores como el carbón (antracita o lignito), lignito, madera, cascara de nuez, cascara de coco del petróleo y a veces de síntesis de altos polímeros. Estos materiales son los primeros pirolizados y carbonizado en varios cientos de grados centígrados durante el proceso de fracción volátil y de los productos bajos moleculares de la pirolisis removidos de material carbonoso incinerado. Este componente fue difícil de conseguir ya que no se utiliza frecuentemente, su costo fue de alrededor de los \$200 por kilogramo, este no es elevado considerando que solo se debe invertir en él una sola vez, las especificaciones sobre el a la hora de su compra no son claras, por lo que no sabemos bien cuál será su rendimiento, solo lo podremos comprobar mediante su uso.



3. **Metanol (parte química):** es un compuesto químico cuya fórmula es  $\text{CH}_4\text{O}$ , cambia de estado líquido a gaseoso a una temperatura de  $65^\circ$  ( $P = 1000 \text{ mbar}$ ) liquido de baja densidad, incoloro, es a fin a trabajar con enlaces de hidrogeno, su entalpia de evaporación es de  $27,76 \text{ KJ mol}^{-1}$ .

En el proyecto este será el que cumplirá el rol del adsorbato en el ciclo de adsorción (ingresa a los micro poros) respecto a su adsorbente (Metanol) este componente se evaporara y debido a cambios de presión que sufrirá a lo largo de su recorrido por el sistema del refrigerador, llegara al evaporador como un líquido muy frio el cual congelara el agua que este cubriendo el evaporador (cámara fría)



#### 4. Concentrador Solar:

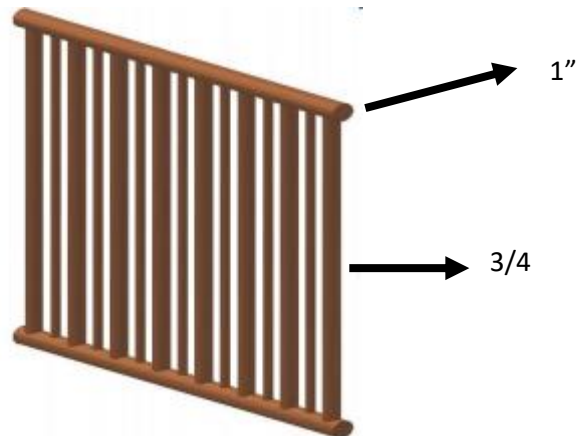
El concentrador solar constara de dos caños de bronce de 50 mm, este material es uno de los más eficientes en conductores del calor, por lo tanto, será uno de los que nos brindara mejor rendimiento a la hora de la captación de los rayos solares. En el proyecto original del INTA en el cual nos inspiramos, la medida de este concentrador era de 100mm y era solo uno, pero al ser este un material difícil de



conseguir en esas dimensiones, solo pudimos obtener de 50 mm.

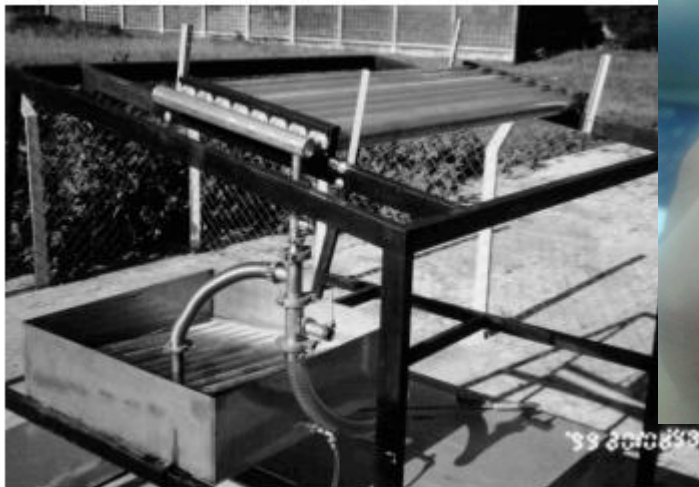
**Condensador (en construcción):** el siguiente elemento como se acaba de especificar, aún está en fase de construcción debido a que esta medida del material es difícil de conseguir, constara básicamente de

caños de cobre de  $\frac{3}{4}$  y 1", en esta fase del sistema el vapor del metanol ingresara cambiando así su presión.



Modelo de Condensador (AutoCAD)

**Evaporador y cámara fría (en construcción):** El evaporador y la cámara fría serán el último recorrido del sistema donde el metanol ya con una presión baja (baja temperatura) se depositará en el evaporador el cual está ubicado dentro de la cámara fría la cual está cubierta con agua, esa agua que será la que se transformara en Hielo.



Prototipo Universidad Nacional de Paraíba (Brasil), se puede observar en la imagen las partes del refrigerador ensambladas

### Desarrollo

- **Armado y diseño de un concentrador solar a escala (medidor de presión):**

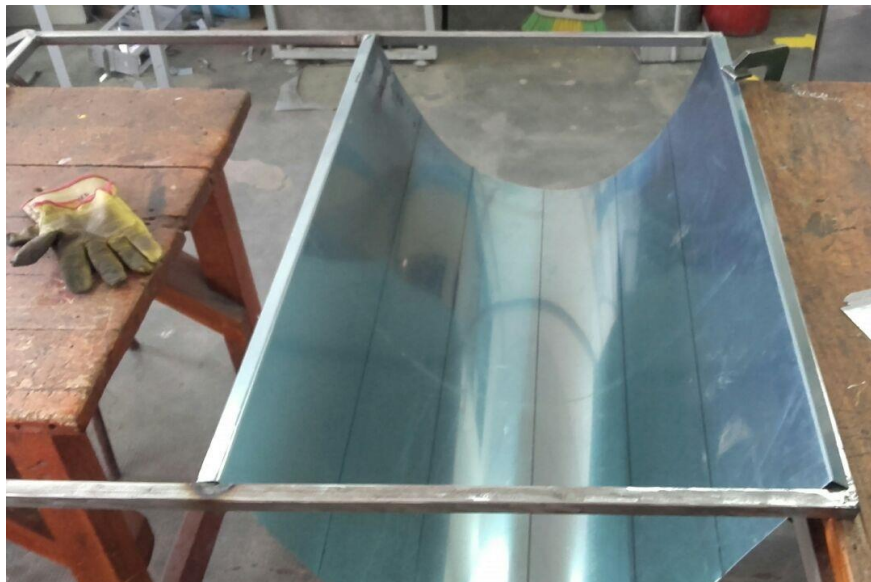
Este dispositivo lo comenzamos a diseñar y construir con el fin de acercarnos a lo que sería el modelo en escala original, ya que era algo nuevo tanto para nosotros como alumnos como para los profesores y así poder tener una idea de las magnitudes de presiones con las que trabajaremos, el químico que se encontrará adsorbido por el mineral sanitario (Zeolita) estará dentro de un caño de bronce revestido con cobre de 67mm de diámetro por 23mm de largo.

En los extremos se encuentran estas tapas que encastran perfectamente en el caño para sellarlas fueron soldadas con estaño. Como se aprecia en las fotos en el centro de las tapas se ha enroscado una conexión espiga-macho, una para una salida donde ira conectado un manómetro y otra para lo que será la liberación del vapor del químico, en el otro lado de la tapa sea enroscado a la salida "M" un caño de 20mm de diámetro para que dentro de este vaya sostenida la malla que ira ubicada justo en el centro de este (alrededor de ella la zeolita)

Esta tapa se realizó con el fin de que este en uno de los extremos fija, tiene una perforación en el centro de 4,5cm y en su alrededor 5 perforaciones de 0,3cm con rosca para que arriba de ella vaya otra tapa y se fije con 5 tornillos con sus perforaciones correspondientes, para que este extremo cuente con una tapa móvil para que se pueda introducir el adsorbente y luego sellarla

### CONSTRUCCIÓN:

La construcción del proyecto se dio en varias partes, a medida que se iban consiguiendo los materiales, se comenzó con la construcción de un soporte de hierro estructural 20x20mm para los concentradores solares (parábolas) cuyas uniones fueron soldadas con soldadora eléctrica.



Luego se procedió a cortar en dos partes una chapa de acero inoxidable cuya medida era de 2 metros de ancho por 1 metro de largo, de modo que quedaron dos pedazos de 1 metro por 1 metro, con estas dos partes se le dio forma a los captadores solares



**Canal Parabólico:** como lo mencionamos anteriormente esta parte hace referencia a dos parábolas, entendiéndose como parábola a una curva abierta formada por dos líneas o ramas simétricas respecto a un eje y en que todos sus puntos están a la misma distancia del foco (un punto) y de la directriz (recta perpendicular al eje)



X	Y
0	0
0,1	$+\sqrt{1,2 \cdot 0,1} = 0,11$
-0,1	$-\sqrt{1,2 \cdot 0,1} = -0,11$
0,2	$+\sqrt{1,2 \cdot 0,2} = 0,22$
-0,2	$-\sqrt{1,2 \cdot 0,2} = -0,22$
0,3	$+\sqrt{1,2 \cdot 0,3} = 0,33$
-0,3	$-\sqrt{1,2 \cdot 0,3} = -0,33$

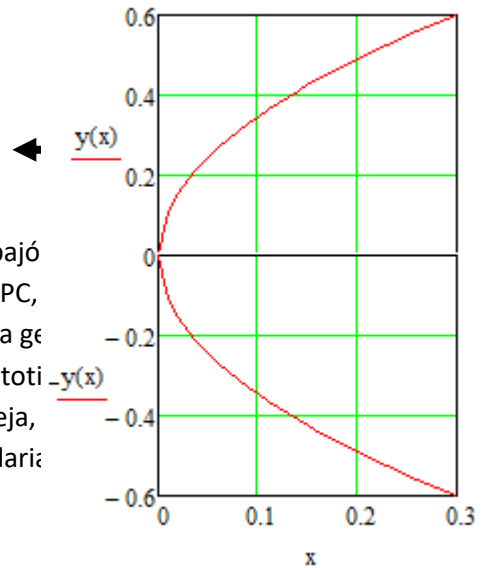
$$p = 0,3$$

$$y^2 = 4 \cdot p \cdot x$$

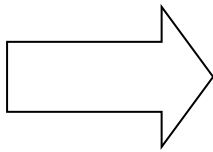
$$y^2 = 4 \cdot 0,3 \cdot x$$

$$y^2 = 1,2 \cdot x$$

$$y = \pm \sqrt{1,2 \cdot X}$$



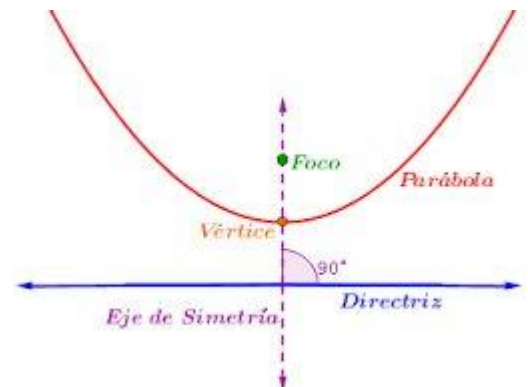
Se trabajó solar CPC, a que la ge los prototi compleja, secundaria

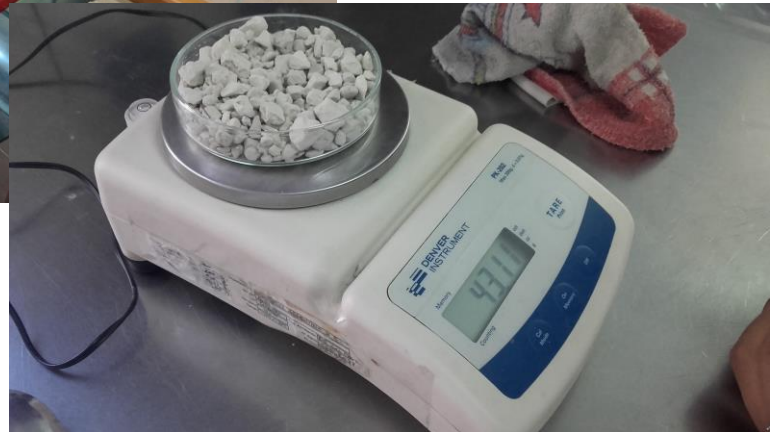


Se pasó la chapa por una máquina curvadora para darle la forma deseada, luego se marcó en ella puntos a igual distancia a lo ancho, y con el programa AutoCAD se sacaron las medidas reales de todas las distancias, tanto las de altura como las de ancho. Como la lámina tienen un grosor fino necesitamos hacer otros soportes con un material más firme para que este tenga a la chapa y mantenga la forma deseada, estas "costillas" las construimos con otra chapa pero plegada en dos, lo cual le aporta más grosor y por lo tanto resistencia.



Luego con planchuelas hierro de 20 cm fabricamos los soportes para sostener los caños de cobre (colectores solares) estos están abulonados en el soporte construido con los hierros estructurales para así mantener fijo los caños en el foco de las parábolas construidas, y captar así el mayor porcentaje de la concentración de los rayos solares. En el medio de la varilla se realizó una torsión para aumentar la resistencia de estas.





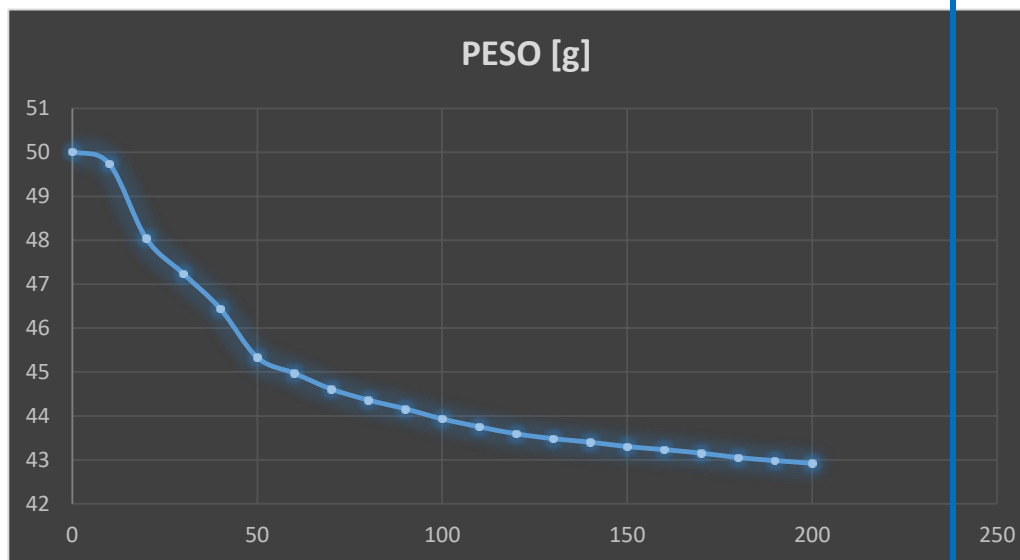
### **Ensayos:**

Con el fin de evaluar otras posibilidades a la hora de usar el Adsorbente se realizaron pruebas utilizando Zeolita (mineral sanitario) para sacar su rendimiento y compararlo con el del Carbón Activado. El procedimiento que se llevó a cabo fue el secado de estas piedras de la humedad ambiental que ya contienen desde fábrica, para optimizar su rendimiento, y luego de eso, tomar 50g de estas piedras e ir agregándole metanol hasta llegar al tope de su adsorción

N °	TIEMPO [seg]	PESO [g]
0	0	50,02
1	10	49,74
2	20	48,04
3	30	47,24
4	40	46,44
5	50	45,33
6	60	44,97
7	70	44,61
8	80	44,36
9	90	44,16
10	100	43,93
11	110	43,75
12	120	43,59
13	130	43,48
14	140	43,4
15	150	43,3
16	160	43,23
17	170	43,15
18	180	43,05
19	190	42,98
20	200	42,92

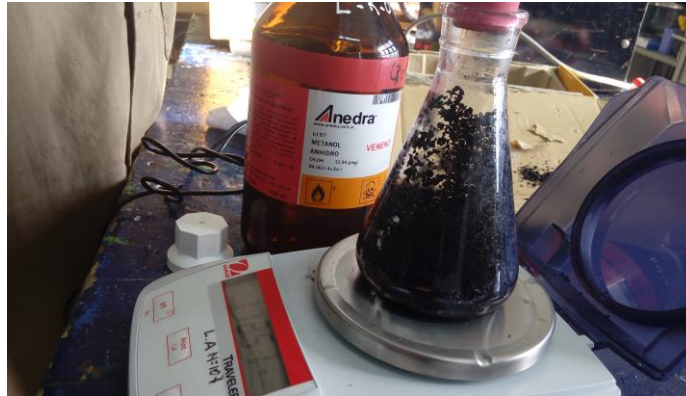


En esa tabla plasmamos la disminución del volumen del peso de las piedras por periodos de tiempo de calentamiento



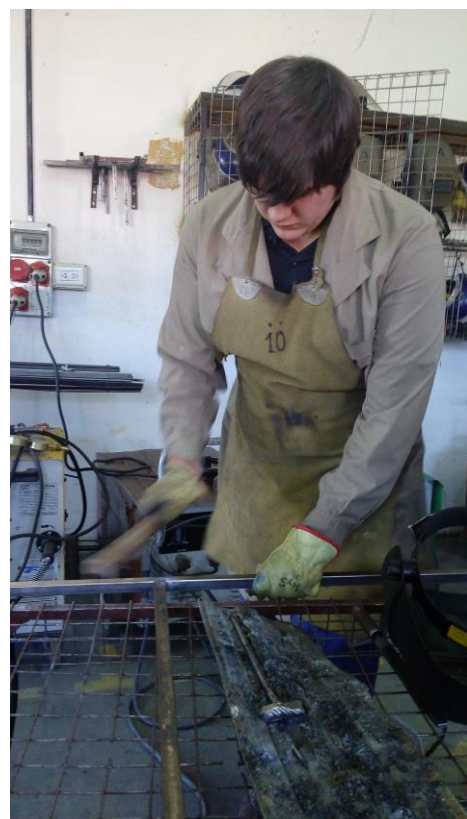
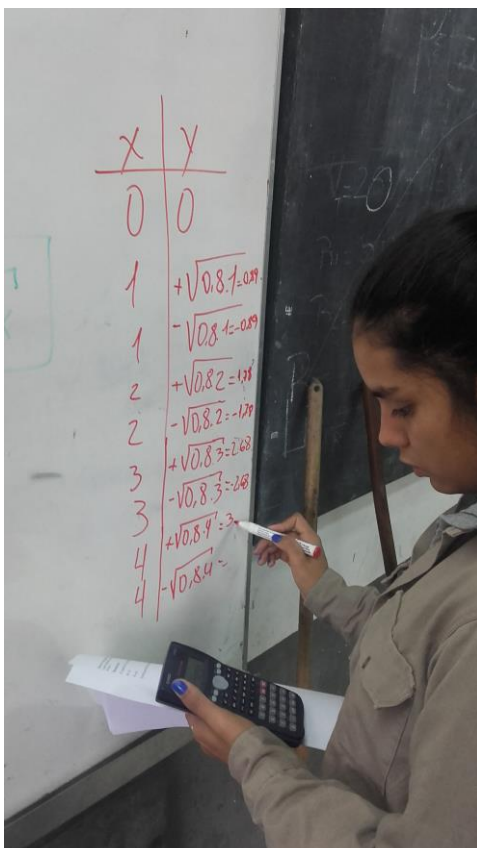
**Pruebas de Adsorción en el carbón activado**

Realizamos el mismo procedimiento que con la zeolita anteriormente, pero esta vez tomando una cierta cantidad de carbón activado en un recipiente cerrado y con una pipeta le agregamos metanol hasta que llego a su máxima adsorción y así pudimos comprobar que el carbón tiene un mayor porcentaje de adsorción que la Zeolita



- Mantenimiento:

Por tratarse de un equipo de ciclo cerrado, el mismo tiene bajo mantenimiento, el cual consiste en uno de tipo periódico en todas las uniones soldadas o unidas por tornillos o abrazaderas con el fin de evitar pérdidas de rendimiento por fugas o malas conexiones. Para esto se puede realizar la famosa prueba que se usa comúnmente en las conexiones de gas, la cual consiste en colocar alguna espuma (detergente) en las uniones y a continuación detectar alguna falla a partir de la aparición de burbujas de la espuma.





## **¿Por qué debemos seguir?**

Porque de esta manera estamos intentando dar solución a pobladores del área rural, utilizando un recurso natural del cual disponemos cotidianamente, favoreciendo de esta manera en una mejora en la calidad de conservación de los alimentos y medicamentos, pudiendo de esta manera poder brindarle una mayor duración de conservación a los alimentos. Lo cual nos permite realizar una transposición de lo aprendido en el recorrido de dicha carrera hacia una problemática real.

## **¿Cómo seguimos?**

Nuestro objetivo es terminar el refrigerador para el mes de Octubre ya que al día de la fecha contamos con todos los materiales necesarios para hacerlo, seguir investigando más sobre este sistema para poder lograr mejorar su eficacia, y extender nuestros conocimientos sobre todos los temas que su construcción conlleva.

### **BIBLIOGRAFÍA:**

- Termodinámica- Autor: Stevenazzi- Editorial Cesarini Hnos.
- Máquinas Térmicas- Autor: Stevenazzi- Editorial Cesarini Hnos.
- Termodinámica- Autor: Carlos A. García- Librería y Editorial Alsina.




<http://www.termsistemas.com.ar/sitio/vernota.php?nota=197>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%ADo\\_solar](https://es.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%ADo_solar)

<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Frio-Solar-fenercom-2011.pdf>

## ANEXO



En el mes de mayo nos pusimos en contacto con el doctor Andrés Sartarelli, él fue el director a cargo del proyecto en el cual nos inspiramos y sacamos los mayores datos, este proyecto fue presentado en el libro del INTA con el nombre de "Energía renovable para el desarrollo rural", de allí sacamos un mail de contacto y con la mejor disposición a partir de ahí nos ayudó a despejar muchas de nuestras dudas.

 **Camila Gatica** <gaticacamila11@gmail.com> 19 may. ☆  

para asartare ▾

19/05/17  
Junin de los Andes, Provincia del Neuquén.

**Andres Sartarelli**  
asartare@ungs.edu.ar

  ▾




[Mostrar detalles](#)


Lic. Andrés Sartarelli.

Me encuentro realizando el proyecto final de mi ultimo año de secundaria (el cual presentare en la feria de ciencia y tecnologia de mi provincia) este se trata de un refrigerador solar por adsorción, inspirado en el proyecto que se encuentra expuesto en el libro editado por el INTA de nombre "ENERGIA RENOVABLE, para el desarrollo rural" el cual usted fue el investigador principal, por esto me dirijo a su persona a través de esta expresión con el fin de solicitar información acerca del mismo, ya que la que ofrece el libro mencionado es limitada para el desarrollo de mi proyecto. Le comento así también que lleve a cabo una búsqueda exhaustiva a través del medio de internet, aun así, sin embargo la información encontrada solo consiste en tesis sobre el mismo, realizado en mayor escala o con otros absorbentes-absorbato, y en puntual el diseño que me interesa es en el que usted participo, por estos motivos le pido si me puede facilitar a través de este medio alguna otra información que usted considere que me podría ser útil. Desde ya muchas gracias por su atención. Y disculpas por las molestias.

Saludos Atte.



Gatica, Camila Belén (Alumna 6° año Electromecánica) E.P.E.T N°4

 **Andres Sartarelli** <asartare@ungs.edu.ar> 19 may. ☆  

 para mí ▾

Hola Camila  
Bueno en principio me alegra de que un Estudiante se interese por estas cosas. Este fin de semana te mando lo que me pedis.  
Cariños

**Andres Sartarelli**  
asartare@ungs.edu.ar

  ▾




[Mostrar detalles](#)

--

Doctor: Salvador A. Sartarelli  
Prof. de Física  
Investigador en CNEA  
Coordinador Taller de Ciencia-CAU  
Instituto del Desarrollo humano  
Universidad Nacional de General Sarmiento

Camila Gatica <[gaticacamila11@gmail.com](mailto:gaticacamila11@gmail.com)> escribió:

...





 **Camila Gatica** <gaticacamila11@gmail.com> 19 may. ☆    
para Andres ▾

Muchas gracias por su atención, este fue un proyecto que en un principio lo seleccione por mi interes en la energia solar y el enfoque de mi escuela sobre mejorar la calidad de vida de la poblacion rural que es proxima a mi pueblo, luego de días de investigación me fue entusiasmando mas y mas por su diversidad de contenidos en su ejecución. Nuevamente gracias por tomarse el tiempo de contestar. Estare esperando ansiosa la información. Saludos atte.  
Gatica, Camila Belén (Alumna 6°A electromecánica) E.P.E.T N°4. Junin de los Andes.

**Andres Sartarelli**  
asartare@ungs.edu.ar

  ▾

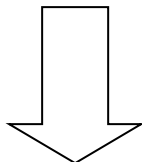
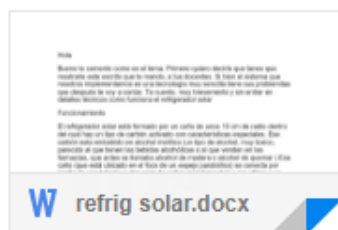
[Mostrar detalles](#)

 **Andres Sartarelli** <asartare@ungs.edu.ar> 21 may. ☆    
 para mí ▾

Hola querida Camila y docentes  
Les adjunto un documento en word que habla sobre el refrigerador.  
Después puedo enviarles mas costas si asi lo desean.  
Saludos

--  
Dr. Salvador A. Sartarelli  
Prof. de Física

...



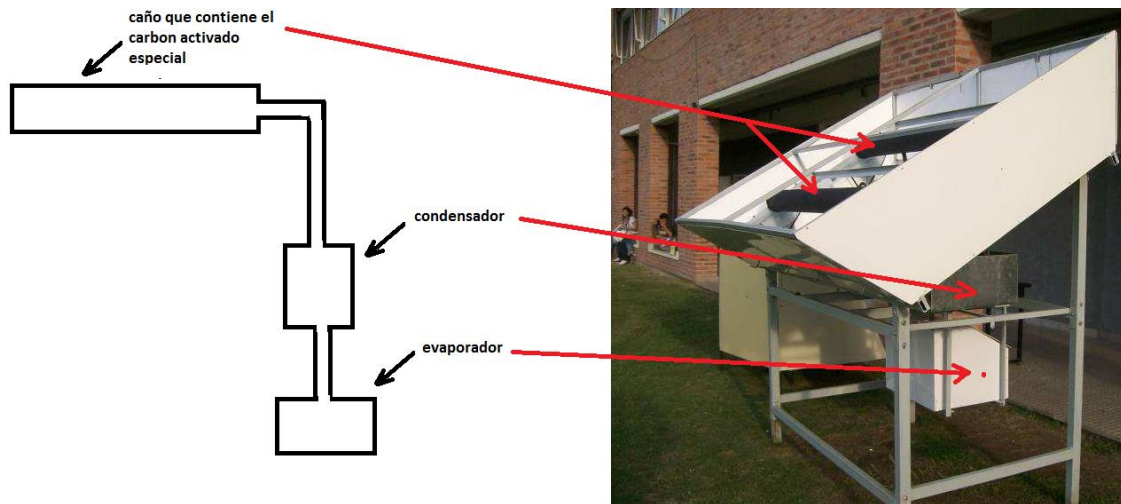
Hola

Bueno te comento como es el tema. Primero quiero decirte que tenes que mostrarle este escrito que te mando, a tus docentes. Si bien el sistema que nosotros implementamos es una tecnología muy sencilla tiene sus problemitas que después te voy a contar. Te cuento, muy brevemente y sin entrar en detalles técnicos como funciona el refrigerador solar

**Funcionamiento**

El refrigerador solar está formado por un caño de unos 10 cm de radio dentro del cual hay un tipo de carbón activado con características especiales. Ese carbón esta embebido en alcohol metílico (un tipo de alcohol, muy toxico, parecido al que tienen las bebidas alcohólicas o al que venden en las farmacias, que antes se llamaba alcohol de madera o alcohol de quemar ) Ese caño (que está ubicado en el foco de un espejo parabólico) se conecta por medio de una tubería a otra serie de caños (condensador) y por ultimo a un recipiente (evaporador) como te muestro en la figura (a la derecha tenes la heladera que hemos construido y que en este momento está en la universidad donde trabajamos)





El carbón activado contenido dentro del caño tiene una característica muy especial: es capaz de absorber mucha cantidad de alcohol metílico.

El principio de funcionamiento es muy sencillo: durante el día y siempre y cuando haya sol, el caño que está en el foco del espejo parabólico, como consecuencia de la radiación solar que recibe, se calienta hasta alcanzar unos 100 grados (el espejo parabólico concentra la luz solar, a modo de lupa, sobre el caño). Eso hace que el alcohol metílico que contiene el carbón se empiece a liberar. El vapor del alcohol liberado viaja por la tubería hasta llegar al condensador, allí, debido a que el condensador está frío, (por lo menos más frío que la temperatura que tiene el vapor del alcohol) se transforma en líquido. El alcohol líquido, cae en el recipiente del evaporador y se va acumulando allí a medida que se desprende del caño que contiene el carbón. Así, durante el día, mientras haya sol, se va juntando alcohol metílico líquido en el evaporador. Durante la noche, la temperatura del caño que contiene al carbón desciende. El carbón cuando está frío tiene la propiedad de absorber al alcohol metílico con mucha fuerza. Así empieza a absorber los vapores de alcohol que quedan dentro de la tubería, esto hace que baje la presión en toda la tubería. Esta baja presión también se siente en el recipiente del evaporador (que está conectado al resto de la tubería) y comienza entonces el proceso que genera frío: cuando a un líquido lo encerras en un recipiente y bajas la presión, el líquido, además de evaporarse se puede enfriar muchísimo. Eso es lo que pasa justamente con el alcohol metílico que está depositado en forma líquida en el evaporador: se enfría mucho y enfría tanto al metal del recipiente del evaporador de manera tal que si rodeas al evaporador con agua, esta se congela inmediatamente. Nosotros justamente sumergimos al evaporador en agua y con eso, durante la noche, el frío que produce la evaporación del alcohol congela una porción del agua que lo rodea. Así de noche se produce hielo, mientras el alcohol transformado en vapor abandona el evaporador y, luego de viajar por la tubería, se absorbe nuevamente en el carbón. Una parte del hielo que se produce durante la noche permanece hasta el otro día y otra parte naturalmente se derrite. Durante el día soleado comienza nuevamente el proceso donde el alcohol abandona el carbón (debido a la alta temperatura que alcanza el carbón) y se acumula como líquido en el evaporador (para, llegada la noche evaporarse y producir nuevamente hielo). Estos ciclos de absorción (donde el alcohol se mete en la estructura porosa del carbón) y desorción (donde el alcohol, debido a la temperatura del carbón sale de su estructura porosa) se repiten día a día. Durante la adsorción se produce hielo.

Para tener muy en cuenta por los docentes

El armado del sistema es sencillo pero hay que disponer de soldadora autógena y de una bomba de vacío como la que utilizan los técnicos que instalan aire acondicionado.




Además es preciso tener muy en cuenta lo siguiente:

- 1-El alcohol metílico (también llamado metanol) es muy tóxico, tanto sea por contacto con la piel como si se lo inhala o peor aún si se lo ingiere (ingerido provoca ceguera). Por eso mucho cuidado en cómo se lo manipula (usar guantes, antiparras y máscara de oxígeno o trabajar en lugar muy bien ventilado).
- 2- Luego de armar el sistema (es decir luego de soldar todas las tuberías y ya colocado el carbón, pero sin poner aun el alcohol metílico) se debe limpiar el carbón. El proceso de limpieza es fundamental para que funcione el sistema y puede ser complicado e insumir mucho tiempo. Generalmente se calienta el caño que contiene al carbón a temperaturas que superan los 150 grados (lo ideal es llevarlo a 300 grados o más), al mismo tiempo se debe conectar a la tubería la bomba de vacío y hacer vacío pronunciado (unos pocos mm de hg). De esta manera debe ser aplicado vacío y calor durante aprox, unas 6 horas (dependiendo de la cantidad de carbón se puede inclusive necesitar varios días de repetir el proceso de limpieza).

3- El carbón activado utilizado es un tipo de carbón especial altamente microporoso. En los microporos del carbón se depositan las moléculas de alcohol. Uno de los carbones más convenientes es el denominado CNR115, el problema es que no se encuentra en el país y debemos importarlo (de Francia). Aún no hemos logrado que la empresa que lo produce nos mande una muestra de un par de kilos como para probarlo (nos quieren vender 2400 kilos y eso cuesta una fortuna). Si se utiliza otro tipo de carbón el rendimiento puede ser muy pequeño (es decir se va a poder producir solo una pequeña cantidad de hielo). Nosotros utilizamos otros carbones que hemos traído de República Dominicana (allí hay un grupo de investigadores que trabajan en convenio con nosotros).

Bueno espero que la información te haya servido (o les haya servido) y cualquier cosa puede preguntarme. Yo en más de una oportunidad fui invitado Mendoza (entre otros lugares) para dar una charla sobre este tema que me parece importante, este tipo de tecnologías nos permitiría ahorrar mucha energía pero también hay que tener en cuenta que aún tenemos que estudiar algunas cosas en relación al rendimiento y duración de este refrigerador

---

 **Camila Gatica** <gaticacamila11@gmail.com> 21 may. ☆  

para Andres ▾

Sartarelli Andres

Muchisimas gracias por la informacion. La valoramos mucho. También su predisposicion. Lo mantendre informado si asi lo desea. Y si se presenta alguna duda. Un vez mas. Muchisimas gracias.  
Saludos Atte.

Gatica, Camila Belén (alumna 6° año electromecanica) E.P.E.T N°4  
Junin de los Andes

[Mostrar detalles](#)

Dctor: Sartarelli. A. Salvador.

Me comunico con usted nuevamente para expresarle unas inquietudes que surgieron el proyecto, puntualmente con el Absorbente, el carbón. Desde mi escuela el que encargaron fue el mas básico, debido a su precio. Hoy hablando con el director del establecimiento el cual se entero de esta comunicación, me comunico que iban a hacer lo posible por comprar el mejor carbón que este a nuestro alcance, ¿Usted cual cree que es el mas conveniente, que podríamos utilizar que se pueda comprar en el país? o (algún otro recurso). Nosotros estuvimos haciendo pruebas de absorción con Zeolita, (mineral sanitario para gatos) que, sacandole la humedad que absorbía del ambiente que con un microondas, logramos una absorcion de el %45 aprox, haciendolo lo mas fino posible. tambien probamos con silica en gel, pero de ese componente no se logro un buen resultado. También sobre una duda sobre la construcción de la estructura; al informarnos sobre varios prototipos de refrigeradores, vimos que la mayoría estaban contruidos con una válvula de expansión después de el condensador, en el diseño que usted me facilito no se encuentra tal, entonces, ¿este es relevante para el sistema?.

y lo ultimo, en el documento que usted me envió, expreso que el caño que utilizo sera de 10 cm de radio, pero sin embargo en el libro dice que son 10 cm de diámetro, no se cual sera el error.



Si le interesa saber ya tenemos todo el diseño del refrigerador, estamos esperando que llegue los caños de cobre, y la chapa galvanizada para el CPC, nos sirvio muchisimo su informacion ya que teniamos duda de como se reiniciaba el ciclo. Gracias por su atención, y nuevamente disculpa por las molestias

Querida Belén, estimados Director y Profesores

1-Si, efectivamente uno de los mayores problemas es el carbón, mejor dicho es poder conseguir siempre el mismo carbón!. Acá en Buenos Aires nosotros fuimos a más de un comercio de productos químicos y lo que pasaba es que ellos nos vendían el carbón activado que recibían de las empresas que lo producen o que lo importan, el tema es que cada vez que íbamos tenían un carbón distinto del que ellos no conocían ni siquiera sus características de absorción, simplemente por costo o

---



**Andres Sartarelli**  
asartare@ungs.edu.ar

  ▾

[Mostrar detalles](#)

---

**Andres Sartarelli**  
asartare@ungs.edu.ar

  ▾

[Mostrar detalles](#)

vaya a saber porque, traían el carbón que les convenía (o el que más se vendía quizás) y entonces nosotros no podíamos asegurarnos de poder conseguir siempre el mismo carbón. Un carbón que nos había resultado relativamente bueno (el mejorcito) fue el denominado C.O.C L-60. Pero después cuando quisimos comprar más ya no lo tenían. Así probamos varios carbonos (algunos no tenían ni marca, simplemente el comercio lo embolsaba y lo vendía como carbón activado para múltiples usos, el problema es que quizás no servía tanto para absorber alcohol metílico que era lo que nosotros necesitamos). Acá en Argentina está la representante de la empresa CABOT que se dedica al comercio de estos carbonos, cuando hable con ellos me dijeron que si nos traían, no podía ser menos de unos 2400 kilos (del CNR115) y esto salía muchísimo dinero, como para comprarlo para hacer pruebas. Nuestros colegas de Republica Dominicana consiguieron un carbón que se denomina WSC470 (me mandaron las mediciones de absorción y veo que ese anda bastante bien), donde lo compraron en Dominicana le dijeron que en Argentina se conseguía, pero acá en Buenos Aires no lo conseguimos (quizás ustedes allá lo consigan)

2-Nosotros también este año vamos a probar con alguna Zeolita, por ahora no puedo decirte agregarte nada respecto de eso, pero en principio tenemos que terminar de estudiar el sistema con el carbón activado. La Zeolita puede andar bien aunque es bastante más cara y de acuerdo a su estructura habrá que ver cuán buena es para la adsorción de metanol. Cuando hablo de cuán buena me refiero básicamente a las siguientes cosas, muy importantes si uno busca fabricar algo que dure:

1-cuán ávida es para adsorber o absorber este alcohol. 2-es buena con el alcohol? es decir no lo destruye. En el caso del carbón, creo que

éste, por más que no llegue a superar cierta temperatura, destruye parte del metanol, transformándolo químicamente en otras cosas (agua, metaldehído, anhídrido carbónico). 3-El alcohol es bueno con la zeolita? es decir no termina digamos destruyendo o contaminando irreversiblemente su microestructura ab/adsorbente ...y la lista puede seguir

3- La válvula de expansión tiene como uno de los objetivos no derretir el hielo que queda en la mañana (que aguanto sin fundirse desde la noche hasta la mañana del día siguiente) . A la mañana vos tenes parte del hielo que se produjo la noche anterior. Cuando comienza a salir el sol, cerca del mediodía (todavía hay hielo) se calienta el caño que contiene el carbón y se desprende el metanol a 100° parte de ese alcohol se condensa en el condensador (o sea deposita su calor ahí) pero otra parte de ese vapor llega hasta el evaporador mismo (sino se pone una válvula de retención) y transfiere su calor al evaporador y este a su vez al hielo que lo rodea (por lo tanto se derrite parte del hielo que se había formado, que es lo que no deseamos) . Lo grave del asunto depende de cómo se diseñe el condensador. Nosotros tenemos armado un prototipo con válvula de retención pero, como siempre, estamos esperando poder conseguir el carbón adecuado que es el problema que primero debemos solucionar.

4- Efectivamente el diámetro del caño es de 10cm!!! (o sea me equivoque)

5- por supuesto que me interesa saber cómo andan con esto!

6- Una más que olvide decirles: El alcohol metílico (metanol) debe ser de bastante puro (se consigue con grado de pureza de 98.9%)

Saludos y éxitos

Y cualquier cosa escriban.

## Leyes de la termodinámica

Es una de las leyes más importantes de la física; aun pudiéndose formular de muchas maneras todas lleva a la explicación del concepto de irreversibilidad y al de entropía. Este último concepto, cuando es tratado por otras ramas de la física, sobre todo por la mecánica estadística y la teoría de la información, queda ligado al grado de desorden de la materia y la energía de un sistema. La termodinámica, por su parte, no ofrece una explicación física de la entropía, que queda asociada a la cantidad de energía no utilizable de un sistema. Sin embargo, esta interpretación meramente fenomenológica de la entropía es totalmente consistente con sus interpretaciones estadísticas. Así, tendrá más entropía el agua en estado gaseoso con sus moléculas dispersas y alejadas unas de las otras que la misma en estado líquido con sus moléculas más juntas y más ordenadas.

El primer principio de la termodinámica dictamina que la materia y la energía no se pueden crear ni destruir, sino que se transforman, y establece el sentido en el que se produce dicha transformación. Sin embargo, el punto capital del segundo principio es que, como ocurre con toda la teoría termodinámica, se refiere única y exclusivamente a estados de equilibrio. Toda definición, corolario o concepto que de él se extraiga sólo podrá aplicarse a estados de equilibrio, por lo que, formalmente, parámetros tales como la temperatura o la propia entropía quedarán definidos únicamente para estados de equilibrio. Así, según el segundo principio, cuando se tiene un sistema que pasa de un estado de equilibrio A a otro B, la cantidad de entropía en el estado de equilibrio B será la máxima posible, e inevitablemente mayor a la del estado de equilibrio A. Evidentemente, el sistema sólo hará trabajo cuando esté en el tránsito del estado de equilibrio A al B y no cuando se encuentre en uno de estos estados. Sin embargo, si el sistema era aislado, su energía y cantidad de materia no han podido variar; si la entropía debe de maximizarse en cada transición de un estado de equilibrio a otro, y el desorden interno del sistema debe aumentar, se ve claramente un límite natural: cada vez costará más extraer la misma cantidad de trabajo, pues según la mecánica estadística el desorden equivalente debe aumentar exponencialmente.

Aplicado este concepto a un fenómeno de la naturaleza como por ejemplo la vida de las estrellas, las mismas, al convertir el hidrógeno, su combustible principal, en helio generan luz y calor. Al fusionar los núcleos de hidrógeno en su interior la estrella libera la energía suficiente para producirlos a esa intensidad; sin embargo, cuando intenta fusionar los núcleos de Helio no consigue liberar la misma cantidad de energía que obtenía cuando fusionaba los núcleos de hidrógeno. Cada vez que la estrella fusiona los núcleos de un elemento obtiene otro que le es más inútil para obtener energía y por ende la estrella muere, y en ese orden de ideas la materia que deja atrás ya no servirá para generar otra estrella. Es así como el segundo principio de la termodinámica se ha utilizado para explicar el fin del universo.

## Entropía

En termodinámica, la entropía (simbolizada como  $S$ ) es una magnitud física que para un sistema termodinámico en equilibrio mide el número de micro estados compatibles con el macro estado de equilibrio, también se puede decir que mide el grado de organización del sistema, o que es la razón de un incremento entre energía interna frente a un incremento de temperatura del sistema.

La entropía es una función de estado de carácter extensivo y su valor, en un sistema aislado, crece en el transcurso de un proceso que se da de forma natural. La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos.

## **Entalpia**

Es una magnitud termodinámica, simbolizada con la letra H mayúscula, cuya variación expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno.

En palabras más concretas, es una función de estado de la termodinámica donde la variación permite expresar la cantidad de calor puesto en juego durante una transformación isobárica, es decir, a presión constante en un sistema termodinámico, teniendo en cuenta que todo objeto conocido se puede entender como un sistema termodinámico. Se trata de una transformación en el curso de la cual se puede recibir o aportar energía (por ejemplo la utilizada para un trabajo mecánico). En este sentido la entalpía es numéricamente igual al calor intercambiado con el ambiente exterior al sistema en cuestión.

### ***Agradecimientos***

A Carlos Pagliaro, Luis Blotta, Enrique Garcés, Pablo Soules, Alejandro Sponton, Walter Martin, Doctor Andrés Sartarelli, Alejandro Bossini, Sergio Merino, Leonardo Arana, David Fernández, Claudio Polizzi, María Mroczek.

## **TÉCNICAMENTE 2017**

### **Refrigerador solar - térmico por adsorción**

Registro pedagógico

**Área:** Tecnología

**Modalidad:** Educación Técnica y Profesional

**Docentes:**

**Raguzza Giovana DNI: 33.678.752**

**Spontón Alejandro Darío DNI: 32.567.801**

**Garcés Olsen, Enrique Daniel DNI: 26.510.866**

**Bossini, Alejandro Marcial DNI: 25.182.513**

**Alumnos/as:**

**Gatica Camila Belén DNI: 41.591.582**

**Plottier Julián Alejandro DNI: 41.346.779**

### **ESCUELA PROVINCIAL DE EDUCACIÓN TÉCNICA Nº 4**

Gregorio Álvarez y Perito Moreno - Junín de los Andes - Neuquén

e-mail [epetjandes@yahoo.com.ar](mailto:epetjandes@yahoo.com.ar)

Teléfono: 02972-491556

## Introducción

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

La energía solar tiene un enorme potencial, aun poco explorado, para proporcionar de energía a infinidad de sistemas, tanto de iluminación y generación eléctrica, como también equipos de calefacción y de refrigeración.

Los sistemas de refrigeración de adsorción (térmico-solar) presentan ahorros de energía en comparación con los sistemas basados en compresión de vapor, requieren de bajos niveles de temperatura, son de control simple, sin vibraciones, bajo costo y de sencilla operación,

### ✓ **Objetivo general**

- Necesidad de articular los diferentes contenidos de teoría y taller desarrollados en la Escuela a partir del desarrollo de un proyecto que resuelva una problemática concreta de la comunidad

### ✓ **Objetivos específicos**

Que los/as alumnos/as involucrados/as logren...

- La apropiación de los contenidos propuestos
- Destreza en el manejo de herramientas, equipos y máquinas-herramientas de mecánica, electricidad y electrónica
- Un grado de conocimiento, autonomía y sentido crítico tal que les permita abordar y resolver situaciones problemáticas reales presentes en nuestra comunidad
- Valorar el trabajo en equipo respetando los diferentes puntos de vista, aprendiendo de los aciertos y los errores cometidos durante el desarrollo

### ✓ **Marco Teórico a utilizar**

Este proyecto se sustenta en la escuela a partir de una práctica docente que:

- Considera siempre para su desarrollo **el qué** enseña, **el cómo** enseña, **el para qué** enseña y **para quién** enseña.



- Es revisada e investigada en forma permanente.
- Entiende al conocimiento como un bien social.
- Reconoce la interculturalidad.
- Revaloriza las ciencias sociales y humanas como una parte fundamental en la formación tecnológica e integral de sus alumnos/as.
- Es integradora, democratizadora y generadora de conocimientos.
- Considera el contexto social y político donde desarrolla su trabajo.
- Es inclusiva y no exclusiva.
- Promueve la participación comunitaria.

**El modelo didáctico que sustenta este proyecto es el de “Aprendizaje basado en problemas” en donde:**

*...es el/la alumno/a quien busca el aprendizaje que considera necesario para resolver los problemas que se le plantean, los cuales conjugan aprendizajes de las diferentes áreas del conocimiento.*

Este método tiene implícito en su dinámica de trabajo el desarrollo de habilidades, actitudes y valores para la mejora personal y profesional de el/la alumno/a y se basa en tres principios básicos de la corriente constructivista a saber...<sup>1</sup>

- El entendimiento con respecto a una situación de la realidad surge de las interacciones con el medio ambiente y social.
- El conflicto cognitivo al enfrentar cada nueva situación estimula el aprendizaje.

---

<sup>1</sup> Noceti, Haydeé – Situaciones problemáticas: una estrategia de enseñanza y de aprendizaje. 2008

- El conocimiento se desarrolla mediante el reconocimiento y la aceptación de los procesos sociales y de la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales y colectivas del mismo fenómeno.

✓ **Motivos por lo que se eligió esta práctica**

- Por estar dentro del Proyecto Educativo Institucional (PEI)
- Por presentar la posibilidad de realizar una práctica profesionalizantes a partir de una problemática real existente en nuestra comunidad
- Por permitir la aplicación de contenidos desarrollados en la escuela para solucionar un problema concreto y real.
- Por permitir el trabajo conjunto desde distintas asignaturas.
- Para fortalecer el trabajo en equipo.
- Para afianzar la relación de la escuela con la comunidad de Junín de los Andes.

✓ **Espacios curriculares donde se llevará a cabo:**

- Taller de electromecánica 6º año.
- Taller de ciencias de la alimentación
- Tecnología de fabricación.
- Taller de físico química.

✓ **Integración de espacios curriculares:**

- Taller electromecánica.
- Química
- Termodinámica y máquinas térmicas

- Física.
- Proyecto.
- Sección máquinas-herramientas.
- Sección hojalatería.
- Seguridad e higiene
- Herrería y Soldadura

✓ **Recursos a utilizar:**

- Bibliografía específica.
- Computadoras e internet.
- Herramientas manuales varias.
- Tornos, fresadora, taladro, soldadora, plegadora, curvadora.
- Instrumentos de medición y control (calibre, micrómetro, goniómetro, manómetro)
- Pinturas, pinceles.

✓ **Organización del trabajo y sus actividades inherentes**

- A) Información al grupo respecto del proyecto (por interés)
- B) Armado del grupo de trabajo.
- C) Estudio del material técnico disponible.

Lectura del material de investigación, charlas con docentes de la escuela etc.

Estas primeras etapas se realizaron durante el mes de marzo y primeros días de abril del corriente año. Se notó el entusiasmo de los estudiantes con la nueva metodología, generándoles a su vez incertidumbre e inseguridad debido a la propuesta didáctica que era nueva para ellos/as

- D) Estudio de las condiciones particulares y necesidad de las mediciones a realizar.

E) Diseño preliminar, realizando croquis y proponiendo formatos.

Se buscaron en internet modelos de refrigeradores para comenzar con ideas sobre prototipos.

F) Diseño y construcción de la estructura.

- Definición de la forma y material a utilizar.
- Construcción de las partes.
- Armado del conjunto.

G) Carga del carbón activado y metanol para comenzar con la reacción química.

H) Diseño y construcción del sistema.

- Preparación tubos de cobre.
- Construcción de la parábola.
- Armado del conjunto y ensayo.

Esta etapa se realizó durante los meses de, junio y agosto. Cabe aclarar que se perdieron 22 días de clases en nuestra escuela debido al conflicto docente y no docente.

Algo interesante que se notó, fue la fluidez y confianza en sí mismos que fueron adquiriendo los/as estudiantes a lo largo de su camino. En principio requerían confirmación para cualquier cambio en el diseño, mientras que, en los últimos días, realizaban sin problema los cambios y pedían mayores justificaciones ante cualquier sugerencia de parte de los docentes.

Desde nuestra perspectiva, un gran avance desde el punto de vista de la iniciativa y la autonomía, objetivos pedagógicos planteados en nuestra planificación.

I) Pintura y terminaciones.

- Pintado de la estructura con esmalte sintético. (en proceso)
- Pruebas de funcionamiento (en proceso).

J) Prueba de funcionamiento (Hasta el momento no se ha podido realizar en su totalidad, por encontrarse en etapa constructiva).

✓ **Personas involucradas**

- MEP de 6º año electromecánica.
- MEP de pañol.
- MEP en general.
- Alumnos y alumnas.

- Equipo Directivo

✓ **Cantidad de alumnos/as que participan:**

- Participan 2 (dos) alumno/as directamente involucrados en el proyecto, de 6º año electromecánica. Se cuenta con personas dispuestas a colaborar permanentemente

✓ **Evaluación**

- Se evalúa en forma permanente en los momentos donde se realiza el trabajo.
- Se analizan los errores y aciertos en cada etapa del proyecto.
- Se solicita un informe técnico grupal del trabajo realizado.
- Al terminar el ciclo lectivo se realiza una coevaluación por parte de los/as alumnos/as

## Conclusiones parciales

Como equipo docente directamente involucrados, consideramos que el proyecto es muy rico en cuanto a la diversidad de temas y espacios curriculares que abarca, aparte de que en el camino, buscando el objetivo que se propusieron, van encontrando y adquiriendo, tanto estudiantes como docentes, una gran cantidad de conocimientos relacionados directa o indirectamente con el proyecto.

Si bien el mismo se encuentra en etapa constructiva y de experimentación, los avances han sido altamente significativos debido a las fortalezas y debilidades que surgieron durante este tiempo. Apreciando en los alumnxs un fuerte interés en poder concluir dicho proyecto.

Por último, queremos agradecer:

- A nuestros colegas MEP y docentes de la EPET 4 que colaboraron directa o indirectamente, en especial a Sergio Merino, David Fernández y Rodolfo Huentían.
  - A los estudiantes involucrados en el proyecto y a los que colaboraron en el mismo.
  - Al equipo directivo, tanto de Taller como de Teoría, por la confianza y libertad depositada sobre nosotros.
-