

# DESARROLLO DE PROTOTIPO DIDÁCTICO DE UNA MÁQUINA FRIGORÍFICA

**FONTANARROSA, Leandro Nicolás**

Escuela Provincial de Enseñanza Media N° 391 "Zapata Gollán", Santa Fe  
FRADELLÍN, María Elena

**Objetivo:** Lograr que se les facilite la comprensión de un ciclo frigorífico a alumnos de clase de 2° año de polimodal, mediante el uso de las herramientas teóricas de la termodinámica y la interacción con el prototipo propuesto

**Propuesta de trabajo:** Realicé un estudio de factibilidad de distintas alternativas para la construcción del prototipo, tratando de utilizar los elementos mas simples (de fácil obtención en cualquier comercio o ferretería del país), de menor costo y sencillez de armado.

Luego de depurar algunas ideas me concentré en un prototipo que utilice aire como medio refrigerante, de allí surgió la idea de realizar un ciclo frigorífico abierto de gas con estrangulamiento (inspirado en el método Linde de licuación de aire).

**Desarrollo:** Esquematicé distintas alternativas hasta lograr una que sea aceptable técnicamente, de bajo costo y de materiales disponibles en los comercios de la zona.

Este prototipo (ver figura 1) usa como compresor del medio refrigerante (el aire) un inflador

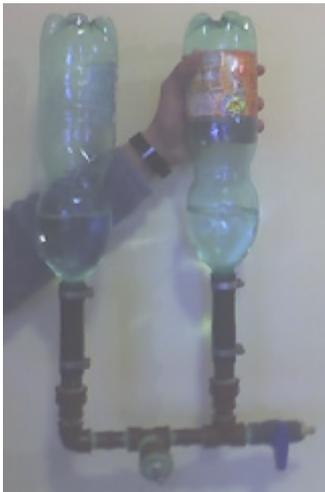


Figura 1



Figura 2

de bicicleta, como intercambiador de calor a la fuente caliente usamos agua, como y acumulador del medio refrigerante, dos botellas descartables, también es necesario contar con una válvula de cámara de bicicleta (preferentemente tipo de retención, sin gomín, ver figura 3), y elementos de instalación de agua de polipropileno roscados de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$ , como ser codos, reducciones, accesorio T, abrazaderas, manguera negra y una válvula esférica (ver figura 2).



Figura 3

El concepto que se quiere explicar a la clase es el ciclo frigorífico, en este caso en particular se desarrollará un ciclo frigorífico abierto de gas con estrangulamiento.

El prototipo tiene dos posibilidades de uso ya que permite que la etapa de compresión se pueda realizar en forma adiabática o solo cambiando la posición del equipo realizar una compresión isotérmica. Ambos procedimientos serán detallados a continuación:

### CICLO FRIGORÍFICO ABIERTO DE GAS DE COMPRESIÓN ADIABÁTICA Y ESTRANGULAMIENTO:

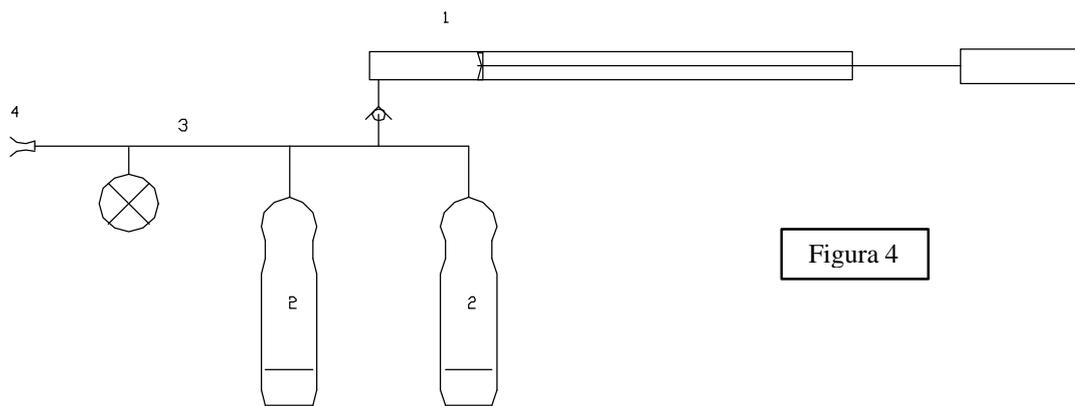


Figura 4

Para ello se esquematiza el artefacto que se usará según se muestra en la figura 4 y 7.

Se van a producir tres etapas (ver diagrama TS de figura 6a) en la etapa 1-2 ocurre la compresión del aire en el inflador y se van llenando las botellas de aire, esta compresión es adiabática debido al corto tiempo que dura la compresión del aire podemos suponer que no hay intercambio térmico entre el aire y las paredes del compresor. Luego se procede a agitar el equipo, produciéndose el enfriamiento del aire (etapa 2-3) en las botellas debido a que estas poseen una porción de agua a temperatura ambiente. Este enfriamiento es a presión constante tal se observa en la figura 6ª. Luego en la etapa 3-4 se procede a la apertura de la válvula esférica que permite pasar el aire comprimido y enfriado por la válvula de estrangulamiento, de manera que la presión del mismo desciende hasta la atmosférica (P1), produciendo por efecto Joule-Thomson un descenso en

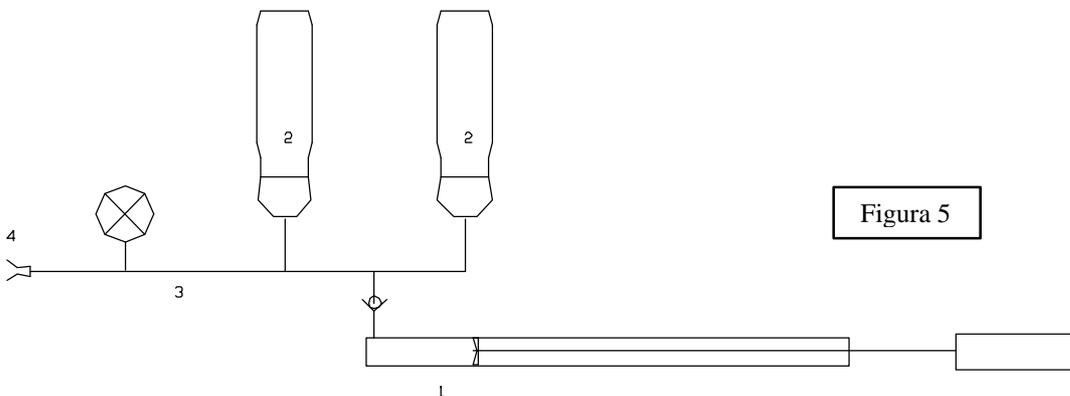


Figura 5

la temperatura del aire evacuado, inferior a la ambiente ( $T_4 < T_1$ ). Esto se aprecia con dejar la mano cerca del chorro de aire y también se evidencia con la formación de niebla dentro de las botellas debido al descenso de la temperatura inferior al punto de rocío del ambiente en el momento de realizar los ensayos. Cabe acotar que debido al pequeño calor específico del aire no nos es posible medir el descenso de la temperatura del aire saliendo por la tobera con un termómetro convencional. Como nota aclaratoria podemos agregar que debido al citado efecto Joule-Thomson la mayoría de los gases, a presión atmosférica se enfrían al expandirse, ya que la temperatura de inversión de dicho efecto es muy alta.

### CICLO FRIGORÍFICO ABIERTO DE GAS DE COMPRESIÓN ISOTÉRMICA Y ESTRANGULAMIENTO:

Para ello el artefacto que se usará durante la etapa de compresión en la posición que se lo describe en el esquema de la figura 5 y 8.

En este caso se observan solo dos etapas ya que la etapa 1-3 es una compresión isotérmica. Esto es así ya que tras cada embolada del inflador se observa al aire ingresar a las botellas a través de su burbujear en el agua (ver figura 8) que poseen las mismas, enfriándose durante su paso, al ceder su calor a al fuente fría (agua). Esto sería equivalente a realizar una etapa de compresión múltiple con enfriamientos intermedios. (Ver diagrama TS de figura 6b)

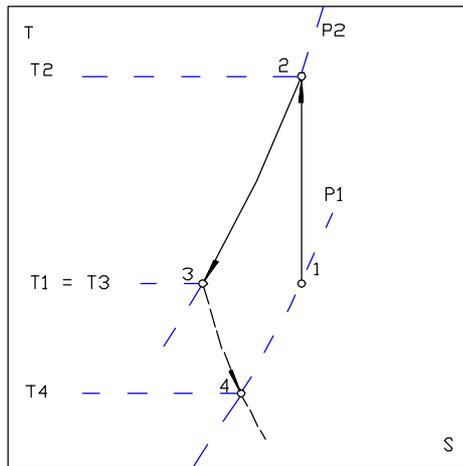


Figura 6a

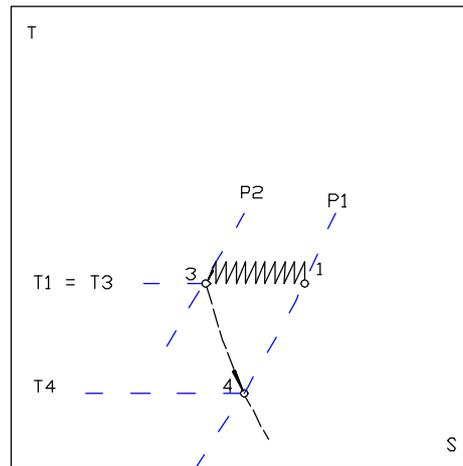


Figura 6b

Luego en la etapa 3-4 se procede a girar el equipo y ponerlo en la posición de la figura 4, (ya que de lo contrario sería agua a presión lo que saldría por la tobera). Luego realizamos la apertura de la válvula esférica lográndose de la misma forma anterior el enfriamiento de aire por el efecto ya descrito.

Podemos agregar que los alumnos pueden experimentar con su propio esfuerzo físico la diferencia de trabajo requerido para comprimir el aire en forma adiabática o en forma isotérmica.



Figura 7

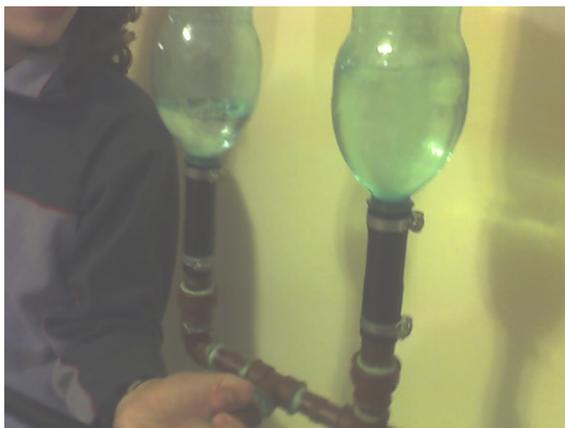


Figura 8

**BIBLIOGRAFÍA:**

Tratado Moderno de Termodinámica (Teoría y Aplicaciones Técnicas)

Dr. Ing. Hans D. Baehr – © José Montesó, Barcelona, 1979 – ISBN: 84-7186-101-1

Termodinámica Técnica – Tercera edición

Carlos A. García – © Librería y Editorial Alsina, Buenos Aires, 1984 – ISBN 950-553-010-2