

REFRIGERACION CON REGENERACION POR FRIO INVERNAL, DE UNA CAMARA FRIGORIFICA

Victorio Tacchi
Valdinievole S.C. La Rioja 57 1er.P. Of.1 5000-Córdoba
Tel. y fax 051-214494.-

RESUMEN

En el trabajo se propone: a) La acumulación del frío invernal para su aprovechamiento durante 6 o 7 meses, en cámaras frigoríficas para el mantenimiento de frutas, papas etc. con temperaturas del producto, del orden de 2°C. b) Heladeras de tipo familiar, de uso continuo, para el mantenimiento de alimentos. En los casos a) y b) la acumulación de frío se obtiene por cambio de estado congelándose en invierno la cantidad de agua necesaria para hacer frente al enfriamiento de los productos a conservar, como asimismo a contrarrestar la entrada de calor desde el exterior, fig.1 y fig. 2. El tema, aunque en forma distinta y con otra finalidad fue tratado anteriormente (Saravia L. et al. 1986) y se diferencia del aquí tratado, principalmente por la circulación termosifónica de aire exterior, que es el elemento encargado de congelar el fluido acumulador del frío invernal. El caso de acumulación de frío por calor sensible, para el enfriamiento estival de una casa habitación, ha sido descrito en trabajos anteriores (Tacchi V. y F. 1990 y Fanchiotti A. 1989) .-

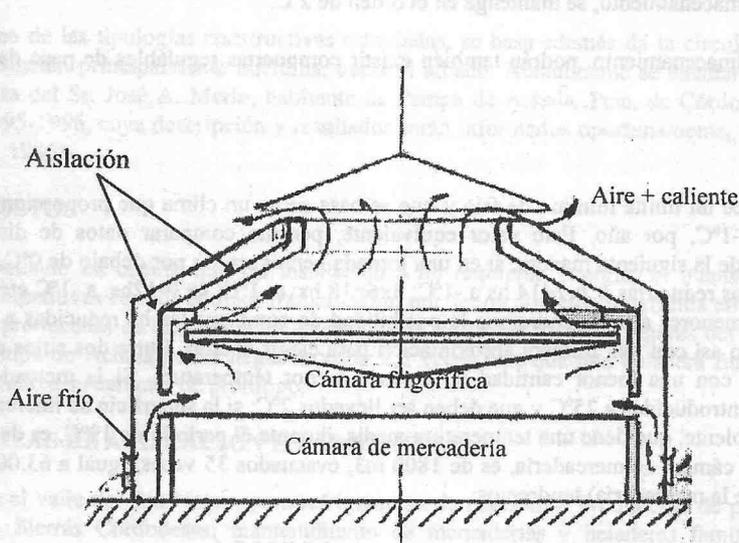


Figura 1: Mantenimiento prolongado de mercaderías, frutas, verduras, etc.

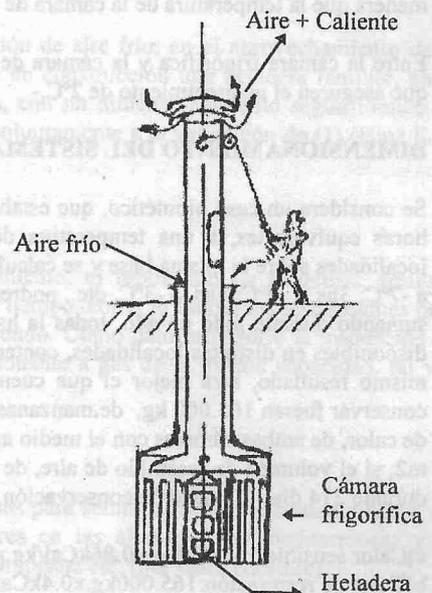


Figura 2: Heladera familiar

ANTECEDENTES

Históricamente son numerosos los antecedentes de congelamiento de agua en invierno, que convenientemente conservada en ambientes semi enterrados, se aprovechaba para enfriar bebidas, conservar alimentos, hacer helados etc., durante el verano. A través de los siglos pasados tenemos descripciones precisas de emprendimientos importantes. En el alto valle del Reno, a 700 m.s.n.m.(Prov. de Pistoia, Italia), existían alrededor de 70 instalaciones para la producción y almacenamiento de hielo, con una producción de 300.000 ton.-año, que era transportado a las vecinas ciudades de Bolonia Florencia y Pistoia, en convoyes ferroviarios, hasta aproximadamente el año 1945. El hielo se formaba en lagunas artificiales poco profundas (0,2-0,3m), se lo cortaba y luego se lo almacenaba en construcciones de piedra de 10 m de diámetro, enterradas 5-6 m y en verano se lo enviaba al consumo. (Ente de Turismo de Pistoia, 1988 circa, Revista ICARO. Breda 1994, Dpto. de Cultura de S.M. Pistoiese 1982) .-

DESCRIPCION DEL SISTEMA PROPUESTO

Para la captación de las frigorías necesarias al congelamiento de una determinada cantidad de agua y con la finalidad de evitar mano de obra, inadmisibles en las actuales circunstancias, se recurre a la circulación termosifónica de aire frío, que intercambiando temperatura, absorbe calor de los recipientes ocupados por agua, produciéndose en climas adecuados, el congelamiento de la misma. Los recipientes están ubicados adentro de una cámara frigorífica convenientemente aislada, que dispone de aberturas en su parte inferior y superior, que permiten el paso de aire frío por la parte inferior y la salida del aire más caliente por la parte superior. Ambas aberturas pueden estar provistas según las distintas tipologías, de válvulas

automáticas, de válvulas comandadas o de válvulas termostáticas. Una chimenea convenientemente dispuesta, activa la circulación termosifónica, produciendo una mayor circulación de aire frío que, extremando las circunstancias, con un relativamente pequeño salto térmico, que puede ser de -1°C , obtiene el congelamiento del agua.-

Los recipientes contarán con una determinada relación entre el volumen de agua almacenada y la superficie que la contiene. A mayor superficie de intercambio de calor para un mismo volumen de agua a congelar, tendremos una pérdida de calor mayor, con un tiempo de enfriamiento menor. Según el recurso de frío disponible, y en caso de aceptar los mayores costos, se podrá aumentar la relación superficie volumen, de tal manera que con una temperatura de 1°C bajo cero y contando con sección de entrada y salida de aire suficientemente grande y con una altura de chimenea también suficiente, podremos congelar todo el volumen de agua necesario, en una sola noche. El agua será siempre la misma año tras año, evitándose su reposición y la mano de obra necesaria al traslado del hielo tal cual ocurría en las instalaciones antiguas.-

A medida que el agua se descongela, absorbe el calor de respiración de las mercaderías. Lo mismo sucede con el calor que por insuficiente aislación entra al sistema, el calor sensible de la mercadería al ser introducida y el calor por el inevitable y necesario recambio de aire. La temperatura del agua-hielo, durante todo el proceso de descongelamiento se mantendrá en 0°C , absorbiendo las calorías que se producen o que entran desde el exterior, a razón de 80 kCal . por cada kg. de hielo que se descongela (por cambio de estado). Entre la cámara frigorífica y la cámara de almacenamiento de mercadería, se producirá un intercambio de calor, que dependerá de la superficie de intercambio y de la naturaleza de la misma (metálica) de tal manera que la temperatura de la cámara de almacenamiento, se mantenga en el orden de 2°C .

Entre la cámara frigorífica y la cámara de almacenamiento, podrán también existir compuertas regulables de paso de aire, que aseguren el mantenimiento de 2°C .-

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Se considera un caso hipotético, que establece un límite mínimo de frío y que se basa sobre un clima que proporcione 600 horas equivalentes, a una temperatura de -1°C , por año. Este valor equivalente, permite comparar datos de distintas localidades sobre la misma base y se calcula de la siguiente manera: si en una jornada hemos tenido por debajo de 0°C , 2 hs. a -7°C ; 3hs. a -6°C ; 4hs. a -3°C , etc., podremos reducirlas a $2 \times 7 = 14$ hs a -1°C ; $3 \times 6 = 18$ hs. a -1°C ; $4 \times 3 = 12$ hs. a -1°C etc. etc.; sumando durante todo un año, todas la hs. menores a 0°C , tendremos la posibilidad de comparar las hs reducidas a -1°C , disponibles en distintas localidades, contando así con una primera aproximación para elegir el sitio. Entre dos sitios con el mismo resultado, será mejor el que cuente con una menor cantidad de horas a menor temperatura. Si la mercadería a conservar fueran 165.000 kg. de manzanas, introducidos a 25°C y que deben ser llevados 2°C ; si la superficie de intercambio de calor, de ambas cámaras con el medio ambiente, que tiene una temperatura media, durante el período de 19°C , es de 1184 m^2 ; si el volumen de recambio de aire, de la cámara de mercadería, es de 1800 m^3 , evacuados 35 veces, igual a 63.000 m^3 durante 214 días (7 meses de conservación de la mercadería) tendremos:

a) Calor sensible: $165.000\text{kg.} \times 0.86\text{kCal/kg.} \times 23^{\circ}\text{C}$	= 3,2 E6 kCal
b) Calor de respiración: $165.000\text{kg.} \times 0.4\text{kCal/kg.} \times 214\text{días}$	= 14,1 E6 kCal
c) Entrada de calor: $K=0.03231\text{kCal/h } ^{\circ}\text{C.m}^2 \times 5136\text{ h.} \times 17^{\circ}\text{C} \times 1184\text{ m}^2$	= 3,3 E6 kCal
d) Recambio de aire: $63.000\text{ m}^3 \times 0.31\text{kCal/m}^3\text{C} \times 17^{\circ}\text{C}$	= 0,3 E6 kCal

Total = 20,9 E6 kCal (21.059.854 kCal)

que es la cantidad de kCal. que deben ser extraídas, para mantener esa cantidad de mercadería durante 7 meses a 2°C .

La cantidad de agua a congelar será de: $\frac{21.059.854\text{kCal}}{80\text{kCal / litro}} \cong 264\text{m}^3$ de agua. Para obtener el congelamiento de esa

cantidad de agua será necesario intercambiar calor con el medio ambiente y esto dependerá: de la cantidad de horas a temperatura inferior a 0°C ; de la velocidad del aire con la cual viene lamida la superficie del contenedor y de la superficie de intercambio. Para una superficie de intercambio aire-metal se considera un coeficiente de conductibilidad externa, igual a:

$2 + \sqrt{v}$ (m/seg) y considerando que en atmósfera calma, la velocidad del viento debida a la circulación termosifónica

es del orden de 0.3 m/seg. , tendremos un coeficiente de: $2 + \sqrt{0,3\text{ m/s}} = 2,54\text{kCal h m}^2\text{ } ^{\circ}\text{C}$. Para un clima de 600 hs., un delta de 1°C y una necesidad de intercambiar $21.059.854\text{ kCal}$. tendremos:

Sup. de intercambio $\times 2,54 \times 600\text{ h} \times 1^{\circ}\text{C} = 21.059.854\text{ kCal}$

$$\text{Sup } m^2 = \frac{21.059.854}{2,54 \times 600\text{h} \times 1^{\circ}\text{C}} = 13.819\text{m}^2$$

que es la superficie con que deberá contar el contenedor para 264 m^3 de agua. Como ejemplo, deberán usarse 23.134 contenedores de sección cuadrada (que permita la dilatación cuando se forma el hielo) de 7.65cm de lado por 195 cm de alto y que ocuparán una superficie mínima de 314 m^2 , para permitir la libre circulación de aire entre ellos.

Para poder evacuar 21.059.854 kCal., deberá circular una cantidad de aire, con un delta de 1°C:

$$\frac{21.059.854}{0,31kCal / m^3 \cdot ^\circ C} = 67.935.013m^3 \text{ y por hora : } \frac{67.935.013}{600hs.} = 113.225m^3 / h \text{ obtenido por circulación}$$

termosifónica; esta dependerá: de la sección en m2. de la entrada y salida de aire; de un coeficiente que depende de la relación entre el área de entrada y salida y que para superficies iguales es de 540; de la raíz cuadrada del producto de la altura de la chimenea por el delta de temperatura: $Qm^3 / hora = 540 \times m^2 \times \sqrt{h \times ^\circ C}$ (1). De esta fórmula se

deduce: $area \ m^2 = \frac{m^3 / hora}{540 \times \sqrt{h \times ^\circ C}}$ y dando un valor de 10m. a la altura de chimenea tendremos:

$$area \ m^2 = \frac{113.225m^3 / hora}{540 \times \sqrt{10m \times 1^\circ C}} = 66,3053m^2 \text{ y aplicando (1) tendremos:}$$

$$Qm^3 / hora = 540 \times 66,3053 \times \sqrt{10 \times 1^\circ C} = 113.225m^3 / hora$$

que es precisamente la cantidad de aire que debe circular durante 600 horas a 1°C, para extraer 21.059.854 kCal.

Una de las tipologías constructivas estudiadas, se basa además de la circulación de aire frío, en el aprovechamiento de la radiación principalmente nocturna, hacia el albedo. Actualmente se encuentra en construcción una heladera familiar, en la casa del Sr. José A. Merlo, habitante de Pampa de Achala, Pcia. de Córdoba, con un dimensionamiento según Franco D. 1995-1996, cuya descripción y resultados serán informados oportunamente, conjuntamente a la validación de (1) (Hinz E. et al. 1986)-

COSTOS

Teniendo en cuenta que las instalaciones no requieren energía, ni mantenimiento, ni reposición de máquinas, resultan competitivas con los equipos tradicionales, por ser de duración indefinida en el tiempo, como lo fueron las instalaciones para la producción de hielo, funcionantes durante siglos, en diversos lugares del mundo. Como dato provisorio la instalación de Pampa de Achala podrá llegar a costar 2,3 veces más que una heladera funcionante a gas de la misma capacidad, tal vez debido a su caracter de prototipo.-

AREAS DE APLICACION EN ARGENTINA

En el valle del Río Negro, para refrigeración de manzanas; producción de papas para semillas, libres de contaminación, en las Sierras Cordobesas; mantenimiento de mercaderías y heladeras familiares en las altas pampas mediterráneas y la Patagonia etc.; acondicionamiento de habitaciones extendido a toda la región pampeana etc. (por calor sensible)

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de los miembros de ATECIC, especialmente del Ing. Rogelio Bartolini, como asimismo los valiosos datos meteorológicos aportados por el Lic. Diego Franco y la familia José A. Merlo; a Pritty S.A. en su gerente de producción, Andrés E. Giuliano, por el material donado y a la Arq. Laura Colet, por el material bibliográfico provisto.-

REFERENCIAS

- Depto. de Cultura S.M. Pistoiese 1982, "La producción de hielo natural en la alta Valle del Reno; 1860 - 1940".
- Ente Turismo de Pistoia. 1989 (circa). Dos folletos del Ecomuseo de la Montaña Pistoiese.
- Fanchiotti A. 1989. "Los Còvoli, un sistema natural de enfriamiento en villas venetas de épocas Palladiana" Fac. de Ing. de la Sapienza Roma, Revista Presença Económica, Año 1, Nº 3, Caracas.
- Franco D. 1995 - 1996. Datos de temperatura, hora por hora, de la estación Meteorológica "El Condor", Pampa de Achala, Pcia. de Córdoba.-
- Hinz E. et al. 1986 "Proyecto, Clima y Arquitectura" pag. 54, Edic. G. Gilli. México, material provisto por la Arq. Laura Colet del Cial.-
- Revista ICARO - Breda 1994. "Arquitectura Industrial" Nº 9 y 10, Pistoia.
- Saravia L. et al. 1986 "Diseño de un banco de germoplasma" 5º Congreso Latino Americano de Energía Solar - Chile.-
- Tacchi V. y F. 1990. "Calefacción y refrigeración en habitación individual con uso exclusivo de energías renovables" - Asades.-