



# Diseño e implementación de un prototipo de un sistema de refrigeración basado en la tecnología de bancos de hielo que permita reducir el consumo de energía eléctrica a los procesos convencionales actuales

Jean Roger León Arteaga, Camilo Andrés Obando Dueñas  
Corporación Universitaria Autónoma de Nariño  
Pasto, Nariño  
[rogerleon350@gmail.com](mailto:rogerleon350@gmail.com), [kamiilo318@gmail.com](mailto:kamiilo318@gmail.com)

**Resumen**— En el siguiente estudio se plantea un prototipo de sistema de refrigeración basado en la tecnología de bancos de hielo, ya que dicha tecnología aporta en el ahorro energético en empresas o industrias que utilicen en sus labores productivas sistemas de acondicionamiento de ambientes. Sectores como el de refrigeración tiene altos índices de consumo energético y esto se debe a distintos factores como mala instalación del equipo, uso de equipo ya obsoleto, poco mantenimiento y su prolongado tiempo de trabajo, la investigación logra disminuir los tiempos de trabajo en los sistemas principales hasta por 6 horas en las horas pico, así mejorar su eficiencia y disminuir hasta en un 30% el gasto energético diario. Los bancos de hielo logran suplir por completo el trabajo de un sistema de refrigeración por compresión de vapor, y su ahorro radica principalmente en la acumulación térmica en su sistema para poder utilizarlo en el momento necesario, aunque los sistemas de refrigeración cada vez otorgan mejores eficiencias no solucionan el problema de contaminación ya que el coeficiente de contaminación que se mide en kilogramos de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> producidos por kilowatt-hora de energía consumida se mantiene y por lo tanto no disminuye.

**Abstract**—In the next study arises a prototype cooling system based on technology banks of ice, since this technology provides energy savings in companies or industries using in their work production systems conditioning environments. sectors like the cooling has high rates of energy consumption and this is because different factors as bad installing the team, use of equipment and obsolete, little maintenance and prolonged working time, research achieved decrease work times in the core systems for up to 6 hours in peak hours and improve efficiency and decrease by up to 30% spending energy daily. banks of ice manage to meet completely the work of a cooling system compression steam, and savings lies mainly in the accumulation thermal on your system to use it at the time necessary, although refrigeration systems ever give best efficiencies not solve the problem of pollution as the ratio of pollution is measured in kilograms of carbon dioxide CO<sub>2</sub> produced per kilowatt hour energy consumed remains and therefore not decreases.

**Índice de Términos**—Bancos de hielo, Ahorro energético.

## I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo cada vez se está buscando más fortalecer el ahorro energético ya sea en empresas, fabricas, edificios, residencias...etc. Se investigan nuevas iniciativas que buscan en el caso del ahorro energético reducir consumos y hacer más eficientes procesos de producción. Ya sistemas de refrigeración podemos decir que en la industria estos requieren de grandes cantidades de energía y lo que se busca es reducir al máximo el uso de la misma, de esta manera se impacte de manera menos negativa al medio ambiente. La investigación tiene sus raíces en el ahorro energético con la ayuda de la tecnología de bancos de hielo en los sistemas de refrigeración, en la actualidad en nuestra ciudad se ha venido desarrollando el sector industrial entre el cual se destacan cada vez más las empresas que utilizan en su actividad productiva sistemas de acondicionamiento de aire. Por otra parte, cada vez en el mundo va en aumento la demanda de energía eléctrica, así a partir de esta necesidad nacen iniciativas, soluciones que buscan controlar el gasto energético y mejorar la eficiencia de los sistemas utilizados. En relación con lo anterior, el proyecto se encamina en mejorar el aprovechamiento de la energía por parte de los sistemas de refrigeración por compresión de vapor, pero más aún el proyecto tiene la finalidad de reducir los gastos de energía en horas del día en que la temperatura aumenta y por ende es donde se registran mayores gastos de energía y menores eficiencia del sistema.

Por medio de este proyecto se empezó a analizar los gastos energéticos de los sistemas convencionales de tal manera que se establezca la razón de su generación, o por lo menos determinar cuáles son, ya que se evaluó que varias empresas no saben cuanta energía están consumiendo con



sus sistemas de refrigeración, y por ende no encuentran la manera de reducirlos, ya evaluada la situación actual del contexto empresarial se inicia con el diseño del sistema con bancos de hielo con la finalidad de otorgar un sistema secundario que proporcione por unas horas un consumo de energía mucho menor al acostumbrado, finalmente termina el análisis comparando los resultados del antes y el después de la incorporación de la nueva tecnología dentro del sistema principal, así se produce la certeza de que el tecnologías como la ofrecida otorgan soluciones a problemas evidentes como son los altos consumos energéticos.

En el mundo cada vez más se utiliza tecnologías de acondicionamiento de ambientes y estas abarcan diferentes sectores desde alimentos, hospitales hasta enfriamiento de equipos...etc. Por lo tanto, es vital que se busque mejorar la eficiencia de los sistemas, además de establecer tecnologías que en conjunto que cumplan con la función de ahorrar energía. Nuevas tecnologías como la planteada traen beneficios a los diferentes involucrados como al medio ambiente que disminuye el calentamiento global, el índice de destrucción del ozono por medio del uso de nuevos refrigerantes y disminuye el coeficiente de contaminación que se mide en kilogramos de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> producidos por kilowatt-hora de energía consumida al apagar el sistema principal de refrigeración, también benefician a las empresas reduciendo sus gastos económicos mensuales por facturación de energía consumida.

## II. OBJETIVOS

- Analizar el gasto energético y el coeficiente de operación de los sistemas de refrigeración actuales y la eficiencia energética de los componentes, para un posterior análisis con la tecnología de bancos de hielo.
- Calcular y diseñar el sistema de refrigeración por bancos de hielo, determinando las especificaciones de diseño.
- Construir el sistema de refrigeración por bancos de hielo.
- Evaluar y hacer pruebas en el sistema construido para determinar la eficiencia del sistema de bancos de hielo propuesto y analizar los impactos de esta tecnología.

## III. METODOLOGIA

En el desarrollo del proyecto de grado se implementó el tipo de investigación experimental- descriptivo, ya que la investigación experimental aporta en el estudio del comportamiento de variables independientes y sus efectos frente a las variables dependientes en ambientes controlados, también permite verificar las causas y el alcance de sus efectos. La parte descriptiva aporta en la investigación ya que permite dar detalles de cada uno de los elementos que componen la tecnología de bancos de

hielo y como estos aportan en su eficiencia y funcionamiento, además la parte descriptiva nos permite medir y recoger la información sometida al estudio con el fin de dar un completo informe de causas y efectos.

## IV. REFERENTES TEORICOS

Muchas de las investigaciones que se han venido desarrollando en los sistemas de acondicionamiento de aire, han sido con el fin de reducir los grandes consumos de energía que estos equipos requieren. Pero, así mismo se han buscado algunas tecnologías con las cuales se minimizan estos consumos; una de ellas son los bancos de hielo que se basa en la acumulación térmica. La Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP) de Brasil, demostró que los bancos de hielo eran una buena forma de reducir la energía y así combatir la crisis energética en que vivía este país, ya que para el año 2003 los índices de gastos energéticos calculados en residencias que utilizaban aire acondicionado se encontraban alrededor del 20 al 25 % del total, y que además en horas pico que el valor de kilowatt de energía era mayor. Segundo o diretor da FEM, "o desempenho do "Banco de Gelo" é mais eficiente do que o das tecnologias convencionais porque a mistura de água e gelo é bombeada diretamente para os fancoils, eliminando assim equipamentos intermediários"<sup>1</sup>. Traducido al español: Según el director de FEM, "el desempeño del <Banco de Hielo> es más eficiente que el de las tecnologías convencionales porque la mezcla de agua y hielo es bombeada directamente al Fan Coil, eliminando así equipos intermediarios.

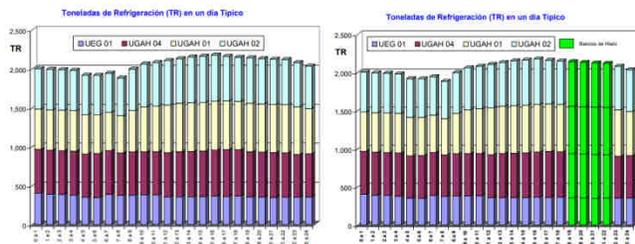
En diferentes países se llevan a cabo la implementación de sistemas de bancos de hielo para diferentes propósitos y se busca capacitar en el beneficio que traen estas tecnologías, tecnologías como la de bancos de hielo puede ser aplicada en diferentes sectores desde industriales como por ejemplo hornos de fundición en México o en domicilios como se utilizan en Guatemala apoyadas por el gobierno. Estas iniciativas logran fácil mantenimiento, larga vida y costos de implementación reembolsables a mediano plazo.

A continuación, podemos ver una representación del ahorro que otorga la implementación de un sistema de bancos de hielo frente al gasto del sistema sin ningún ahorro energético. El sistema principal se dejará de utilizar en el tiempo que el banco de hielo funciona a partir de su acumulación térmica en forma de hielo en horas pico y en lapso de tiempo de 5 a 6 horas.

---

<sup>1</sup> Jornal Unicamp. Op. Cit; p. 8.

**Figura 1.** Demostración de ahorro energético con bancos de hielo.



**Fuente.** Programa integral de asistencia técnica y capacitación para la formación de especialistas en ahorro y uso eficiente de energía eléctrica de Guatemala”, 2010.

Con respecto a las ventajas de esta tecnología, se puede decir que hay suministro de temperaturas constantes; pero la principal desventaja de este sistema es el costo elevado inicial. Pero como lo afirma Soto Renato “La inversión inicial es considerablemente alta para estos sistemas, pero dentro de sus ventajas están que suministran temperatura de agua más bajas y constante, operación segura debido a que no hay partes en movimiento en el tanque, reducen los costos por facturación eléctrica y se puede usar en aplicaciones donde se requiere enfriamiento de emergencia”<sup>2</sup>.

Sistemas de refrigeración como los investigados aportan de igual manera en la utilización y sensibilización del uso de refrigerantes más amigables con el medio ambiente, por lo tanto, a la hora de seleccionar el refrigerante se optó por varias razones entre las cuales se destacó la de no contribuir en el deterioro de la capa de ozono y no ayudar con el calentamiento global. En la actualidad es muy importante el tema del cambio climático, por esta razón es de gran importancia que los refrigerantes sean amigables con el medio ambiente.

A continuación mostramos una tabla en la cual se mide el índice ODP y GWP, de las sustancias utilizadas como refrigerantes de diferentes tipos de sistemas de refrigeración por compresión de vapor, entre los cuales podemos ver el R134a y el R404a dichos refrigerantes son los optados para realizar el estudio y la decisión de seleccionar el R404a ya en el diseño se basa principalmente en su larga vida útil y en nulo potencial de destrucción del ozono, así también como su poco impacto en el calentamiento global en comparación con el R22 o el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**Figura 2.** Impacto de una sustancia en la capa de ozono.

REFRIGERANTE	ODP	GWP	VIDA ÚTIL
R12	1	8100	120 años
R 404a	0	3750	100 años
R 22	0,05	1700	100 años
R 407c	0	1610	20 años
R 134a	0	1300	16 años
R290	0	20	Meses
R 600a	0	3	Semanas
NH3	0	< 1	?

**ODP** = Potencial de Destrucción del Ozono

**GWP** = Potencial de Calentamiento Global (comparado al CO<sub>2</sub>) – 100 años

**Fuente.** Embraco.pdf. Disponible en Internet:< URL: <http://www.embraco.com>>.

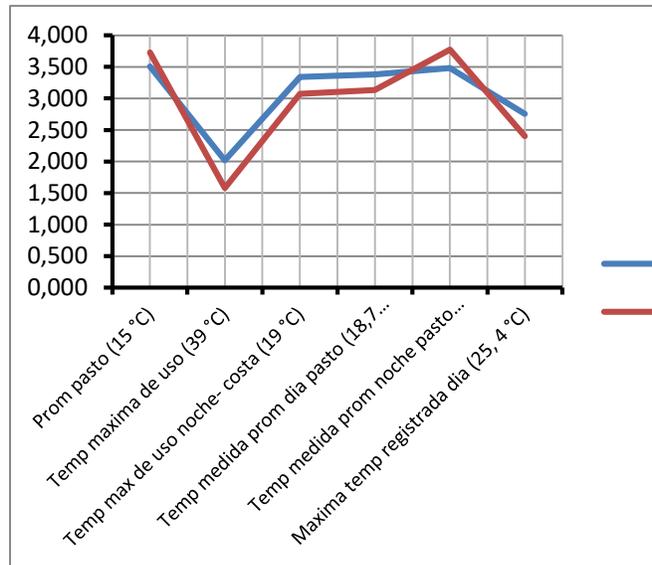
Basado en lo anterior, es imprescindible trabajar en una nueva tecnología de un sistema de refrigeración adaptándole bancos de hielo e implementarlo en la industria nariñense es el objeto de estudio; además es de suma importancia para que esta crezca en nuestro departamento, ya que no es ningún secreto para nadie que Nariño tiene dificultades en este sector económico y su retraso es considerable comparado con departamentos como el Valle del Cauca.

## V. RESULTADOS

El siguiente estudio se realizó al inicio de la investigación con el fin de determinar el comportamiento del COP, en diferentes situaciones del día, el resultado concluyo que en altas temperaturas como la máxima y promedio, el índice de rendimiento o COP, disminuye pero en la noche aumenta de manera apreciable, así es fácil determinar que condensaciones nocturnas para el congelamiento de hielo son alternativas eficaces para que no disminuya el índice de rendimiento y así suplir en horas de altas temperaturas el trabajo por medio de bancos de hielo disminuye la eficiencia del sistema.

<sup>2</sup> SOTO Renato. Bancos de Hielo. Publicado: septiembre 24, 2011. Disponible en: URL:<http://foromantenimientoindustrial.blogspot.com.co/2011/09/bancos-de-hielo-por-renato-soto.html>>.

**Cuadro 2.** Diferencia del COP entre el refrigerante 134a y el R404a.



**Fuente.** Esta investigación, 2018.

El sistema parte de refrigeración basada en tecnología de bancos de hielo, el cual cumple la función de congelar agua que está dentro de un manhole, para así poder conservar frío y que el sistema primario de refrigeración que es el que utiliza mayor energía por sus componentes como el compresor y el condensador esté apagado durante 5 a 6 horas, ahorrando energía. Incluso, se pretende que la congelación del agua se realice en la noche para así aprovechar las bajas temperaturas y poder aumentar la eficiencia del ciclo de refrigeración primario, aumentando también el coeficiente de rendimiento del sistema, de modo que el sistema con menores consumos energéticos sea lo más eficiente posible a la hora de refrigerar un lugar en específico.

**Figura 3:** Estructura de los Bancos de Hielo conservación de energía térmica.



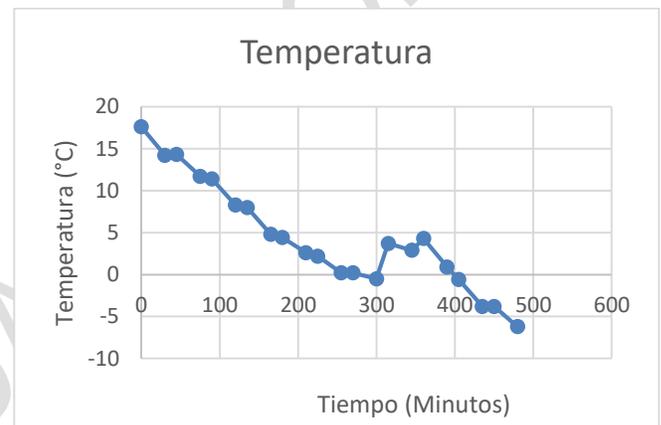
**Fuente:** Esta investigación, 2018.

En la figura 3, se presenta el banco de hielo, el cual se conforma de 4 depósitos rectangulares de aluminio donde

se almacena el hielo y el cual realiza la transferencia de calor a la salmuera para que esta realice un posterior trabajo supliendo al sistema principal.

En el cuadro 1, se logra ver el comportamiento del sistema de refrigeración y el banco de hielo, a partir del minuto cero se empieza a disminuir la temperatura del agua que está depositada en los recintos mientras el sistema principal realiza su función de adecuación de espacios, ya aproximadamente en la 5 hora de funcionamiento se apaga el sistema principal y se realiza transferencia de calor de los bancos de hielo a la salmuera y esta se recircula en el ciclo supliendo el trabajo del sistema principal durante 5 a 6 horas hasta que se descongelen de nuevo los depósitos.

**Cuadro 1.** Disminución de la temperatura del banco de hielo versus el tiempo de funcionamiento del sistema de refrigeración



**Fuente:** Esta investigación, 2018.

## VI. CONCLUSIONES

La investigación de las diferentes tecnologías de bancos de hielo sus características, sus elementos y sus aplicaciones dieron como resultado la selección del diseño eficiente y más adecuado para las necesidades requeridas.

Se construyó el manual de operación y servicio con el fin de proporcionar información completa al usuario del funcionamiento, puesta en marcha, mantenimiento de la máquina y las instrucciones de seguridad que debe seguir.

Se identificó el estado actual de los sistemas de refrigeración de las diferentes empresas que existen en nuestro departamento mediante encuestas, muchas de las cuales tienen altos índices de consumo de energía, pero carecen de sistemas que proporcionen ahorro energético, por lo tanto, las ideas de ahorro energético eran de gran interés ya que les proporcionan menor impacto en el medio ambiente y menores gastos económicos en energía eléctrica.



El diseño más factible de banco de hielo aplicado fue el de hielo en serpentín derretimiento externo ya que lograba adecuarse de mejor manera a nuestro diseño, sus tiempos de congelamiento eran más cortos y su funcionalidad abarcaba muchos sectores, además de ser más asequible económicamente y su mantenimiento era más fácil.

En el proceso de realización de cálculos, diseño y construcción de los diferentes elementos encontrados en el sistema dieron como resultado un estudio más preciso sobre el trabajo que tiene que suplir el sistema de bancos de hielo, se evaluó cuáles son los factores que afectan en la realidad y como se diferencia respecto a lo teórico.

Durante el proceso de diseño e implementación se determinó la importancia de la investigación de tecnologías nuevas, ya que contribuyan al mejor desarrollo del aprendizaje del profesional y se corroboran las necesidades de nuestro entorno.

## VII. BIBLIOGRAFIA

[1] Jornal Unicamp, 'economiza energia ao armazenar frio, Universidade Estadual de Banco de gelo' Campinas, 5 octubre del 2003 [portugués].

[2] SOTO, Renato, Bancos de Hielo. Publicado: septiembre 24, 2011. Disponible en: <URL:<http://foromantenimientoindustrial.blogspot.com.co/2011/09/bancos-de-hielo-por-renato-soto.html>>.

PROHIBIDA SU COPIA