

“Factibilidad para Sustitución de Sistemas de Refrigeración que utilizan R-22 por Sistemas que funcionan con NH₃ en el Área de fabricación de Galletas con Crema”

Hugo E. Bermeo Rodríguez.
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
hbermeo@espol.edu.ec

Ernesto Martínez L.
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
Director del Proyecto
emartinez@espol.edu.ec

Resumen

La presente tesis describe el estudio para realizar un trabajo profesional, ha una Empresa que produce alimentos de consumo masivo.

El proyecto consiste en el diseño e implementación de un nuevo Sistema de Refrigeración con la particularidad de que emplee un refrigerante ecológico, para climatizar un área, la misma que requiere de parámetros específicos de temperatura y humedad relativa para realizar la producción de las galletas con crema. El diseño del sistema en mención incluirá el cálculo de carga térmica, la selección de equipos, diseño de red de tuberías, diseño del sistema de ductos para transporte de aire frío, detalles y especificaciones de construcción y un cronograma de montaje del Sistema de Refrigeración

En este trabajo siempre se estará considerando el hecho de que un diseño eficiente resulta en un sistema que tiene una operación económica y amigable con el ambiente, por tal motivo al final de este trabajo se presenta un análisis de costos de todo el proyecto y se compara con el sistema instalado actualmente en lo que a consumo de energía eléctrica se refiere.

Palabras Claves: *Sistemas de refrigeración, agua helada, chiller, torre de enfriamiento, manejadoras, tuberías.*

Abstract

This thesis describes a study for a professional job, has a company that produces food for mass consumption.

The project involves designing and implementing a new cooling system with the particularity that employs an ecological refrigerant for air conditioning of an area, the same parameters that require specific temperature and relative humidity for the production of the biscuits with cream. The reference design will include the system thermal load calculation, equipment selection, pipe network design, system design of pipelines for transport of cold air, details and specifications for construction and installation schedule Cooling System

In this work always be considering the fact that an efficient design results in an operating system that has an economic and environmentally friendly for that reason the end of this paper presents a cost analysis of the entire project and compared with the system as currently installed electric power consumption is concerned.

Keywords: *Cooling systems, chilled water, chiller, cooling tower, handler, pipes.*

1. Introducción

El presente trabajo se genera ya que en la actualidad, debido a los problemas de contaminación por los que el mundo esta atravesando, se ha generado una creciente imposición de nuevas y rigurosas leyes ambientales, las mismas que regulan el uso de ciertos refrigerantes, sumando a esto los años de servicio y vetustez del actual sistema de refrigeración, el mismo que no abastece las necesidades de enfriamiento y genera problemas de paros técnicos, se hace necesaria la implementación de un nuevo sistema de refrigeración que considere estos aspectos.

Con esto se pretende demostrar el compromiso de la empresa con el medio ambiente de evitar la destrucción de la capa de ozono y contribuir a la calidad de vida en el planeta, con el cumplimiento de normas de seguridad y medio ambiente que debe tener una empresa.

El instalar un sistema de refrigeración con amoníaco (NH_3) en reemplazo del actual, se pretende aumentar la eficiencia de refrigeración, con lo se incrementa la velocidad de enfriamiento del producto que se encuentra en el área de waffer, y así disminuir el consumo de energía eléctrica que absorbe el actual sistema de refrigeración.

Para la aplicación de este proyecto se necesita tener en cuenta consideraciones y recomendaciones técnicas por parte de asociaciones profesionales internacionales, tales como ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers) y SMACNA (Sheet Metal Air Conditioning Contractors National Association) para realizar el diseño, construcción e instalación del sistema de enfriamiento y distribución de aire.

También se realizarán las respectivas pruebas y calibración de los equipos y otros componentes del sistema, así como el análisis técnico-económico del sistema instalado, y se espera proporcionar una alternativa viable de solución a estos problemas, que puede ser adoptado por empresas que al igual que ésta, se encuentren en proceso de transición de sus sistemas de refrigeración.

2. Objetivos

- De acuerdo a los objetivos científico-tecnológicos la tesis de graduación, tiene como propósito comenzar a disminuir la destrucción de la capa de ozono y contribuir a la calidad de vida en el Planeta.
- Contribuir a evitar la destrucción de la capa de ozono mediante el cumplimiento de normas de seguridad y medio ambiente que debe tener una empresa.
- Reemplazar el sistema de refrigeración actual por un sistema con amoníaco (NH_3) ya que es un gas refrigerante cuyas moléculas no contienen átomos

de elementos destructores de la capa de ozono y analizar el cambio en sus propiedades refrigerantes, como el aumento de la velocidad de enfriamiento del producto que se encuentra en el área de waffer.

- Aumentar la eficiencia de refrigeración y disminuir el consumo de energía eléctrica que absorbe el actual sistema de refrigeración.
- Analizar y comparar la eficiencia obtenida por el equipo de refrigeración actual el cual emplea refrigerante R-22, con el que se va a instalar que utiliza refrigerante amoníaco.

3. Metodología

Para cumplir con los objetivos planteados se establece una metodología muy simple la cual se resume en los siguientes ítems.

3.1. Descripción del proceso de producción de waffer.

Se conocerá como es el proceso de elaboración de la waffer e identificar en que parte de el proceso se emplea la refrigeración y cuales son los parámetros a los que se la debe manejar en las diferentes etapas del proceso, ya que de esto depende la consistencia que requiere la waffer, para que cuando se realice el corte de la waffer sus filos sean lo más perfecto posible, lo cual cumple un factor importante en la calidad del producto al momento de compararla con otros tipos de waffer.

3.2. Determinación de la capacidad de refrigeración.

Consiste en el cálculo de la carga de enfriamiento que se necesita en toda el área de fabricación y empaque del producto, para obtener este valor se aplicará un modelo matemático con el que se puede ver como se realiza la transferencia de calor y poder lograr así bajar la temperatura a la waffer.

3.3. Selección de equipos de refrigeración.

En base a los resultados obtenidos de los cálculos se puede saber que características técnicas debe tener el equipo que se tiene que adquirir para que el sistema de refrigeración genere la capacidad que se requiere para el proceso de producción de la waffer teniendo en cuenta la serie de procesos que se debe seguir en este tipo de empresas alimenticias.

3.4. Listar Normas para montaje.

Consiste en que siempre que se este instalando un sistema de refrigeración se debe observar y cumplir

con los requerimientos que se establece a nivel mundial, exigencias de seguridad y medio ambiente, para realizar el montaje de equipos de refrigeración, con el fin de que en un futuro no se provoquen accidentes o desperfectos por un mal montaje del sistema.

3.5. Elaboración de Cronograma.

Es registrar como se procederá con la realización de este proyecto, indicando paso a paso desde el principio hasta el final, la actividad que se realizará así como su respectivo tiempo y fecha.

3.6. Análisis de Costos.

Es cuantificar cuanto cuesta llevar a cabo este proyecto, el mismo que constará con el costo de adquisición, montaje, mantenimiento y operación del sistema de refrigeración, valor que debe estar cercano a la realidad, a fin de realizar un mejor análisis del costo con valores más exactos y de esta manera no tener problemas por falta de recursos a mediados de obra.

4. Sistema de refrigeración empleando NH₃

4.1. Validación de la carga de enfriamiento

Para establecer la capacidad del nuevo sistema de enfriamiento se empieza determinando la carga térmica, de esta manera se puede analizar si el actual sistema de enfriamiento abastece las necesidades requeridas.

La determinación de la carga térmica incluye lo siguiente:

Carga por transmisión

Carga por producto

Carga interior

Carga por infiltraciones

A continuación se expone cada uno de los términos mencionados:

4.1.1. Carga por transmisión. Ganancia sensible de calor a través de paredes, piso, techo y se calcula como en el estado de equilibrio a través de la siguiente ecuación:

$$q = UA\Delta t \quad (\text{Ec. 1})$$

Tabla 1: Carga por transmisión “Método de particiones”

	Area m ² .	T. Ext. °C	T. Int. °C	U W/m ² .K	Calor kW.
Techo	3232	30	20	2.8	90.50
Norte A	94.35	29	20	2.95	2.50
Norte B	17.21	22	20	2.95	0.10
Norte C	45.10	29	20	2.95	1.20
Norte D	67.04	23	20	2.95	0.59
Norte E	45.21	29	20	2.95	1.20
Norte F	22.02	45	20	2.95	1.62
Norte G	9.30	29	20	2.95	0.25
Norte H	11.55	29	20	5.4	0.56
Este I	5.44	29	20	2.95	0.14
Este K	64.86	23	20	2.95	0.57
Este L	12.68	28	20	2.95	0.30
Este M	15.73	28	20	5.4	0.68
Este N	102.7	36	20	2.95	4.85
Sur O	27.38	28	20	2.95	0.65
Sur P	34.96	28	20	5.4	1.51
Sur Q	245.1	36	20	2.95	11.57
Oeste R	202.9	24	20	2.95	2.39
Carga Transmisión TR, kW					121.20

4.1.2. Carga por Producto. Los aportes internos del calor que se generan por el producto, el calor de respiración del producto y del empaque que estos contengan.

A continuación se mencionan características del producto “WAFFER”:

Obleas por minuto = 153 opm.

Peso de Oblea = 5 gr.

Flujo de masa = 45.9 Kg. / h.

Temperatura de oblea a la salida del horno = 175°C

Temperatura de almacenamiento = 20°C

Humedad relativa = 55 – 60 %

Calor específico de la oblea = 2.937kJ / (Kg. K)

Una vez que se obtienen todos los datos del producto, se procede a calcular el calor que este genera, mediante la siguiente ecuación:

$$q_{\text{producto}} = m * c * (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}) \quad (\text{Ec. 2})$$

$$q_{\text{producto}} = q_{\text{oblea}} + q_{\text{cobertura}}$$

$$q_{\text{producto}} = 7.490kW$$

4.1.3. Cargas Internas. Toda energía disipada en el espacio climatizado (sea esta por luces, motores, calentadores y otros equipos) debe incluirse como una carga térmica que suma a la carga interna.

4.1.3.1. Carga Térmica disipada por motores eléctricos. Dentro del área los motores generan el siguiente consumo:

Motores de waffer = 92,66 KW
 Motores de recubiertos = 50,14 KW

Todos los motores y el equipo impulsado que se encuentran dentro del espacio tienen un consumo total de:

$$q_{motores} = 156.47kW.$$

4.1.3.2. Carga Térmica de las luminarias. Este depende del nivel lumínico que se requiera para el recinto climatizado, así como del tiempo de utilización. Generalmente el nivel de iluminación está en el orden de 10.8 W/m² y se conoce que la superficie del techo tiene un área de 3232.2 m²

A continuación se calcula el calor que se genera por las luminarias:

$$q_{iluminación} = (10.8 * 3232.2) / 1000 = 35kW.$$

4.1.3.3. Carga Térmica generada por el personal. Las personas añaden una carga térmica a la carga total, en función de factores como la temperatura ambiente, el tipo de trabajo que se está realizando. La carga térmica de una persona puede estimarse como:

$$q_{persona} = N_p [272 - 6t] \quad (\text{Ec. 3})$$

$$q_{persona} = 40 * [272 - 6(20)] = 6kW$$

4.1.3.4. Cargas por infiltraciones. Ganancia de calor a partir de la infiltración de aire y equipos asociados.

A continuación, se muestra una tabla con los valores de carga térmica que se genera dentro del área a climatizar por los diferentes tipos de cargas térmicas.

Tabla 2: Resumen de las cargas térmicas

Sumario de Cargas	Carga, kW.
Transmisión	121.20
Producto	7.49
Motores	156.47
Iluminación	35.00
Personas	6.00
Infiltración	23.32
Subtotal	349.48
Seguridad 10%	34.95
Carga Total, kW.	384.43
BTU/h.	1312428.91
TONELADAS	109.37

4.2. Selección de equipos

El funcionamiento de este sistema contiene los mismos principios de refrigeración.

A continuación se seleccionan los equipos que comprenden el sistema de climatización:

4.2.1. Selección del CHILLER. Este se selecciona en base a la capacidad de carga térmica que se genera en el área a climatizar, que en este caso es de 109.37 toneladas de refrigeración, con lo que se cotizó un **CHILLER YORK-FRICK de 120 TR** de capacidad.

4.2.2. Selección de las MANEJADORAS DE AIRE. Se seleccionan en base a la carga térmica, con lo que se requiere de 4 manejadoras de 25 toneladas de refrigeración y 1 manejadora de 20 toneladas de refrigeración, para de esta forma cubrir las 120 TR del Chiller, las manejadoras son marca **YORK**

4.2.3. Selección de TORRE DE ENFRIAMIENTO. Se selecciona una Torre de Enfriamiento para un chiller de 120 TR, marca YORK – IMECO, de tiro mecánico forzado.

4.2.4. Selección de BOMBAS para circulación de agua de enfriamiento. El primer circuito se constituye por dos bombas marca Armstrong de 15 HP de 288 GPM de capacidad para un cabezal total de 70 pies, las dos bombas se conectan en paralelo.

El sistema secundario se constituye por dos bombas marca Armstrong de 7.5 HP de 288 GPM de capacidad para un cabezal total de 20 pies, las bombas se conectan en paralelo.

4.3. Diseño de red de tuberías

Existen muchos tipos de redes de tuberías para interconectar los componentes de los sistemas de refrigeración. El diseño a emplear es un **sistema de tuberías de circuito abierto**. Una de las características de un sistema como éste, es que una parte del circuito está abierto a la atmósfera.

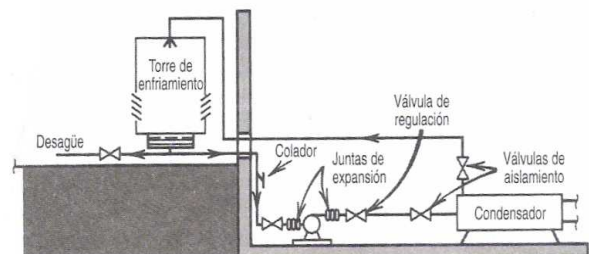


Figura 1. Sistema de agua de circuito abierto

4.3.1. Criterio para seleccionar el tamaño de las tuberías. Con frecuencia las tuberías pasan a través de espacios ocupados, en donde el ruido que genera el paso de los fluidos resulta molesto. Por lo tanto, generalmente se recomienda una velocidad límite de 1.2 m/s para tubos de 2 pulgadas de diámetro o menos.

Para tubos de mayor diámetro, se impone un límite de pérdida de altura de 4 pies por cada 100 pies de longitud, que equivale aproximadamente 0.4 kPa/m en unidades del Sistema Internacional. Estos criterios deben considerarse como lineamientos generales, no como reglas rígidas.

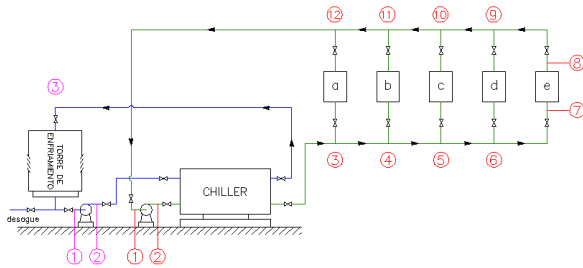


Figura 2. Diagrama del sistema de tuberías

4.3.2. Elección del tamaño de la tubería. La selección de tubería se la realiza en función del caudal que debe suministrarse a cada una de las UMAs y de la velocidad de flujo.

Para la elección del tamaño de la tubería y el cálculo de la pérdida de altura de la energía total o carga hidráulica se utiliza una carta que se ha elaborado tal como se muestra en la figura.

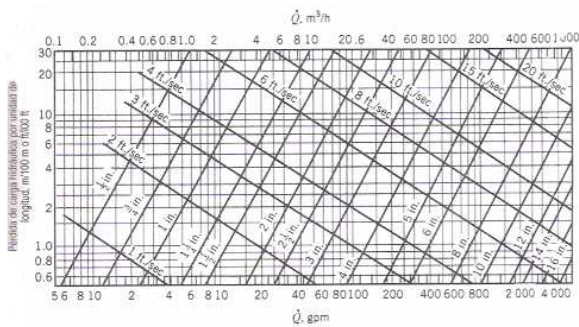


Figura 3. Pérdida por fricción debida al flujo de agua a través de un tubo de acero comercial (Cedula 40)

Criterios de selección adoptados para este sistema:
 Máxima Velocidad= 8 pies/s (2.4 m/s)
 Máxima Pérdida de carga hidráulica= 11 pies por 100 pies (11m/100m)
 Capacidad= 288 GPM

A continuación se muestra el tamaño de la tubería

Tabla 3: Cálculo del tamaño de tubería

Sección de tubo número	Tasa de flujo, gpm	Ø pulg.	Veloc. del fluido, ft/s	Long. total, pies	Pérdida de carga hidráulica total
2 - 3	288	4	8	153.8	9.2
3 - 4	240	4	8	56.7	4.0
4 - 5	180	3	8	48.2	3.9
5 - 6	120	2 1/2	7.8	46.8	4.7
6 - 7	60	2	6.8	67.5	6.8
8 - 9	60	2	6.8	67.5	6.8
9 - 10	120	2 1/2	7.8	46.8	4.7
10 - 11	180	3	8	48.2	3.9
11 - 12	240	4	8	46.9	3.3
12 - 1	288	4	8	165.7	9.9
6 - 9	60	2	6.8	39.4	3.9
5 - 10	60	2	6.8	39.4	3.9
4 - 11	60	2	6.8	39.4	3.9
3 - 12	48	2	6	306.3	27.6
Chiller	288				15.4

4.4. Diseño del Sistema de Ductos

4.4.1. Diseño de sistemas de ductos de baja velocidad. Para diseñar sistemas de ductos de baja velocidad se puede aplicar el método de igual fricción o el de capacidad balanceada, para este diseño se emplea el método que se describe a continuación.

Método de igual fricción: El principio de este método consiste en hacer que la pérdida de presión por pie de ducto sea la misma para todo el sistema. Si la disposición es simétrica y todos los tramos desde el ventilador al difusor son aproximadamente de la misma longitud, este método producirá un diseño bien balanceado. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de ductos tienen recorridos de diferentes longitudes, lo cual provoca una elevación del nivel de ruido.

4.4.2 Distribución del caudal de aire. El sistema consta de cuatro manejadoras con una capacidad de flujo de aire de 4.93 m³/s. (10500 CFM) para waffer y una manejadora de 4.01 m³/s. (8500 CFM) para recubiertos, el aire es distribuido en su totalidad a toda la zona de trabajo. Tomando en cuenta que las manejadoras van hacer instaladas sobre una losa, la cual esta por encima del cielo falso que cubre toda el área a ser refrigerada, se ha establecido en el diseño que los ductos se instalen por debajo del cielo falso, o sea dentro del área refrigerada, con el fin de evitar deficiencia del equipo al colocar los ductos por encima del cielo falso ya que en esta zona el calor se encuentra confinado. Debido a que es un área totalmente libre de restricciones la que se va a climatizar no será necesario ramificaciones o ductos secundarios para una mejor distribución de aire, empleando únicamente un ducto

principal para la respectiva distribución de aire en cada manejadora, la misma que se hará a través de 15 salidas de flujo de aire de $0.33 \text{ m}^3/\text{s}$ de capacidad cada una. La altura máxima que tendrá este sistema es de 0.7 metros y con variabilidad a lo alto y ancho del ducto. Se ha escogido difusores de techo de $0.33 \times 0.33 \text{ m}$. y $0.53 \times 0.20 \text{ m}$. para difusores laterales.

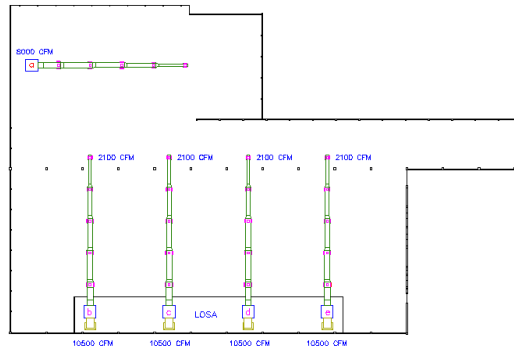


Figura 4. Distribución del aire del sistema

A continuación se muestra una tabla con todas las secciones del ducto:

Tabla 4: Cálculo de pérdida de presión del sistema de ductos

Componente	Flujo m^3/s	Dimen. Ducto m.	Long. m.	ΔP (Pa)
Ducto	4.96	0,7 x 1	1	0.77
Codo 90	4.96	0,7 x 1		5.23
Codo 90	4.96	0,7 x 1		5.23
Ducto	4.96	0,7 x 1	0.8	0.62
Contracción	4.96	0.7 x 1 a 0.6 x 0.9	0.5	1.74
Ducto	3.96	0.6 x 0.9	4.8	4.13
Contracción	3.96	0.6 x 0.9 a 0.5 x 0.8	0.5	1.74
Ducto	2.97	0.5 x 0.8	4.8	4.78
Contracción	2.97	0.5 x 0.8 a 0.4 x 0.65	0.5	1.74
Ducto	1.98	0.4 x 0.65	4.8	5.85
Contracción	1.98	0.4 x 0.65 a 0.3x0.45	0.5	1.74
Ducto	0.99	0.3 x 0.45	4.8	8.26
TOTAL				41.85

4.5. Cronograma de Montaje del Sistema de Refrigeración

El cronograma de trabajo se inicia en el mes de Diciembre del 2009 con el estudio de factibilidad del proyecto, existiendo tareas como la importación de los

equipos cuya transportación coincidirá con el avance de la obra civil, montaje de tuberías y otras tareas que no interfieran con el funcionamiento de la planta.

La llegada y puesta en sitio de los equipos coincidirá con un mantenimiento general, en donde se hace un alto total de la planta, y de esta manera proceder a realizar el cambio de unidades.

A continuación se presenta un cronograma de trabajo en donde se detalla el tiempo de duración de cada una de las etapas del proyecto.

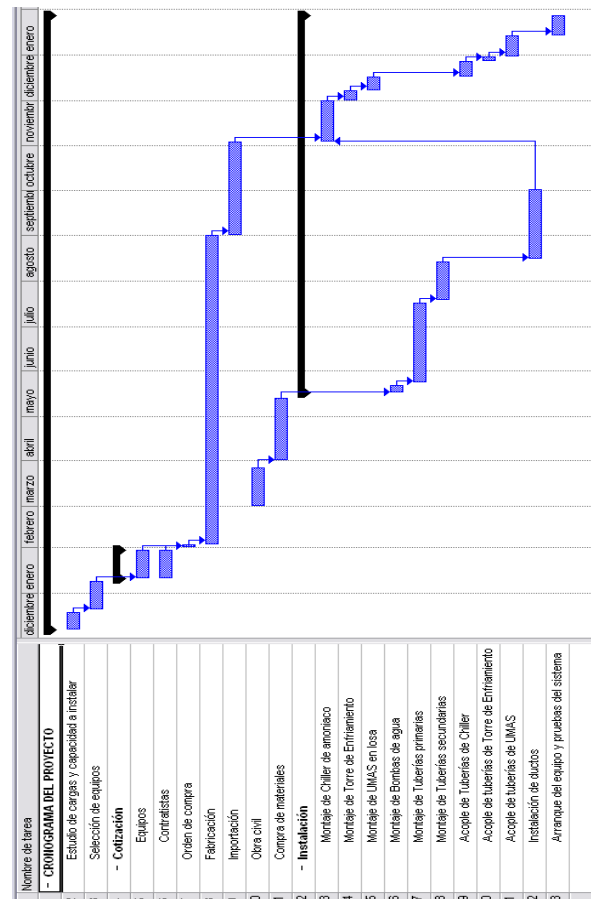


Figura 5. Cronograma de trabajo

5. Análisis de costos.

Es importante cuando se realiza el estudio de la implementación de un nuevo sistema de refrigeración, realizar un estudio de mercado o análisis de mercado, ya que esto da una idea de cuanta es la inversión del proyecto, pues, muy ligado con las características de funcionamiento y mejora se encuentra el aspecto económico, ya que si este es muy alto tiene que verdaderamente justificarse su uso o implementación, es decir, las características de operación deben ser muy favorables.

5.1. Costo de Materiales y Equipos.

En esta primera parte de costos se mostrará un cuadro con todos los equipos y materiales de importación, así como los de adquisición local.

Tabla 5: Costos de materiales y equipos de importación

Cantidad	Descripción	Valor (\$)
1	Chiller de Amoniacó FRICK de 120 TR	159,816.64
1	Torre de Enfriamiento	28,584.00
5	Manejadoras de Aire	30,000.00
4	Bombas centrifugas	12,320.00
80	Difusores, rejillas, y filtros	4,552.00
Total		235,272.64

Tabla 6: Costos de materiales y equipos de adquisición local

Cantidad	Descripción	Valor (\$)
3,958	Kilos de ductos galvanizados aislados con fibra de vidrio de 1½ pulgada de espesor.	17,811.00
370	Metros de tubería sin costura ASTM A53 cédula 40 desde 2 hasta 4 pulgadas.	5,621.28
Lote	Accesorios de tubería	3,258.59
Total		26,690.87

5.2. Costo de mano de obra.

Es muy importante conocer el costo por mano de obra de los contratistas, que en la mayoría de los casos se debe tratar de que esta sea loca.

Tabla 7: Costos de mano de obra

Descripción	Valor (\$)
Izada e instalación de un Chiller de amoniacó de 122.9 TR.	2,640.00
Instalación de una Torre de Enfriamiento	1,980.00
Instalación de 5 UMAS	1,500.00
Instalación de 4 Bombas de agua	600.00
Instalación de 4,781.4 kg. de tubería sin costura ASTM A53 cédula 40, soldadas y roscadas	9,562.80
Instalación de 80 difusores y rejillas	400.00
Administración, arranque, pruebas y calibración del sistema de refrigeración.	5,000.00
Total	21,682.80

5.3. Comparación con el sistema actual.

La característica que se toma como patrón para realizar una comparación entre el sistema de refrigeración actual y el que se va a instalar, radica en su consumo de energía, por que una disminución del consumo de energía por Tonelada de Refrigeración.

Actualmente las instalaciones de refrigeración que presentan alto consumo de energía, se deben a

- Mal diseño.
- Mala selección de equipos.
- Falta de mantenimiento preventivo.
- Manejo inadecuado de los equipos.

Tabla 8: Datos de consumo de energía en sistema de refrigeración

Parámetros de comparación	Sistema actual	Sistema nuevo
Consumo de energía del sistema (KW)	110.73	124.85
Factor de coincidencia	1.00	1.00
Capacidad del sistema (TR)	100	122.9
Factor de eficiencia	0.7	1
Factor de consumo (KW/TR)	1.58	1.02

Como se puede observar el nuevo sistema tiene un menor consumo de energía por cada TR, por lo tanto es más eficiente.

Tabla 9: Costo eléctrico en unidades de refrigeración

Parámetros de comparación	Sistema actual	Sistema nuevo
Consumo de energía del sistema (KW)	110.73	124.85
Factor de coincidencia	1.00	0.65
Costo de energía USD/kwh.	0.08	0.08
Costo total en USD por día (24horas)	212.60	155.81
Costo total en USD por año	77,599.58	56,871.67

Tabla 10: Costo eléctrico de las bombas instaladas

Parámetros de comparación	Sistema actual	Sistema nuevo
Consumo de energía del sistema (KW)	15	16.875
Factor de coincidencia	1.00	1.00
Costo de energía USD/kwh.	0.08	0.08
Costo total en USD por día (24horas)	28.8	32.4
Costo total en USD por año	10,512	11,826

Tabla 11: Costo eléctrico total

Parámetros de comparación	Sistema actual	Sistema nuevo
Costo total en USD por año	88,111.58	68,697.67
Capacidad Total Instalada (TR)	100	122.9
Deficiencia del Sistema	0.7	0.95
Capacidad Real de Enfriamiento (TR)	70	116.755
Costo en USD/TR por año	1,258.74	588.39

Como se observa, los costos del nuevo sistema son menores, a pesar de haber incrementado la capacidad de enfriamiento del sistema, de igual forma este sistema resulta muy económico al comparar el costo por cada Tonelada de Refrigeración generada, básicamente esto se debe a la deficiencia del actual sistema.

Esto permite un ahorro de energía de USD 78,266.15 con lo cual se puede recuperar la inversión realizada en el nuevo sistema de climatización en un periodo de 4 años.

6. Conclusiones y recomendaciones.

6.1. Conclusiones

La realización de este estudio permite concluir lo siguiente:

- Con la instalación del sistema de refrigeración que emplea al amoníaco como refrigerante, la empresa demuestra su compromiso con el medio ambiente cumpliendo con el Protocolo de Montreal, y de esta manera disminuir la destrucción de la capa de ozono y así contribuir a la calidad de vida en el Planeta.
- Se seleccionó un sistema de refrigeración con amoníaco como reemplazo del actual sistema, ya que el costo operacional (Tonelada de refrigeración / Brake Horse Power) con refrigerante amoníaco es mucho más bajo que con cualquier otro refrigerante, siendo este un factor importante a considerar por que este sistema industrial de refrigeración tiene que operar, 24 horas, los 365 días del año.
- Este nuevo sistema de refrigeración es más eficiente que el que se encuentra instalado actualmente, con lo que se genera un menor consumo de energía por toneladas de refrigeración, siendo factible y real el retorno de la inversión realizada en el proyecto, por medio del ahorro en el consumo de energía.
- Fugas de refrigerante presentes en el sistema, son un factor que tiene un gran efecto sobre la eficiencia, vida útil y costo de operación del

equipo. En este caso particular, debido a que el líquido refrigerante es amoníaco, evitar fugas es también un factor de seguridad para el personal, pues el amoníaco es una sustancia tóxica, pero que con el cumplimiento de normas de seguridad se puede trabajar con toda normalidad.

- Finalmente el tener un plan de mantenimiento preventivo, es uno de los mejores métodos de asegurar un buen funcionamiento de la unidad de compresión. Previendo y detectando posibles fallas en los componentes o en el sistema.

6.2. Recomendaciones

Las recomendaciones de este trabajo son:

- Antes de empezar la realización del diseño del sistema de refrigeración, se sugiere compartir la información necesaria entre todas las personas involucradas en el proyecto, con el fin de prevenir datos erróneos e intervenciones durante el desarrollo del proyecto.
- Para el cálculo de materiales especialmente en lo que respecta al sistema de ductos y tubería, estimar una cantidad mayor al calculado para evitar la elevación del costo al adquirir el material faltante durante el proceso de construcción e instalación.
- Colocar los equipos del sistema de refrigeración en un lugar adecuado para facilitar el mantenimiento del mismo, así como que la unidad sea colocada en un lugar nivelado, con buena ventilación y con un drenaje cerca.
- Promover en el medio el uso eficiente de la energía. Específicamente en sistemas de climatización, los diseñadores deben ser apremiados a recomendar el uso de tecnología eficiente, así como los propietarios de sistemas deben estar consientes de que la eficiencia energética representará un ahorro de recursos, económicos principalmente, a lo largo de la vida útil del proyecto.

7. Referencias

- [1] Ashrae Handbook, Refrigeration, Systems and Applications, 2006
- [2] Ashrae Handbook, Refrigeration, 1998
- [3] Ashrae Handbook, Fundamentals, 1997
- [4] Heating, Ventilating and Air Conditioning, Analysis and design, Editorial Limusa, SA. 2006 - McQuiston – Parker - Spitler
- [5] Manual práctico de ventilación, Catálogo Técnico. Editorial Salvador Escoda S.A. - Soler & Palau, 2da Edición.