

“ANÁLISIS TÉCNICO A CAPACIDADES Y NECESIDADES DE REEMPLAZO DE EQUIPOS QUE UTILIZAN AL AMONIACO COMO REFRIGERANTE ENFOCADO A UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA”

Max Paulo González Jiménez¹, Ernesto Rolando Martínez Lozano²
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
e-mail: mpgonzal@espol.edu.ec, e-mail: emartine@espol.edu.ec

Resumen

En la actualidad, las industrias están enfocadas en el cumplimiento de lineamientos medio ambientales; tales como los definidos en el Protocolo de Montreal, referente al uso de refrigerantes menos nocivos, que son usados en equipos o unidades de Refrigeración y Climatización.

Motivo por el cual, fue necesario conocer de qué manera pueden incidir los distintos tipos de refrigerantes con la capa de ozono y el efecto invernadero del planeta; y poder identificar sus respectivas fechas límites de autorización de usos, acordadas en compromisos internacionales de los países miembros de ésta organización.

Para aquello se realizó una evaluación del estado actual de los equipos de climatización y refrigeración, de los sistemas de alimentación y almacenamiento de agua, de los sistemas de distribución del aire climatizado; para posteriormente identificar el tipo de refrigerante usado; para poder establecer su reemplazo por equipos que usen el Amoniaco como refrigerante.

Finalmente, fue necesario conocer las propiedades físico - químicas; y el comportamiento del mismo, para poder usarlo de manera controlada y eficiente para reducir posibles riesgos laborales. Dado que desde el punto de vista industrial y medio ambiental tiene sus beneficios; pero también implican una alta responsabilidad su manipulación, y control por entes nacionales.

Palabras Claves: Protocolo de Montreal, Refrigerantes, Refrigeración, Climatización, Amoniaco, Riesgos Laborales.

Abstract

Currently, industries are focused on compliance with environmental guidelines, such as those defined in the Montreal Protocol regarding the use of less harmful refrigerants, which are used in equipment or refrigeration and air conditioning units.

Why it was necessary to know how the different types of refrigerants can affect the ozone and the greenhouse effect the planet, and we can identify their respective border dates of authorizing use, agreed international commitments of the member countries of this organization.

For that, an evaluation of the current state of air conditioning and refrigeration equipment, wake up and storage of water, distribution systems of conditioned air, and later identify the type of refrigerant used, to establish a replacement for equipment using ammonia as refrigerant.

Finally, it was necessary to know the physical and chemical properties, and the performance of the order to use it in a controlled and efficient way to reduce occupational risks. From the industrial and environmental focus, it has its benefits, but also to imply a high responsibility on its manipulation and control, by national authorities.

Keywords: Montreal Protocol, Refrigerants, Refrigeration, Air Conditioning, Ammonia, Labor Risks.

1. Introducción

Como seres humanos hemos experimentado el deterioro de nuestro planeta, motivo por el cual es necesario estudiar la manera de poder alinearnos en la reducción del uso de refrigerantes que son nocivos para el medio ambiente, y regulados hasta la última actualización dada en 1999, por el Protocolo de Montreal.

Lo primordial, es poder conocer más a fondo sobre las características y clasificación técnica de los distintos tipos de refrigerantes que se encuentran en el mercado laboral; para de ésta manera, se pueda identificar sus incidencias sobre el calentamiento global y el deterioro potencial de la capa de ozono.

Razón por la cual, para poder ayudar a mitigar la incidencia de los mismos, se desarrolló un “Análisis técnico a capacidades y necesidades de reemplazo de equipos que utilizan al amoníaco como refrigerante enfocado a una industria alimenticia”. Siendo lo principal, el poder encontrar oportunidades de mejoras para reemplazar equipos y dejar de utilizar refrigerantes del tipo HCFC’s; para ser reemplazados por el amoníaco que es un refrigerante amigable con el medio ambiente.

2. Descripción del Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal relativo a sustancias agotadoras de la capa de ozono, se define como un tratado internacional que tiene como objetivo proteger la capa de ozono mediante el control de producción de las sustancias degradadoras de la misma. El tratado fue firmado por vez primera el 16 de septiembre de 1987 y entró en vigor a partir del 1 de enero de 1989. Desde entonces, se han dado a lugar a cambios en la generación de cinco revisiones; en 1990 en Londres; 1992 en Copenhague; 1995 en Viena; 1997 en Montreal; y en 1999 Beijing.

En la actualidad, lo conforman unas 183 naciones; las cuales, se han comprometido a cumplir con sus metas de reducción en la producción de gases CFC (cloro fluoro carbono), halones y bromuro de metilo; cuya presencia en la atmósfera es considerada la principal causa de la reducción del espesor de la capa de ozono.

Con el paso de los años, se detecta un problema grave por la formación de un hueco o agujero de ozono, ocasionado por el adelgazamiento de la capa de ozono que disminuye el filtro adecuado de los rayos

ultravioleta, lo cual a su vez podría causar problemas para la vida en el planeta.

Por tal motivo, el Protocolo de Montreal entra en vigencia a partir de 1989, siendo en aquel momento, uno de los temas claves la participación de los países desarrollados y de aquellos en vías de desarrollo en el involucramiento para el cumplimiento de las metas del Protocolo de Montreal.

Por lo que, es adecuado poder identificar aquellas sustancias dañinas que contienen los compuestos químicos de los refrigerantes; listándolos en la tabla 1, donde se realiza una descripción de ciertos tipos existentes hasta la actualidad; haciendo una clasificación de aquellos que son regulados y de aquellos que no forman parte de dicho listado del Protocolo de Montreal, que pasan a ser no regulados por su constitución química.

Tabla 1. Clasificación de refrigerantes por grupos de sustancias reguladas y no reguladas por el Protocolo de Montreal

Clasificación de Refrigerantes	Codificación	ODP	GWP	
Substancias Reguladas por el Protocolo de Montreal	CFCs	R- 11	1	3'500
		R- 12	1	7'300
		R- 113	0.8	4'200
		R- 114	1	6.900
		R- 500	0.50	6'900
		R- 502	0.29	4'265
	Halons	R- 1211	3	
		R-1301	10	6'000
		R- 2402	6	
	HCFCs	R- 22	0.055	1'500
R-123		0.04	85	
R-124		0.03	430	
R-141b		0.11	440	
R-142b		0.065	1'600	
CH3Br		Methyl Bromide	0.70	N.I
Substancias No Reguladas por el Protocolo de Montreal	HFCs	R- 23	0	12'100
		R- 32	0	580
		R- 125	0	2'500
		R- 134 ^a	0	1'200
		R- 143 ^a	0	2'900
		R- 152 ^a	0	140
		R- 404 ^a	0	3'750
		R- 407C	0	1610
		R- 410 ^a	0	1890
		R- 507	0	3800
	C3H8	R- 290	0	3
	C4H10	R- 600 ^a	0	3
	NH3	R- 717	0	0
CO2	R- 744	0	1	

Siendo en grupos como se los describe, y con sus respectivas codificaciones en como se los conoce o comercializan en el mercado laboral; es menester y de alta importancia detallar la incidencia de afectación al medio ambiente bajo dos enfoques; tipos de degradaciones o índices tales como; es el ODP, que significa potencial de agotamiento del ozono; y GWP,

que significa el potencial de calentamiento global que es basado cada 100 años de tiempo de vida.

Los refrigerantes se los identifica por su sigla "R", seguido de su numeración respectiva de identificación del compuesto. Sus usos principales se dan en equipos de climatización industrial o doméstica; y para procesos de refrigeración industrial; siendo éstos capaces de generar a ciertas presiones, temperaturas que permiten realizar la transferencia de calor; en éste caso disminuir la temperatura del otro fluido; sea un gas, vapor, agua, u otro fluido de mayor o menor viscosidad y consistencia; siendo la transferencia de manera directa por convección entre la superficie de la cañería del refrigerante al fluido; o indirecta, siendo la transferencia por conducción entre dos superficies metálicas.

Dentro de los clasificados como refrigerantes regulados; existen aquellos del tipo CFC's, donde son compuestos por partículas de Cloro – Fluor – Carbono, como por ejemplo los más conocidos Freón R-11 o R-12; adicional existen los HCFC's, que son compuestos por partículas de Hidrógeno Cloro Fluor Carbono, siendo el más usado el Freón R-22; también los conocidos como Halógenos; y finalmente los Bromuros; todos excepto los del tipo HCFC's ya están prohibidos en la actualidad el uso de aquellos por ser considerados los más graves o dañinos por sus composiciones de Cloro y bromo.

Todos los CFC's, Halógenos y Bromuros; ya no pueden ser comercializados desde el 2010; aquellos equipos o activos fijos de una empresa o industria, que contienen aquellos elementos deben ser dados de baja; y es necesario gestionar la recuperación con bombas de vacío para posterior eliminación o destrucción o tratamiento respectivo del gas/ líquido refrigerante; con entes calificados y certificados por organismos gubernamentales seccionales o nacionales.

Aquellos que se encuentran clasificados como HCFC's, aún tienen autorización de ser usados al menos hasta el 2030 según lo expuesto en el último protocolo firmado por los países miembros; por lo que, se han creado elementos de composiciones similares pero menos nocivas para el medio ambiente para ir poco a poco eliminando la autorización de producción y comercialización de los mismos; la alternativa para no dar de baja a los equipos de refrigeración, por sus altos costos; es recuperar dicho gas/líquido refrigerante, darle el mismo tratamiento expuesto en el párrafo anterior; proceder con el reemplazo de válvulas de succión – descarga de los compresores, reemplazo de las válvulas de expansión y filtros del sistema de refrigeración; siendo el reemplazo del Freón R-22, por los recomendados los Freón R-410^a o R-407c.

Se clasifican como refrigerantes no regulados, aquellos que son clasificados como HFC's; son compuestos de Freón; pero no inciden en el agotamiento o daño de la capa de ozono, como se puede visualizar tienen 0 incidencia; adicional, se los puede identificar como refrigerantes ecológicos; como recomendación, ciertos de equipos de refrigeración de baja o media compresión; tales como los equipos secadores de aire comprimido se usa actualmente al Freón R-404^a; para compresores de media y alta, se utiliza el Freón R-134^a. Finalmente para equipos de alta compresión se usan tanto el Freón R-407c como al Freón R-410^a que se lo comercializa bajo el nombre PURON; tanto para equipos de climatización como refrigeración.

Pero también, se utilizan los clasificados como compuestos de carbono e hidrógeno, al CO₂ y al amoníaco; de todos éstos 4 los más usados dependiendo de factores de almacenamiento, necesidad de recuperación de gases o procesos; son tanto el CO₂, representado como R-744; y al Amoníaco, representado como R-717, considerado como el más recomendado por su cero incidencia tanto en la deterioro de la capa de ozono como en el efecto invernadero; dado su composición química NH₃.

Como se puede visualizar, ésta tabla es sumamente práctica y data información para poder seleccionar el tipo de refrigerante ideal enfocándose al medio ambiente bajo los dos conceptos expuestos.

3. Descripción del Amoníaco como refrigerante

Tal como se identificó en la sección anterior, el amoníaco es un refrigerante natural con un potencial de riesgo menor para el medio ambiente. Ha sido utilizado por más de 120 años en la refrigeración. Su fórmula química es NH₃, formado por un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno. Clasificado por ASHRAE como R-717, dentro del grupo de refrigerantes naturales o ecológicos.

Es producido por medio de un proceso biológico, se descompone naturalmente y no es causante del efecto global de invernadero. Cada persona produce aproximadamente 17 grs. de amoníaco al día. Esto representa una producción total de alrededor de 3,000,000,000 ton por año; que en aplicaciones de refrigeración, se utilizan alrededor de 2,000,000 ton por año, lo cual representa al 0.03 por ciento.

La tendencia actual, es el uso de R- 717 en aplicaciones que tradicionalmente no usaban este refrigerante; debido a su bajo costo y alta eficiencia, el gas de amoníaco es considerablemente más ligero que el aire (contrario a los HCFC/HFC), debido a que su

densidad es de solamente el 60% de la del aire; por eso, la concentración es mayor cerca del techo. Si es posible, el vapor de amoníaco se elevará y se escapará a la atmósfera, donde se dispersa rápidamente.

El olor del amoníaco tiene un alto efecto de alarma. Aun pequeñas fugas pueden ser detectadas por una persona que pueda resistir el olor, esto siempre y cuando existan concentraciones inofensivas. La principal propiedad negativa del amoníaco es su toxicidad y su moderado nivel de flamabilidad.

El amoníaco utilizado para refrigeración debe ser incoloro en su fase líquida. El grado de pureza debe ser de 99.9%, el principal contaminante es el agua. El amoníaco con menos de 0.2% de agua es considerado suficientemente puro para ser utilizado en sistemas de refrigeración. Cuando el amoníaco es lo suficientemente puro, su punto de ebullición a presión atmosférica está entre -33.3°C y -33.9°C . El punto de ebullición del amoníaco puro es de -33.35°C .

Adicional, en la tabla 2, se pueden observar ciertas características físico – químicas del refrigerante que son de alta importancia para las condiciones de almacenamiento y manipulación.

Tabla 2. Características físico – químicas del refrigerante

Punto de ebullición	-33.4°C a 1.013 bar
Temperatura de ignición	651°C
Concentración explosiva en el aire	16% - 28% Porcentaje de volumen
Reacciones peligrosas	Crea fuerte neutralización de ácidos y desarrolla fuerte generación de calor
Otros peligros	Ataca al cobre, al zinc así como a sus aleaciones

Respecto a la solubilidad del amoníaco en agua, se disuelve fácilmente en agua. El punto de congelación del agua es considerablemente menor debido al amoníaco. Esta es la razón por la que no hay formación de hielo en el interior del sistema a las temperaturas de evaporación más comunes (hasta menos 50°C).

Pero es importante mantener en lo mayor posible, al sistema de amoníaco libre de humedad. El punto de congelación del amoníaco es -77.9°C . Pero esta temperatura puede llegar a ser menor proporcionalmente a la cantidad de agua disuelta en el amoníaco.

Respecto a la combustibilidad y explosividad; pruebas de Laboratorio han demostrado que la temperatura más baja al cual la mezcla de amoníaco se

enciende es de 651°C ; el límite menor de ignición del NH_3 en el aire es entre 15.3 y 16% por volumen (lo que corresponde a 153,000 y 160,000 ppm). Arriba de este límite, el NH_3 se quema muy despacio, produciendo una débil flama amarilla, en agua y nitrógeno.

El límite superior del punto de ignición esta alrededor de 26 % por volumen, el cual corresponde a 260,000 ppm. Arriba de este límite, la flama simplemente se extinguirá debido a la escasez de oxígeno. Si el amoníaco presenta contaminación con aceite, el límite de flamabilidad puede llegar a ser hasta del 8%.

En realidad, la concentración nunca llega a ser tan alta, solamente cuando el sistema de amoníaco esta abierto. Comparado a otros gases combustibles (como por ejemplo el butano o el propano), el límite de ignición es considerablemente más alto.

En fin, es un combustible moderado, y considerado por expertos dentro del sector químico industrial relativamente como no combustible. Su límite de ignición es de 5 a 10 veces mayor que el de los gases combustibles más comúnmente usados. Y además, la energía de combustión del NH_3 es menor que su energía de auto-ignición, esto significa que el NH_3 no puede mantenerse encendido por si mismo sin una fuente externa de ignición, aunque la misma fuente haya iniciado el fuego.

4. Desarrollo general

Desde el punto de vista de lo efectuado en la tesis de grado; fue necesario realizar un levantamiento de la información técnica de los equipos de climatización, refrigeración, bombas de agua, sistema de ductos, filtros de aire, sistema de tuberías en general para conducir el agua, detalle de cisterna pulmón; de manera general, el enfoque fue en establecer en qué condiciones se encuentran todos éstos elementos y equipos para rediseñar capacidades, reemplazar unidades, mejorar y cumplir con lineamientos de seguridad alimentaria y de medio ambiente.

Iniciamos con las unidades manejadoras de aire y agua helada; trabajan como un evaporador pero sin refrigerante; constan de un ventilador centrífugo, un serpentín de placas y tubos por donde en su interior circula el agua a bajas temperaturas, y finalmente, de filtros.

Funciona, de manera tal, que el aire es succionado por debajo, lateral o frontalmente por la parte inferior de la máquina, pasa los filtros reteniendo polvos u objetos livianos como piolas, plástico, etc; el aire pasa y se impacta con el serpentín, siendo la temperatura del

aire mayor a 20°C y la del agua en el interior de la tubería del serpentín mayor a 4°C; se produce la transferencia de calor y el aire suele bajar a temperaturas de hasta los 15°C. Posteriormente, el aire fluye a través del ventilador centrífugo y es enviado a cierta presión y caudal por el sistema de ductos para ser distribuido en la sala donde esté instalada la manejadora, generando la climatización.

Para verificar las capacidades de diseño, descritas en las placas del fabricante; fue necesario proceder con los cálculos de cargas térmicas de cada área de la Planta; tomando muy en cuenta que el calor total de cada área, es la suma del:

- Calor emitido por las personas, dependiendo de la actividad que ejecuten en un puesto de trabajo y del número de éstos.

- Calor emitido por el tipo de luminaria, fluorescente o incandescente; por la cantidad de las mismas instaladas y por el tipo de Vatiaje.

- Calor emitido por la cantidad de motores o resistencias eléctricas de cada equipo de operación. Tomando su dato de potencia en unidades de HP, se consigue el valor deseado.

- Calor emitido por radiación solar directa sobre el techado del área de trabajo; considerando el tipo de material usado.

- Calor emitido por la radiación solar directa en la pared donde tiene mayor incidencia; dependiendo de la ubicación geográfica de la misma; además, dependiendo del espesor de la misma; y tomando muy en cuenta que el sol en su naturaleza siempre sale por el este, para ocultarse por el oeste.

Así, con éstos conceptos claros, y con el uso de tablas de selección de calor; se ingresaron los valores matricialmente para seleccionar la carga térmica total generada.

Posteriormente, se procedió con el cálculo del sistema de ductos, tomando muy en cuenta la forma o sección transversal circular en lugar de una sección rectangular o cuadrada; tanto por el concepto de seguridad alimentaria, para evitar acumulación de polvos y cuerpos extraños; como por el concepto de ahorro económico dado que no existen desperdicio de material y aislamiento térmico que lo recubre.

Además, para el diseño de los sistemas de ductos se seleccionó el método de capacidad balanceada. Para lo cual se debe utilizar la figura 1, de Caudal (m³/h) & Presión (Pa). En la misma se obtienen gráficamente los valores de velocidad del aire climatizado que pasa en

el interior de los ductos (m/seg); y de los valores de los diámetros internos (mm) de los mismos.

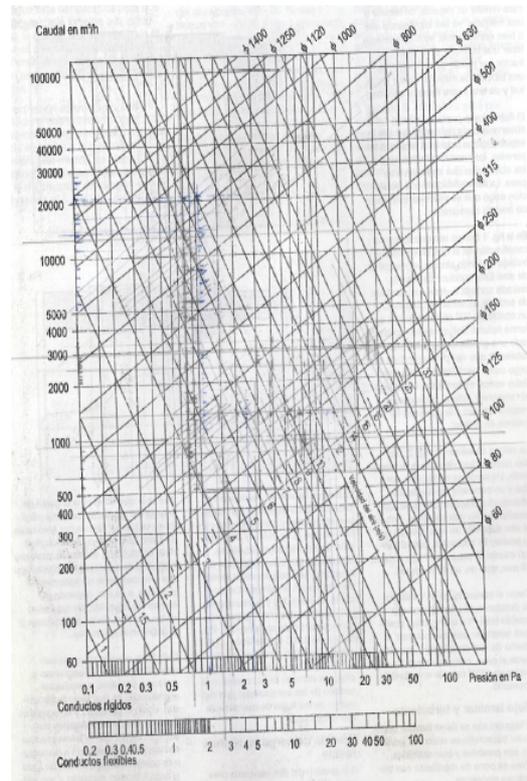


Figura 1. Diagrama Caudal & Presión

Se seleccionó el tipo de filtro adecuado para ser instalado en cada manejadora de aire y agua helada; guiándose por la clasificación de filtros en Europa según la Norma EN-779 o la clasificación de filtros en America según la Norma ASHRAE 52.2-1999, descritas en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de filtros según normas Europeas o Americanas

	Coarse filter	Fine filter
European filter classification (EN 779)	G1 to G4	F5 to F9
American filter classification (ASHRAE 52.2-1999)	MERV 5 – 8	MERV 9 - 16
Filter media	Synthetic or glass fibre	Typically Glass fibre paper
Filter type	Pleated panel filter, rigid and water resistant frame (metal or plastic) with good mechanical strength, corrosion resistant	Rigid compact box filter with V-bank arrangement, high capacity type (e.g. Camfil Farr Opakfil Green), corrosion resistant

De los cuales, se recomienda usar sólo aquellos tipos de filtros comerciales ásperos tipos paneles sintéticos plisado con marco resistente de fijación o aquellos filtros comerciales llamados filtros finos tipo rígidos compactos.

Principalmente, el más económico es aquel filtro áspero tipo paneles sintéticos plisados con marco resistente de fijación, que según información solicitada a uno de los proveedores son de tipo G4, con clasificación ASHRAE MERV 8; y que según la tabla 17, son los recomendados y tienen un micraje de entre los 3 y 10 micrones; con una eficiencia mínima de filtración de entre los 70 y 84.9%; ideal para su aplicación pensando en la seguridad del producto y consumidores

Posteriormente, se procedió con el cálculo o dimensionamiento de tuberías de agua helada y sistemas de bombeo; para aquello es necesario poseer la información de capacidades y caudales de cada equipo; de lo que podemos partir con el uso de la figura 2, que relaciona caudales, pérdidas de carga hidráulica, velocidad del fluido, y el diámetro de las tuberías.

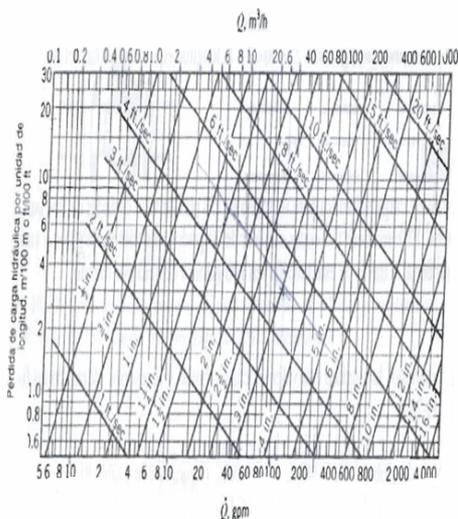


Figura 2. Diagrama pérdida por fricción debida al flujo de agua a través de un tubo comercial de acero de cédula 40

Además, se debe tomar en cuenta que los accesorios, conexiones de tuberías y válvulas, que conforman una red de tuberías; también incrementan las pérdidas de carga hidráulica L_f ; motivo por el cual, se puede introducir a los cálculos el valor de éstas pérdidas por medio del uso del coeficiente K de resistencia, que indica la pérdida de carga como un número de veces en la carga dinámica debido a la válvula o accesorio. Usando la relación con la velocidad del fluido al cuadrado y la gravedad, se describe la siguiente fórmula 1:

$$L_f = K * v^2 / 2g; \text{ [Fórmula 1].}$$

O mediante la relación directa con la razón L/D , que es la longitud equivalente en diámetros del mismo

tubo, y el factor de fricción f ; descrito en la siguiente fórmula 2:

$$K = f * (L/D); \text{ [Fórmula 2]}$$

Por lo tanto, se debe encontrar el valor del factor de fricción f , a través del uso de la tabla 4, con el dato encontrado del diámetro de la tubería se obtiene el valor deseado.

Tabla 4. Factor de fricción f

TAMANO NOMINAL, PULGADAS	FACTOR DE FRICCIÓN, f	TAMANO NOMINAL, PULGADAS	FACTOR DE FRICCIÓN, f
1/2	0,027	4	0,017
3/4	0,025	5	0,016
1	0,023	6	0,015
1 1/4	0,022	8 - 10	0,014
1 1/2	0,021	12 - 16	0,013
2	0,019	18 - 24	0,012
2 1/4, 3	0,018		

Además, con los valores de K y L/D encontrados en las siguientes figuras 3 y 4; se pueden establecer las pérdidas en cada sistema de tuberías que posteriormente permiten calcular y seleccionar las bombas adecuadas para cada ramal de tuberías para poder analizar si las actuales son las adecuadas; o en su defecto planificar sus reemplazos.

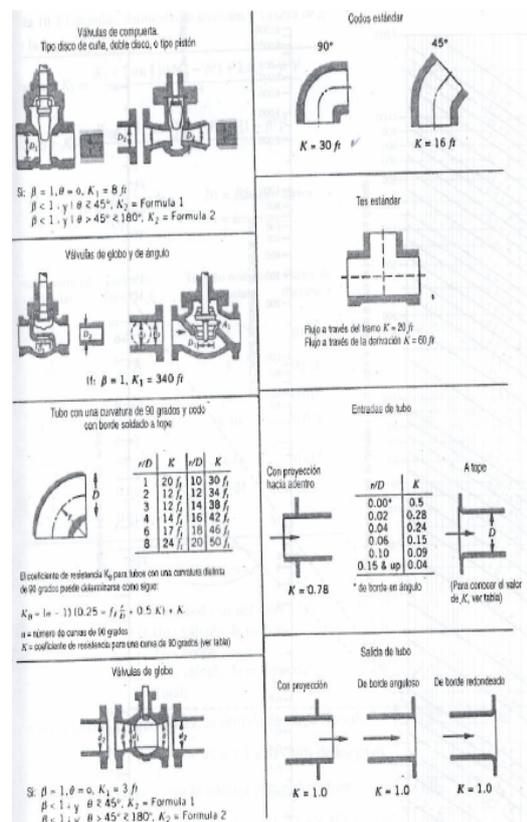


Figura 3. Coeficientes de resistencia k

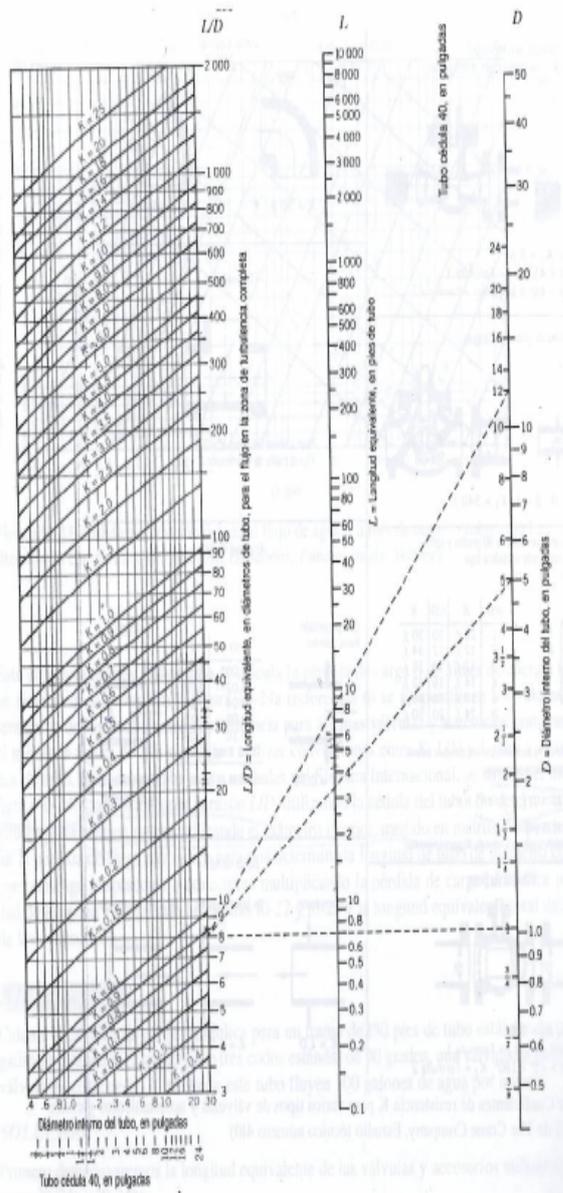


Figura 4. Longitudes equivalentes L y L/D , coeficiente de resistencia K

Posteriormente, se establece la necesidad de calcular y seleccionar el tipo de unidad de enfriamiento de agua adecuado o unidad Chiller; que parte de la comparación de la carga térmica total que se calcula para los procesos de climatización y de la suma de todas las cargas térmicas generadas en los procesos de producción, por los equipos que usan el agua helada para procesos de enfriamiento por transferencia de calor, encontrados en los manuales del fabricante de cada equipo.

Finalmente, se realizó una comparación entre la carga térmica calculada y la carga térmica que se puede aportar por los Chillers actuales; de aquello, sumado a los factores de un análisis técnico efectuado

a los consumos energéticos durante las dos estaciones del año; y a la necesidad de reemplazar los 4 chillers que usan como refrigerante al Freón R – 22; se estableció la necesidad de adquirir una nueva unidad que contenga al Amoniaco como su refrigerante.

5. Recomendaciones para el uso y manipulación del Amoniaco como refrigerante

Se recomienda que toda instalación de amoniaco sea lo más hermética posible, que se instalen campanas de extracción con ductos para emitir el flujo de aire contaminado con amoniaco hacia el ambiente lo más alto sobre la altura mayor del galpón más cercano.

Nunca instale sistemas de amoniaco y redes que conduzcan éste refrigerante, en puntos cercanos a entradas de aire natural o forzada que se usan en plantas industriales para sistemas de ventilación industrial; en caso de fugas, el amoniaco ingresará a áreas de producción generando asfixias que puede significar la muerte del personal que labora.

Se recomienda capacitar a todo el personal técnico, generando un equipo encargado del control, operación y mantenimiento; generando con ellos la formación de brigadas especializadas para poder controlar una fuga, a través del Benemérito Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Guayaquil; y capacitar a todo el personal de la planta, administrativos y personal obrero en general para que identifiquen el olor característico del refrigerante y ejecutar simulacros de fugas para identificar evacuaciones controladas hasta el punto seguro de encuentro en caso de emergencias.

Se recomienda tener un gabinete, ubicado en dirección a favor del viento a una distancia de 200 metros mínimo, donde se tenga dos trajes encapsulados para amoniaco herméticos, dos sistemas de autocontenido con dos cilindros de oxígenos adicionales por cada equipo de respiración, un par de guantes de nitrilo por cada traje.

Se recomienda por día, tener un gabinete y bitácora fuera del área donde se encuentre instalado el equipo; que se registre la persona que tenga que ingresar al área que deberá ser restringida solo para personal autorizado; donde existan mínimo dos pares de guantes de nitrilo, dos full FACE con cartuchos para amoniaco y dos trajes de PVC en caso de salpicaduras con sus respectivas botas.

6. Conclusiones

El Protocolo de Montreal, es un tratado internacional que tiene como objetivo proteger la capa

de ozono mediante el control de producción de las sustancias degradadoras de la misma.

Para las áreas de chocolates y oficinas de producción, las manejadoras si abastecen la capacidad actual de generación de calor; pero, se puede detectar que cuando se trabaja en el área de polvos con alguno de los dos pulverizadores, la carga térmica generada supera aquella capacidad actual de las UMA's del sector; y éstas deben ser reemplazadas; seleccionando nuevas unidades acorde a la capacidad indicada futura.

Por costos de instalación, mantenimiento y por el punto de vista de seguridad alimentaria se selecciona aquellos ductos cuya sección transversal sea de forma circular.

Durante las estaciones climáticas del año, tanto en verano como en invierno; se establece que durante el segundo turno, la incidencia del sol por radiación es mayor durante el día; y se identifica de igual manera, que se registran consumos de energía eléctrica más altos de aquellos valores de consumos teóricos o capacidades de los equipos.

Por lo tanto, se puede definir dos puntos; que la eficiencia de los chillers llega a ser baja debido a que los equipos consumen mayor energía eléctrica; y a la par, se identifica que los Chillers actuales no suplen por capacidades actuales a la carga térmica generada. Motivo por el cual se concluye la necesidad inmediata de reemplazo de equipos por uno nuevo que supla la capacidad calculada en el ítem 4.3; reemplazando el tipo de refrigerante Freón R-22 por el refrigerante ecológico amoníaco R-717.

7. Agradecimientos

Especialmente a Dios, por su brazo protector que me ha permitido vencer las adversidades; al hermoso amor, cuidado, guía y luchar, dado por mis preciosos padres; al apoyo sincero e incondicional brindado por mis hermanos; al complemento, soporte, y al sincero amor obtenido de mi bella Jenny; y a la ayuda cordial y significativa de mi director de tesis de grado.

8. Referencias

- [1] American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice*, Duodécima Edición, 1995.
- [2] American Society of Heating, Refrigerating, and Air - Conditioning, Engineers, Inc, *Seguridad en el Manejo de los Equipos de Refrigeración con*

Amoníaco, Manual de Capacitación, Capítulo Guadalajara 2007.

- [3] Andrade Francisco, *Manual de Estudio de Ventilación Industrial*, 2003.
- [4] Arias Oscar, "Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Climatización del Almacén PICA" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006).
- [5] Bastidas Hernán, "Implantación de Sistema de Refrigeración con Equipos Tipo Rack en Supermercado" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004).
- [6] Documentación Sobre Charla de Aislamientos Termicos, La Llave S.A.
- [7] Escoda Salvador, *Manual Práctico de Ventilación, Catálogo Técnico*, Segunda Edición, Editorial S&P.
- [8] Carrier Air Conditioning Company, *Handbook o fair conditioning system design*, Cuarta Edición, Editorial McGraw – Hill Book Company.
- [9] Información disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Montreal
- [10] Información disponible en <http://ozone.unep.org/spanish>
- [11] Información disponible en <http://www.unep.ch/ozone/spanish/ratif-sp.shtml>
- [12] McQuiston Faye C, Parker Jerald D, Spitler Jeffrey D, *Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado, Análisis y Diseño*, Primera Edición, Editorial Limusa, S.A. de C.V, 2006.
- [13] Montreal Protocol, *Production and Consumption of Ozone Depleting Substances Under the Montreal Protocol*, UNEP, 2005.
- [14] Munson Bruce R. y Young Donald F. *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*, Primera Edición, Editorial Limusa S.A. de C.V, 1999.
- [15] Protocolo de Montreal, *Manual del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono*, Séptima Edición, PNUMA, 2006.