ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

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

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Max Paulo González Jiménez

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2012

AGRADECIMIENTO

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 sincero respaldo y dulce amor obtenido de mi bella Jenny, por todo el tiempo compartido en el que juntos, hemos logrado ser felices; y a la ayuda significativa de mi director de tesis de grado.

DEDICATORIA

A ustedes mis preciosos padres: Máximo González Montesdeoca e Irma Jiménez Aguilar; porque por ustedes soy quien soy en la vida; por significar todo para mi; es que los amo, adoro y respeto.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo Donoso P.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de ésta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____

Max Paulo González Jiménez

RESUMEN

El tema de tesis se desarrolló para una industria alimenticia de Guayaquil; la misma que corporativamente tiene desarrollado directrices a nivel global para alinearse al cumplimiento en lo definido en el Protocolo de Montreal, para poder de ésta manera interactuar de forma amigable con el medio ambiente.

Hasta la actualidad se están usando equipos de refrigeración en base a refrigerantes del tipo de Freón R-22, que al ser liberados al ambiente, a través de procesos de fugas y reparaciones, representan una incidencia directa en el deterioro del planeta; por lo cual, se hizo un Análisis al Sistema de Refrigeración y Climatización, de las Áreas de Chocolates, Oficinas de Producción y Polvos; que permitió obtener resultados que justificaran técnica y económicamente; la toma de decisión, respecto a reemplazar dichos equipos por otros de mayor eficiencia y que usan al amoniaco como su refrigerante.

Se realizó una breve descripción del contenido del Protocolo de Montreal para conocer los acuerdos y recomendaciones en el uso de los distintos tipos de refrigerantes con sus respectivas fechas límites. También, se realizó una descripción de las áreas, equipos de climatización y refrigeración, y de la red de agua helada actual.

Luego, se realizó un cálculo de cargas térmicas tomando en cuenta cantidad de personas, lámparas o luminarias del sector, motores eléctricos, carga solar a través del techo y por paredes.

En base a aquello, se efectuaron cálculos de comprobación de las unidades manejadoras de aire y agua helada, instaladas desde 1980 para verificar capacidades; para posteriormente proceder a dimensionar los ductos para climatizar las áreas involucradas.

Además, se dimensionaron las redes de tuberías de agua helada; para después verificar la capacidad de la cisterna, y las bombas de agua a requerirse; tanto para climatización como para los procesos de producción.

Posteriormente, se verificó la capacidad actual de los equipos enfriadores de agua, que usan Freón R – 22 de la Planta; así como también se verificó el consumo de energía eléctrica actual. De ésta manera, se pudo comprobar los

estados de operación de sus compresores, midiendo sus consumos en las horas pico de carga solar y durante las dos estaciones climáticas del año.

Por lo que, se concluyó la necesidad del reemplazo de los enfriadores de agua actuales; aquello fue prioritario porque éstos usan como refrigerante al Freón R-22 que forma parte de los HCFC´s, los mismos que son regulados por el Protocolo de Montreal por su accionar, de ocasionar daños ambientales desde el punto de vista del calentamiento global, así como también desde el deterioro de la capa de ozono. Por tal razón, se cotizó él enfriador de agua, en base al refrigerante Amoniaco R-717, el mismo que no es nocivo para el medio ambiente. Adicional, se incluyó un diagrama de GANTT donde se planificaron las actividades de instalación de las nuevas unidades, bombas, redes de distribución de tuberías, aislamientos y ductos a requerirse.

Finalmente, todo lo que se realizó, fue presentado a Gerencia de la Planta, para su posterior aprobación con el Directorio en el tiempo que se considere adecuado.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN …….....…… I

ÍNDICE GENERAL……..……...IV

ABREVIATURAS…….……... VIII

SIMBOLOGÍA…….……... IX

ÍNDICE DE FIGURAS…….……..... XI

ÍNDICE DE TABLAS…….…… XIII

INTRODUCCIÓN…….…….. 1

CAPÍTULO 1

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA…..…… 3

1.1. Descripción del Protocolo de Montreal……..4

1.2. Descripción del Amoniaco como refrigerante ...……17

1.3. Descripción de las áreas climatizadas…..……21

1.4. Descripción de equipos de climatización…..……23

1.5. Descripción de red de agua helada, distribución y

usos adicionales ..…….……..…… 25

1.6. Descripción de equipos de refrigeración actuales…….27

CAPÍTULO 2

2. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS, VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES DE EQUIPOS, DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DEL FLUJO DE AIRE DE CLIMATIZACIÓN …… 29

2.1. Cálculo de carga térmica total del área de Chocolates ……30

2.2. Cálculo de carga térmica total del área de Polvos ……36

2.3. Cálculo de carga térmica total del área de Oficinas de Producción .....…….. 40

2.4. Verificación de capacidades de UMA´s o AHU´s actuales y selección de equipos según requerimiento…….. 45

2.5. Verificación del dimensionamiento de ductos de red de aire climatizado para distribución a áreas y selección de forma del mismo..... 50

2.6. Selección de filtros requeridos para una industria alimenticia….67

CAPÍTULO 3

3. DISTRIBUCIÓN DE RED DE AGUA HELADA PARA UMA´s Y EQUIPOS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN…….…… 71

3.1. Cálculo de diámetros de tuberías de red de agua helada para

las UMA´s y para los equipos de procesos de producción ……. 72

3.2. Selección del tipo de aislamiento térmico para red de tuberías agua helada ……..…….. 90

3.3. Verificación del dimensionamiento de la cisterna de agua helada hermética ……..…… 92

3.4. Cálculo y selección de bombas de agua helada …..……..… 95

CAPÍTULO 4

4. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE CHILLERS DE REFRIGERACIÓN (ENFRIADORES DE AGUA) CON REFRIGERANTE AMONIACO R- 717…….. 103

4.1. Cálculo de carga térmica requerida para bajar la temperatura del agua helada para los procesos de refrigeración y climatización…….. 104

4.2. Verificación del consumo energético de los chillers de refrigeración (enfriadores de agua) con refrigerante Freón R-22……..…….... 108

4.3. Selección del Chiller de refrigeración (enfriador de agua) de Amoniaco R- 717 ..…….. 113

4.4. Cálculo de costos de equipos, ductos, aislamientos con tuberías, cisterna y bombas que se requieran reemplazar; además, de montajes y puesta en operación

del Chiller (enfriador de agua) nuevo ..……..…….... 116

4.5. Desarrollo del Diagrama de GANTT para planificación de actividades de instalación de nuevas unidades, redes de distribución de tuberías y ductos…….... 124

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ……128

5.1. Conclusiones……..128

5.2. Recomendaciones……129

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

AHU´s	Unidades Manejadoras de Aire.
Amps.	Amperios.
AISI	American Iron and Steel Institute.
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de Aire.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
Bar	Unidad de medida de presión.
Btu/h.	Unidad Térmica Británica por hora.
CFC	Cloro Fluoro Carbono.
CFM.	Pie Cúbico por Minuto.
EN 779	Clasificación Europea de filtros.
EPP´s	Equipos de Protección Personal.
FS	Factor de Seguridad.
GWP	Potencial de Calentamiento Global.
HCFC	Hidro Cloro Fluoro Carbono.
HFC	Hidro Fluoro Carbono.
HP	Unidad de Potencia, Caballos de Fuerza.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
Kcal/ h	Unidad Térmica Europea por hora.
Kcal/m²h	Unidad Térmica Europea por hora cada metro cuadrado.
Kg	Kilogramos.
KW	Unidad de Potencia, Kilowatios.
MERV	Clasificación de tipo de micrajes de filtración, filtros de aire.
mm	Milímetros.
ODP	Potencial de Agotamiento del Ozono.
Pa	Unidad de medida de presión.
SP	Caída de Presión.
Splits	Equipos de climatización.
TR	Toneladas de Refrigeración.
UMA´s	Unidades Manejadoras de Aire.
V	Voltaje.

SIMBOLOGÍA

NH3	Amoniaco.
Q	Caudal.
K	Coeficiente de resistencia.
ρ	Densidad.
D	Diámetro.
η	Eficiencia del motor.
f	Factor de fricción.
GPM	Galones por minuto.
°C	Grados Celsius o Centígrados.
°F	Grados Faranheit.
grs	Gramos.
g	Gravedad, 32.2 Lb-f/ slug.
KW-h	Kilowatio hora.
Lb-f	Libra – fuerza.
L	Longitud.
m	Metros.
m²	Metros cuadrados.
m³/ h	Metros cúbicos por hora.
m/ seg	Metros por segundo.
Pa	Pascales.
L´f	Pérdida de carga hidráulica/ unidad de longitud.
Hp	Pérdida de carga total
¶	Pi, que es igual a la cantidad de 3.1416 adimensional.
Ft	Pies.
Ft³	Pies cúbicos.
Ft/ seg	Pies por segundo.
Ft³/seg	Pies cúbicos por segundo.
%	Porcentaje.
ω ideal	Potencia ideal motor de la bomba.
ω real	Potencia real motor de la bomba.

plg	Pulgadas.
R - 717	Refrigerante Amoniaco.
R-410 A	Refrigerante ecológico PURON Freón R-410 A.
R - 22	Refrigerante Freón 22.
L/D	Relación de longitud equivalente.
seg	Segundos.
Ton	Toneladas.
USD	United States Dollars.
v	Velocidad.
V	Voltios.
W	**V**atios.

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Clasificación A, Grupo I 6

Figura 1.2 Clasificación A, Grupo II 7

Figura 1.3 Clasificación B, Grupo I 8

Figura 1.4 Clasificación B, Grupo II 9

Figura 1.5 Clasificación B, Grupo III 10

Figura 1.6 Clasificación C, Grupo I Consumo 11

Figura 1.7 Clasificación C, Grupo I Producción, Grupo II, y Grupo III 12

Figura 1.8 Clasificación E, Grupo I 14

Figura 2.1 Diagrama Caudal & Presión 53

Figura 2.2 Diagrama de Distribución Ductos #1 66

Figura 2.3 Diagrama de Distribución Ductos #2 66

Figura 3.1 Pérdida por Fricción Debida al Flujo de Agua a Través de un Tubo Comercial de Acero de Cédula 40 74

Pág.

Figura 3.2 Coeficientes de Resistencia K para Varios Tipos de Válvulas, Acoplamientos y Conectores …… 77

Figura 3.3 Longitudes Equivalentes L y L/D, Coeficiente de Resistencia K ..78

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Clasificación de Refrigerantes por Grupos de Substancias Reguladas y No Reguladas por el Protocolo de Montreal ..…..... 15

Tabla 2 Características Físico – Químicas del Refrigerante …….....19

Tabla 3 Cargas Térmicas Generadas por Personas ..…….. 30

Tabla 4 Cargas Térmicas Generadas por Motores Eléctricos ...……..… 32

Tabla 5 Cargas Térmicas Generadas por Radiación Solar a Través Del Techo ……..……..... 33

Tabla 6 Cargas Térmicas Generadas por Radiación Solar a Través de las Paredes ……..……..... 35

Tabla 7 UMA´s a Necesitarse por Reemplazo de Actuales por Incremento de Carga Térrmica Generada en la Actualidad …….. 49

Tabla 8 Selección Sistema Ductos Descarga UMA´s # 7 y 8 ……..,,,… 54

Tabla 9 Selección Sistema Ductos Descarga UMA´s # 13 y 14 …… 56

Tabla 10 Selección Sistema Ductos Descarga UMA´s # 11 y 12……. 57

Pág.

Tabla 11 Selección Sistema Ductos UMA #3, 20TR ……. 59

Tabla 12 Selección Sistema Ductos UMA #4, 15TR……. 60

Tabla 13 Selección Sistema Ductos UMA #5, 20TR …….. 61

Tabla 14 Selección Sistema Ductos UMA #6, 5TR …… 62

Tabla 15 Selección Sistema Ductos UMA #18, 20TR ……63

Tabla 16 Clasificación de Filtros Según Normas Europeas o Americanas …67

Tabla 17 Micraje y Eficiencia Mínima de Filtración para Filtros

Según Norma Americana…….. 68

Tabla 18 Información Técnica de UMA´s del Sistema Actual …….. 73

Tabla 19 Factor de Fricción f …… 76

Tabla 20 Seccionamiento de Red para UMA´s 3, 4, 5, Y 6 80

Tabla 21 Resultados de UMA´s 3, 4, 5, y 6; en Unidades inglesas..... 81

Tabla 22 Resultados de UMA´s 3, 4, 5, y 6; en Unidades S.I. …….. 82

Tabla 23 Seccionamiento de Red para UMA´s 7. 8, 13, 14 Y 18 83

Tabla 24 Resultados de UMA´s 7, 8, 13, 14, 18; en Unidades Inglesas 84

Tabla 25 Resultados de UMA´s 7, 8, 13, 14, 18; en Unidades S.I. 85

Pág.

Tabla 26 Seccionamiento de Red para Equipos
Producción – UMA´s 11 y 12 87
Tabla 27 Resultados Equipos de Producción y UMA´s 11-12; en
Unidades Inglesas ……..... 88
Tabla 28 Resultados Equipos de Producción y UMA´s 11-12; en
Unidades S.I. ……..89
Tabla 29 Descripción de Tipos de Aislamientos Térmicos …….. 90
Tabla 30 Cargas Térmicas por Equipos de Producción …… 105
Tabla 31 Cargas Térmicas por Equipos de Climatización Futuros ……. 106
Tabla 32 Consumos de Energía Eléctrica de Enfriadores de Agua Durante
el Verano del 2009 ……. 109
Tabla 33 Consumos de Energía Eléctrica de Enfriadores de Agua Durante
el Invierno del 2010 …… 111
Tabla 34 Información Técnica de los Enfriadores de Agua Actuales ……. 113
Tabla 35 Cálculo de Costos de Equipos Nuevos y/o Elementos
de Operación ……... 117

Pág.

Tabla 36 Cálculo de Costos de Materiales y Mano de Obra Metalmecánica …….…. 118

Tabla 37 Cálculo Costos de Materiales y Mano de Obra Civil ..…… 120

Tabla 38 Cálculo de Costos de Materiales y Mano de Obra Refrigeración y Climatización .....……..…….. 122

Tabla 39 Cálculo de Costos de Materiales y Mano de Obra Eléctrica ……. 123

Tabla 40 Diagrama de GANTT ……...…….. 125

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo, nosotros, los seres humanos hemos experimentado el deterioro de nuestro planeta, motivo por el cual a nivel empresarial, una industria alimenticia comprometida y preocupada al hecho de cada año se incremente la incidencia sobre el calentamiento global y el deterioro potencial de la capa de ozono; lanza el compromiso interno de tener la necesidad de alinearse a la reducción del uso de refrigerantes que son nocivos para el medio ambiente y regulados hasta la última actualización dada en 1999, en el Protocolo de Montreal.

Para mitigar la incidencia de los mismos, se desarrolla un “Análisis técnico a capacidades y necesidades de reemplazo de equipos que utilizan al amoniaco como refrigerante enfocado a una industria alimenticia”; por la necesidad de reemplazar los equipos; por incrementos de generación de cargas térmicas en los interiores de la Planta, por ineficiencia de operación, por tiempo de vida útil cumplida; y finalmente, por el enfoque principal que usan como refrigerante al Freón R-22, que debe ser reemplazado por otro refrigerante que no se encuentra en el listado de los refrigerantes regulados y que sea menos nocivo para el medio ambiente, como lo es el Amoniaco o R-717.

Por lo que, se enfoca su desarrollo en el establecimiento de los respectivos cálculos de cargas térmicas, para definir y seleccionar el correcto enfriador de agua que se necesita poner a operar para abastecer de capacidad de refrigeración y climatización de la Planta, al igual que el determinar la operación de todos los equipos secundarios y redes de distribución de tuberías y ductos; así, poder desarrollar el proyecto para solucionar ésta necesidad de cumplimiento operacional y medio ambiental.

A su vez, se presenta un análisis de costos de todo lo concerniente a equipos, ductos, aislamientos con tuberías, cisterna y bombas que se requieren reemplazar, montajes y puesta en operación de los Enfriadores de Agua nuevos; a la par se realiza un diagrama de GANTT para programar las múltiples actividades. De tal manera, que los valores económicos y tiempos sean reales para poder presentar a Gerencia, para la respectiva toma de decisión de ejecución de entre uno a tres años.

CAPÍTULO 1

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

El interés primordial de desarrollar éste tema parte de la necesidad de la Planta Industrial, en poder identificar si las capacidades de todos los equipos en función a las condiciones actuales de trabajo son las adecuadas para asegurar el correcto desempeño del ambiente laboral del recurso humano que desarrolla sus actividades diarias y la correcta operación de los equipos de procesos de producción; que en conjunto, con el pasar de los años hayan sido modificadas desde su instalación. Independientemente al resultado a establecerse sobre la eficiencia o

necesidad de nuevos equipos, se reemplazará por unidades que usen como refrigerante al Amoniaco o R-717.

1.1. Descripción del Protocolo de Montreal.

Es necesario enfocarse en la descripción esencial del Protocolo de Montreal, dado que todo el trabajo será realizado para cumplir los lineamientos globales de la empresa multinacional para alinearse al enfoque del cuidado y preservación del medio ambiente.

Por lo que, 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 180 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; los países miembros hasta la actualidad se pueden consultar en el apéndice A.

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, en aquel momento uno de los temas claves es la participación de los países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo en el cumplimiento de las metas del Protocolo de Montreal. Para aquello, se subdividen y clasifican a los refrigerantes por sus respectivas propiedades físico - químicas regulándolos desde la tipo “A” hasta la “E”; a su vez, detallándoles en grupos, que a continuación se describirán en las Figuras 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, y 1.8; que describen al tipo de refrigerante, y dependiendo al tipo de país en vías o desarrollado, se establecerá el tiempo límite para dejar de producir o consumirlo, las mismas que se detallan a continuación.

Anexo A - Grupo I: Clorofluorocarbonos (CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114 y CFC-115)

Aplicable a la producción y el consumo

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5		**Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5**	
Nivel básico:	1986	Nivel básico:	Media 1995-1997
Congelación:	1° de julio de 1989.	Congelación:	1° de julio de 1999
Reducción del 75%:	1° de enero de 1994.	Reducción del 50%:	1° de enero de 2002
Reducción del 100%:	1° de enero de 1996 (con posibles exenciones para usos esenciales)	Reducción del 85%:	1° de enero de 2007
		Reducción del 100%:	1° de enero de 2010 (con posibles exenciones para usos esenciales)

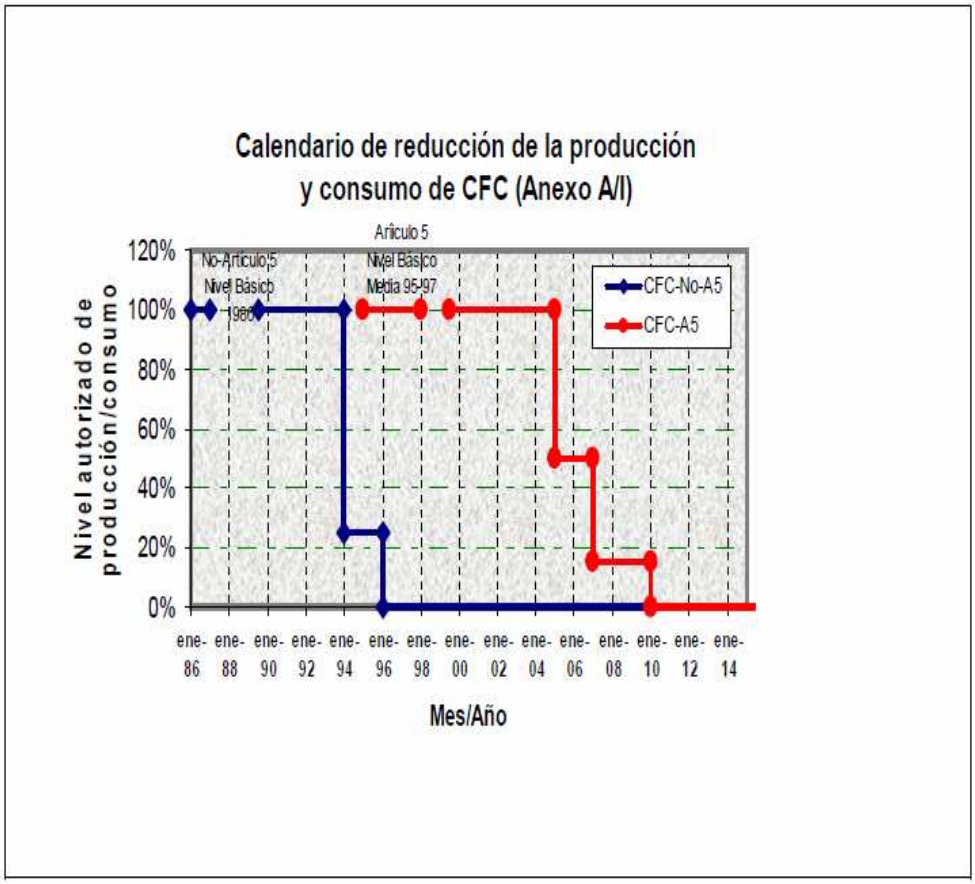


FIGURA 1.1 CLASIFICACIÓN A, GRUPO I

Anexo A - Grupo II: Halones (halón 1211, halón 1301 y halón 2402)

Aplicable a la producción y el consumo

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5		Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5	
Nivel básico:	1986	Nivel básico:	Media 1995-1997
Congelación	1° de enero de 1992	Congelación:	1° de enero de 2002
Reducción del 100%:	1° de enero de 1994 (con posibles exenciones para usos esenciales)	Reducción del 50%:	1° de enero de 2005
:		Reducción del 100%:	1° de enero de 2010 (con posibles exenciones para usos esenciales)

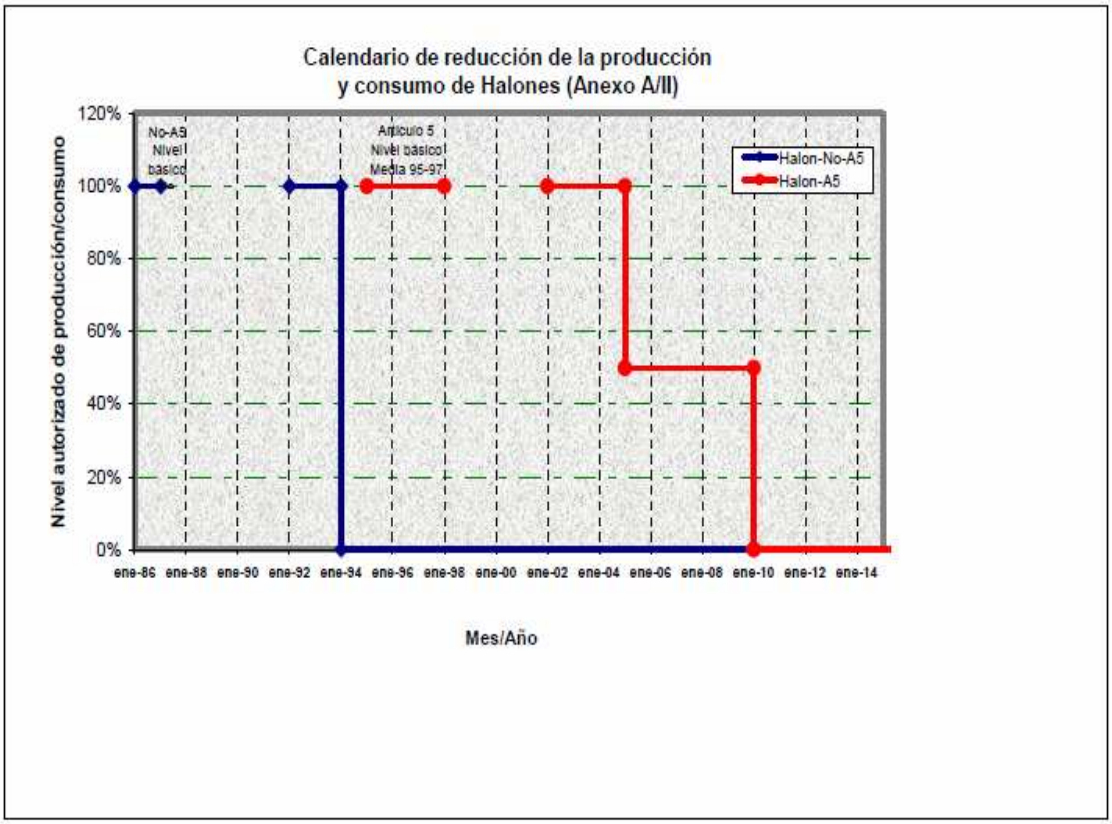


FIGURA 1.2 CLASIFICACIÓN A, GRUPO II

Anexo B - Grupo I: Otros CFC completamente halogenados
(CFC-13, CFC-111, CFC-112, CFC-211, CFC-212, CFC-213, CFC-214, CFC-215, CFC-216, CFC-217)

Aplicable a la producción y el consumo

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5		**Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5**	
Nivel básico:	1989	Nivel básico:	Media 1998-2000
Reducción del 20%:	1° de enero de 1993	Reducción del 20%:	1° de enero de 2003
Reducción del 75%:	1° de enero de 1994	Reducción del 85%:	1° de enero de 2007
Reducción del 100%:	1° de enero de 1996 (con posibles exenciones para usos esenciales)	Reducción del 100:	1° de enero de 2010 (con posibles exenciones para usos esenciales)

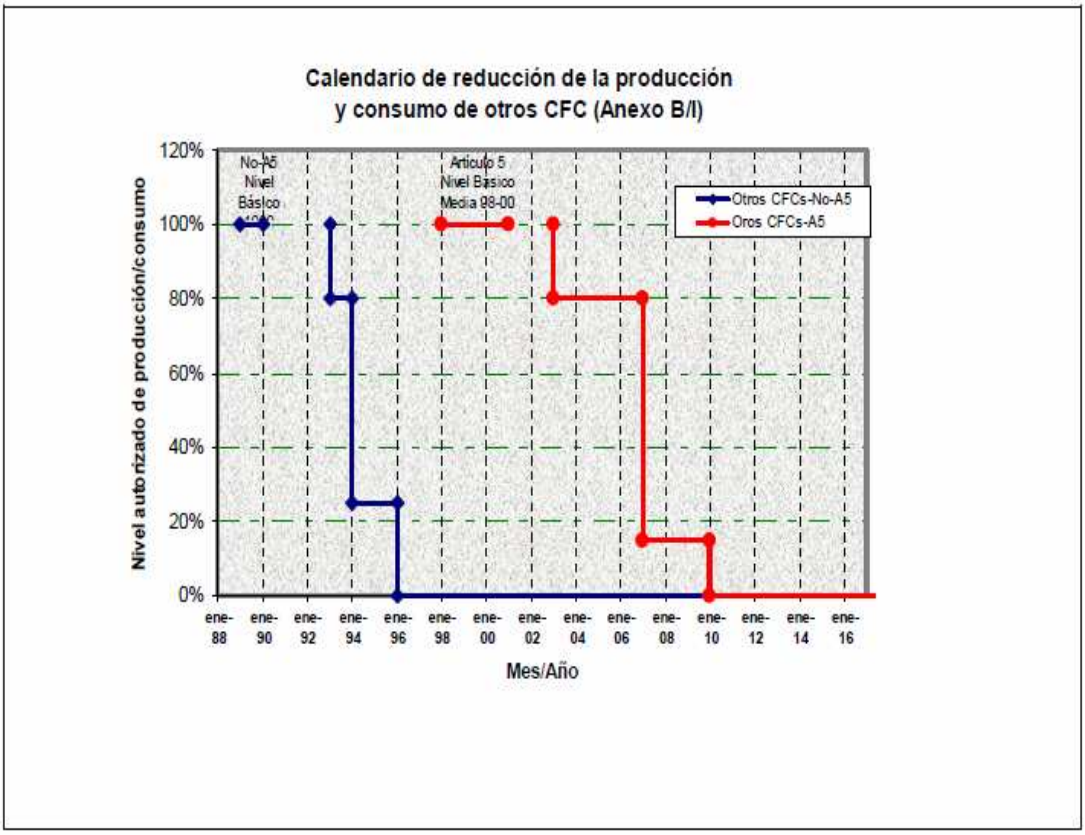


FIGURA 1.3 CLASIFICACIÓN B, GRUPO I

Anexo B - Grupo II: Tetracloruro de carbono

Aplicable a la producción y el consumo

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5		Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5	
Nivel básico:	1989	Nivel básico:	Media 1998-2000
Reducción del 85%	1° de enero de 1995	Reducción del 85%:	1° de enero de 2005
Reducción del 100%	1° de enero de 1996 (con posibles excepciones para usos esenciales)	Reducción del 100%:	1° de enero de 2010 (con posibles exenciones para usos esenciales)

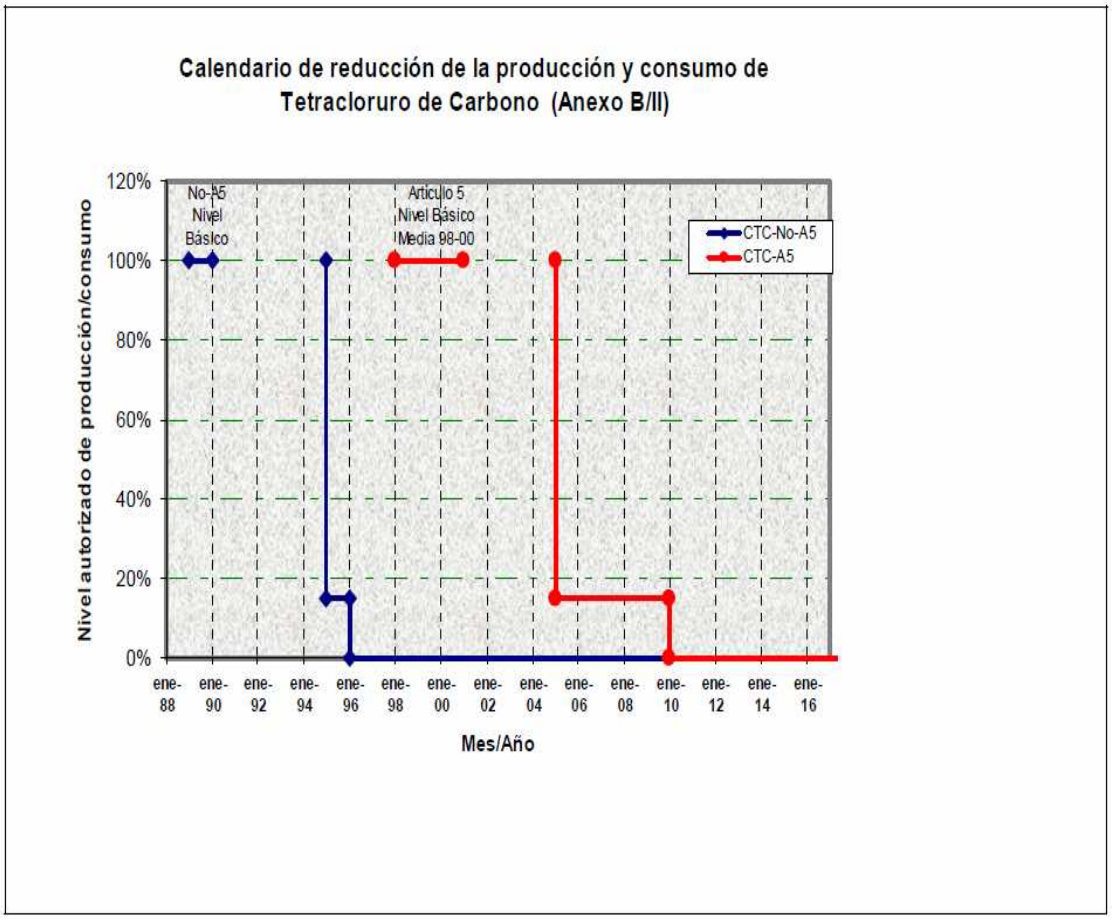


FIGURA 1.4 CLASIFICACIÓN B, GRUPO II

Anexo B - Grupo III: 1,1,1-tricloroetano (metilcloroformo)

Aplicable a la producción y el consumo

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5		**Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5**	
Nivel básico:	1989	Nivel básico:	Media 1998-2000
Congelación:	1° de enero de 1993.	Congelación:	1° de enero de 2003
Reducción del 50%:	1° de enero de 1994.	Reducción del 30%:	1° de enero de 2005
Reducción del 100%:	1° de enero de 1996 (con posibles exenciones para usos esenciales).	Reducción del 70%:	1° de enero de 2010
		Reducción del 100%:	1° de enero de 2015 (con posibles exenciones para usos esenciales)

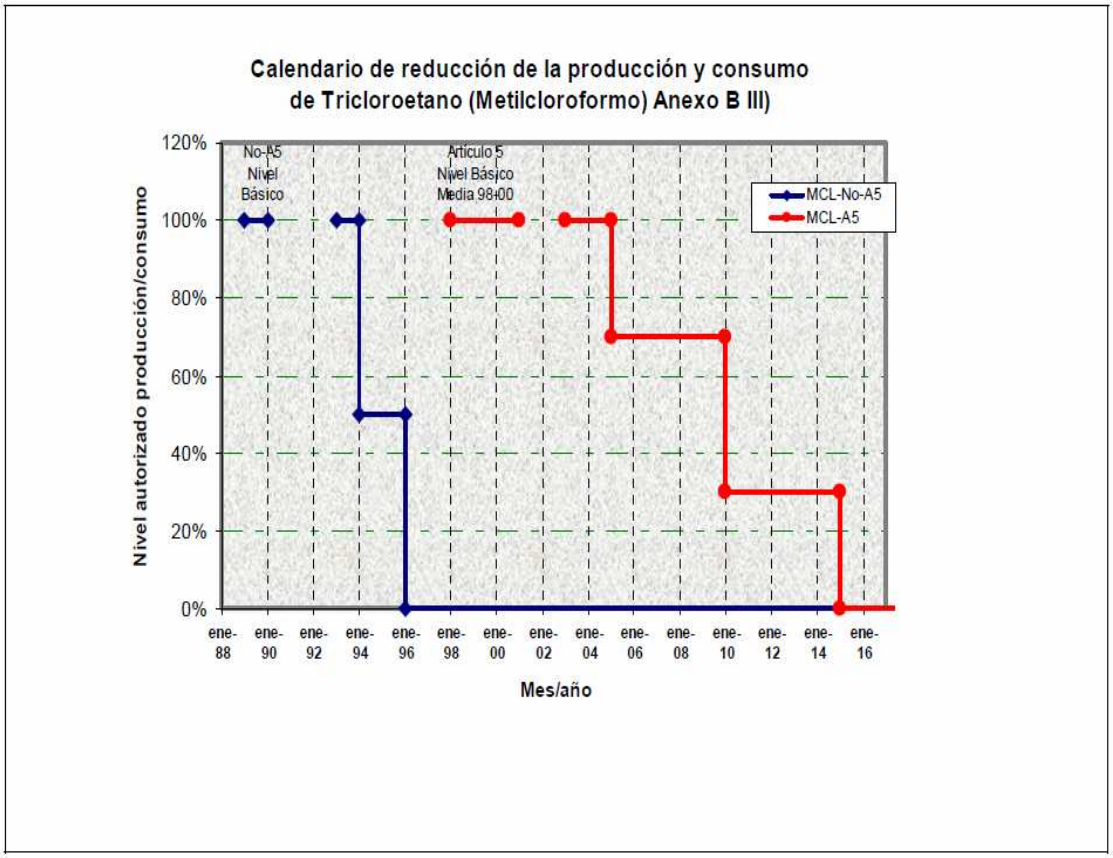


FIGURA 1.5 CLASIFICACIÓN B, GRUPO III

Anexo C - Grupo I: HCFCs (Consumo)

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5: Consumo		Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5: Consumo	
Nivel básico:	Consumo en 1989 + 2,8% del consumo de CFC en 1989	Nivel básico:	Consumo en 2015
Congelación:	1996	Congelación:	1° de enero de 2016
Reducción del 35%:	1° de enero de 2004	Reducción del 100%:	1° de enero de 2040
Reducción del 65%:	1° de enero de 2010		
Reducción del 90%:	1° de enero de 2015		
Reducción del 99,5%:	1° de enero de 2020, y en lo sucesivo, consumo restringido al mantenimiento del equipo de refrigeración y aire acondicionado existente en esa fecha.		
Reducción del 100%:	1° de enero de 2030		

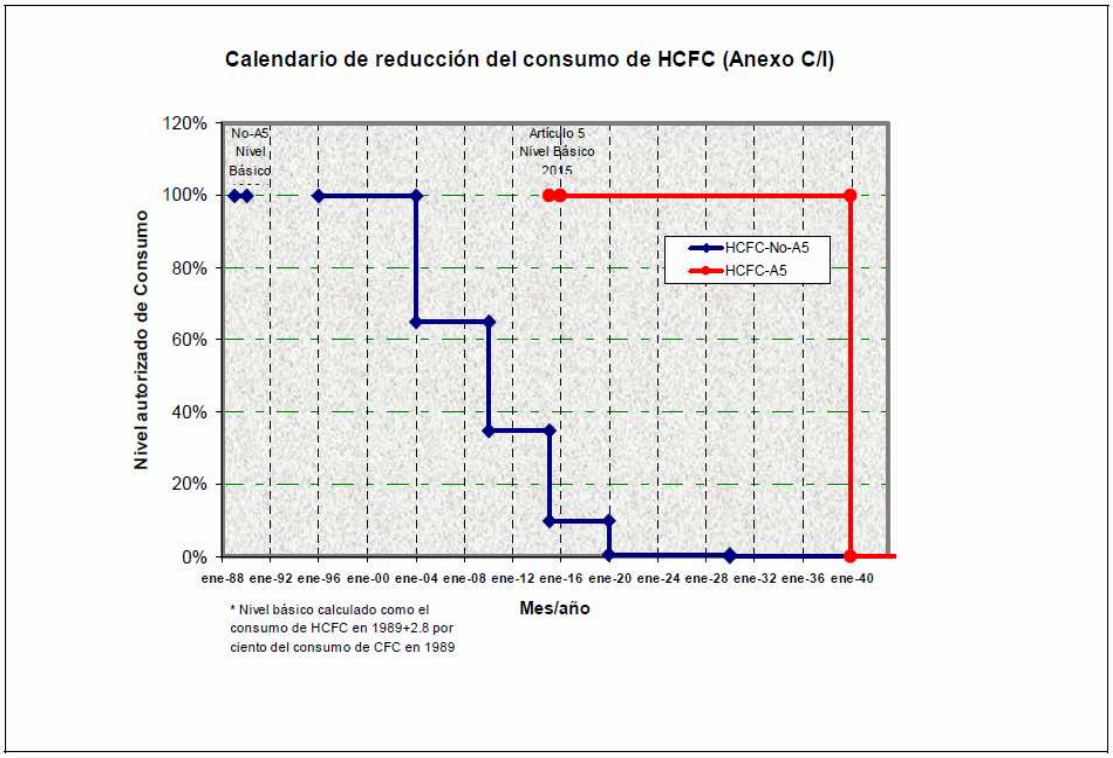


FIGURA 1.6 CLASIFICACIÓN C, GRUPO I CONSUMO

Anexo C – Grupo I: HCFCs (Producción)

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5: Producción		Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5: Producción	
Nivel básico:	Media de la producción de 1989 de HCFCs + 2,8% de la producción de CFC en 1989 y del consumo de HCFCs en 1989 + 2,8 del consumo de CFC en 1989	Nivel básico:	Media de producción y consumo en 2015
Congelación:	1° de enero de 2004, a nivel básico de producción	Congelación:	1° de enero de 2016, a nivel básico de producción

Anexo C - Grupo II: HBFCs

Aplicable a la producción y al consumo

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5		Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5	
Reducción del 100%	1° de enero de 1996 (con posibles exenciones para usos esenciales)	Reducción del 100%	1° de enero de 1996 (con posibles exenciones para usos esenciales)

Anexo C - Grupo III: Bromoclorometano

Aplicable a la producción y al consumo

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5		Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5	
Reducción del 100%	1° de enero de 2002 (con posibles exenciones para usos esenciales)	Reducción del 100%	1° de enero de 2002 (con posibles exenciones para usos esenciales)

FIGURA 1.7 CLASIFICACIÓN C, GRUPO I PRODUCCIÓN, GRUPO II Y GRUPO III (CONTINUACIÓN)

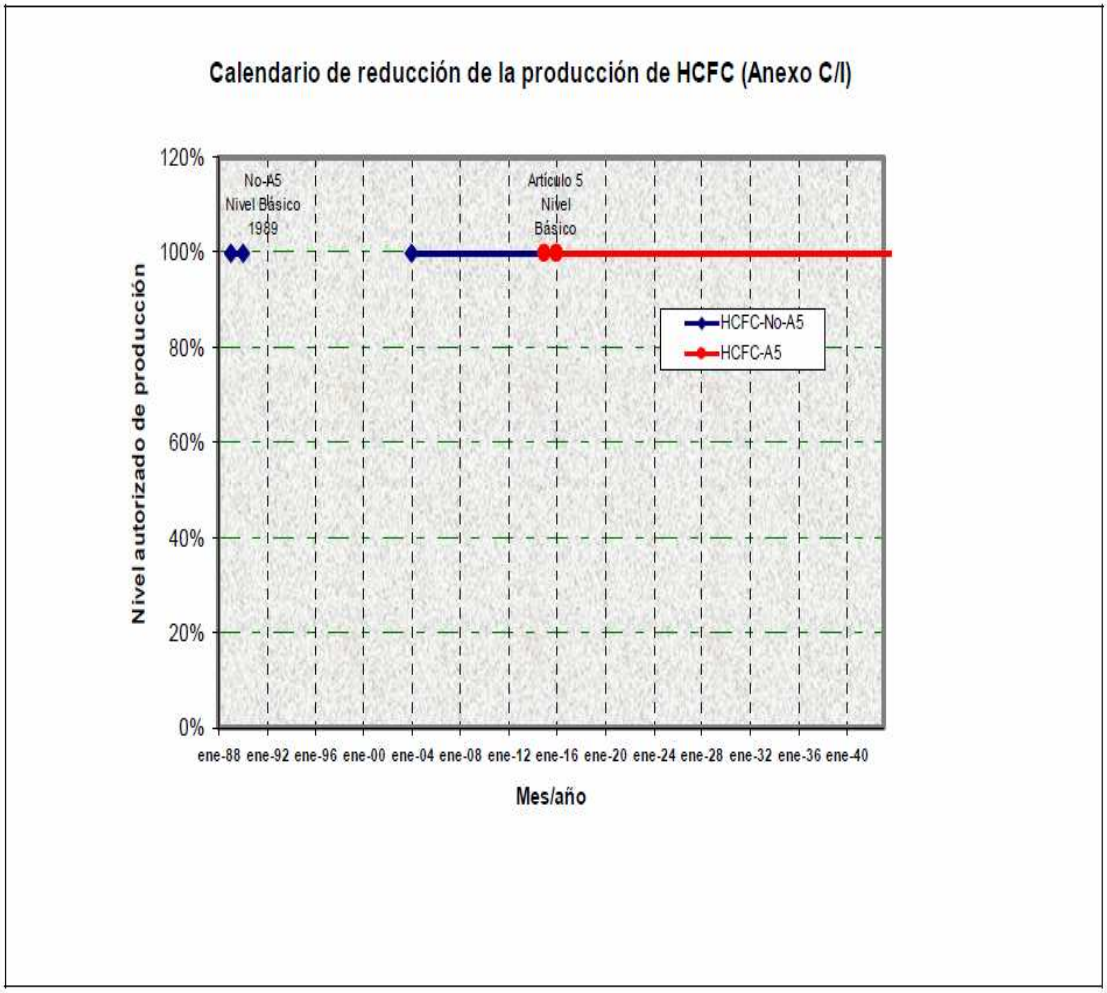


FIGURA 1.7 CLASIFICACIÓN C, GRUPO I PRODUCCIÓN, GRUPO II Y GRUPO III (CONTINUACIÓN)

Anexo E – Grupo I: Metilbromuro

Aplicable a la producción y el consumo, con exención de las cantidades usadas para aplicaciones de cuarentena y previas al envío.

Partes que no operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5		Partes que operan al amparo del párrafo 1 del Artículo 5	
Nivel básico:	1991	Nivel básico:	Media 1995-1998
Congelación:	1° de enero de 1995	Congelación:	1° de enero de 2002
Reducción del 25%:	1° de enero de 1999	Reducción del 20%:	1° de enero de 2005
Reducción del 50%:	1° de enero de 2001	Reducción del 100%:	1° de enero de 2015 (con posibles exenciones para usos críticos)
Reducción del 70%:	1° de enero de 2003		
Reducción del 100%:	1° de enero de 2005		

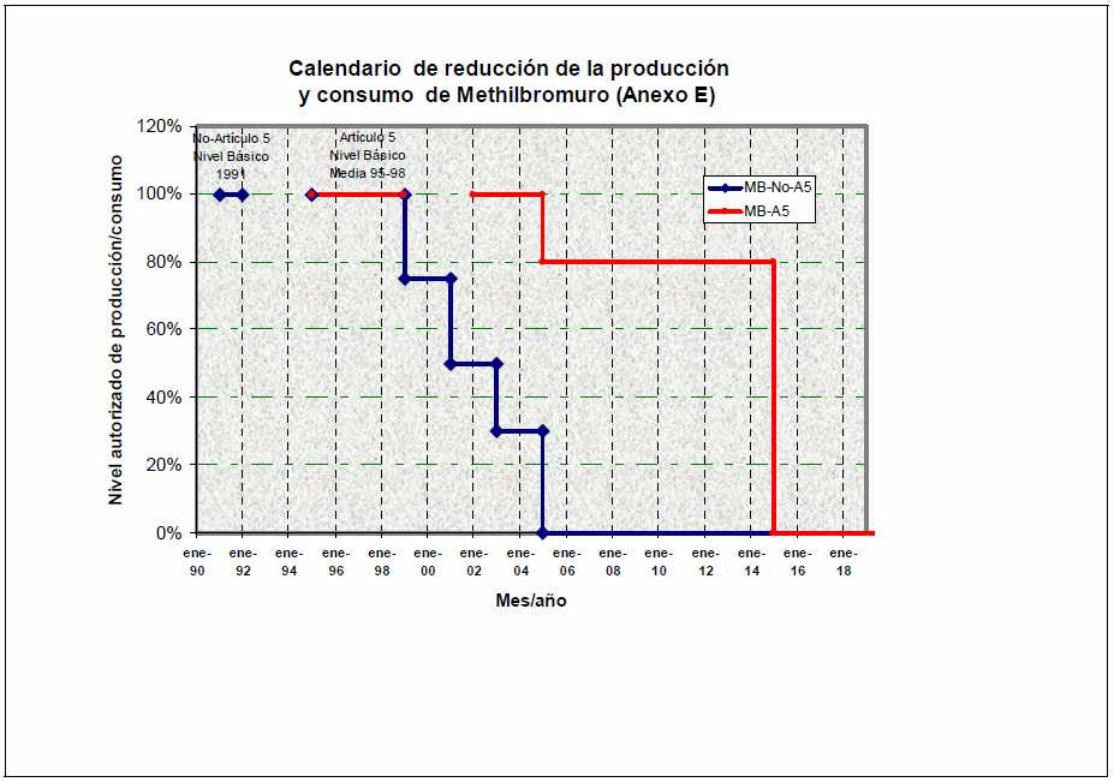


FIGURA 1.8 CLASIFICACIÓN E, GRUPO I

Finalmente, en la tabla 1, se realiza una descripción de ciertos tipos de refrigerantes existentes hasta la actualidad, en la misma se data por clasificación de aquellos que son regulados y a aquellos que no forman parte del listado del Protocolo de Montreal. Se describe por grupos y con sus respectivas codificaciones en los que se conoce el mercado laboral; y detallando 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.

Esta tabla es sumamente práctica y proporciona información para poder seleccionar el tipo de refrigerante ideal enfocándose al medio ambiente bajo los dos conceptos expuestos; cabe recalcar que de entre ellos se encuentran los no regulados denominados como ecológicos en el mercado comercial, que a su vez son el reemplazo por características de curva de refrigeración semejante.

TABLA 1

CLASIFICACIÓN DE REFRIGERANTES POR GRUPOS DE SUBSTANCIAS 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- 134ª	0	1'200
		R- 143ª	0	2'900
		R- 152ª	0	140
		R- 404ª	0	3750
		R- 407C	0	1610
		R- 410ª	0	1890
		R- 507	0	3800
	C3H8	R- 290	0	3
	C4H10	R- 600ª	0	3
	NH3	R- 717	0	0
	CO2	R- 744	0	1

FUENTE: MANUAL DEL CONVENIO DE VIENA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO

1.2. Descripción del Amoniaco como Refrigerante.

El amoniaco 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 formula 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 amoniaco 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 amoniaco 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 amoniaco se elevará y se escapará a la atmósfera, donde se dispersa rápidamente.

El olor del amoniaco 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 amoniaco es su toxicidad y su moderado nivel de flamabilidad.

El amoniaco 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 amoniaco con menos de 0.2% de agua es considerado suficientemente puro para ser utilizado en sistemas de refrigeración. Cuando el amoniaco es lo suficientemente puro, su punto de ebullición a presión atmosferica está entre –33.3ºC y –33.9ºC. El punto de ebullición del amoniaco puro es de – 33.35ºC.

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	-33.4ºC a 1.013 bar
Temperatura de ignición	651ºC
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

FUENTE: MANUAL DE CAPACITACIÓN AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING, AND AIR - CONDITIONING, ENGINEERS, INC

Respecto a la solubilidad del amoniaco en agua, se disuelve fácilmente en agua. El punto de congelación del agua es considerablemente menor debido al amoniaco. 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 50ºC).

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

Respecto a la combustibilidad y explosividad; pruebas de Laboratorio han demostrado que la temperatura más baja al cual la mezcla de amoniaco se enciende es de 651ºC; el límite menor de ignición del NH3 en el aire es entre 15.3 y 16% por volumen (lo que corresponde a 153,000 y 160,000 ppm). Arriba de este limite, el NH3 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 amoniaco 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 amoniaco 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 una substancia química moderada, y considerada 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 NH3 es menor que su energía de auto-ignición, esto significa que el NH3 no puede mantenerse encendido por si mismo sin una fuente externa de ignición, aunque la misma fuente haya iniciado el fuego.

1.3. Descripción de las Áreas Climatizadas.

La planta posee tres áreas donde se requiere climatización a temperaturas de entre 18 y 22 ℃, en función a la o peración de los equipos enfriadores de agua de refrigeración que serán reemplazados; las mismas se las representa tales como: “ Área de Chocolates, Polvos y Oficinas de Producción”.

En el área de chocolates, existe necesidad de climatización considerable, debido a que es un área seca de nivel de higiene medio, allí tenemos instaladas las máquinas que dan la forma al chocolate como lo son los túneles de enfriamiento; además, en base a la necesidad de tener stock para el posterior procesamiento de empaquetado, el producto elaborado debe reposar sobre sus respectivos porta moldes en carros de desplazamiento para posteriormente ser llevados para ser procesados en las envolvedoras;

y finalmente, disponerlos en recipientes para realizar el embasado de los mismos al granel en su respectivo material de embalaje.

El área de polvos, es un área seca donde se realiza el procesamiento de la torta de cacao que salen de las prensas pero triturada, ésta tiene otro pre tratamiento de triturado adicional externo y con su respectivo pre enfriador, para luego ser trasladado hacia los equipos pulverizadores; al igual que en el área de chocolates, se necesita que el ambiente esté climatizado para mantener el área seca con nivel de higiene medio, dado que así se mantendrá en control el ambiente y el manejo del polvo de cacao que luego de la pulverización es almacenado en bolsas de papel para ser exportado como materia prima a países no productores pero si procesadores de cacao; adicional del sector adyacente donde se encuentran máquinas envasadoras del producto en sus respectivos materiales de empaques.

Finalmente, el área de oficinas de fabricación, es el área donde se necesita un nivel de higiene bajo, pero si que sea seco debido a que es un área de tránsito hacia la planta; en ésta área se encuentran las oficinas de gerencia y jefaturas, desarrollo de nuevos productos, finanzas, sistemas y de aseguramiento de la calidad con sus

respectivos laboratorios. Allí se concentra el manejo, la planificación y el aseguramiento de los productos finales elaborados y semielaborados, para que cumplan con los estándares establecidos por parámetros internos de la multinacional y cumpliendo estrictamente aquellos parámetros dados por el INEN; y así entregar al consumidor final un producto Premium y apto para el consumo humano.

1.4. Descripción de Equipos de Climatización.

Para realizar la climatización de todas las áreas, se tiene instalado manejadoras de aire y agua helada que son conocidas en el mercado laboral como UMA´s o AHU´s; las mismas que poseen en su interior dependiendo de la capacidad N número de ventiladores centrífugos y un serpentín por donde circula el agua helada a temperaturas menores a los 10℃, la semejanza a una unidad de expansión directa es que éstas actúan como evaporadores; es decir, con la ayuda de los ventiladores centrífugos realizan la succión por la parte inferior, cuyo flujo de aire es filtrado antes de ingresar a la máquina que recibe un paso por los serpentines, donde se realiza un intercambio de calor del flujo de aire a mayor temperatura que entra en contacto con los tubos y plaquetas del serpentín que por su interior circula el agua helada a bajas temperaturas; por ende, el aire pierde

temperatura y llega a obtener la requerida entre 18 y 22 ℃ de confort para el personal y para las condiciones necesarias del producto.

En toda el área de chocolates existen seis manejadoras de aire y agua helada; dos por el sector de los túneles de enfriamiento, que a través de un sistema de ductos distribuyen uniformemente el flujo de aire climatizado, dos por el sector de las máquinas envolvedoras que por campanas y rejillas deflectoras distribuyen a su vez el flujo de aire respectivo directo hacia las máquinas, y las dos restantes que ayudan a la capacidad actual de toda el área instaladas por el sector de la templadora de manteca.

Para el área de polvos, se tienen instaladas tres UMA´s, y un split tipo ducto de expansión directa; las cuatro máquinas permiten climatizar a través de sistemas de ductos con rejillas difusoras de retorno y descarga toda el área descrita en el item 1.3.

Para el caso del área de Oficinas de Producción, existe solamente instalada una UMA, que por ductos distribuye el flujo respectivo a todos los sectores.

Está claro que han existido cambios en las tres áreas, incremento de personal y máquinas, modificación de edificios y luminarias por incrementos de producción; motivo por el cual, se establecerán las capacidades actuales bajo una adecuada distribución por ductos y tratamiento de filtrado del flujo de aire climatizado que se requiera por cumplimientos de procesamiento y almacenaje de los productos terminados que se fabrican.

1.5. Descripción de Red de Agua Helada, Distribución y Usos Adicionales.

Tal como se describió en el ítem 1.4, para que las manejadoras de aire y agua helada funcionen, necesitan el agua helada que pase por su interior, la misma que es alimentada a través de la red de tuberías del sistema de agua helada que necesariamente tiene un reservorio tipo cisterna estacionaria de hormigón armado que tiene cierre hermético para evitar el ingreso de plagas a su interior.

Adicional al uso del agua helada, también tiene su aplicación a procesos de transferencia de calor en procesos de temperado de las masas blancas y obscuras, de templado de la manteca de cacao, y de enfriamiento interno de los refinadores tipo rodillos para obtener la

finura necesaria de la masa de chocolate requerida según el tipo de recetas de cada producto elaborado.

La cisterna es el punto clave como almacenamiento del agua helada, permite un abastecimiento a toda la red de tuberías del fluido y representa como punto de recepción del mismo luego de cumplir con su intercambio de calor el incrementarse su temperatura; además, permite reposición de agua blanda nueva al sistema de la que por pérdidas haya disminuido.

Las tuberías, tienen su respectivo aislamiento térmico tanto de poliuretano con camisas de aluminio como de rubatex combinado a lo largo de la red; en las mismas se transporta el fluido que por el accionar de las bombas de agua, permiten hacerlo desde la cisterna en base a la capacidad necesaria de caudal y presión; hasta hacer el recorrido completo hacia las UMA´s y equipos que la usen hasta retornarla a su punto de almacenamiento.

De la cisterna de agua helada se conectan los evaporadores de todos los enfriadores de agua de refrigeración que con la adecuada capacidad éstos mantendrán la temperatura requerida en el agua

helada para el proceso de climatización y transferencia de calor identificados.

1.6. Descripción de Equipos de Refrigeración Actuales.

Se necesita mantener la temperatura del agua helada entre 6 y 10 ℃ para poder cumplir con todos los procesos de fabricación y climatización; por lo que, al momento existen instalados paralelamente cuatro enfriadores de agua de refrigeración de distintas capacidades que tienen como fin, el reducir la temperatura del fluido en mención; por lo que, se conectan a la cisterna sus respectivas tuberías de succión y descargas, que nacen del reservorio y con la ayuda de bombas de agua permiten transportarla hacia los evaporadores de los equipos indicados.

Se cuenta con un enfriado de agua, modelo 30- HR, del tipo casco – tubos el evaporador y el condensador, enfriado por agua; de cuatro compresores con capacidades individuales de 40 TR (120950.40 Kcal/h o 480000 Btu/h), que en total tiene una capacidad de 160 TR (483801.6 Kcal/h o 1920000 Btu/h), instalado desde 1981.

Además, se tiene un enfriador de agua, modelo 30-GA, del tipo casco – tubos el evaporador, y el condensador enfriado por aire tipo tubo –

plaquetas, que posee en su interior un único compresor con capacidad de 30 TR (90712.8 Kcal/h o 360000 Btu/h), instalado desde 1978.

Finalmente, se tienen dos enfriadores de agua, de funcionamiento similar al 30 – GA, de procedencia Venezolana llamados Transca 1 y 2, con compresores individuales de capacidades de 15 TR (45356.4 Kcal/h o 180000 Btu/h) y 10 TR (30237.6 Kcal/h o 120000 Btu/h) respectivamente; instalados desde el 2001.

Al momento, se encuentran todos en uso; pero el objetivo principal es el poder reemplazarlos por motivos que todos usan como refrigerante al Freón R-22 por un refrigerante que no sea nocivo con el medio ambiente como lo es el Amoniaco R- 717; de aquella manera se cumplirá con la directriz de la empresa en asegurar que en sus plantas industriales disminuya el uso de HCFC´s.

CAPÍTULO 2

2. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS, VERIFICACIÓN DE CAPACIDADES DE EQUIPOS, DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DEL FLUJO DE AIRE DE CLIMATIZACIÓN.

En el presente capítulo, se inicia el proceso de verificación de las condiciones actuales de instalación de la planta, a través de cálculos directos en todos los puntos de emisión térmica que se describirá a lo largo de su desarrollo.

2.1. Cálculo de Carga Térmica Total del Área de Chocolates.

Se empieza calculando la carga térmica generada por las personas que laboran en los sectores de envolvedoras, de manteca y de moldeadoras; que según tabla 3 es necesario tomar en cuenta el valor promedio generado para hombres y mujeres; en ambos casos se considera la actividad de trabajo ligero en una fábrica, dado las labores son de caminar, operación de máquinas, desplazamiento de coches de bandejas con productos, entre otras.

TABLA 3

CARGAS TÉRMICAS GENERADAS POR PERSONAS

DEGREE OF ACTIVITY	TYPICAL APPLICATION	Metabolic Rate (Adult Male) Btu/hr	Average Adjusted Metabolic Rate* Btu/hr	ROOM DRY-BULB TEMPERATURE									
				82 F		80 F		78 F		75 F		70 F	
				Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr	
				Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent
Seated at rest	Theater, Grade School	390	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Seated, very light work	High School	450	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Office worker	Offices, Hotels, Apts., College	475	450	180	270	200	250	215	235	245	205	285	165
Standing, walking slowly	Dept., Retail, or Variety Store	550											
Walking, seated	Drug Store	550	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
Standing, walking slowly	Bank	550											
Sedentary work	Restaurant†	500	550	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230
Light bench work	Factory, light work	800	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	385
Moderate dancing	Dance Hall	900	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Walking, 3 mph	Factory, fairly heavy work	1000	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Heavy work	Bowling Alley‡, Factory	1500	1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845

*Adjusted Metabolic Rate is the metabolic rate to be applied to a mixed group of people with a typical percent composition based on the following factors:
Metabolic rate, adult female = Metabolic rate, adult male × 0.85
Metabolic rate, children = Metabolic rate, adult male × 0.75

†Restaurant—Values for this application include 60 Btu per hr for food per individual (30 Btu sensible and 30 Btu latent heat per hr).

‡Bowling—Assume one person per alley actually bowling and all others sitting, metabolic rate 400 Btu per hr; or standing, 550 Btu per hr.

FUENTE: CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY, HANDBOOK OF AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN

Por lo que, el valor referencial promedio para el proceso de cálculo es de 750 Btu/ h x número de personas en cada uno de los sectores; para el sector de los túneles de enfriamiento, la carga térmica llega a ser de 6750 Btu/h o 1701 Kcal/h ; para el sector de envolvedoras la carga térmica llega a ser de 10500 Btu/h o 2646 Kcal/h; y finalmente, la carga térmica para el sector de manteca llega a ser de 7500 Btu/h o 1890 Kcal/h.

Ahora se procede a calcular la carga térmica generada por las lámparas fluorescentes bajo la fórmula 1, siguiente:

1.25 x (3.4 x Potencia x Número de tubos fluorescentes); [Fórmula 1]

Para el sector de los túneles de enfriamiento, primero se calcula tomando en cuenta la potencia de las lámparas de 32 W, cuya carga térmica llega a 8704 Btu/ h o 2193.41 Kcal/h para después proceder a tomar en cuenta la potencia de las lámparas de 15 W, cuya carga térmica llega a 127.5 Btu/ h o 32.13 Kcal/h; de igual manera para el sector de envolvedoras los valores son de 4624 Btu/h o 1165.25 Kcal/h, y 0 Btu/h o 0 Kcal/h; finalmente, para el sector de manteca los valores llegan a ser de 4624 Btu/h o 1165.25 Kcal/h y 127.5 Btu/h o 32.13 Kcal/h respectivamente para cada tipo de tubos fluorescentes.

Luego, es necesario determinar la carga térmica generada a través de los motores eléctricos instalados dentro del área de fabricación con la utilización de la tabla 4 en base a la potencia en unidades de (HP) de cada uno de los motores instalados dentro del área a climatizarse, se seleccionarán los valores de cargas térmicas generadas respectivamente.

TABLA 4

CARGAS TÉRMICAS GENERADAS POR MOTORES ELÉCTRICOS

NAMEPLATE† OR BRAKE HORSEPOWER	FULL LOAD MOTOR EFFICIENCY PERCENT	LOCATION OF EQUIPMENT WITH RESPECT TO CONDITIONED SPACE OR AIR STREAM‡		
		Motor In - Driven Machine In: HP × 2545 / % Eff	Motor Out - Driven Machine In: HP × 2545	Motor In - Driven Machine Out: HP × 2545 (1 − % Eff) / % Eff
		Btu per Hour		
1/20	40	320	130	190
1/12	49	430	210	220
⅛	55	580	320	260
⅙	60	710	430	280
¼	64	1,000	640	360
⅓	66	1,290	850	440
½	70	1,820	1,280	540
¾	72	2,680	1,930	750
1	79	3,220	2,540	680
1½	80	4,770	3,820	950
2	80	6,380	5,100	1,280
3	81	9,450	7,650	1,800
5	82	15,600	12,800	2,800
7½	85	22,500	19,100	3,400
10	85	30,000	25,500	4,500
15	86	44,500	38,200	6,300
20	87	58,500	51,000	7,500
25	88	72,400	63,600	8,800
30	89	85,800	76,400	9,400
40	89	115,000	102,000	13,000
50	89	143,000	127,000	16,000
60	89	172,000	153,000	19,000
75	90	212,000	191,000	21,000
100	90	284,000	255,000	29,000
125	90	354,000	318,000	36,000
150	91	420,000	382,000	38,000
200	91	560,000	510,000	50,000
250	91	700,000	636,000	64,000

*For intermittent operation, an appropriate usage factor should be used, preferably measured.

†If motors are overloaded and amount of overloading is unknown, multiply the above heat gain factors by the following maximum service factors:

Maximum Service Factors

Horsepower	1/20-⅛	¼-½	½-¾	1	1½-2	3-250
AC Open Type	1.4	1.35	1.25	1.25	1.20	1.15
DC Open Type	—	—	—	1.15	1.15	1.15

No overload is allowable with enclosed motors.

‡For a fan or pump in air conditioned space, exhausting air and pumping fluid to outside of space, use values in last column.

FUENTE: CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY, HANDBOOK OF AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN

Se inicia en el sector de los túneles de enfriamiento, en base a todos los motores eléctricos instalados en el sector, su carga térmica llega a 76143.41 Btu/h o 19188.14 Kcal/h; para el sector de envolvedoras los valores son de 57733.61 Btu/h o 14548.87 Kcal/h; finalmente, para el sector de manteca los valores llegan a ser de 14270.84 Btu/h o 3596.25 Kcal/h.

Ahora se procede a calcular la carga térmica a través del techo; para éste proceso se usa la tabla 5; donde se calcula inicialmente el área total del techo de cada sector multiplicando por el valor promedio seleccionado de 120 Kcal/m²h.

TABLA 5

CARGAS TÉRMICAS GENERADAS POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DEL TECHO

CALENTAMIENTO POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DEL TECHO		
TECHO DE CIELO RASO SOBRE CABALLETES CUBIERTAS CON TEJAS	100 - 140	Kcal/m²h
TECHO DE PLANCHAS ONDULADAS DE FIBROCEMENTO O ZINC	375	Kcal/m²h
TECHO CON TEJAS DE ARCILLA:		
- SIMPLE RECUBRIMIENTO DE DOBLE MADERAMEN	250	Kcal/m²h
- DOBLE RECUBRIMIENTO DE DOBLE MADERAMEN	225	Kcal/m²h
VIDRIO: DE 3 A 6 MM SOBRE HIERRO CON JUNTAS EMBETURNADAS	735	Kcal/m²h

FUENTE: MANUAL DE ESTUDIO DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL, FRANCISCO ANDRADE

Por ende, el área del techo del sector de los túneles de enfriamiento es de 457.48 m², lo que da como resultado 217863.3 Btu/h o 54901.6 Kcal/h. Para el sector de área de envolvedoras de 207.93 m², se establece una carga de 99023.75 Btu/h o 24953. 99 Kcal/h. Mientras que para el área de manteca, cuya área es de 187.59 m², se genera una carga térmica de 89335.67 Btu/h o 22512.59 Kcal/h.

Finalmente, se calcula la carga térmica solar generada a través de las paredes expuestas por mayor tiempo a los rayos solares; para aquello se usa la tabla 6. Se obtienen las siguientes cargas térmicas para cada uno de los sectores ya señalados: 38635,13 Btu/ h o 9736,05 Kcal/h; 4038,45 Btu/ h o 1017,69 Kcal/h; y 3813,64 Btu/h o 961,04 Kcal/h.

TABLA 6

CARGAS TÉRMICAS GENERADAS POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE LAS PAREDES

MATERIALES (m)	ESTE/OESTE (Kcal/h/m2)	SUDESTE/SUDOESTE (Kcal/h/m2)	NORTE/SUR (Kcal/h/m2)
Pared simple sin enlucir			
0.06	112	65	13.2
0.11	88	51	10.4
0.22	61	35	7.2
0.33	44	26	5.2
0.45	37	22	4.4
0.56	31	18	3.6
0.66	27	16	3.2
Pared de hormigón sin enlucir			
0.05	142	82	16.8
0.1	122	71	14.4
0.15	108	63	12.8
0.2	95	55	11.5
0.25	88	51	10.4
Paredes de piedra sin enlucir			
0.25	112	65	13.2
0.3	105	61	12.4
0.4	95	55	11.2
0.5	85	49	10
Paredes de madera			
0.02	112	65	13.2
0.03	98	57	11.6
0.04	85	49	10
0.05	74	44	8.8
0.08	58	34	6.8
0.1	47	28	5.6
Planchas onduladas de fibrocemento	170	98	20
Ventana exterior de vidrio	500	300	105
Ventana exterior de vidrio doble	103	59	11.9

FUENTE: MANUAL DE ESTUDIO DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL, FRANCISCO ANDRADE

Por lo tanto, la carga térmica total para los sectores de las áreas indicadas será el resultado de la sumatoria de todas las cargas

térmicas calculadas; por seguridad se debe de multiplicar dicho valor por el factor de seguridad FS de 1.1; los valores finales obtenidos se señalarán a continuación:

- Sector de los túneles de enfriamiento: 383045,68 Btu/h o 96527,51 Kcal/h.
- Envolvedoras: 193511,78 Btu/h o 48764,97 Kcal/h.
- Manteca: 131638,80 Btu/h o 33172,98 Kcal/h.

2.2. Cálculo de Carga Térmica del Área de Polvos.

Se calcula la carga térmica generada por las personas que laboran en éste sector; que según la tabla 3, indicado en el ítem 2.1, se considera la actividad de trabajo ligero en una fábrica, al realizar los trabajos ya descritos.

Por lo que, el valor referencial promedio para el proceso de cálculo es de 750 Btu/h x número de personas en cada uno de los sectores; para el sector del pulverizador 1 y totes, la carga térmica llega a ser de 5250 Btu/h o 1323 Kcal/h; para el sector del pulverizador 2 y totes la carga térmica llega a ser de 5250 Btu/h o 1323 Kcal/h; y finalmente, la carga térmica para el sector de envasado llega a ser de 3000 Btu/h o 756 Kcal/h.

Luego se procede a calcular la carga térmica generada por las lámparas fluorescentes bajo la fórmula 1, descrita en el ítem 2.1.

Para éste cálculo se asume que los valores de carga térmica generado por las lámparas fluorescentes deben de considerar una cantidad total para todos los sectores de los dos pulverizadores y totes, primero se calcula para aquellas lámparas de 32 W, cuya carga térmica llega a 10880 Btu/h o 2741.76 Kcal/h para después proceder a tomar en cuenta la potencia de las lámparas de 15 W, cuya carga térmica llega a 255 Btu/h o 64.26 Kcal/h; de igual manera para el sector de envasado los valores son de 1088 BTU/h o 274.18 Kcal/h; y 255 BTU/h o 64.26 0 BTU/h, respectivamente para cada tipo de tubos fluorescentes.

Luego, es necesario determinar la carga térmica generada a través de los motores eléctricos instalados dentro del área de fabricación con la utilización de la tabla 4; en base a la potencia en unidades de (HP) de cada uno de los motores instalados dentro del área a climatizarse, se seleccionarán los valores de cargas térmicas generadas respectivamente.

Se inicia con el sector del pulverizador 1 y totes, en base a todos los motores eléctricos instalados en el sector, su carga térmica llega a 269634,45 Btu/h o 67947.88 Kcal/h; para el sector del pulverizador 2 y totes los valores son de 400236,82 Btu/h o 100859,68 Kcal/h; finalmente, para el sector de envasado los valores llegan a ser de 12280 Btu/h o 3094.56 Kcal/h.

Ahora se procede a calcular la carga térmica a través del techo; para éste proceso se usa la tabla 5; donde se calcula inicialmente el área total del techo de cada sector multiplicando por el valor promedio seleccionado de 120 Kcal/m²h.

Para éste caso, es necesario identificar que al ser el mismo sector donde se trabaja con los dos pulverizadores y totes; el cálculo de carga solar da como resultado el valor de 152185.41 Btu/h o 38350.72 Kcal/h; y solamente el sector de envasado distinto a los anteriores es de 8783.55 Btu/h o 2213.46 Kcal/h.

Finalmente, se calcula la carga térmica solar generada a través de las paredes expuestas por mayor tiempo a los rayos solares; para aquello se usa la tabla 6.

Se analiza la ubicación en la planta y se determina que está en el centro de la planta; por lo que, no tiene contacto alguno de carga solar a través de las paredes, dado que llega a ser de 0 Btu/h o 0 Kcal/h.

La carga térmica total para los sectores del área indicada se les ha multiplicado por un factor de seguridad FS del 1.1; en vista a que los sectores de los dos pulverizadores están dentro de una misma área, se ha considerado analizar las cargas térmicas totales en dos grupos distintos debido a que siempre se trabaja con las máquinas de los molinos del pulverizador 1 o aquellas del molino pulverizador 2 por turnos distintos que comparten ambos el sector de totes; y ambos procesos dan producto terminado al área de envasado, que si es independiente a los señalados; por lo que, se considera la siguiente distribución con sus respectivas cargas térmicas dadas a continuación:

- Pulverizador 1/ totes: 482025,35 Btu/h o 121470.39 Kcal/h.
- Pulverizador 2/ totes: 625687.95 Btu/h o 157673.36 Kcal/h.
- Envasado: 27947.21 Btu/h o 7042.7 Kcal/h.

2.3. Cálculo de Carga Térmica del Área de Oficinas de Producción.

En las oficinas de producción, se encuentran ubicadas las siguientes secciones, que se las distinguirá con las letras del abecedario:

- Oficina Laboratorio 1 (A).
- Oficina pasillo Laboratorio 1 (B).
- Oficina Laboratorio 2 externo (C).
- Oficina Laboratorio 2 interno (D).
- Oficinas de Calidad (E).
- Departamento fabricación (F).
- Oficina de Gerencia (G).
- Oficina Desarrollo nuevos productos (H).
- Oficina Jefe Fabricación (I).
- Pasillos de los baños (J).
- Oficina de Sistemas (K).

Se calcula la carga térmica generada por las personas que laboran en los sectores descritos usando la tabla 3; tal como en el ítem 2.1, se considera la actividad de trabajo ligero en una fábrica. Cuyo valor referencial promedio es de 750 Btu/h x número de personas en cada

uno de los sectores; se calculan y encuentran las siguientes cargas térmicas:

- Sector A, 900 Btu/h o 226.8 Kcal/h.
- Sector B, 450 Btu/h o 113.4 Kcal/h.
- Sector C, 900 Btu/h o 226.8 Kcal/h.
- Sector D, 900 Btu/h o 226.8 Kcal/h.
- Sector E, 2700 Btu/h o 680.4 Kcal/h.
- Sector F, 5400 Btu/h o 1360.8 Kcal/h.
- Sector G, 4500 Btu/h o 1134 Kcal/h.
- Sector H, 1800 Btu/h o 453.6 Kcal/h.
- Sector I, 3600 Btu/h o 907.2 Kcal/h.
- Sector J, 1800 Btu/h o 453.6 Kcal/h.
- Sector K, 900 Btu/h o 226.8 Kcal/h.

Luego se calcula la carga térmica generada por las lámparas fluorescentes usando la fórmula 1, descrita en el ítem 2.1.

Por lo que se calcula y obtienen los siguientes valores:

- Sector A, 1632 Btu/h o 411.26 Kcal/h.
- Sector B, 1088 Btu/h o 274.18 Kcal/h.

- Sector C, 1632 Btu/h o 411.26 Kcal/h.
- Sector D, 1088 Btu/h o 274.18 Kcal/h.
- Sector E, 1088 Btu/h o 274.18 Kcal/h.
- Sector F, 2584 Btu/h o 651.2 Kcal/h.
- Sector G, 1088 Btu/h o 274.18 Kcal/h.
- Sector H, 1088 Btu/h o 274.18 Kcal/h.
- Sector I, 1088 Btu/h o 274.18 Kcal/h.
- Sector J, 255 Btu/h o 64.26 Kcal/h.
- Sector K, 255 Btu/h o 64.26 Kcal/h.

Es necesario determinar la carga térmica generada a través de los motores eléctricos instalados en todas las oficinas y laboratorios, utilizando la tabla 4; se seleccionarán los valores de cargas térmicas generadas respectivamente:

- Sector A, 5614.8 Btu/h o 1414.93 Kcal/h.
- Sector B, 1871.6 Btu/h o 471.64 Kcal/h.
- Sector C, 5614.8 Btu/h o 1414.93 Kcal/h.
- Sector D, 5614.8 Btu/h o 1414.93 Kcal/h.
- Sector E, 7486.4 Btu/h o 1886.57 Kcal/h.
- Sector F, 20587.6 Btu/h o 5188.08 Kcal/h.
- Sector G, 5614.8 Btu/h o 1414.93 Kcal/h.

- Sector H, 5614.8 Btu/h o 1414.93 Kcal/h.
- Sector I, 1871.6 Btu/h o 471.64 Kcal/h.
- Sector J, 0 Btu/h o 0 Kcal/h.
- Sector K, 5614.8 Btu/h o 1414.93 Kcal/h.

Ahora se procede a calcular la carga térmica a través del techo; para éste proceso, se utiliza la tabla 5, donde se obtienen los siguientes valores multiplicando por el valor promedio seleccionado de 120 Kcal/m²h:

- Sector A, 13905.87 Btu/h o 3504.28 Kcal/h.
- Sector B, 9095.96 Btu/h o 2292.18 Kcal/h.
- Sector C, 13905.87 Btu/h o 3504.28 Kcal/h.
- Sector D, 9095.96 Btu/h o 2292.18 Kcal/h.
- Sector E, 10572.27 Btu/h o 2664.21 Kcal/h.
- Sector F, 39098.34 Btu/h o 9852.78 Kcal/h.
- Sector G, 8714.98 Btu/h o 2196.17 Kcal/.
- Sector H, 5286.13 Btu/h o 1332.11 Kcal/h.
- Sector I, 5286.13 Btu/h o 1332.11 Kcal/h.
- Sector J, 4143.19 Btu/h o 1044.08 Kcal/h.
- Sector K, 7476.78 Btu/h o 1884.15 Kcal/h.

Finalmente, se calcula la carga térmica solar generada a través de las paredes expuestas por mayor tiempo a los rayos solares; para aquello se usa la tabla 6; y se analizan solamente aquellas paredes de oficinas o laboratorios que cumplan con tener contacto con el sol:

- Sector A, por paredes, 2045.11 Btu/h o 515.37 Kcal/h.
- Sector A, por ventanales exteriores, 5952.85 Btu/h o 1500.12 Kcal/h.
- Sector C, por paredes,3122.87 Btu/h o 786.96 Kcal/h.
- Sector C, por ventanales exteriores, 5952.85 Btu/h o 1500.12 Kcal/h.
- Sector F, por paredes, 1071.22 Btu/h o 269.95 Kcal/h.
- Sector F, por ventanales exteriores, 47063.26 Btu/h o 11859.94 Kcal/h.
- Sector G, por paredes, 516.79 Btu/h o 130.23 Kcal/h.
- Sector G, por ventanales exteriores, 10146.52 Btu/h o 2556.92 Kcal/h.
- Sector J, por paredes, 2127.13 Btu/h o 536.04 Kcal/.
- Sector J, por ventanales exteriores, 571.47 Btu/h o 144.01 Kcal/h.

La carga térmica total para los sectores del área indicada se les ha multiplicado por un factor de seguridad FS del 1.1; por lo que, se

considera la siguiente distribución con sus respectivas cargas térmicas dadas a continuación:

- Sector A, 33055.7 Btu/h o 8330.04 Kcal/h.
- Sector B, 13756.12 Btu/h o 3466.54 Kcal/h.
- Sector C, 34241.22 Btu/h o 8628.79 Kcal/h.
- Sector D, 18368.64 Btu/h o 4628.9 Kcal/h.
- Sector E, 24031.33 Btu/h o 6055.9 Kcal/h.
- Sector F, 127384.86 Btu/h o 32100.98 Kcal/h.
- Sector G, 33639.2 Btu/h o 8477.08 Kcal/.
- Sector H, 15167.83 Btu/h o 3822.29 Kcal/h.
- Sector I, 13030.31 Btu/h o 3283.64 Kcal/h.
- Sector J, 9786.47 Btu/h o 2466.19 Kcal/h.
- Sector K, 15671.24 Btu/h o 3949.15 Kcal/h.

2.4. Verificación de Capacidades de UMA´s o AHU´s Actuales y Selección de Equipos Según Requerimiento.

Se procede a describir por cada área los tipos de capacidades de las manejadoras de aire y agua helada que se encuentran actualmente instaladas.

Para el área de chocolates en general, se tienen instalados seis equipos. Dos para el sistema de ductos generales actuales del área de los túneles de enfriamiento, cuyas capacidades son las siguientes:

- UMA #7, de capacidad 15 TR, que es igual a 180000 Btu/h.
- UMA #8, de capacidad 20 TR, que es igual a 240000 Btu/h.

Que en conjunto dan una capacidad actual instalada de 420000 Btu/h o 105840 Kcal/h; y según lo calculado en el literal 2.1, cuyo resultado de carga térmica a necesitarse llega ha ser de 383045.68 Btu/h o 96527.51 Kcal/h; me permite concluir que las unidades instaladas en la actualidad no necesitan ser reemplazadas.

Para el área de manteca; a su vez, se tienen instalados dos equipos de las siguientes capacidades:

- UMA #11, de capacidad 20 TR, que es igual a 240000 Btu/h.
- UMA #12, de capacidad 15 TR, que es igual a 180000 Btu/h.

Pero es necesario indicar que la unidad UMA # 11, fue modificada, debido a su alta vibración por daños en uno de sus dos ventiladores centrífugos; que por no existir stock y debido al análisis térmico de

aquel año; se tomó la decisión de retirar el mismo y balancear dinámicamente aquel que se presenta en buenas condiciones hasta la actualidad; por ende la capacidad de la misma se reduce en un 50 % aproximadamente. Es decir, la UMA #11, es de capacidad 10 TR, que es igual a 120000 Btu/h.

Que en conjunto me indican una capacidad actual instalada de 300000 Btu/h o 75600 Kcal/h; y según lo calculado en el literal 2.1, cuyo resultado de carga térmica a necesitarse llega ha ser de 131638.80 Btu/h o 33172.98 Kcal/h; me permite concluir de igual manera que las unidades instaladas en la actualidad no necesitan ser reemplazadas.

Y para el área de envolvedoras a su vez, se encuentran instaladas las siguientes unidades:

- UMA #13, de capacidad 10 TR, que es igual a 120000 Btu/h.
- UMA #14, de capacidad 10 TR, que es igual a 120000 Btu/h.

Que en conjunto me indican una capacidad actual instalada de 240000 Btu/h o 60480 Kcal/h; y según lo calculado en el literal 2.1, cuyo resultado de carga térmica a necesitarse llega ha ser de 193511,79

Btu/h o 48764,97 Kcal/h; me permite concluir de igual manera que las unidades instaladas en la actualidad no necesitan ser reemplazadas.

Para el caso del área de Polvos, copio el listado de capacidades actuales y necesitadas:

- Se tienen instaladas 4 unidades de climatización: “UMA # 4 y 5, de capacidad 10 TR o 120000 Btu/h o 30240 Kcal/h; UMA # 6, de capacidad 5 TR o 60000 Btu/h o 15120 Kcal/h; y una unidad split ducto de expansión directa de capacidad 5 TR o 60000 Btu/h o 15120 Kcal/h”.

- Área del pulverizador 1, capacidad instalada 300000 Btu/h o 75600 Kcal/h; capacidad a necesitarse según ítem 2.2, es de 482025.35 Btu/h o 121470.39 Kcal/h; que me permite concluir que se necesita modificar sistema actual instalado.

- Área del pulverizador 2, capacidad instalada 300000 Btu/h o 75600 Kcal/h; capacidad a necesitarse según ítem 2.2, es de 625687.96 Btu/h o 157673.37 Kcal/h; que me permite concluir que se necesita modificar sistema actual instalado.

- Área de Envasado, capacidad instalada 60000 Btu/h o 15120 Kcal/h; capacidad a necesitarse según ítem 2.2, es de 27947.21 Btu/h o 7042,70 Kcal/h; que me permite concluir que el sistema actual instalado no necesita ser modificado.

Con aquella información, se puede detectar que cuando se produzca en la línea del pulverizador 2, que trabaja alternativamente con la línea del pulverizador 1; existe una mayor carga térmica generada; por ende, se deben reemplazar y seleccionar nuevas unidades manejadoras de aire y agua helada (UMA´s o AHU´s), para dichas áreas; puesto que para el área de envasado, el equipo actual es el correcto; se describe las capacidades nuevas a necesitarse para cumplir con la demanda actual en la tabla 7.

TABLA 7

UMA´S A NECESITARSE POR REEMPLAZO DE ACTUALES POR INCREMENTO DE CARGA TÉRMICA GENERADA EN LA ACTUALIDAD

UMA	20 TR	240000	Btu/hr	60480	Kcal/h
UMA	20TR	240000	Btu/hr	60480	Kcal/h
UMA	15TR	180000	Btu/hr	45360	Kcal/h
Capacidad Total =	55 TR	660000	Btu/hr	166320	Kcal/h

FUENTE: PLACAS DE IDENTIFICACIÓN DEL FABRICANTE EN CADA MÁQUINA

Finalmente, para el área de oficinas y laboratorios se tiene actualmente instalado una UMA con código # 18, cuya capacidad es de 20 TR, que es igual a 240000 Btu/h o 60480 Kcal/h.

Pero la carga térmica generada es de 338132.91 Btu/h o 85209.50 Kcal/h; por lo que, existe una diferencia de 98132.91 Btu/h o 24729.49 Kcal/h que se la balancea el sistema con aquella capacidad sin utilizar que poseen las UMA´s 11 y 12, encargadas de climatizar el área de Manteca, cuyos datos son de 168361.20 BTU/h o 42427,02 Kcal/h que a través de un sistema de ductos proveerá lo necesitado. Es decir, no se necesitará reemplazar la UMA actual.

2.5. Verificación del dimensionamiento de ductos de red de aire climatizado para distribución a áreas y selección de forma del mismo.

En una industria alimenticia no se debe usar en la fabricación de los ductos al algodón como material de construcción dado que dichas fibras podrían precipitarse y caer en los productos finales antes de ser envueltos en sus respectivos empaques.

Se recomienda como material común a las fibras sintéticas como el poliéster entrelazado; adicional se recomienda que los sistemas de ductos de retorno estén instalados lo más cerca de las unidades de climatización; y se recomienda, que en áreas de alta y media higiene no se los instalen para evitar la acumulación de polvos en la superficie de los mismos.

Para el área de producción de nivel de higiene medio, el material aprobado para la construcción de ductos, es el acero inoxidable AISI 304 y para el sistema de climatización de oficinas el material será acero galvanizado por ser el recomendado para zonas de higiene básica; es necesario acotar que no es obligatorio usar ductos de forma rectangular o circular; pero si es necesario tomar en cuenta los siguientes puntos a considerarse en el tema de la fabricación de ductos:

- Los costos de instalación son más altos, al instalar ductos rectangulares, cuya área transversal será mayor en comparación a aquellos ductos que tienen sección transversal circular.
- Los costos de aislamiento térmico para ductos rectangulares es más alto en comparación a aquellos ductos circulares.

- Los ductos rectangulares permiten la acumulación de polvos en la parte superior de los mismos; que pueden representar un alto foco de contaminación a los productos terminados que pueden ocasionar reclamos de los consumidores, retiros de productos del mercado y debilitamiento de la marca.
- Los costos y tiempos de mantenimiento por limpieza de los ductos se reduce al tener instalados aquellos que posean forma circular en comparación a aquellos de forma rectangular.

Por ende, 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.

Es necesario indicar que se tiene prohibido el uso de lana de vidrio como material para aislamiento térmico para todas las plantas de producción, dado que incluso en ciertas unidades nuevas viene instalado dicho material; aquel elemento debe ser eliminado por el motivo de ser un material cuyas fibras pueden precipitarse y caer en el producto con la consecuencia de contaminación cruzada, y desde el punto de vista de representar el contraer cáncer al estar en contacto con la piel.

Para el diseño de los sistemas de ductos se seleccionó el método de capacidad balanceada. Para lo cual se debe utilizar la figura 2.1, de Caudal (m³/h) & Presión (Pa). En la misma se obtienen gráficamente valores de velocidad (m/seg) y diámetros internos (mm).

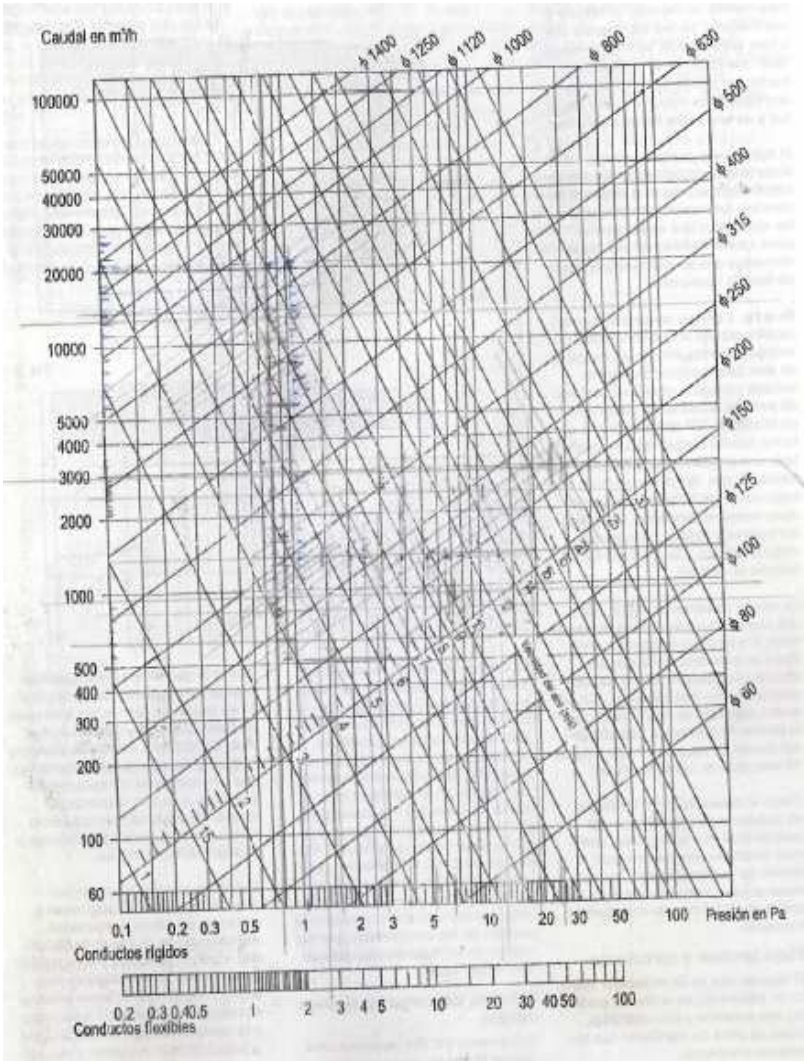


FIGURA 2.1 DIAGRAMA CAUDAL & PRESIÓN

Para el área de chocolates en el sector de los túneles de enfriamiento, sólo se ha considerado la instalación de ductos de descarga, dado que según lo expuesto arriba, las unidades de climatización están instaladas dentro del área de producción y podrán recircular dicho flujo de aire desde el interior de la sala.

Los cálculos y diámetros seleccionados por etapas para las dos UMA´s del sector son los expuestos en la tabla 8.

TABLA 8 (CONTINUACIÓN)

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS DESCARGA UMA´S # 7 Y 8

Diseño de ductos: Manejadoras 7 y 8. Area de Chocolatería.						
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	2000,00	fpm	10,16	m/seg		
Q total kv1000 blinder	12768,19	cfm	21693,29	m³/h		
VP	0,25	Plg de H2O	62,03	Pa		
Diametro inicial unificado	34,00	plg	0,86	m	869,00	mm
Pérdidas dinámica por velocidad	0,10	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a 0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,82	Pa/ m				
Pérdida d e presión/ L:	0,01	Plg de H2O/ ft	0,54	Plg de H2O / 100 ft	Según tablas; Q y V	
Pérdida d e presión/ L:	1,05	Pa/ 1m				
L lineal de ducto tramo largo=	38,00	m	1496,06	plg	124,67	ft
Pérdida por longitud equivalent	0,67	plg H2O				
Pérdida por longitud equivalent	39,90	Pa				

TABLA 8 (CONTINUACIÓN)

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS DESCARGA UMA´S # 7 Y 8

Sección número	Q (m³/h)	Diámetros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	∆P/L actual (Pa/1 m)	∆P0 (Pa)	Σ∆P0(" H2O)	
1	21692,97	869	10,16	3,00	1,05	3,15	3,15	
2	20337,16	850	9,96	8,00	1,05	8,40	11,55	
3	17431,85	800	9,63	4,00	1,05	4,20	15,75	
4	14526,54	743	9,31	4,00	1,05	4,20	19,95	
5	11621,23	686	8,73	4,00	1,05	4,20	24,15	
6	8715,93	613	8,20	4,00	1,05	4,20	28,35	
7	5810,62	516	7,72	4,00	1,05	4,20	32,55	
8	2905,31	410	6,11	4,00	1,05	4,20	36,75	
9	1452,65	305	5,52	3,00	1,05	3,15	39,90	OK
10	1452,65	305	5,52	3,00	1,05	3,15		
11	1452,65	260	7,60	3,00	2,45	7,35		
12	1452,65	260	7,60	3,00	2,45	7,35		
13	1452,65	240	8,92	3,00	3,85	11,55		
14	1452,65	240	8,92	3,00	3,85	11,55		
15	1452,65	225	10,15	3,00	5,25	15,75		
16	1452,65	225	10,15	3,00	5,25	15,75		
17	1452,65	215	11,11	3,00	6,65	19,95		
18	1452,65	215	11,11	3,00	6,65	19,95		
19	1452,65	208	11,88	3,00	8,05	24,15		
20	1452,65	208	11,88	3,00	8,05	24,15		
21	1452,65	200	12,84	3,00	9,45	28,35		
22	1452,65	200	12,84	3,00	9,45	28,35		
23	677,91	142	11,89	3,00	12,25	36,75		
24	677,91	142	11,89	3,00	12,25	36,75		

Para el sector de envolvedoras de chocolates, se maneja el mismo concepto anteriormente expuesto sobre los ductos de retorno; adicionalmente, es necesario indicar que se ha realizado una mejora, dado que en la actualidad no existe sistema de ductos para distribución uniforme del flujo de aire que representa en la actualidad paradas de las máquinas; debido a que, se concentra dicho flujo en algunas y no en todas las máquinas; por lo que, se encuentra descrito

los cálculos y diámetros seleccionados por etapas para las dos UMA´s del sector que son expuestos en la tabla 9.

TABLA 9

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS DESCARGA UMA´S # 13 Y 14

Diseño de ductos: Manejadoras 13 y 14. Area de Envolvedoras.

Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	1500,00	fpm	7,62	m/seg		
Q total Envolvedoras	6450,39	cfm	10959,29	m³/h		
VP	0,14	Plg de H2O	34,89	Pa		
Diametro inicial unificado	28,00	plg	0,71	m	713,21	mm
Pérdidas dinámica por velocidad	0,12	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a 0,15 "			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,98	Pa/ m	de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
Pérdida d e presión/ L:	0,76	Pa/ 1m				
L lineal de ducto tramo largo=	17,84	m	702,26	plg	58,52	ft
	5,06	m				
Pérdida por longitud equivalente	13,56	Pa				
	3,85	Pa				

Sección número	Q (m³/h)	Díametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	∆ P/L actual (Pa/1 m)	∆ P0 (Pa)	Σ∆P0(" H2O)	
1	10959,60	713	7,62	3,90	0,76	2,96	2,96	
2	7306,40	610	6,94	1,69	0,76	1,28	4,25	
3	5479,80	550	6,41	3,38	0,76	2,57	6,81	
4	3653,20	475	5,73	3,38	0,76	2,57	9,38	
5	1826,60	368	4,77	4,50	0,76	3,42	12,80	
6	1826,60	368	4,77	1,00	0,76	0,76	13,56	OK
7	1826,60	260	9,56	1,00	4,18	4,18		
8	1826,60	240	11,22	1,00	6,75	6,75		
9	1826,60	225	12,76	1,00	9,31	9,31		
10	3653,20	475	5,73	1,69	0,76	1,28	1,28	
11	1826,60	368	4,77	3,38	0,76	2,57	3,85	OK
12	1826,60	368	4,77	1,00	0,76	0,76		
13	1826,60	275	8,54	1,00	3,33	3,33		

En cambio para el sector de envase de manteca, de igual manera no se considera un sistema de ductos de retorno, dado que lo absorbe por el aire de la sala; adicionalmente, es necesario indicar que al igual del caso de las UMA´s 13 y 14 se ha realizado una distribución uniforme por ductos de descarga para dicho sector y también para ciertas áreas de los laboratorios, desarrollo de nuevos productos, oficinas de calidad y sistemas que quedan ubicados en dicho sector; en la siguiente tabla 10 se describen los cálculos y diámetros seleccionados por etapas para las dos UMA´s 11 y 12.

TABLA 10 (CONTINUACIÓN)

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS DESCARGA UMA´S # 11 Y 12

Diseño de ductos: Manejadoras 11 y 12. Area de Chocolatería.				
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°		
Asumir, velocidad	2000,00	fpm	10,16 m/seg	
Q total kv1000 blinder	7777,37	cfm	13213,83 m³/h	
VP	0,25	Plg de H2O	62,03 Pa	
Diametro inicial unificado	26,00	plg	0,66 m	678,22 mm
Pérdidas dinámica por velocidad	0,10	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a 0,15 " de	
Pérdidas dinámica por velocidad	0,83	Pa/ m	H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.	
Pérdida d e presión/ L:	1,50	Pa/ 1m		
L lineal de ducto tramo largo=	37,57	m	1479,13 plg	123,26 ft
Pérdida por longitud equivalente	56,36	Pa		

TABLA 10 (CONTINUACIÓN)

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS DESCARGA UMA´S # 11 Y 12

Sección número	Q (m³/h)	Diámetros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	∆P/L actual (Pa/1 m)	∆P0 (Pa)	Σ∆P0(" H2O)	
1	13213,72	678	10,17	4,05	1,50	6,08	6,08	
2	5758,80	485	8,66	12,86	1,50	19,29	25,37	
3	4899,78	460	8,19	2,86	1,50	4,29	29,66	
4	4012,21	430	7,67	6,33	1,50	9,50	39,15	
5	2651,31	365	7,04	3,72	1,50	5,57	44,72	
6	1872,31	320	6,47	3,27	1,50	4,90	49,62	
7	936,15	245	5,52	3,00	1,50	4,50	54,12	
8	936,15	245	5,52	1,50	1,50	2,25	56,37	OK
9	936,15	200	8,28	1,50	4,50	6,75		
10	779,00	165	10,12	1,50	7,77	11,65		
11	680,45	140	12,28	1,50	11,48	17,22		
12	680,45	140	12,28	1,50	11,48	17,22		
13	887,56	150	13,95	1,50	17,81	26,72		
14	859,02	240	5,27	1,50	1,50	2,25		
15	3727,46	412	7,77	1,73	1,50	2,60		
16	2484,97	350	7,17	3,45	1,50	5,18		
17	1242,49	275	5,81	3,45	1,50	5,18		
18	1242,49	275	5,81	1,50	1,50	2,25		
19	1242,49	215	9,51	1,50	4,95	7,43		
20	1242,49	195	11,56	1,50	8,40	12,60		
21	3727,46	412	7,77	1,73	1,50	2,60		
22	2484,97	350	7,77	3,45	1,50	5,18		
23	1242,49	275	5,81	3,45	1,50	5,18		
24	1242,49	275	5,81	1,50	1,50	2,25		
25	1242,49	215	9,51	1,50	4,95	7,43		
26	1242,49	195	11,56	1,50	8,40	12,60		

Por otra parte, para los sectores de los pulverizadores 1 y 2, y bebidas; en la actualidad si existen instalaciones de sistemas de ductos de retorno y descarga; pero, partiendo de la necesidad de reemplazar unidades de climatización por la actual generación de carga térmica descrito en la tabla 7, se adjuntan las siguientes tablas 11, 12, 13 y 14, considerando las nuevas unidades.

TABLA 11

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS UMA #3, 20 TR

Diseño de ductos: Manejadora # 3

DESCARGA:						
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	1500,00	fpm	7,62	m/seg		
Q total Envolvedoras	8000,00	cfm	13592,09	m³/h	3398,02	
VP	0,14	Plg de H2O	34,89	Pa		
Diametro inicial unificado	31,00	plg	0,79	m	794,27	mm
RETORNO:						
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	1500,00	fpm	7,62	m/seg		
Q total Envolvedoras	8000,00	cfm	13592,09	m³/h	3398,02	
VP	0,14	Plg de H2O	34,89	Pa		
Diametro inicial unificado	31,00	plg	0,79	m	794,27	mm
DESCARGA:						
Pérdidas dinámica por velocidad	0,11	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,94	Pa/ m	0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
RETORNO:						
Pérdidas dinámica por velocidad	0,10	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,85	Pa/ m	0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
Pérdida de presión/ L descarga:	0,70	Pa/ 1m				
Pérdida de presión/ L retorno:	0,70	Pa/ 1m				
L lineal de ducto tramo largo descarga =	18,59	m	731,8897638	plg	60,990814	ft
L lineal de ducto tramo largo retorno =	20,59	m	810,6299213	plg	67,552493	ft
Pérdida por longitud equivalente descarga=	13,01	Pa				
Pérdida por longitud equivalente retorno=	14,41	Pa				

Sección número	Q (m³/h)	Díametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	Δ P/L actual (Pa/1 m)	Δ P0 (Pa)	ΣΔP0(" H2O)	
1	13592,00	794,00	7,63	11,61	0,70	8,13	8,13	
2	10194,00	710,00	7,15	2,16	0,70	1,51	9,64	
3	6796,00	600,00	6,68	2,16	0,70	1,51	11,15	
4	3398,00	470,00	5,44	2,16	0,70	1,51	12,66	
5	3398,00	470,00	5,44	0,50	0,70	0,35	13,01	OK
6	3398,00	335,00	10,71	0,50	3,72	1,86		
7	3398,00	300,00	13,35	0,50	6,75	3,37		
8	3398,00	275,00	15,89	0,50	9,77	4,89		

Sección número	Q (m³/h)	Díametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	Δ P/L actual (Pa/1 m)	Δ P0 (Pa)	ΣΔP0(" H2O)	
1	13592,00	794,00	7,63	13,61	0,70	9,53	9,53	
2	10194,00	710,00	7,15	2,16	0,70	1,51	11,04	
3	6796,00	600,00	6,68	2,16	0,70	1,51	12,55	
4	3398,00	470,00	5,44	2,16	0,70	1,51	14,06	
5	3398,00	470,00	5,44	0,50	0,70	0,35	14,41	OK
6	3398,00	335,00	10,71	0,50	3,72	1,86		
7	3398,00	300,00	13,35	0,50	6,75	3,37		
8	3398,00	275,00	15,89	0,50	9,77	4,89		

TABLA 12

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS UMA #4, 15TR

Diseño de ductos: Manejadora # 4

DESCARGA:						
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	1250,00	fpm	6,35	m/seg		
Q total Envolvedoras	6000,00	cfm	10194,06	m³/h	2548,52	
VP	0,10	Plg de H2O	24,23	Pa		
Diametro inicial unificado	29,00	plg	0,74	m	753,51	mm
RETORNO:						
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	1500,00	fpm	7,62	m/seg		
Q total Envolvedoras	6000,00	cfm	10194,06	m³/h	2548,52	
VP	0,14	Plg de H2O	34,89	Pa		
Diametro inicial unificado	27,00	plg	0,69	m	687,86	mm
DESCARGA:						
Pérdidas dinámica por velocidad	0,09	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,75	Pa/ m	entre 0,08 a 0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
RETORNO:						
Pérdidas dinámica por velocidad	0,10	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,83	Pa/ m	entre 0,08 a 0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
Pérdida de presión/ L descarga:	0,40	Pa/ 1m				
Pérdida de presión/ L retorno:	0,78	Pa/ 1m				
L lineal de ducto tramo largo descarga =	16,09	m	633,46	plg	52,79	ft
L lineal de ducto tramo largo retorno =	21,04	m	828,35	plg	69,03	ft
Pérdida por longitud equivalente descarga=	6,44	Pa				
Pérdida por longitud equivalente retorno=	16,41	Pa				

Sección número	Q (m³/h)	Diametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	Δ P/L actual (Pa/1 m)	Δ P0 (Pa)	ΣΔP0(" H2O)	
1	10194,06	755,00	6,32	9,11	0,40	3,64	3,64	
2	7645,55	735,00	5,01	2,16	0,40	0,86	4,51	
3	5097,03	630,00	4,54	2,16	0,40	0,86	5,37	
4	2548,52	470,00	4,08	2,16	0,40	0,86	6,24	
5	2548,52	470,00	4,08	0,50	0,40	0,20	6,44	OK
6	2548,52	340,00	7,80	0,50	2,13	1,06		
7	2548,52	300,00	10,02	0,50	3,86	1,93		
8	2548,52	280,00	11,50	0,50	5,58	2,79		

Sección número	Q (m³/h)	Diametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	Δ P/L actual (Pa/1 m)	Δ P0 (Pa)	ΣΔP0(" H2O)	
1	10194,06	690,00	7,57	14,06	0,78	10,97	10,97	
2	7645,55	620,00	7,03	2,16	0,78	1,68	12,65	
3	5097,03	530,00	6,42	2,16	0,78	1,68	14,34	
4	2548,52	400,00	5,63	2,16	0,78	1,68	16,02	
5	2548,52	400,00	5,63	0,50	0,78	0,39	16,41	OK
6	2548,52	300,00	10,02	0,50	4,15	2,07		
7	2548,52	260,00	13,33	0,50	7,52	3,76		
8	2548,52	240,00	15,65	0,50	10,89	5,44		

TABLA 13

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS UMA #5, 20TR

Diseño de ductos: Manejadora # 5

DESCARGA:						
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	2000,00	fpm	10,16	m/seg		
Q total Envolvedoras	8000,00	cfm	13592,09	m³/h	3398,02	
VP	0,25	Plg de H2O	62,03	Pa		
Diametro inicial unificado	27,00	plg	0,69	m	687,86	mm
RETORNO:						
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	1600,00	fpm	8,13	m/seg		
Q total Envolvedoras	8000,00	cfm	13592,09	m³/h	3398,02	
VP	0,16	Plg de H2O	39,70	Pa		
Diametro inicial unificado	30,00	plg	0,76	m	769,05	mm
DESCARGA:						
Pérdidas dinámica por velocidad	0,12	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,95	Pa/ m	0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
RETORNO:						
Pérdidas dinámica por velocidad	0,12	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,96	Pa/ m	0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
Pérdida de presión/ L descarga:	1,40	Pa/ 1m				
Pérdida de presión/ L retorno:	0,78	Pa/ 1m				
L lineal de ducto tramo largo descarga =	32,60	m	1283,46	plg	106,96	ft
L lineal de ducto tramo largo retorno =	20,74	m	816,54	plg	68,04	ft
Pérdida por longitud equivalente descarga=	45,64	Pa				
Pérdida por longitud equivalente retorno=	16,18	Pa				

Sección número	Q (m³/h)	Diametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	Δ P/L actual (Pa/1 m)	Δ P0 (Pa)	ΣΔP0(" H2O)	
1	13592,20	690,00	10,10	6,14	1,40	8,60	8,60	
2	10618,90	625,00	9,61	2,16	1,40	3,02	11,62	
3	7645,60	550,00	8,94	2,16	1,40	3,02	14,64	
4	4672,30	460,00	7,81	2,16	1,40	3,02	17,67	
5	1699,00	310,00	6,25	15,68	1,40	21,95	39,62	
6	849,50	240,00	5,22	3,80	1,40	5,32	44,94	
7	849,50	240,00	5,22	0,50	1,40	0,70	45,64	OK
8	849,50	160,00	11,74	0,50	12,04	6,02		
9	2973,30	185,00	30,73	0,50	55,94	27,97		
10	2973,30	180,00	32,46	0,50	61,99	31,00		
11	2973,30	175,00	34,34	0,50	68,04	34,02		
12	2973,30	175,00	34,34	0,50	74,09	37,04		

Sección número	Q (m³/h)	Diametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	Δ P/L actual (Pa/1 m)	Δ P0 (Pa)	ΣΔP0(" H2O)	
1	13592,20	770,00	8,11	2,16	0,78	1,68	1,68	
2	10618,90	700,00	7,66	2,16	0,78	1,68	3,37	
3	7645,60	600,00	7,51	2,16	0,78	1,68	5,05	
4	4672,30	520,00	6,11	2,16	0,78	1,68	6,74	
5	1699,00	350,00	4,91	7,80	0,78	6,08	12,82	
6	849,50	270,00	4,12	3,80	0,78	2,96	15,79	
7	849,50	270,00	4,12	0,50	0,78	0,39	16,18	OK
8	849,50	180,00	9,27	0,50	6,71	3,35		
9	2973,30	230,00	19,88	0,50	18,88	9,44		
10	2973,30	220,00	21,73	0,50	22,25	11,12		
11	2973,30	220,00	21,73	0,50	25,62	12,81		
12	2973,30	210,00	23,85	0,50	28,98	14,49		

TABLA 14

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS UMA #6, 5TR

Diseño de ductos: Manejadora # 6

DESCARGA:

Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°			
Asumir, velocidad	750,00	fpm	3,81	m/seg	
Q total kv1000 blinder	2000,00	cfm	3398,02	m³/h	
VP	0,04	Plg de H2O	8,72	Pa	
Diametro inicial unificado	22,00	plg	0,56	m	561,63 mm

RETORNO:

Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°			
Asumir, velocidad	1100,00	fpm	5,59	m/seg	
Q total kv1000 blinder	2000,00	cfm	3398,02	m³/h	
VP	0,08	Plg de H2O	18,76	Pa	
Diametro inicial unificado	18,00	plg	0,46	m	463,75 mm

DESCARGA:

Pérdidas dinámica por velocidad	0,11	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a
Pérdidas dinámica por velocidad	0,92	Pa/ m	0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.

RETORNO:

Pérdidas dinámica por velocidad	0,11	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a
Pérdidas dinámica por velocidad	0,93	Pa/ m	0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.

Pérdida de presión/ L descarga:	0,28	Pa/ 1m
Pérdida de presión/ L retorno:	0,72	Pa/ 1m

L lineal de ducto tramo largo descarga =	4,75	m	187,007874	plg	15,58399 ft
L lineal de ducto tramo largo retorno =	10,05	m	395,6692913	plg	32,972441 ft

Pérdida por longitud equivalente descarga=	1,33	Pa
Pérdida por longitud equivalente retorno=	7,24	Pa

Sección número	Q (m³/h)	Diametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	Δ P/L actual (Pa/1 m)	Δ P0 (Pa)	ΣΔP0(" H2O)	
1	3398,00	562,00	3,81	2,75	0,28	0,77	0,77	
2	1699,00	430,00	3,25	1,50	0,28	0,42	1,19	
3	1699,00	430,00	3,25	0,50	0,28	0,14	1,33	OK
4	1699,00	330,00	5,52	0,50	1,12	0,56		

Sección número	Q (m³/h)	Diametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	Δ P/L actual (Pa/1 m)	Δ P0 (Pa)	ΣΔP0(" H2O)	
1	3398,00	464,00	5,58	8,05	0,72	5,80	5,80	
2	1699,00	360,00	4,64	1,50	0,72	1,08	6,88	
3	1699,00	360,00	4,64	0,50	0,72	0,36	7,24	OK
4	1699,00	280,00	7,66	0,50	2,88	1,44		

Finalmente, en la tabla 15, se describen los cálculos y selección de diámetros de ductos para oficinas de producción; con ductos galvanizados comerciales para ductos de retorno y descarga.

TABLA 15 (CONTINUACIÓN)

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS UMA #18, 20TR

Diseño de ductos: Manejadora # 18						
DESCARGA:						
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	1700,00	fpm	8,64	m/seg		
Q total Envolvedoras	8000,00	cfm	13592,09	m³/h		
VP	0,18	Plg de H2O	44,82	Pa		
Diametro inicial unificado	29,00	plg	0,74	m	746,09	mm
RETORNO:						
Co entrada a 180°	0,50	Asumiendo ángulo entrada de 0°				
Asumir, velocidad	1700,00	fpm	8,64	m/seg		
Q total Envolvedoras	8000,00	cfm	13592,09	m³/h	3398,02	
VP	0,18	Plg de H2O	44,82	Pa		
Diametro inicial unificado	29,00	plg	0,74	m	746,09	mm
DESCARGA:						
Pérdidas dinámica por velocidad	0,10	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,82	Pa/ m	0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
RETORNO:						
Pérdidas dinámica por velocidad	0,09	Plg de H2O/ 100 ft	Cumple que en sistemas de baja velocidad debe estar entre 0,08 a			
Pérdidas dinámica por velocidad	0,71	Pa/ m	0,15 " de H2O/ 100 ft.; o 0,65 a 1,23 Pa/ m.			
Pérdida de presión/ L descarga:	0,90	Pa/ 1m				
Pérdida de presión/ L retorno:	0,90	Pa/ 1m				
L lineal de ducto tramo largo descarga =	27,43	m	1079,92	plg	89,99	ft
L lineal de ducto tramo largo retorno =	31,69	m	1247,64	plg	103,97	ft
Pérdida por longitud equivalente descarga=	24,69	Pa				
Pérdida por longitud equivalente retorno=	28,52	Pa				

TABLA 15 (CONTINUACIÓN)

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS UMA #18, 20TR

Sección número	Q (m³/h)	Diametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	Lequivalente (m)	Δ P/L actual (Pa/1 m)	Δ P0 (Pa)	ΣΔP0 (" H2O)	
1	13592,00	746,00	8,64	2,00	0,90	1,80	1,80	
2	12290,00	720,00	8,38	0,80	0,90	0,72	2,52	
3	11320,00	710,00	7,94	0,80	0,90	0,72	3,24	
4	10350,00	700,00	7,47	1,88	0,90	1,69	4,93	
5	9620,00	660,00	7,81	2,21	0,90	1,99	6,92	
6	7430,00	590,00	7,55	2,21	0,90	1,99	8,91	
7	5240,00	520,00	6,85	2,21	0,90	1,99	10,91	
8	3050,00	430,00	5,83	3,46	0,90	3,12	14,02	
9	2525,00	400,00	5,58	2,00	0,90	1,80	15,82	
10	2000,00	360,00	5,46	4,85	0,90	4,37	20,19	
11	1333,33	310,00	4,91	1,25	0,90	1,13	21,31	
12	666,67	240,00	4,09	1,25	0,90	1,13	22,44	
13	666,67	240,00	4,09	2,50	0,90	2,25	24,69	OK
14	666,67	230,00	4,46	2,50	1,35	3,38		
15	666,67	210,00	5,35	2,50	1,80	4,50		
16	525,00	175,00	6,06	3,00	2,96	8,87		
17	525,00	170,00	6,42	3,00	3,56	10,67		
18	730,00	230,00	4,88	5,00	2,76	13,78		
19	1460,00	190,00	14,30	1,00	13,78	13,78		
20	730,00	145,00	12,28	3,00	13,78	41,34		
21	730,00	145,00	12,28	2,50	13,78	34,45		
22	730,00	170,00	8,93	2,50	6,31	15,77		
23	1460,00	180,00	15,94	1,00	15,77	15,77		
24	730,00	140,00	13,17	3,00	15,77	47,32		
25	730,00	140,00	13,17	2,50	15,77	39,43		
26	730,00	165,00	9,48	2,50	7,11	17,76		
27	1460,00	180,00	15,94	1,00	17,76	17,76		
28	730,00	140,00	13,17	3,00	17,76	53,29		
29	730,00	140,00	13,17	2,50	17,76	44,41		
30	730,00	165,00	9,48	2,50	7,90	19,76		
31	970,00	175,00	11,20	2,50	8,87	22,17		
32	970,00	175,00	11,20	2,50	8,58	21,45		
33	1302,00	310,00	4,79	1,45	0,90	1,31		
34	742,00	250,00	4,20	2,10	0,90	1,89		
35	742,00	250,00	4,20	2,50	0,90	2,25		
36	560,00	200,00	4,95	2,50	1,66	4,14		

TABLA 15 (CONTINUACIÓN)

SELECCIÓN SISTEMA DUCTOS UMA #18, 20TR

Sección número	Q (m³/h)	Díametros Ductos (mm)	Velocidad (m/seg)	L equivalente (m)	∆ P/L actual (Pa/1 m)	∆ P0 (Pa)	ΣΔP0 (" H2O)	
1	13592,00	746,00	8,64	2,58	0,90	2,32	2,32	
2	12290,00	720,00	8,38	0,80	0,90	0,72	3,04	
3	11320,00	710,00	7,94	1,60	0,90	1,44	4,48	
4	10350,00	700,00	7,47	10,36	0,90	9,32	13,80	
5	8890,00	650,00	7,44	1,48	0,90	1,33	15,13	
6	7430,00	590,00	7,55	1,48	0,90	1,33	16,46	
7	5970,00	550,00	6,98	1,48	0,90	1,33	17,78	
8	4510,00	500,00	6,38	1,48	0,90	1,33	19,11	
9	3050,00	430,00	5,83	1,98	0,90	1,78	20,89	
10	1716,67	350,00	4,96	0,63	0,90	0,57	21,46	
11	1050,00	290,00	4,42	3,35	0,90	3,02	24,47	
12	525,00	230,00	3,51	2,00	0,90	1,80	26,27	
13	525,00	230,00	3,51	2,50	0,90	2,25	28,52	OK
14	525,00	200,00	4,64	2,50	1,62	4,05		
15	666,67	190,00	6,53	2,50	2,83	7,07		
16	1333,33	320,00	4,61	0,63	0,90	0,57		
17	666,67	240,00	4,09	1,25	0,90	1,13		
18	666,67	240,00	4,09	2,50	0,90	2,25		
19	666,67	230,00	4,46	2,50	1,35	3,38		
20	1460,00	300,00	5,74	2,50	0,90	2,25		
21	1460,00	290,00	6,14	2,50	1,43	3,58		
22	1460,00	280,00	6,59	2,50	1,96	4,91		
23	1460,00	270,00	7,08	2,50	2,49	6,23		
24	1460,00	260,00	7,64	2,50	3,02	7,56		
25	970,00	190,00	9,50	2,50	6,75	16,88		
26	970,00	180,00	10,59	2,50	7,33	18,32		
27	1302,00	310,00	4,79	7,83	0,90	7,05		
28	742,00	250,00	4,20	2,10	0,90	1,89		
29	742,00	250,00	4,20	2,50	0,90	2,25		
30	560,00	200,00	4,95	2,50	1,66	4,14		

A continuación se detallan en las figuras 2.2 y 2.3; los diagramas de ubicación final de los ductos de aire de climatización; tanto para los sectores de chocolates como de oficinas de producción, y la segunda representando los ductos de del área de polvos y envasado; respectivamente.

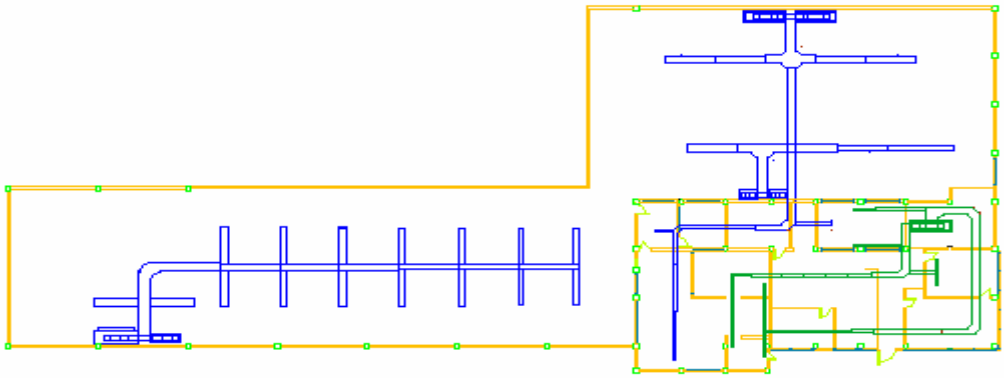


FIGURA 2.2 DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DUCTOS #1

En éste tipo de descripción, data detalle para las UMA´s 7,8, 11, 12, 13, 14 y también para la 18, representada con ductos de color verde, tanto de descarga como de retorno.

Finalmente, la siguiente distribución es para las UMA´s 3, 4, y 5; donde los ductos de color azul representan el retorno del aire, y aquellos de color rojo, representan la descarga.

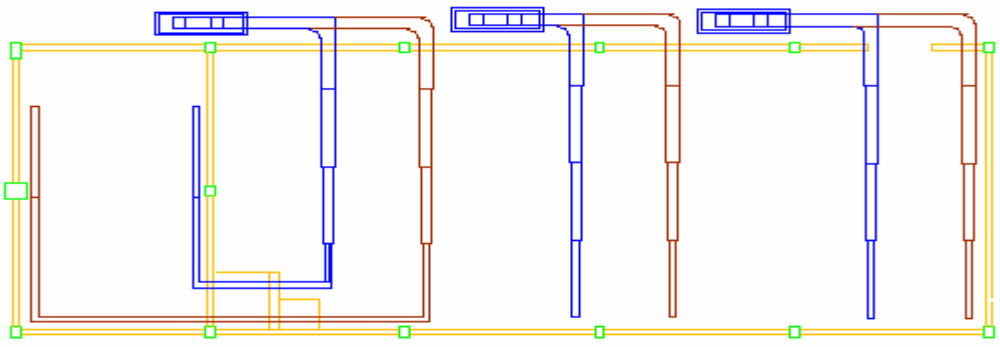


FIGURA 2.3 DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DUCTOS #2

2.6. Selección de Filtros Requeridos para una Industria Alimenticia.

Existe una clasificación de tipos de filtros recomendados para plantas industriales donde se elaboren productos alimenticios; en la tabla 16, data según 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.

TABLA 16

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

FUENTE: MANUAL DE CAPACITACIÓN AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING, AND AIR - CONDITIONING, ENGINEERS, INC

Tal como se describe en ambas normas existe una similitud pero se diferencian según micrajes de filtración del material, existen dos tipos

aquellos filtros que son llamados ásperos (coarse) y aquellos llamados finos (fine).

En resumen los filtros Coarse, son aquellos que tienen micrajes de filtración desde 3 hasta 10 micrones, con una mínima eficiencia de filtración de 20 a 84.9 %. Que se representa en la tabla 17.

Para los filtros Fine, son aquellos que tienen micrajes de filtración de entre 0.3 hasta 10 micrones; con una mínima eficiencia de filtración del 85 al 95% o más. Que se representa también en la tabla 17.

TABLA 17

MICRAJE Y EFICIENCIA MÍNIMA DE FILTRACIÓN PARA FILTROS SEGÚN NORMA AMERICANA

Informe de la mínima eficiencia (MER) y su clasificación.

Clasificación MER	E1 0,3 - 1,0 mn	E2 1,0 - 3,0 mn	E3 3,0 - 10 mn	Arrestancia Promedio (ashrae 52.1)	Mìnima Resistencia Final (1" c.a.)
MER 1	-	-	MENOR 20%	MENOR 65%	0.6"
MER 2	-	-	MENOR 20%	65-69.9%	0.6"
MER 3	-	-	MENOR 20%	70-74,9%	0.6"
MER 4	-	-	MENOR 20%	75% o MAYOR	0.6"
MER 5	-	-	20 - 34.9 %		0.6"
MER 6	-	-	35 - 49.9 %		0.6"
MER 7	-	-	50 - 69.9 %		0.6"
MER 8	-	-	70 - 84.9 %		0.6"
MER 9	-	-	85% o MAYOR		1.0"
MER 10	-	50 - 64.9 %	85% o MAYOR		1.0"
MER 11	-	65 - 75.9 %	85% o MAYOR		1.0"
MER 12	-	80 - 89.9 %	90% o MAYOR		1.0"
MER 13	-	90% o MAYOR	90% o MAYOR		1.4"
MER 14	75-84.9%	90% o MAYOR	90% o MAYOR		1.4"
MER 15	85-94.9%	90% o MAYOR	90% o MAYOR		1.4"
MER 16	95% o MAYOR	95% o MAYOR	95% o MAYOR		1.4"

FUENTE: MANUAL DE CAPACITACIÓN AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING, AND AIR - CONDITIONING, ENGINEERS, INC

En la actualidad, existen diferentes tipos de filtros comerciales, que datan de los siguientes materiales:

- Filtros lavables, que son llamados Filtros Hidrofóbicos.
- Filtros ásperos, llamados filtros medios sintéticos procedentes en rollos; algunos en materiales G4 como también en liencillos y otros de cerdas de animal.
- Filtros ásperos, llamados filtros de paneles sintéticos plisado con marco resistente de fijación, sin uso de madera.
- Filtros finos, llamados filtros sintéticos de bolsa.
- Filtros finos, llamados filtros rígidos compactos.

De los cuales, se recomienda usar sólo aquellos tipos de filtros comerciales descritos como filtros 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.

CAPÍTULO 3

3. DISTRIBUCIÓN DE RED DE AGUA HELADA PARA UMA´s Y EQUIPOS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN.

Se detallarán los diversos cálculos de dimensionamiento de redes de tuberías de agua, con sus respectivos tipos de aislamiento térmicos existentes en el mercado laboral; y el cálculo del sistema de bombeo requerido para alimentación de todas las unidades manejadoras de aire - agua helada y de los equipos de producción que la usan para los procesos de transferencia de calor, de enfriamiento de sistemas de doble camisa o de climatización.

3.1. Cálculo de Diámetros de Tuberías de Red de Agua Helada para las UMA´s y para los Equipos de Procesos de Producción.

Es de alta importancia el realizar un correcto levantamiento de las necesidades en capacidades o de los distintos caudales de agua que requieren cada máquina manejadora de aire y agua helada.

Por lo tanto, es necesario tener presente que al momento están instaladas la cantidad de 10 UMA´s y 1 split ducto que usa como refrigerante ecológico al R-410 A; se ha chequeado la información técnica de cada uno de los equipos instalados actualmente para climatización proveniente de datos de placa del fabricante, nomenclatura de los modelos, y manuales; obteniendo la información detallada en la tabla 18; donde se describen capacidades (TR o Btu/h o Kcal/h), caudales (GPM o m^3/h), y de pérdidas de carga total (Ft de agua o m de agua).

TABLA 18

INFORMACIÓN TÉCNICA DE UMA´S DEL SISTEMA ACTUAL

UMA´s Actuales:							
CLIMATIZACION	TR	Btu/hr	Kcal/h	GPM	M³/h	Ft de agua	M de agua
UMA # 4	10	120000	30240	48,22	10,95	20	6,096
UMA # 5	10	120000	30240	48,22	10,95	20	6,096
Split ducto ED# 3	5	60000	15120	0	0,00	0	0
UMA # 6	5	60000	15120	12,06	2,74	5	1,524
UMA # 18	20	240000	60480	48,22	10,95	20	6,096
UMA # 7	15	180000	45360	27,13	6,16	10	3,048
UMA # 8	20	240000	60480	27,13	6,16	10	3,048
UMA # 11, modificada 50%	20	120000	30240	48,22	10,95	20	6,096
UMA # 12	15	180000	45360	48,22	10,95	20	6,096
UMA # 13	10	120000	30240	48,22	10,95	20	6,096
UMA # 14	10	120000	30240	48,22	10,95	20	6,096

FUENTE: PLACAS DE IDENTIFICACIÓN DEL FABRICANTE EN CADA MÁQUINA

Se posee la información de capacidades y caudales; de lo que podemos partir con el uso de una figura que relaciona caudales, pérdidas de carga hidráulica, velocidad del fluido, y el diámetro de las tuberías. Para los procesos de cálculos necesariamente se usará la figura 3.1, debido a su aplicación del uso de tuberías de acero al carbono ASTM A-53, el mismo que es un acero comercial de cédula 40; descritos en el apéndice B.

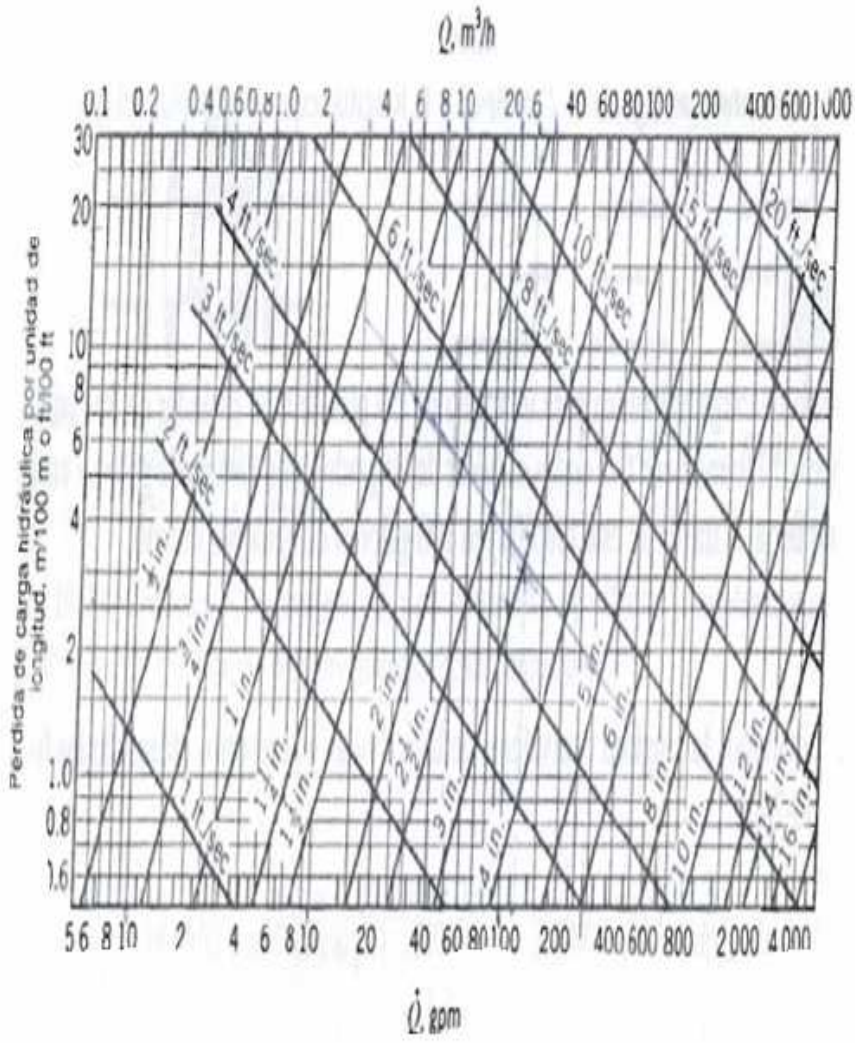


FIGURA 3.1 PÉRDIDA POR FRICCIÓN DEBIDA AL FLUJO DE AGUA A TRAVÉS DE UN TUBO COMERCIAL DE ACERO DE CÉDULA 40

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 Lf; 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 perdida 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 fórmula 2, así:

$Lf = K^* v^2 / 2g$; [Fórmula 2]

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 fórmula 3, así:

$K = f^* (L/D)$; [Fórmula 3]

Por lo tanto, se debe encontrar el valor del factor de fricción f, a través del uso de la tabla 19, con el dato encontrado del diámetro de la tubería se obtiene el valor deseado.

TABLA 19

FACTOR DE FRICCIÓN *f*□

TAMAÑO NOMINAL, PULGADAS	FACTOR DE FRICCIÓN, *f*□	TAMAÑO NOMINAL, PULGADAS	FACTOR DE FRICCIÓN, *f*□
½	0,027	4	0,017
¾	0,025	5	0,016
1	0,023	6	0,015
1 ¼	0,022	8 – 10	0,014
1 ½	0,021	12 – 16	0,013
2	0,019	18 – 24	0,012
2 1/4, 3	0,018		

FUENTE: LIBRO CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN y AIRE ACONDICIONADO, ANÁLISIS Y DISEÑO, EDITORIAL LIMUSA

Posteriormente, se procede al uso de la figura 3.2, para poder establecer los valores del coeficiente de resistencia K, debido al tipo de accesorio, acoplamientos y válvulas; en algunos casos, dan relación a fórmulas a usarse para estimar los valores a encontrarse como tales.

Con dichos valores del coeficiente de resistencia K y el diámetro de la tubería determinados, se usa la figura 3.3, encontrando la relación de la longitud equivalente con el diámetro (L/D); que despejando permitirá encontrar la longitud equivalente de los mismos.

Finalmente, el valor calculado de la longitud equivalente total; es la suma de todas las longitudes equivalentes; de la tubería, accesorios, acoplamientos y válvulas; al multiplicarlo por el valor encontrado en la figura 3.1 de la pérdida de carga hidráulica por unidad de longitud L´f; se obtiene el valor real de pérdida de carga hidráulica Lf.

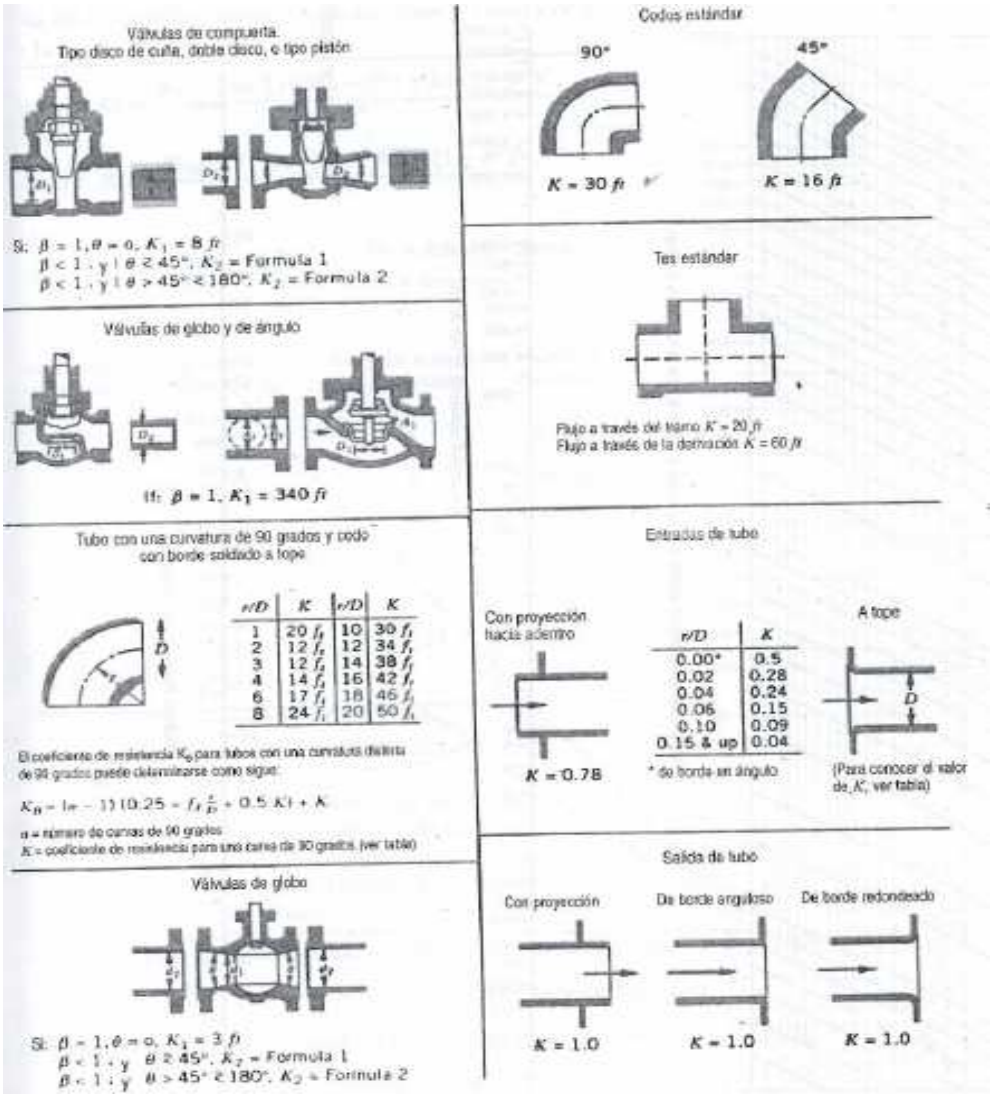


FIGURA 3.2 COEFICIENTES DE RESISTENCIA K PARA VARIOS TIPOS DE VÁLVULAS, ACOPLAMIENTOS Y CONECTORES

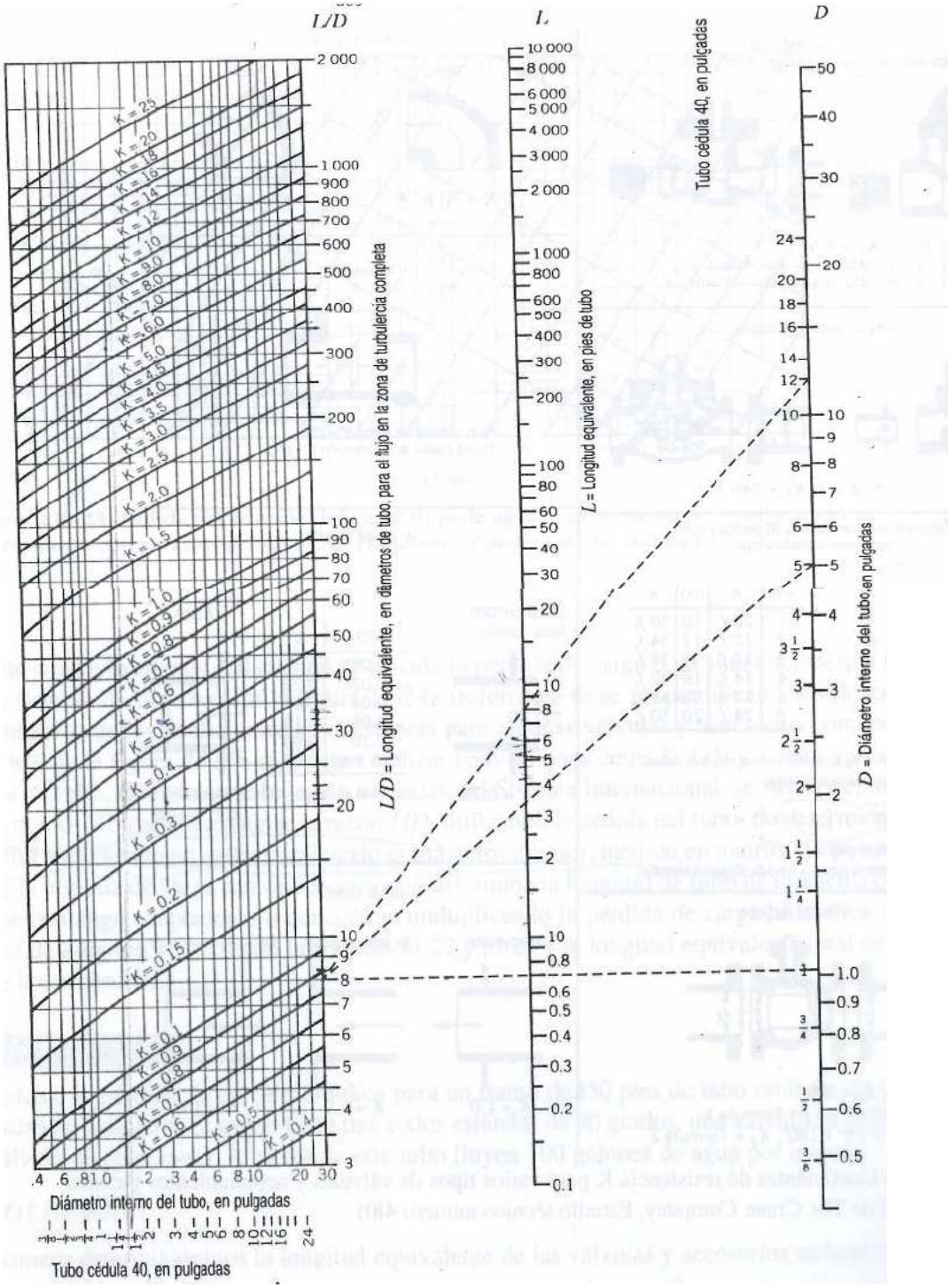


FIGURA 3.3 LONGITUDES EQUIVALENTES L Y L/D, COEFICIENTE DE RESISTENCIA K

Para todos los procesos de cálculos se estimará que el agua en sistemas presurizados, dentro de una tubería se transporta a una velocidad de 4,92 Ft/seg o en su defecto a las 1,5 m/seg de manera constante.

Iniciaremos con los cálculos para el sistema de agua de las UMA´s 3, 4, 5 nuevas y 6; usando la tabla 18 de la sección 3.1; se obtiene que el caudal total de las UMA´s descritas es de 156.72 GPM o 35.59 m^3/h o 0.35 Ft^3/seg. Además, se pueden obtener los valores de las pérdidas de carga de las mismas.

Para poder efectuar el cálculo, se necesita hacer un seccionamiento de partes de la planta; y poder describir cantidades de válvulas, accesorios y conexiones; que se describen en la siguiente tabla 20.

TABLA 20

SECCIONAMIENTO DE RED PARA UMA´s 3, 4, 5, Y 6

Secciones a considerar para diseño de red de tuberías		
Sección	**Descripción del Elemento**	**Cantidad**
9 - 1	Codos de 90°	6
	Conexión entrada de tubería	1
	Conexión salida de tubería	1
1 - 2	Codos de 90°	5
	Válvula globo	1
2 - 3	Tee sección longitudinal	2
3 - 4	Tee sección longitudinal	2
4 - 5	Codos de 90°	1
	Tee sección perpendicular	1
	Válvula globo	1
6 - 7	Codos de 90°	1
	Tee sección perpendicular	1
	Válvula globo	1
7 - 8	Tee sección longitudinal	2
8 - 9	Tee sección longitudinal	2
4 - 7	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
3 - 8	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
2 - 9	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2

Al realizar los procesos individuales de cálculos; cumpliendo lo descrito anteriormente; se obtienen los correspondientes resultados en unidades inglesas; que se los describe en la siguiente tabla 21.

TABLA 21

RESULTADOS DE UMA´S 3, 4, 5 Y 6; EN UNIDADES INGLESAS

	Sección	Caudal	Diámetro Tubería	Velocidad Fluido	Pérdida Carga	Longitud tubería	L equivalente acoplamientos	Longitud Total	Pérdida de Carga
		GPM	Plg	Ft/ seg	Ft/ 100 Ft	Ft	Ft	Ft	Ft de agua
a	9-1	156,72	4,00	4,92	1,75	265,75	98,00	363,75	6,37
b	1-2	156,72	4,00	4,92	1,75	255,91	164,98	420,89	7,37
c	2-3	108,50	3,00	4,92	3,00	13,12	10,50	23,62	0,71
d	3-4	60,28	2,50	4,92	2,50	13,12	8,75	21,87	0,55
e	4-5	12,06	1,00	4,92	8,00	17,22	32,50	49,72	3,98
f	6-7	12,06	1,00	4,92	8,00	17,22	32,50	49,72	3,98
g	7-8	60,28	2,50	4,92	2,50	13,12	8,75	21,87	0,55
h	8-9	108,50	3,00	4,92	3,00	13,12	10,50	23,62	0,71
i	4-7	48,22	2,00	4,92	4,50	8,20	133,33	141,53	6,37
j	3-8	48,22	2,00	4,92	4,50	8,20	133,33	141,53	6,37
k	2-9	48,22	2,00	4,92	4,50	8,20	133,33	141,53	6,37
l	A	48,22	2,00	4,92	-	-	-	-	20,00
m	B	48,22	2,00	4,92	-	-	-	-	20,00
n	C	48,22	2,00	4,92	-	-	-	-	20,00
o	D	12,06	1,00	4,92	-	-	-	-	5,00

Finalmente, se obtienen los siguientes resultados a presentarse en la siguiente tabla 22, en unidades del sistema internacional de medidas:

TABLA 22

RESULTADOS DE UMA´ S 3, 4, 5 Y 6; EN UNIDADES S.I.

	Sección	Caudal	Diámetro Tubería	Velocidad Fluido	Pérdida Carga	Longitud tubería	L equivalente acoplamientos	Longitud Total	Pérdida de Carga
		M³/h	MM	M/seg	M/ 100 M	M	M	M	M de agua
a	9-1	35,59	101,60	1,50	0,53	81,00	29,87	110,87	1,94
b	1-2	35,59	101,60	1,50	0,53	78,00	50,29	128,29	2,25
c	2-3	24,64	76,20	1,50	0,91	4,00	3,20	7,20	0,22
d	3-4	13,69	63,50	1,50	0,76	4,00	2,67	6,67	0,17
e	4-5	2,74	25,40	1,50	2,44	5,25	9,91	15,15	1,21
f	6-7	2,74	25,40	1,50	2,44	5,25	9,91	15,15	1,21
g	7-8	13,69	63,50	1,50	0,76	4,00	2,67	6,67	0,17
h	8-9	24,64	76,20	1,50	0,91	4,00	3,20	7,20	0,22
i	4-7	10,95	50,80	1,50	1,37	2,50	40,64	43,14	1,94
j	3-8	10,95	50,80	1,50	1,37	2,50	40,64	43,14	1,94
k	2-9	10,95	50,80	1,50	1,37	2,50	40,64	43,14	1,94
l	A	10,95	50,80	1,50	-	-	-	-	6,10
m	B	10,95	50,80	1,50	-	-	-	-	6,10
n	C	10,95	50,80	1,50	-	-	-	-	6,10
o	D	2,74	25,40	1,50	-	-	-	-	1,52

A continuación, se procede con los cálculos para el sistema de agua de las UMA´s 7, 8, 13, 14, y 18; usando la tabla 18 de la sección 3.1; se obtiene que el caudal total de las UMA´s descritas es de 198.92

GPM = 45.17 m³/h = 0.44 Ft³/seg. Además, se pueden obtener los valores de las pérdidas de carga de las mismas.

Para poder efectuar el cálculo, se necesita de igual manera hacer un seccionamiento de partes de la planta; descrito en la tabla 23.

TABLA 23

SECCIONAMIENTO DE RED PARA UMA´s 7, 8, 13, 14 Y 18

Secciones a considerar para diseño de red de tuberías		
Sección	**Descripción del Elemento**	**Cantidad**
7 - 1	Codos de 90°	5
	Tee sección longitudinal	1
	Conexión entrada de tubería	1
	Conexión salida de tubería	1
1 - 2	Codos de 90°	4
	Tee sección longitudinal	1
	Válvula globo	1
2 - 3	Tee sección longitudinal	2
3 - 4	Codos de 90°	1
	Tee sección longitudinal	1
	Válvula globo	1
5 - 6	Codos de 90°	1
	Tee sección longitudinal	1
	Válvula globo	1
6 - 7	Tee sección perpendicular	2
3 - 6	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
2 - 7	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
2´- 8	Tee sección perpendicular	1
	Tee sección longitudinal	1
	Codos de 90°	3
8 - 9	Codos de 90°	1
	Tee sección longitudinal	1
	Válvula globo	1
10 - 11	Codos de 90°	1
	Tee sección longitudinal	1
	Válvula globo	1
11 - 7´	Codos de 90°	3
	Tee sección longitudinal	1
	Tee sección perpendicular	1
8 - 11	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2

Al realizar los procesos individuales de cálculos de dimensionamiento, cumpliendo el mismo procedimiento descrito anteriormente, y usando como guía la tabla 23; se obtienen los resultados en unidades inglesas para las UMA´s 7, 8, 13, 14 y 18; descritos en la siguiente tabla 24.

TABLA 24

RESULTADOS DE UMA´S 7, 8, 13, 14, 18; UNIDADES INGLESAS

	Sección	Caudal GPM	Diámetro Tubería Plg	Velocidad Fluido Ft/ seg	Pérdida Carga Ft/ 100 Ft	Longitud tubería Ft	Lequivalente acoplamientos Ft	Longitud Total Ft	Pérdida de Carga Ft de agua
a	7-1	198,92	4	4,92	2,4	229,66	95	324,66	7,79
b	1-2	198,92	4	4,92	2,4	219,82	161,98	381,8	9,16
c	2-3	96,44	3	4,92	2	13,12	10,5	23,62	0,484
d	3-4	48,22	2	4,92	4,8	63,16	65	128,16	6,15
e	5-6	48,22	2	4,92	4,8	63,16	65	128,16	6,15
f	6-7	96,44	3	4,92	4,8	13,12	10,5	23,62	0,484
g	3-6	48,22	2	4,92	4,8	8,2	133,01	141,21	6,78
h	2-7	48,22	2	4,92	4,8	8,2	133,01	141,21	6,78
i	2´-8	54,26	2	4,92	5,4	88,58	28,33	116,91	6,3
j	8-9	27,13	1,5	4,92	6	17,22	51,75	68,97	4,14
k	10-11	27,13	1,5	4,92	6	17,22	51,75	68,97	4,14
l	11-7´	54,26	2	4,92	5,4	88,58	28,33	116,91	6,3
m	8-11	27,13	1,5	4,92	6	8,2	105,5	113,7	6,82
n	A	48,22	2	4,92	-	-	-	-	20
o	B	48,22	2	4,92	-	-	-	-	20
p	C	48,22	2	4,92	-	-	-	-	20
q	D	27,13	1,5	4,92	-	-	-	-	10
r	E	27,13	1,5	4,92	-	-	-	-	10

Finalmente, se presentan los resultados también en unidades del sistema internacional de medidas; descritos en la siguiente tabla 25.

TABLA 25

RESULTADOS DE UMA´S 7, 8, 13, 14, 18; UNIDADES S.I.

	Sección	Caudal	Diámetro Tubería	Velocidad Fluido	Pérdida Carga	Longitud tubería	L equivalente acoplamientos	Longitud Total	Pérdida de Carga
		M^3/h	MM	M/seg	M/ 100 M	M	M	M	M de agua
a	7-1	45,17	101,60	1,50	0,73	70,00	28,96	98,96	2,37
b	1-2	45,17	101,60	1,50	0,73	67,00	49,37	116,37	2,79
c	2-3	21,90	76,20	1,50	0,61	4,00	3,20	7,20	0,15
d	3-4	10,95	50,80	1,50	1,46	19,25	19,81	39,06	1,87
e	5-6	10,95	50,80	1,50	1,46	19,25	19,81	39,06	1,87
f	6-7	21,90	76,20	1,50	1,46	4,00	3,20	7,20	0,15
g	3-6	10,95	50,80	1,50	1,46	2,50	40,54	43,04	2,07
h	2-7	10,95	50,80	1,50	1,46	2,50	40,54	43,04	2,07
i	2´-8	12,32	50,80	1,50	1,65	27,00	8,63	35,63	1,92
j	8-9	6,16	38,10	1,50	1,83	5,25	15,77	21,02	1,26
k	10-11	6,16	38,10	1,50	1,83	5,25	15,77	21,02	1,26
l	11-7´	12,32	50,80	1,50	1,65	27,00	8,63	35,63	1,92
m	8-11	6,16	38,10	1,50	1,83	2,50	32,16	34,66	2,08
n	A	10,95	50,80	1,50	-	-	-	-	6,10
o	B	10,95	50,80	1,50	-	-	-	-	6,10
p	C	10,95	50,80	1,50	-	-	-	-	6,10
q	D	6,16	38,10	1,50	-	-	-	-	3,05
r	E	6,16	38,10	1,50	-	-	-	-	3,05

Finalmente, se procede con los cálculos para el sistema de agua de los equipos de procesos de producción, y de las UMA´s 11 y 12; usando la tabla 18 de la sección 3.1; se obtiene que el caudal total de las UMA´s descritas es de 180.82 GPM = 41.07 m^3/h = 0.40 Ft^3/seg; además, se pueden obtener los valores de las pérdidas de carga de las mismas.

Al igual de los dos casos anteriores; se necesita hacer un nuevo seccionamiento de partes de la planta; y poder describir cantidades de válvulas, accesorios y conexiones; que se describen en la siguiente tabla 26.

TABLA 26

SECCIONAMIENTO DE RED PARA EQUIPOS PRODUCCIÓN - UMA´s 11 Y 12

Secciones a considerar para diseño de red de tuberías		
Sección	**Descripción del Elemento**	**Cantidad**
17 - 1	Codos de 90°	5
	Conexión entrada de tubería	1
	Conexión salida de tubería	1
1 - 2	Codos de 90°	4
	Válvula globo	1
2 - 3	Tee sección longitudinal	2
3 - 4	Tee sección longitudinal	2
4 - 5	Tee sección longitudinal	2
5 - 6	Tee sección longitudinal	2
6 - 7	Tee sección longitudinal	2
7 - 8	Tee sección longitudinal	2
8 - 9	Codos de 90°	1
	Tee sección longitudinal	1
	Válvula globo	1
10 - 11	Codos de 90°	1
	Tee sección longitudinal	1
	Válvula globo	1
11 - 12	Tee sección longitudinal	2
12 - 13	Tee sección longitudinal	2
13 - 14	Tee sección longitudinal	2
14 - 15	Tee sección longitudinal	2
15 - 16	Tee sección longitudinal	2
16 - 17	Tee sección longitudinal	2
2 - 17	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
3 - 16	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
4 - 15	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
5 - 14	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
6 - 13	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
7 - 12	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2
8 - 11	Tee sección perpendicular	2
	Válvula globo	2

Al realizar los procesos individuales de cálculos de dimensionamiento; cumpliendo el mismo procedimiento descrito anteriormente, y usando como guía la tabla 26; se establecen los resultados en unidades inglesas descritos en la siguiente tabla 27.

TABLA 27

RESULTADOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN Y UMA´S 11-12, EN UNIDADES INGLESAS

	Sección	Caudal	Diámetro Tubería	Velocidad Fluido	Pérdida Carga	Longitud tubería	L equivalente acoplamientos	Longitud Total	Pérdida de Carga
		GPM	Plg	Ft/ seg	Ft/ 100 Ft	Ft	Ft	Ft	Ft de agua
a	17-1	180,82	4	4,92	2,2	65,62	87,67	153,29	3,37
b	1-2	180,82	4	4,92	2,2	55,8	154,65	210,45	4,63
c	2-3	177,8	4	4,92	2,2	13,12	14,67	27,79	0,61
d	3-4	174,82	4	4,92	2,2	82,02	14,67	96,69	2,13
e	4-5	162,76	4	4,92	1,75	19,69	14,67	34,36	0,60
f	5-6	150,7	4	4,92	1,3	19,69	14,67	34,36	0,45
g	6-7	123,57	3	4,92	3,2	65,62	10,5	76,12	2,44
h	7-8	96,44	3	4,92	2,2	16,4	10,5	26,9	0,59
i	8-9	48,22	2	4,92	4,8	17,22	65	82,22	3,95
j	10-11	48,22	2	4,92	4,8	17,22	65	82,22	3,95
k	11-12	96,44	3	4,92	2,2	16,4	10,5	26,9	0,59
l	12-13	123,57	3	4,92	3,2	65,62	10,5	76,12	2,44
m	13-14	150,7	4	4,92	1,3	19,69	14,67	34,36	0,45
n	14-15	162,76	4	4,92	1,75	19,69	14,67	34,36	0,60
o	15-16	174,82	4	4,92	2,2	82,02	14,67	96,69	2,13
p	16-17	177,8	4	4,92	2,2	13,12	14,67	27,79	0,61
q	2-17	3	0,5	4,92	30	8,2	35,17	43,37	13,01
r	3-16	3	0,5	4,92	30	8,2	35,17	43,37	13,01
s	4-15	12,06	1	4,92	13	8,2	66,67	74,87	9,73
t	5-14	12,06	1	4,92	13	8,2	66,67	74,87	9,73
u	6-13	27,13	1,5	4,92	6	8,2	103	111,2	6,67
v	7-12	27,13	1,5	4,92	6	8,2	103	111,2	6,67
w	8-11	48,22	2	4,92	4,8	8,2	133	141,2	6,78
x	A	3	0,5	4,92	-	-	-	-	1
y	B	3	0,5	4,92	-	-	-	-	1
z	C	27,13	1,5	4,92	-	-	-	-	10
a´	D	12,06	1	4,92	-	-	-	-	5
b´	E	12,06	1	4,92	-	-	-	-	5
c´	F	27,13	1,5	4,92	-	-	-	-	10
d´	G	48,22	2	4,92	-	-	-	-	20
e´	H	48,22	2	4,92	-	-	-	-	20

Finalmente, se obtienen los siguientes resultados a presentarse en la siguiente tabla 28, en unidades del sistema internacional de medidas:

TABLA 28

RESULTADOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN Y UMA´S 11-12, EN UNIDADES S.I.

	Sección	Caudal	Diámetro Tubería	Velocidad Fluido	Pérdida Carga	Longitud tubería	L equivalente acoplamientos	Longitud Total	Pérdida de Carga
		M³/h	MM	M/seg	M/ 100 M	M	M	M	Ft de agua
a	17-1	41,06	101,60	1,50	0,67	20,00	26,72	46,72	3,37
b	1-2	41,06	101,60	1,50	0,67	17,01	47,14	64,15	4,63
c	2-3	40,38	101,60	1,50	0,67	4,00	4,47	8,47	0,61
d	3-4	39,70	101,60	1,50	0,67	25,00	4,47	29,47	2,13
e	4-5	36,96	101,60	1,50	0,53	6,00	4,47	10,47	0,60
f	5-6	34,22	101,60	1,50	0,40	6,00	4,47	10,47	0,45
g	6-7	28,06	76,20	1,50	0,98	20,00	3,20	23,20	2,44
h	7-8	21,90	76,20	1,50	0,67	5,00	3,20	8,20	0,59
i	8-9	10,95	50,80	1,50	1,46	5,25	19,81	25,06	3,95
j	10-11	10,95	50,80	1,50	1,46	5,25	19,81	25,06	3,95
k	11-12	21,90	76,20	1,50	0,67	5,00	3,20	8,20	0,59
l	12-13	28,06	76,20	1,50	0,98	20,00	3,20	23,20	2,44
m	13-14	34,22	101,60	1,50	0,40	6,00	4,47	10,47	0,45
n	14-15	36,96	101,60	1,50	0,53	6,00	4,47	10,47	0,60
o	15-16	39,70	101,60	1,50	0,67	25,00	4,47	29,47	2,13
p	16-17	40,38	101,60	1,50	0,67	4,00	4,47	8,47	0,61
q	2-17	0,68	12,70	1,50	9,14	2,50	10,72	13,22	13,01
r	3-16	0,68	12,70	1,50	9,14	2,50	10,72	13,22	13,01
s	4-15	2,74	25,40	1,50	3,96	2,50	20,32	22,82	9,73
t	5-14	2,74	25,40	1,50	3,96	2,50	20,32	22,82	9,73
u	6-13	6,16	38,10	1,50	1,83	2,50	31,39	33,89	6,67
v	7-12	6,16	38,10	1,50	1,83	2,50	31,39	33,89	6,67
w	8-11	10,95	50,80	1,50	1,46	2,50	40,54	43,04	6,78
x	A	0,68	12,70	1,50	-	-	-	-	1
y	B	0,68	12,70	1,50	-	-	-	-	1
z	C	6,16	38,10	1,50	-	-	-	-	10
a´	D	2,74	25,40	1,50	-	-	-	-	5
b´	E	2,74	25,40	1,50	-	-	-	-	5
c´	F	6,16	38,10	1,50	-	-	-	-	10
d´	G	10,95	50,80	1,50	-	-	-	-	20
e´	H	10,95	50,80	1,50	-	-	-	-	20

3.2. Selección del Tipo de Aislamiento Térmico para Red de Tuberías Agua Helada.

En la actualidad existen 5 tipos de materiales para realizar aislamiento térmico; los mismos que trabajan bajo ciertas condiciones de temperatura; estructura interna del material; y diferenciándolos por los distintos tipos de aplicaciones, tanto para bajas como para altas temperaturas.

Los mismos que son detallados en la tabla 29, teniendo en la primera columna las descripciones de los materiales, rangos de temperaturas en grados Farenheit (℉), y rangos de temperaturas en grados Celsius (℃); que se detalla a continuación:

TABLA 29

DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE AISLAMIENTOS TÉRMICOS

TIPO	RANGO (°F)	RANGO (°C)
PERLITA EXPANDIDA	200 A 1500	93,33 A 815,56
LANA MINERAL	200 A 1200	93,33 A 648,89
FIBRA DE VIDRIO	32 A 850	0 A 454,44
POLIURETANO	(-)100 A 200	(-) 73,33 A 93,33
FIBRA CERÁMICA	HASTA 2300	HASTA 1260

FUENTE: DOCUMENTACIÓN SOBRE CHARLA DE AISLAMIENTOS TÉRMICOS IMPARTIDO POR LA LLAVE S.A.

Como se necesitan aislar tuberías, donde pasará el agua como fluido a temperaturas bajas, mínima a 4℃; seleccionamos a quellos materiales que se podrían utilizar, tales como:

- Fibra de vidrio.
- Poliuretano.

De aquellos dos materiales, la fibra de vidrio es considerado un material que con el paso de los años emite polvos al perder su estructura, los mismos que pueden ser considerados como cancerígenos al palparlos o inhalarlos; y como partículas consideradas como cuerpos extraños que signifiquen posibles afectaciones o contaminaciones cruzadas a los productos alimenticios.

En cambio el poliuretano, a altas concentraciones, sus olores podrían considerarse sensibles para las personas debido a que su presentación es en estado líquido y es un químico; pero, con el uso de los EPP´s adecuado, se puede proceder con su uso sin generar daños o afectaciones a los productos.

Motivo por el cual, se usará al poliuretano como material aislante térmico para todas las tuberías de agua helada y aquellas donde circule el refrigerante amoniaco R-717.

3.3. Verificación del Dimensionamiento de la Cisterna de Agua Helada Hermética.

Se calcula en base al volumen total por cada diámetro de tubería a instalarse en todos los equipos de producción y UMA´s.

Usando la fórmula 4, del volumen para un cilindro:

Volumen = (¶/ 4)* D^2 * L; [Fórmula 4]

Donde:

¶ = 3.1416.

D = Es el diámetro interno de la tubería.

L = Es la longitud total de la tubería.

Volumen = Unidades de Ft^3 o m^3.

Para tuberías de 4 plg de diámetro, la longitud total estimada a instalarse de ésta tubería es de 1387.84 Ft o 423.01 m. El volumen del fluido será de 121.11 FT^3 o 3.43 m^3.

Para tuberías de 3 plg de diámetro, la longitud total estimada a instalarse de ésta tubería es de 328.07 Ft o 100 m. El volumen del fluido será de 16.10 FT^3 o 0.46 m^3.

Para tuberías de 2.5 plg de diámetro, la longitud total estimada a instalarse de ésta tubería es de 16.4 Ft o 5 m. El volumen del fluido será de 0.56 FT^3 o 0.016 m^3.

Para tuberías de 2 plg de diámetro, la longitud total estimada a instalarse de ésta tubería es de 415.08 Ft o 126.52 m. El volumen del fluido será de 9.06 FT^3 o 0.26 m^3.

Para tuberías de 1.5 plg de diámetro, la longitud total estimada a instalarse de ésta tubería es de 108.25 Ft o 33 m. El volumen del fluido será de 1.33 FT^3 o 0.038 m^3.

Para tuberías de 1 plg de diámetro, la longitud total estimada a instalarse de ésta tubería es de 16.4 Ft o 5 m. El volumen del fluido será de 0.089 FT^3 o 0.0025 m^3.

Para tuberías de ½ plg de diámetro, la longitud total estimada a instalarse de ésta tubería es de 16.4 Ft o 5 m. El volumen del fluido será de 0.022 FT^3 o 0.0006 m^3.

Por lo tanto, el volumen total de agua contenida en todas las tuberías es de 148.27 Ft^3 o 4.2 m^3.

Se asume un factor de seguridad FS de 3, para estimar futuros crecimientos de la planta.

Volumen total de agua = Volumen calculado * FS; [Fórmula 5]

Volumen total de agua = 148.27 Ft^3 * 1.3

Volumen total de agua = 192.75 Ft^3 = 5.46 m^3.

Entonces:

Volumen Cisterna = Volumen total de agua / 0.70; [Fórmula 6]

Volumen Cisterna = 192.75 Ft^3 / 0.70

Volumen Cisterna = 275.35 Ft^3 = 7.8 m^3 = 8 m^3.

Por lo que, las dimensiones físicas de la cisterna serán de:

Largo = 2 m^3.

Ancho = 2 m^3.

Profundidad = 2 m^3.

3.4. Cálculo y Selección de Bombas de Agua Helada.

Se considera el cálculo de 3 bombas de agua helada, correspondiente al uso del agua helada establecida para :

- UMA´s 3, 4, 5, y 6.

Usando los datos calculados y resumidos en la tabla 21; se procede con el cálculo de la bomba de agua helada a partir de la sumatoria de todos los valores de la pérdida de carga total en unidades de Ft de agua.

Hp= 6.37+7.37+0.71+0.55+3.98+3.98+0.55+0.71+6.37+6.37+6.37+ 20+20+20+5 = 108.33 Ft de agua.

Luego, se utiliza la fórmula 7, para calcular la potencia del motor eléctrico de la bomba de agua:

ω ideal = ρ * g * Hp * Q. [Fórmula 7]

Donde:

ω ideal = Potencia ideal motor de la bomba, en Lb-f * Ft/ seg.

ρ = Densidad del agua, 1.938 slug/ Ft^3.

g = Gravedad, es de 32.2 Lb-f/ slug.

Hp = Pérdida de carga total, en Ft de agua.

Q = Caudal, en Ft^3/ seg.

Por lo tanto:

ω ideal = ρ * g * Hp * Q.

ω ideal = 1.938 * 32.2 * 108.33 * 0.35.

ω ideal = 2366.06 Lb-f * Ft/ seg.

Se debe de considerar que la relación de conversión de (Lb-f * Ft/ seg.) a HP; se debe de multiplicar por el factor de 550 (Lb-f * Ft / seg * HP).

ω ideal = 2366.06 / 550.

ω ideal = 4.3 HP.

Pero la relación de eficiencia se da en base a la relación de potencias ideal (ω ideal), por aquella real (ω real); descrito en la fórmula 8, donde se estima una eficiencia de 0.7.

ω real = ω ideal / η; [Fórmula 8]

Pero en la actualidad, los motores eléctricos vienen diseñados por estándar de 5 HP y la siguiente potencia de 7.5 HP; motivo por el cual, el motor a necesitarse será de:

ω real = 7.5 HP.

Por lo tanto, se deberá proporcionar la siguiente información a las empresas proveedoras de bombas de agua, para la selección y compra de la misma:

+ Fluido: Agua potable.
+ Temperatura mínima del fluido: 4 ℃.
+ Potencia del motor eléctrico de la bomba: 7.5 HP o 5.6 KW.

+ Pérdida de carga total: 108.33 Ft de agua o 33 m de agua.

+ Eficiencia de la bomba: 70 %.

+ Caudal de agua: 156.72 GPM o 35.59 m^3 / h.

- UMA´s 7, 8, 13, 14, y 18.

Usando los datos calculados y resumidos en la tabla 24; se procede con el cálculo de la bomba de agua helada a partir de la sumatoria de todos los valores de la pérdida de carga total en unidades de Ft de agua.

Hp= 7.79+9.16+0.484+6.15+6.15+0.484+6.78+6.78+6.3+4.14+4.14 +6.3+6.82+20+20+20+10+10 = 151.48 Ft de agua.

Luego, se utiliza la fórmula 7, para calcular la potencia del motor eléctrico de la bomba de agua. Por lo tanto:

ω ideal = ρ * g * Hp * Q.

ω ideal = 1.938 * 32.2 * 151.48 * 0.44.

ω ideal = 4159.27 Lb-f * Ft/ seg.

Además, se debe de considerar que la relación de conversión de (Lb-f * Ft/ seg.) a HP; se debe de multiplicar por el factor de 550 (Lb-f * Ft / seg * HP).

ω ideal = 4159.27 / 550.

ω ideal = 7.56 HP.

Pero la relación de eficiencia se da en base a la relación de potencias ideal (ω ideal), por aquella real (ω real); descrita en la fórmula 8. Donde se estima una eficiencia de 0.7.

ω real = ω ideal / η; [Fórmula 8]

Así, al despejar la potencia real, permite encontrar su valor real a usarse para seleccionar el tipo de bomba de agua correcta.

ω real = 10.8 HP.

Pero en la actualidad, los motores eléctricos vienen diseñados por estándar de 10 HP y la siguiente potencia de 15 HP; motivo por el cual, el motor a necesitarse será de:

ω real = 15 HP.

Por lo tanto, se deberá proporcionar la siguiente información a las empresas proveedoras de bombas de agua, para la selección y compra de la misma:

+ Fluido: Agua potable.
+ Temperatura mínima del fluido: 4 ℃.
+ Potencia del motor eléctrico de la bomba: 15 HP o 11.19 KW.
+ Pérdida de carga total: 151.48 Ft de agua o 46.17 m de agua.
+ Eficiencia de la bomba: 70 %.
+ Caudal de agua: 198.92 GPM o 45.17 m^3 / h.

- Equipos de procesos de producción y UMA´s 11 - 12.

Usando los datos calculados y resumidos en la tabla 27; se procede con el cálculo de la bomba de agua helada a partir de la sumatoria de todos los valores de la pérdida de carga total en unidades de Ft de agua.

Hp= 3.37+4.63+0.61+2.13+0.6+0.45+2.44+0.59+3.95+3.95+0.59
+2.44+0.45+0.60+2.13+0.61+13.01+13.01+9.73+9.73+6.67+6.67

+6.78+1+1+10+5+5+10+20+20 = 167.14 Ft de agua.

Luego, se utiliza la fórmula 7, para calcular la potencia del motor eléctrico de la bomba de agua. Donde:

ω ideal = ρ * g * Hp * Q.

ω ideal = 1.938 * 32.2 * 167.14 * 0.40.

ω ideal = 4172.06 Lb-f * Ft/ seg.

Se debe de considerar que la relación de conversión de (Lb-f * Ft/ seg.) a HP; se debe de multiplicar por el factor de 550 (Lb-f * Ft / seg * HP).

ω ideal = 4172.06 / 550.

ω ideal = 7.586 HP.

Pero la relación de eficiencia se da en base a la relación de potencias ideal (ω ideal), por aquella real (ω real); de la fórmula 8; así, al despejar la potencia real, permite encontrar su valor real a usarse para seleccionar el tipo de bomba de agua correcta. Se estima una eficiencia de 0.7.

ω real = ω ideal / η. [Fórmula 8]

ω real = 7.586 / 0.7

ω real = 10.84 HP.

Pero en la actualidad, los motores eléctricos vienen diseñados por estándar de 10 HP y la siguiente potencia de 15 HP; motivo por el cual, el motor a necesitarse será de:

ω real = 15 HP.

Por lo tanto, se deberá proporcionar la siguiente información a las empresas proveedoras de bombas de agua, para la selección y compra de la misma:

+ Fluido: Agua potable.
+ Temperatura mínima del fluido: 4 ℃.
+ Potencia del motor eléctrico de la bomba: 15 HP o 11.19 KW.
+ Pérdida de carga total: 167.14 Ft de agua o 50.94 m de agua.
+ Eficiencia de la bomba: 70 %.
+ Caudal de agua: 180.82 GPM o 41.06 m^3 / h.

CAPÍTULO 4

4. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE CHILLERS DE REFRIGERACIÓN (ENFRIADORES DE AGUA) CON REFRIGERANTE AMONIACO R- 717.

En éste capítulo final, se definen las cargas térmicas requeridas para la selección del Enfriador de Agua adecuado que trabajará con refrigerante amoniaco R-717, para reemplazo de equipos actuales que usan como refrigerante al Freon R-22; considerando análisis de eficiencias y cálculos de costos totales para definición del proyecto.

Adicional, se presentarán los tiempos estimados a proyectarse en cada una de las actividades a necesitarse ejecutar.

4.1. Cálculo de Carga Térmica Requerida para Bajar la Temperatura del Agua Helada para los Procesos de Refrigeración y Climatización.

Tal como ya se describió en los capítulos anteriores, se utiliza el agua helada para los procesos de intercambio de calor tanto para ciertos equipos que forman parte de los procesos de producción, generando enfriamiento a través de sistemas de doble camisa; como para procesos de temperado, y formando parte del proceso de intercambiadores de calor de las unidades manejadoras de aire y agua helada.

Para obtener la carga térmica que se genera al agua helada, por aquellos equipos que forman parte de los procesos de producción por transferencia de calor; se debe de sumar las cargas térmicas que lo dan los fabricantes de las máquinas, que se detallan en la tabla 30.

TABLA 30

CARGAS TÉRMICAS POR EQUIPOS DE PRODUCCIÓN

Refrigeración	TR	Btu/hr	Kcal/h
Templadora 1	15	180000	45360
Templadora 2	15	180000	45360
Refinador A	15	180000	45360
Refinador B	7,5	90000	22680
Refinador C	7,5	90000	22680
Templadora 3	15	180000	45360

FUENTE: PLACAS DE IDENTIFICACIÓN DEL FABRICANTE EN CADA MÁQUINA

CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE PRODUCCIÓN = 15+15+15+7.5+7.5+15.

CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE PRODUCCIÓN = 75 TR.

CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE PRODUCCIÓN = 900,000 Btu/h.

CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE PRODUCCIÓN = 226800 kcal/h.

De igual manera, para obtener la carga térmica que se genera al agua helada por aquellos equipos que forman parte de los procesos de

climatización tales como lo son las unidades manejadoras de aire – agua helada; se debe utilizar la carga térmica que es generada en los ambientes o áreas de trabajo, dado que se efectúa el proceso de transferencia de calor directamente por el accionar del agua helada.

Por lo que, se debe de sumar las cargas térmicas de aquellas máquinas a considerar la futura distribución calculada y establecida en los capítulos 2 y 3; los mismos que se los detallan en la tabla 31.

TABLA 31

CARGAS TÉRMICAS POR EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN FUTUROS

CLIMATIZACION	TR	Btu/hr	Kcal/h
UMA # 3	20	240000	60480
UMA # 4	15	180000	45360
UMA # 5	20	240000	60480
UMA # 6	5	60000	15120
UMA # 18	20	240000	60480
UMA # 7	15	180000	45360
UMA # 8	20	240000	60480
UMA # 11, modificada 50%	20	120000	30240
UMA # 12	15	180000	45360
UMA # 13	10	120000	30240
UMA # 14	10	120000	30240

FUENTE: PLACAS DE IDENTIFICACIÓN DEL FABRICANTE EN CADA MÁQUINA

CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN = 20+15+20+5+20+15+20+20(0.5)+15+10+10.

CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN = 160 TR.

CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN = 1,920,000 Btu/ h.

CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN = 483,840 kcal/ h.

Es decir, la carga térmica total es igual a la sumatoria de las dos cargas térmicas establecidas de la siguiente manera:

CARGA TÉRMICA TOTAL = CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE PRODUCCIÓN + CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN.

CARGA TÉRMICA TOTAL = 235 TR = 2,820,000 Btu/ h = 710,640 Kcal/ h.

4.2. Verificación del Consumo Energético de los Chillers de Refrigeración (Enfriadores de Agua) con Refrigerante Freón R-22.

Se poseen los registros de consumos de energía eléctrica tomados en las dos estaciones del año; debido a que en el verano la carga térmica solar es menor con respecto a la que genera el sol por radiación durante la estación climática de invierno, donde las temperaturas ambientales son más altas en nuestro país.

Por tal razón, es que se obtiene la tabla 32, donde se detallan los valores tomados en las últimas semanas del año 2009, que son los consumos reales de cada uno de los enfriadores de agua, tomados de los registradores electrónicos de consumo de energía que se encuentran instalados en los tableros eléctricos de dichos equipos.

TABLA 32

CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE ENFRIADORES DE AGUA DURANTE EL VERANO DEL 2009

		2009 VERANO					
		TURNO	30 HR	30 GA	TRANSCA 1	TRANSCA 2	CONSUMO TOTAL
Agosto	SEMANA 34	1	95,84	20,56	16,36	10,87	143,62
Julio	SEMANA 31	2	97,93	21,45	17,67	11,47	148,52
Agosto	SEMANA 32	2	98,35	22,11	17,70	10,71	148,86
Agosto	SEMANA 35	2	94,98	21,43	16,95	10,94	144,30
Septiembr	SEMANA 36	2	99,55	21,31	17,23	10,88	148,96
Septiembr	SEMANA 39	2	97,48	22,23	15,59	11,55	146,86
Octubre	SEMANA 40	2	98,29	21,92	16,71	11,46	148,37
Agosto	SEMANA 33	3	100,86	21,50	17,15	11,24	150,74
Septiembr	SEMANA 37	3	95,28	21,06	15,71	10,94	142,99
Septiembr	SEMANA 38	3	95,02	20,52	15,10	10,71	141,34

Los datos registrados fueron tomados por turnos de trabajo para poder identificar, en cual se genera mayor carga térmica; por lo tanto, se obtienen los siguientes valores de consumos promedios:

Primer turno, se obtuvo un consumo promedio de 143.62 KW-h.

Segundo turno, se obtuvo un consumo promedio de 147.65 KW-h.

Tercer turno, se obtuvo un consumo promedio de 145.03 KW-h.

De aquello se puede establecer que durante el segundo turno; es decir, desde las 07H00 hasta las 15H00; la incidencia del sol por radiación es mayor durante el día.

Adicional, se pueden determinar los porcentajes de consumos de energía, que son los siguientes:

Primer turno, se calcula un porcentaje del 90% respecto al valor teórico de los enfriadores de agua.
Segundo turno, se calcula un porcentaje del 92% respecto al valor teórico de los enfriadores de agua.
Tercer turno, se calcula un porcentaje del 90% respecto al valor teórico de los enfriadores de agua.

Entonces, se puede acotar que al tener mayor incidencia por el sol; también, representa un mayor consumo de energía eléctrica en dicho turno de trabajo.

De igual manera, se realizó controles durante el periodo de invierno del 2010, para poder tener registros del comportamiento de los

enfriadores de agua en dicha estación del año; estableciendo los registros que se presentan en la tabla 33.

TABLA 33

CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE ENFRIADORES DE AGUA DURANTE EL INVIERNO DEL 2010

		2010 INVIERNO					
		TURNO	30 HR	30 GA	TRANSCA 1	TRANSCA 2	CONSUMO TOTAL
Marzo	SEMANA 10	1	132,33	21,67	0,00	0,00	154,00
Abril	SEMANA 13	1	164,24	0,00	0,00	0,00	164,24
Abril	SEMANA 14	1	171,45	27,48	0,00	0,00	198,92
Mayo	SEMANA 18	1	168,62	26,38	0,00	0,00	195,00
Marzo	SEMANA 11	2	162,79	27,19	0,00	0,00	189,99
Abril	SEMANA 15	2	165,14	25,44	0,00	0,00	190,58
Abril	SEMANA 16	2	166,99	25,63	0,00	0,00	192,62
Marzo	SEMANA 12	3	164,07	0,00	0,00	0,00	164,07
Abril	SEMANA 17	3	167,41	26,22	0,00	0,00	193,63

De los cuales, se obtienen los siguientes valores de consumos promedios de energía eléctrica:

Primer turno, se obtuvo 178.04 KW-h.

Segundo turno, se obtuvo 191.06 KW-h.

Tercer turno, se obtuvo 178.85 KW-h.

De los cuales, se pueden determinar los porcentajes de consumos de energía, que son los siguientes:

Primer turno, se calcula un porcentaje del 111% respecto al valor teórico de los enfriadores de agua.

Segundo turno, se calcula un porcentaje del 119% respecto al valor teórico de los enfriadores de agua.

Tercer turno, se calcula un porcentaje del 112% respecto al valor teórico de los enfriadores de agua.

Por lo tanto, también para la estación del invierno se puede establecer 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 que, se puede definir dos puntos; que la eficiencia de los enfriadores de agua, llega a ser baja debido a que los equipos

consumen mayor energía eléctrica; y a la par, da a identificar la necesidad de reemplazar los enfriadores de agua, por otro de mayor capacidad.

4.3. Selección del Chiller de Refrigeración (Enfriador de Agua) de Amoniaco R- 717.

Antes, es necesario describir los tipos de enfriadores de agua que se encuentran instalados en la actualidad, que usan como refrigerante al Freón R-22; los mismos que se los detallan en la tabla 34, que se copia a continuación:

TABLA 34

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS ENFRIADORES DE AGUA ACTUALES

Enfriadores de Agua							
Refrigeración	TR	Btu/hr	Kcal/h	GPM	M³/h	Ft de agua	M de agua
30 HR	160	1920000	483840	108,54	24,65	200,00	60,96
30 GA	30	360000	90720	27,13	6,16	50,00	15,24
TRANSCA 1	15	180000	45360	65,12	14,79	4,00	1,22
TRANSCA 2	10	120000	30240	43,42	9,86	80,00	24,38
	215	2580000	650160				

FUENTE: PLACAS DE IDENTIFICACIÓN DEL FABRICANTE EN CADA MÁQUINA

De lo cual, se puede establecer una capacidad actual instalada de 215 TR o 2580 KBtu/ h o 650,160 Kcal/h; como capacidad total de entre los 4 enfriadores de agua que se encuentran instalados hasta la actualidad.

Así, en base a lo establecido en el capítulo 4.1, como carga térmica total generada por los equipos de producción y aquella generada por procesos de climatización de las UMA´s; se puede establecer que actualmente se necesita cubrir la capacidad de 235 TR o 2820 KBtu/ h o 710,640 Kcal/ h.

Pero, se necesita tomar en cuenta que la planta siempre se expande con el paso de los años, y que la capacidad actual podrá incrementarse, sea por reemplazo de máquinas de procesos nuevas o por modificaciones civiles a los edificios, que significa la necesidad de considerar un factor de seguridad FS del 20% de incremento; es decir, la carga térmica total real será de:

CARGA TÉRMICA TOTAL REAL = CARGA TÉRMICA TOTAL x FS.

CARGA TÉRMICA TOTAL REAL = 235 TR x 1.2.

CARGA TÉRMICA TOTAL REAL = 282 TR = 3384 KBtu/ h = 852,768 Kcal/ h.

Por lo tanto, el nuevo enfriador de agua, en base a amoniaco como refrigerante, deberá tener como mínimo la capacidad equivalente a la carga térmica total real indicada.

Adicional, se necesitará proporcionar la siguiente información técnica:

- Si el enfriador de agua, es para enfriar agua solamente, o agua con glicol, que es una sustancia química que permite trabajar en el evaporador a bajas temperaturas, evitando que éste se congele; para el caso expreso de la planta, no se necesitará alcanzar temperaturas bajo cero para el agua helada, sinó mínimo 4 ℃; po r lo tanto, sólo se necesitará para enfriar agua.

- Identificar la temperatura del agua a la entrada, ésta será de 15 ℃, dado que aquella se considera la temperatura del agua de retorno.

- Identificar la temperatura del agua a la salida, será mínima de 4 ℃.

- Ubicación del enfriador de agua, será para la región costa.

- Tipo de refrigerante, se usará al amoniaco R-717.

- Identificar el voltaje lado de fuerza de la energía eléctrica, la alimentación será de 440 V, trifásica.

- Identificar el voltaje lado de control de la energía eléctrica, se necesitará para alimentar a las bobinas de los relés, guarda motores, breakers, termostatos, presostatos, bloques de contactos, contactores, etc; la misma que será de 120 V.

4.4. Cálculo de Costos de Equipos, Ductos, Aislamientos con Tuberías, Cisterna y Bombas que se Requieran Reemplazar; además, de Montajes y Puesta en Operación del Chiller (Enfriador de Agua) Nuevo.

Se realizó el cálculo de costos tomando en cuenta las necesidades de instalación de la siguiente manera:

- Costos de equipos nuevos y/o elementos de operación.
- Costos de materiales y mano de obra metalmecánica.
- Costos de materiales y mano de obra civil.
- Costos de materiales, mano de obra refrigeración y climatización
- Costos materiales y mano de obra eléctrica.

Para el cálculo de costos de equipos nuevos y/o elementos de operación, se consideran como costos al futuro enfriador de agua, detectores de fugas con su respectivo kit de calibración, tanques para almacenamiento y compra del refrigerante, bombas de agua, UMA´s nuevas, entre otros; identificados en la siguiente tabla 35.

TABLA 35

CÁLCULO DE COSTOS DE EQUIPOS NUEVOS Y/O ELEMENTOS DE OPERACIÓN

COSTOS DE EQUIPOS NUEVOS :		
CANTIDAD	**DESCRIPCIÓN**	**COSTO ($)**
1	Unidad Enfriadora de Agua con compresor tipo tornillo para amoniaco de 300 TR, costo entregado en planta	200000
1	Sensor detector de fugas de amoniaco	2100
1	Kit de calibración de sensor detector de fugas de amoniaco	1760
2	Sirenas de alto poder, mayor a los 120 dB	280
2	Cilindros de amoniaco normalizados	320
2	Unidad manejadora de aire - agua helada 20 TR, costo entregado en planta	10.650,00
1	Unidad manejadora de aire - agua helada 15 TR, costo entregado en planta	4.480,00
1	Bomba Enfriador de Agua con amoniaco	1.953,17
1	Bomba circuito agua helada IPC/ KPA/ Bebidas	1.388,02
1	Bomba circuito agua helada UMA´s chocolates y administración	1.953,53
1	Bomba circuito agua helada UMA´s manteca y equipos preparación masa chocolates	1.953,17
	Costo Total sin IVA ($) =	**226837,89**

Para el cálculo de materiales y mano de obra metalmecánica, se debe de considerar los trabajos de desmontaje de tuberías de acero ASTM A – 53 fuera de uso, y montaje de nuevas por modificaciones en las redes de agua helada; instalación de bombas de agua helada; instalación de tuberías de amoniaco ASTM A-106 para la futura instalación; contratación de ensayos no destructivos para verificación de cordones de soldadura y aprobar la penetración del cordón de soldadura realizado; y finalmente, la rotulación y pintado de tuberías, equipos en general; mostrándolos en la siguiente tabla 36.

TABLA 36 (CONTINUACIÓN)

CÁLCULO DE COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA METALMECÁNICA

COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA METALMECÁNICA		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO ($)
1	Costos de mano de obra por desmontaje de tuberías de agua helada galvanizada para Enfriador de Agua 30 HR. Tuberías, soporterías, accesorios.	216
1	Costos de mano de obra por desmontaje de tuberías de agua helada galvanizada para Enfriador de Agua 30 GA. Tuberías, soporterías, accesorios.	216
1	Costos de mano de obra por desmontaje de tuberías de agua helada galvanizada para Enfriadores de Agua Transcas 1 y 2. Tuberías, soporterías, accesorios.	216
1	Reemplazo e instalación de nuevas tuberías de agua helada galvanizada de 3" para nuevo enfriador de agua con amoniaco, nuevo. Tuberías, soportería, accesorios, pintura, señaléptica y mano de obra.	1982
1	Reemplazo e instalación de nuevas tuberías de agua helada galvanizada de 4" para UMA´s nuevas. Tuberías, soportería, accesorios, pintura, señaléptica y mano de obra.	10389

TABLA 36 (CONTINUACIÓN)

CÁLCULO DE COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA

METALMECÁNICA

1	Reemplazo e instalación de nuevas tuberías de agua helada galvanizada de 3" para UMA´s nuevas. Tuberías, soportería, accesorios, pintura, señaléptica y mano de obra.	870
1	Reemplazo e instalación de nuevas tuberías de agua helada galvanizada de 2.5" para UMA´s nuevas. Tuberías, soportería, accesorios, pintura, señaléptica y mano de obra.	830
1	Reemplazo e instalación de nuevas tuberías de agua helada galvanizada de 2" para UMA´s nuevas. Tuberías, soportería, accesorios, pintura, señaléptica y mano de obra.	1380
1	Reemplazo e instalación de nuevas tuberías de agua helada galvanizada de 1" para UMA´s nuevas. Tuberías, soportería, accesorios, pintura, señaléptica y mano de obra.	630
1	Instalación de aislamiento térmico para tuberías de agua glicolada para nuevo enfriador de agua.	749
1	Instalación de aislamiento térmico para tuberías de agua helada para UMA´s nuevas.	5872
1	Reemplazo del aislamiento térmico para tuberías de agua helada para UMA´s actuales.	21068,52
1	Reemplazo de bomba de agua de UMA´s nuevas	120
1	Construcción de escalera para acceso a nueva losa para el enfriador de agua con Amoniaco.	1800
1	Contratación de grúa de máximo 40 Toneladas; para montaje de cada parte del enfriador de agua por 48 horas.	2304
1	Instalación de tuberías ASTM A-106, cédula 80 para toda la red de amoniaco.	6000
1	Contratación y realización de Radiografías para verificación de calidad de soldadura, cero porocidades y debe de haber profundidad de penetración de la soldadura	2500
1	Aislamiento térmico al evaporador, trampa de succión y tubería succión.	2200
1	Rotulación de equipos de climatización, UMA´s, Bombas de agua helada y del nuevo enfriador de agua.	1350
	Costo Total sin IVA ($) =	60692,52

Para el cálculo de costos de materiales y mano de obra civil, se consideran trabajos de construcción de bases de hormigón para nuevos equipos tales como UMA´s, enfriador de agua, y bombas de agua; adicional, de la demolición del piso para construcción de nueva cisterna con hermetización y losa nueva bajo techo metálico para montaje del enfriador de agua, con su respectivo dique para contención de derrames; finalmente, trabajos varios indicados en la tabla 37.

TABLA 37

CÁLCULO COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA CIVIL

COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA CIVIL		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO ($)
3	Construcción de nuevas bases de hormigón armado 280 Kgf/cm² para instalación de UMA´s.	1200
1	Rompimiento de cemento para cisterna de agua helada.	3916
1	Construcción de nueva cisterna de agua helada.	2840,5
1	Hermetización de cisterna de agua helada con láminas de PVC, producto impermeabilizante.	650
4	Construcción de bases para bombas de agua helada.	320
1	Construcción de nueva losa para montaje de nuevo enfriador de agua con amoniaco.	8821
1	Instalación de techo nuevo steel panel sobre losa enfriador de agua	1331,77
1	Construcción de dique de contención de derrames y base de hormigón para enfriador de agua	600
1	Impermeabilización de dique de contención de derrames para amoniaco líquido.	210
1	Trabajo de pintura en general de paredes, columnas, y losa.	260
	Costo Total sin IVA ($) =	20149,27

Para el cálculo de costos de materiales y mano de obra refrigeración y climatización; se consideran los trabajos de desmontaje de ductos actuales y montaje de nuevos sistemas de ductos diseñados; también los aislamientos térmicos a las tuberías de agua helada y para el sistema de amoniaco; instalación de UMA´s nuevas.

Finalmente, también se consideran los materiales y procesos para el arranque en frío del enfriador de agua, calibraciones, pruebas de las seguridades, eliminación de oxígeno del sistema, carga de refrigerante, pruebas de operación y entrega del equipo en funcionamiento. Todo detallado en la siguiente tabla 38.

TABLA 38

CÁLCULO DE COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA

REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

MATERIALES Y MANO DE OBRA REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO ($)
3	Desmontaje de UMA´s actuales a ser reemplazadas de IPC/ KPA/ Bebidas.	1050
1	Desmontaje sistema ductos de actuales UMA´s IPC/ KPA/ Bebidas.	1296
1	Desmontaje sistema ductos de actuales UMA´s Chocolates.	1080
1	Desmontaje sistema ductos de actuales UMA´s Oficinas producción y Laboratorios.	1080
3	Instalación de nuevas UMA´s del sector IPC /KPA / Bebidas.	1050
3	Instalación de nuevo sistemas de ductos, cajas y rejillas de IPC/ KPA/ Bebidas.	21063,7
1	Instalación de nuevo sistemas de ductos, cajas y rejillas de Chocolates y Manteca.	26756,52
1	Instalación de nuevo sistemas de ductos, cajas y rejillas de Oficinas de producción y Laboratorios.	24208,04
2	Canecas de aceite capella 68 al cárter	320
1	Proceso de arranque en frío del nuevo enfriador de agua, calibraciones, pruebas de las seguridades, eliminación de oxígeno del sistema, carga de refrigerante, pruebas de operación y entrega del equipo en funcionamiento.	2500
	Costo Total sin IVA ($) =	80404,26

Finalmente, para el cálculo de costos materiales y mano de obra eléctrica, se deben de considerar la construcción de un nuevo tablero eléctrico para bombas de agua helada; instalación del detector de fugas de amoniaco; instalación de luminarias y lámparas de

emergencia; finalmente, instalación de sirenas auditivas y visuales; de lo cual, se presente la tabla 39.

TABLA 39

CÁLCULO DE COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA ELÉCTRICA

MATERIALES Y MANO DE OBRA ELECTRICA		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO ($)
1	Construcción de nuevo tablero eléctrico para bombas de agua helada.	15000
1	Instalación eléctrica de las 4 bombas de agua helada.	2200
1	Instalación de 6 lámparas de 2x 32 W para iluminación sector agua helada.	1020
1	Instalación de dos lámparas de emergencia para iluminación sector agua helada.	300
1	Instalación de 4 lámparas de 2x 32 W para iluminación del sector nueva losa.	680
1	Instalación de dos lámparas de emergencia para iluminación sector del enfriador de agua	300
1	Instalación de sensores de fugas para amoniaco.	4500
1	Instalación de sirenas auditivas y visuales	600
	Costo Total sin IVA ($) =	24600

De tal manera, que los cinco desgloses de cálculos de costos, dan un valor total a necesitarse como inversión total para la ejecución del proyecto de 414,114.61 USD.

4.5. Desarrollo del Diagrama de GANTT para Planificación de Actividades de Instalación de Nuevas Unidades, Redes de Distribución de Tuberías y Ductos.

Finalmente, se efectúa la programación de cada una de las actividades del proyecto, planificando las mismas durante las semanas del año; y a la par, estimando la cantidad de días u horas, que conllevará a cumplir con cada proceso; el mismo que se lo representará en el diagrama de GANTT realizado en Project y representado en la tabla 40.

Se puede establecer que el proyecto en total tiene una duración de 180 días.

TABLA 40 (CONTINUACIÓN)

DIAGRAMA DE GANTT

EDT	Nombre de tarea	Duración
0	PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES REEMPLAZO DE EQUIPOS Y SISTEMA DE REFRIGERACIÓN A AMONIACO	179,5 días
1	Proformar equipos, materiales, obras y mano de obra	25 días
2	Generación de solicitudes pedido con órdenes de compra	15 días
3	Importación de Enfriador de Agua a Amoniaco	50 días
4	Importación de UMA´s	50 días
5	Compra de nuevas bombas agua	20 días
6	Desmontaje UMA´s actuales Area Polvos	1 día
7	Desmontaje sistema ductos actuales UMA´s Area Polvos	3 días
8	Desmontaje sistema ductos actuales UMA´s Area Chocolates	1 día
9	Desmontaje sistema ductos actuales UMA´s Area Oficinas	3 días
10	Fundición nuevas bases hormigón para nuevas UMA´s	4 días
11	Instalación de nuevas UMA´s	3 días
12	Instalación nuevos sistema ductos para Area de Polvos	12 días
13	Instalación nuevos sistema ductos para Area de Chocolates	3 días
14	Instalación nuevos sistema ductos para Area Manteca	12 días
15	Instalación nuevos sistema ductos para Area de Oficinas y Laboratorios	12 días
16	Reemplazo e instalación tuberías agua helada para UMA´s nuevas	3 días
17	Instalación de aislamiento térmico para tuberías agua helada para UMA´s nuevas	5 días
18	Instalación de aislamiento térmico para tuberías agua helada para UMA´s actuales	10 días
19	Reemplazo de bomba de agua helada para UMA´s nuevas	1 día
20	Pruebas de control operación bombas nuevas	1 día
21	Pruebas de control operación de UMA´s nuevas	1 día
22	Rompimiento de piso para nueva cisterna agua helada	2 días
23	Construcción nueva cisterna agua helada	10 días

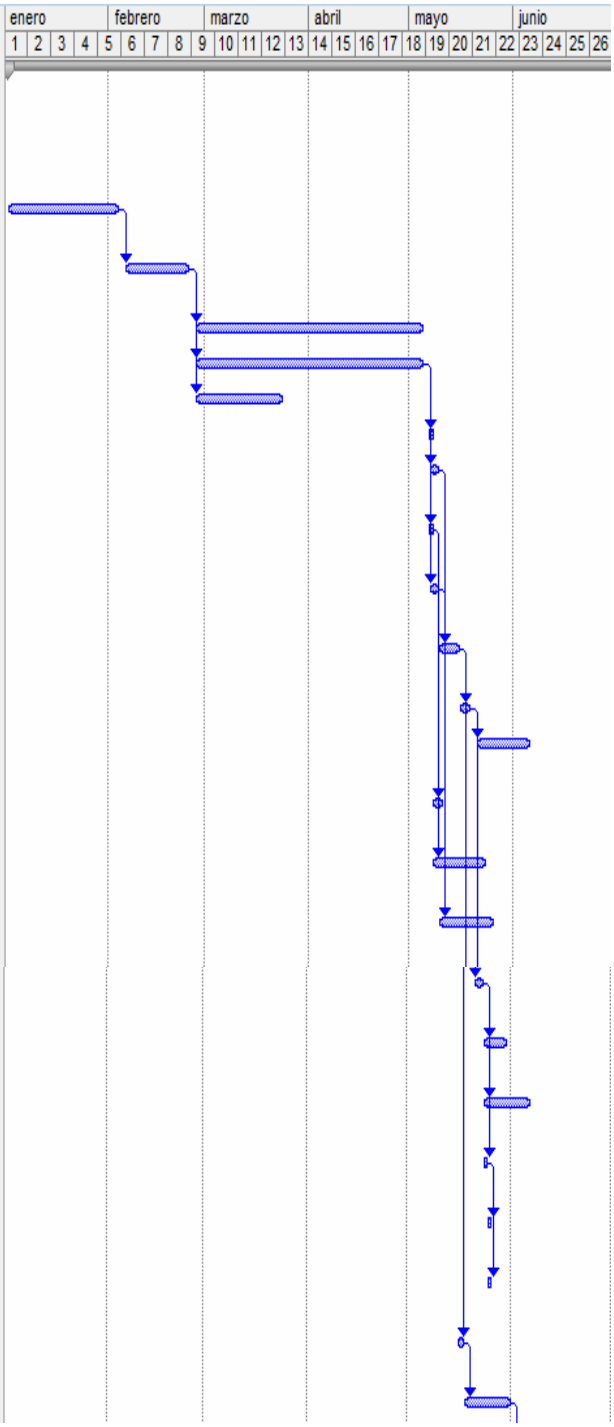


TABLA 40 (CONTINUACIÓN)

DIAGRAMA DE GANTT

EDT	Nombre de tarea	Duración
23	Construcción nueva cisterna agua helada	10 días
24	Hermetización cisterna agua helada	3 días
25	Construcción bases para bombas de agua	4 días
26	Construcción nuevo tablero eléctrico bombas	7 días
27	Instalación eléctrica de 4 bombas agua	1 día
28	Instalación de 6 lámparas 2x32W sector bomb	1 día
29	Instalación de 2 lámparas emergencia sector bombas	1 día
30	Construcción nueva losa montaje nuevo enfriador de agua a amoniaco	20 días
31	Instalación techo steel panel sobre losa	3 días
32	Construcción nueva escalera acceso a losa	3 días
33	Instalación 4 lámparas 2x32W iluminación losa	1 día
34	Instalación de 2 lámparas emergencia sector nuevo enfriador de agua	1 día
35	Construcción dique contención derrames para amoniaco	2 días
36	Impermeabilización dique contención derrames	2 días
37	**Contratación grúa de 40 toneladas**	**3 días**
37.1	Montaje estructura enfriador de agua a am	5 horas
37.2	Montaje tanque acumulador amoniaco	5 horas
37.3	Montaje condensador casco - tubos	5 horas
37.4	Montaje evaporador casco - tubos	5 horas
37.5	Montaje trampa succión	4 horas
37.6	Finalización montaje	0 días
38	**Instalación tuberías ASTM A106, para toda red de amoniaco**	**34,5 días**
38.1	Instalación de válvulas 3 vías, válvulas de seguridad y sistemas de control	2 días
38.2	Contratación Ensayos no destructivos a soldaduras	5 días
38.3	Instalación tubería ASTM A-53 para lado agua del enfriador de agua; condensador y evaporador	2 días
38.4	Reubicación bombas agua a nuevos puntos de bombeo	2 días
38.5	Modificación tuberías galvanizadas sistema bombeo UMA's	2 días

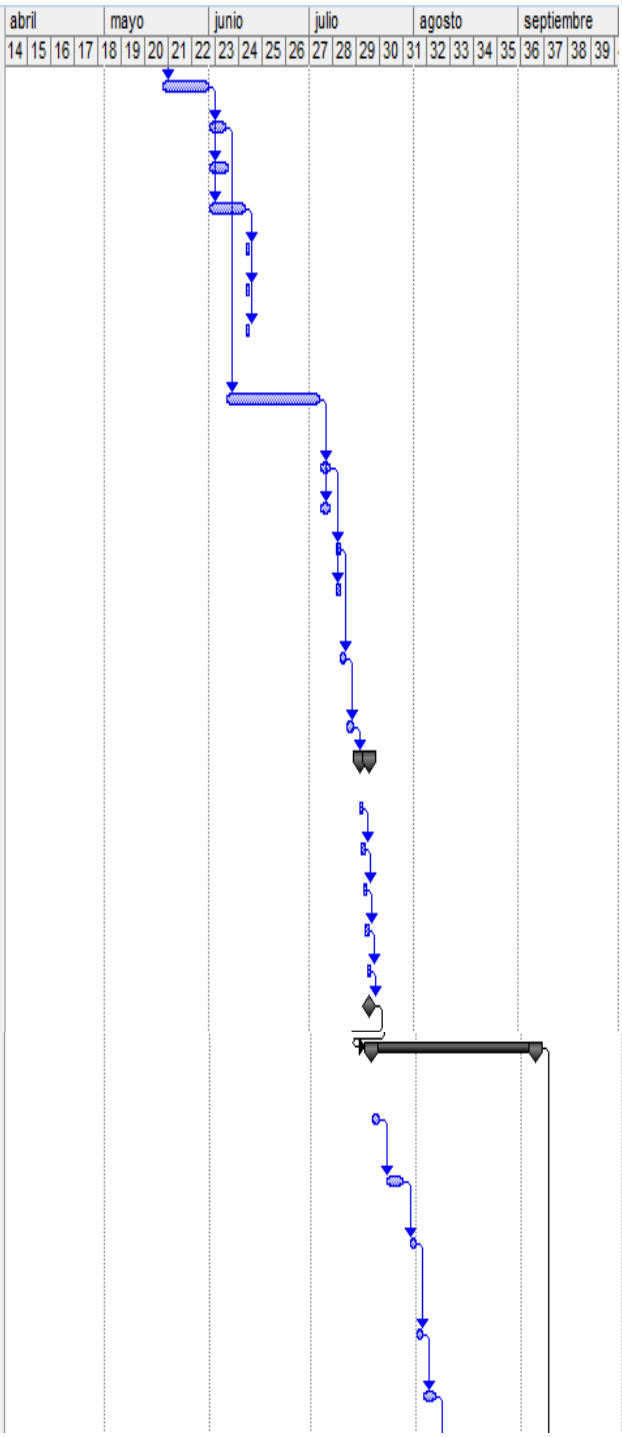
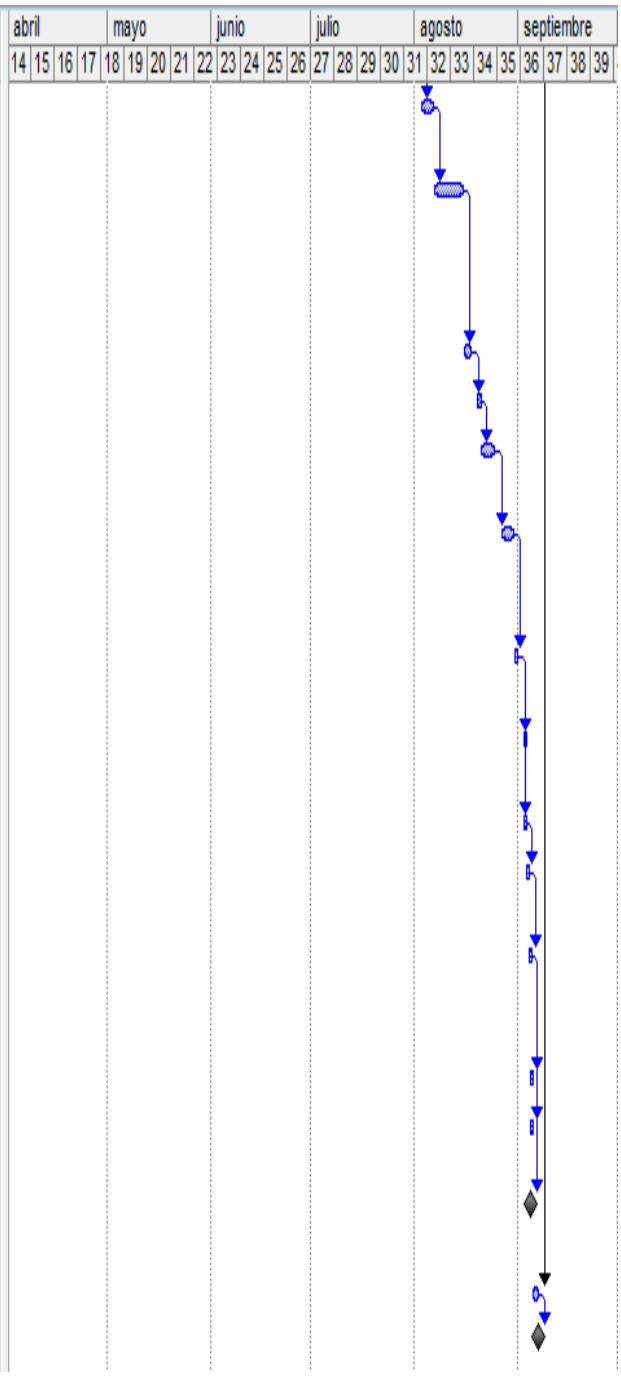


TABLA 40 (CONTINUACIÓN)

DIAGRAMA DE GANTT

EDT	Nombre de tarea	Duración
38.5	Modificación tuberías galvanizadas sistema bombeo UMA's	2 días
38.6	Instalación aislamiento térmico por todo el sistema de amoniaco; equipos, tuberías del refrigerante y lado de agua; tuberías agua helada en general	7 días
38.7	Instalación sensores de fugas de amoniac	2 días
38.8	Instalación sirenas auditivas y visuales	1 día
38.9	Trabajo de pintura de paredes, columnas, losa en general	4 días
38.10	Rotulación tuberías, equipos de climatización, UMA's, bombas agua helada y nuevo enfriador de agua	4 días
38.11	Proceso de vacío del aire presente dentro del sistema, con bombas de vacío	1 día
38.12	Proceso de carga de aceite al sistema, Capella 68	4 horas
38.13	Proceso de arranque en frío del nuevo enf	4 horas
38.14	Proceso de carga de refrigerante al sistema de refrigeración	1 día
38.15	Proceso de purgas de oxígeno y condensado presentes en tanque acumulador y evaporador	4 horas
38.16	Proceso calibración presostatos	4 horas
38.17	Proceso de pruebas de paradas y arranques de compresores	4 horas
38.18	Proceso verificación de todas las seguridades de control de operación	0 días
39	Pruebas finales a todos los equipos	2 días
40	Entrega final del proyecto completo	0 días



CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

- El presente proyecto cumple con los requerimientos del Protocolo de Montreal.

- Para las áreas de chocolates y oficinas de producción, las manejadoras 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 la 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.

- Los enfriadores de agua 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 amoniaco R-717.

5.2 Recomendaciones.

- Se recomienda usar sólo aquellos tipos de filtros comerciales descritos como filtros ásperos tipos paneles sintéticos plisado con

marco resistente de fijación o aquellos filtros comerciales llamados filtros finos tipo rígidos compactos; de ambos, el más económico es el primero y cumple con normas europeas y americanas.

- La capacidad actual de las bombas de agua helada son las correctas; pero se recomienda reemplazarlas con la nueva instalación de cisterna y red de tuberías; debido a que ya tienen una vida útil actual de 10 años.

- Los costos calculados en materiales; tanto para montajes y construcción; si el proyecto se estima aprobarlo para años posteriores, se recomienda estimar un incremento del 5% por cada año, para estimar costos reales aproximados a la realidad de aquel entonces.

- 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 de la altura del galpón 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 p ara 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.

APÉNDICES

APÉNDICE A

LISTADO DE PAISES QUE CONFORMAN EL PROTOCOLO DE MONTREAL

País	Firma Convenio de Viena	Firma Protocolo de Montreal	Ratificación* Convenio de Viena	Ratificación* Protocolo de Montreal	Ratificación* Enmienda de Londres	Ratificación* Enmienda de Copenhague	Ratificación* Enmienda de Montreal	Ratificación* Enmienda de Beijing
Albania			8.10.1999(Ad)	8.10.1999(Ad)				
Alemania4	22.3.1985	16.9.1987	30.9.1988(R)	16.12.1988(R)	27.12.1991(R)	28.12.1993(R)	5.1.1999(R)	28.10.2002(R)
Angola			17.5.2000(Ad)	17.5.2000(Ad)				
Antigua y Barbuda			3.12.1992(Ad)	3.12.1992(Ad)	23.2.1993(Ad)	19.7.1993(Ad)	10.2.2000(R)	
Arabia Saudita			1.3.1993(Ad)	1.3.1993 (Ad)	1.3.1993(Ad)	1.3.1993(Ad)		
Argelia			20.10.1992(Ad)	20.10.1992(Ad)	20.10.1992(Ad)	31.5.2000(R)		
Argentina 1	22.3.1985	29.6.1988	18.1.1990(R)	18.9.1990(R)	4.12.1992(R)	20.4.1995(Ad)	15.2.2001(R)	
Armenia			1.10.1999(Ad)	1.10.1999(Ad)				
Australia		8.6.1988	16.9.1987(Ad)	19.5.1989(R)	11.8.1992(Ac)	30.6.1994(Ac)	5.1.1999(Ac)	
Austria	16.9.1985	29.8.1988	19.8.1987(R)	3.5.1989(R)	11.12.1992(R)	19.9.1996(Ap)	7.8.2000(R)	
Azerbaiyán			12.6.1996(Ad)	12.6.1996(Ad)	12.6.1996(Ad)	12.6.1996(Ad)	28.9.2000(Ap)	
Bahamas			1.4.1993(Ad)	4.5.1993(Ad)	4.5.1993(Ad)	4.5.1993(Ad)		
Bahrein2			27.4.1990(Ad)	27.4.1990(Ad)	23.12.1992(Ac)	13.3.2001(R)	13.3.2001(R)	
Bangladesh			2.8.1990(Ad)	2.8.1990(Ad)	18.3.1994(R)	27.11.2000(Ac)	27.7.2001(Ac)	
Barbados			16.10.1992(Ad)	16.10.1992(Ad)	20.7.1994(Ac)	20.7.1994(Ac)		
Belarús	22.3.1985	22.1.1988	20.6.1986(Ac)	31.10.1988(Ac)	10.6.1996(R)			
Bélgica	22.3.1985	16.9.1987	17.10.1988(R)	30.12.1988(R)	5.10.1993(R)	7.8.1997(R)		
Belice			6.6.1997(Ad)	9.1.1998(Ad)	9.1.1998(Ad)	9.1.1998(Ad)		
Benin			1.7.1993(Ad)	1.7.1993(Ad)	21.6.2000(R)	21.6.2000(R)		
Bolivia			3.10.1994(Ad)	3.10.1994(Ad)	3.10.1994(Ad)	3.10.1994(Ad)	12.4.1999(Ad)	
Bosnia y Herzegovina			6.3.1992(Sc)	6.3.1992(Sc)	11.8.2003(Ad)	11.8.2003(Ad)	11.8.2003(Ad)	
Botswana			4.12.1991(Ad)	4.12.1991(Ad)	13.5.1997(Ad)	13.5.1997(Ad)		
Brasil			19.3.1990(Ad)	19.3.1990(Ad)	1.10.1992(Ac)	25.6.1997(R)		
Brunei Darussalam			26.7.1990(Ad)	27.5.1993(Ad)				
Bulgaria			20.11.1990(Ad)	20.11.1990(Ad)	28.4.1999(R)	28.4.1999(R)	24.11.1999(R)	15.4.2002(Ac)
Burkina Faso	12.12.1985	14.9.1988	30.3.1989(R)	20.7.1989(R)	10.6.1994(R)	12.12.1995(R)	11.11.2002(R)	11.11.2002(R)
Burundi			6.1.1997(Ad)	6.1.1997(Ad)	18.10.2001(Ac)	18.10.2001(Ac)	18.10.2001(Ac)	18.10.2001(Ac)
Cambodia			27.06.2001(Ad)	27.06.2001(Ad)				
Camerún			30.8.1989(Ad)	30.8.1989(Ad)	8.6.1992(Ac)	25.6.1996(Ac)		
Canadá	22.3.1985	16.9.1987	4.6.1986(R)	30.6.1988(R)	5.7.1990(Ac)	16.3.1994(R)	27.3.1998(R)	9.2.2001(Ac)
Cape Verde			31.7.2001(Ad)	31.7.2001(Ad)	31.7.2001(Ad)	31.7.2001(Ad)	31.7.2001(Ad)	
Chad			18.5.1989(Ad)	7.6.1994(R)	30.5.2001(R)	30.5.2001(R)		
Chile3	22.3.1985	14.6.1988	6.3.1990(R)	26.3.1990(R)	9.4.1992(Ac)	14.1.1994(R)	17.6.1998(R)	3.5.2000(R)

China14, 17, 20, 21			11.9.1989(Ad)	14.6.1991(Ad)	14.6.1991(Ad)	22.4.2003(Ad)		
Chipre			28.5.1992(Ad)	28.5.1992(Ad)	11.10.1994(Ac)	2.6.2003(Ac)	2.6.2003(Ac)	
Colombia			16.7.1990(Ad)	6.12.1993(Ad)	6.12.1993(Ad)	5.8.1997(Ac)	16.6.2003(Ad)	
Comoras			31.10.1994(Ad)	31.10.1994(Ad)	31.10.1994(Ad)	2.12.2002(Ad)	2.12.2002(Ad)	2.12.2002(Ad)
Comunidad Europea	22.3.1985	16.9.1987	17.10.1988(Ap)	16.12.1988(Ap)	20.12.1991(Ap)	20.11.1995(Ap)	17.11.2000(Ap)	25.3.2002(Ap)
Congo		15.9.1988	16.11.1994(Ad)	16.11.1994(Ad)	16.11.1994(R)	19.10.2001(Ad)	19.10.2001(Ad)	19.10.2001(Ad)
Congo, República Democrática de			30.11.1994(Ad)	30.11.1994(Ad)	30.11.1994(Ad)	30.11.1994(Ad)		
Corea, República de			27.2.1992(Ad)	27.2.1992(Ad)	10.12.1992(Ad)	2.12.1994(Ac)	19.8.1998(Ac)	
Corea, República Democrática Popular de			24.1.1995(Ad)	24.1.1995(Ad)	17.6.1999(Ad)	17.6.1999(Ad)	13.12.2001(Ad)	13.12.2001(Ad)
Costa Rica			30.7.1991(Ad)	30.7.1991(Ad)	11.11.1998(R)	11.11.1998(R)		
Côte d'Ivoire			5.4.1993(Ad)	5.4.1993(Ad)	18.5.1994(R)	8.10.2003(R)		
Croacia			8.10.1991(Sc)	8.10.1991(Sc)	15.10.1993(R)	11.2.1997(R)	8.9.2000(R)	25.4.2002(R)
Cuba			14.7.1992(Ad)	14.7.1992(Ad)	19.10.1998(R)	19.10.1998(Ap)		
Dinamarca12,13, 22	22.3.1985	16.9.1987	29.9.1988(R)	16.12.1988(R)	20.12.1991(Ad)	21.12.1993(Ac)	24.9.2003(Ac)	24.9.2003(Ac)
Djibouti			30.7.1999(Ad)	30.7.1999(Ad)	30.7.1999(Ad)	30.7.1999(Ad)	30.7.1999(Ad)	
Dominica			31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)			
Ecuador			10.4.1990(Ad)	30.4.1990(Ad)	23.2.1993(R)	24.11.1993(Ac)		
Egipto	22.3.1985	16.9.1987	9.5.1988(R)	2.8.1988(R)	13.1.1993(R)	28.6.1994(R)	20.7.2000(R)	
El Salvador			2.10.1992(Ad)	2.10.1992(Ad)	8.12.2000(Ad)	8.12.2000(Ad)	8.12.2000(Ad)	
Emiratos Árabes Unidos			22.12.1989(Ad)	22.12.1989(Ad)				
Eslovaquia			28.5.1993(Sc)	28.5.1993(Sc)	15.4.1994(Ap)	9.1.1998(Ad)	3.11.1999(Ap)	22.5.2002(R)
Eslovenia			6.7.1992(Sc)	6.7.1992(Sc)	8.12.1992(Ac)	13.11.1998(Ac)	15.11.1999(R)	23.1.2003(R)
España		21.7.1988	25.7.1988(Ad)	16.12.1988(R)	19.5.1992(Ac)	5.6.1995(Ac)	11.5.1999(Ac)	19.2.2002(Ac)
Estados Federados de Micronesia			3.8.1994(Ad)	6.9.1995(Ad)	27.11.2001(Ad)	27.11.2001(Ad)	27.11.2001(Ad)	27.11.2001(Ad)
Estados Unidos de América	22.3.1985	16.9.1987	27.8.1986(R)	21.4.1988(R)	18.12.1991(R)	2.3.1994(R)	1.10.2003(R)	1.10.2003(R)
Estonia			17.10.1996(Ad)	17.10.1996(Ad)	12.4.1999(R)	12.4.1999(R)	11.4.2003(Ad)	
Etiopía			11.10.1994(Ad)	11.10.1994(Ad)				
la ex República Yugoslava de Macedonia			10.3.1994(Sc)	10.3.1994(Sc)	9.11.1998(R)	9.11.1998(R)	31.8.1999(Ad)	23.5.2002(Ad)
Federación de Rusia	22.3.1985	29.12.1987	18.6.1986(Ac)	10.11.1988(Ac)	13.1.1992(Ac)			
Fiji			23.10.1989(Ad)	23.10.1989(Ad)	9.12.1994(Ad)	17.5.2000 (Ad)		
Filipinas		14.9.1988	17.7.1991(Ad)	17.7.1991(R)	9.8.1993(R)			
Finlandia	22.3.1985	16.9.1987	26.9.1986(R)	23.12.1988(R)	20.12.1991(Ad)	16.11.1993(Ac)	18.6.2001(Ac)	18.6.2001(Ac)
Francia	22.3.1985	16.9.1987	4.12.1987(Ap)	28.12.1988(Ap)	12.2.1992(Ap)	3.1.1996(Ap)	25.7.2003(Ap)	25.7.2003(Ap)
Gabón			9.2.1994(Ad)	9.2.1994(Ad)	4.12.2000(Ad)	4.12.2000(Ad)	4.12.2000(Ad)	4.12.2000(Ad)

Gambia			25.7.1990(Ad)	25.7.1990(Ad)	13.3.1995(R)			
Georgia			21.3.1996(Ad)	21.3.1996(Ad)	12.7.2000(Ad)	12.7.2000(Ad)	12.7.2000(Ad)	
Ghana		16.9.1987	24.7.1989(Ad)	24.7.1989(R)	24.7.1992(R)	9.4.2001(R)		
Granada			31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	7.12.1993(Ad)	20.5.1999(Ad)	20.5.1999(Ad)	
Grecia	22.3.1985	29.10.1987	29.12.1988(R)	29.12.1988(R)	11.5.1993(R)	30.1.1995(R)		
Guatemala			11.9.1987(Ad)	7.11.1989(Ad)				
Guinea			25.6.1992(Ad)	25.6.1992(Ad)	25.6.1992(Ad)			
Guinea Bissau			12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)
Guyana			12.8.1993(Ad)	12.8.1993(Ad)	23.7.1999(Ac)	23.7.1999(Ac)	23.7.1999(Ac)	
Haití			29.3.2000(Ad)	29.3.2000(Ad)	29.3.2000(Ad)	29.3.2000(Ad)	29.3.2000(Ad)	
Honduras			14.10.1993(Ad)	14.10.1993(Ad)	24.1.2002(R)	24.1.2002(R)		
Hungría			4.5.1988(Ad)	20.4.1989(Ad)	9.11.1993(Ap)	17.5.1994(Ad)	26.7.1999(R)	23.4.2002(Ap)
India			18.3.1991(Ad)	19.6.1992(Ad)	19.6.1992(Ad)	3.3.2003(Ad)	3.3.2003(Ad)	3.3.2003(Ad)
Indonesia		21.7.1988	26.6.1992(Ad)	26.6.1992(R)	26.6.1992(Ad)	10.12.1998(Ad)		
Irán, República Islámica de			3.10.1990(Ad)	3.10.1990(Ad)	4.8.1997(Ac)	4.8.1997(Ac)	17.10.2001(Ac)	
Irlanda		15.9.1988	15.9.1988(Ad)	16.12.1988(R)	20.12.1991(Ac)	16.4.1996(Ac)		
Islandia			29.8.1989(Ad)	29.8.1989(Ad)	16.6.1993(Ad)	15.3.1994(R)	8.2.2000(R)	
Islas Marshall			11.3.1993(Ad)	11.3.1993(Ad)	11.3.1993(Ad)	24.5.1993(Ad)	27.1.2003(Ad)	
Islas Salomón			17.6.1993(Ad)	17.6.1993(Ad)	17.8.1999(Ad)	17.8.1999(Ad)	17.8.1999(Ad)	
Israel11		14.1.1988	30.6.1992(Ad)	30.6.1992(R)	30.6.1992(R)	5.4.1995(R)	28.5.2003(R)	
Italia	22.3.1985	16.9.1987	19.9.1988(R)	16.12.1988(R)	21.2.1992(Ap)	4.1.1995(R)	1.5.2001(R)	
Jamahiriya Árabe Libia			11.7.1990(Ad)	11.7.1990(Ad)	12.7.2001(Ad)			
Jamaica			31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	6.11.1997(R)	24.9.2004(Ad)	24.9.2004(Ad)
Japón		16.9.1987	30.9.1988(Ad)	30.9.1988(Ac)	4.9.1991(Ac)	20.12.1994(Ac)	30.8.2002(Ac)	30.8.2002(Ac)
Jordania			31.5.1989(Ad)	31.5.1989(Ad)	12.11.1993(R)	30.6.1995(R)	3.2.1999(R)	1.2.2001(R)
Kazajstán			26.8.1998(Ad)	26.8.1998(Ad)	26.7.2001(Ad)			
Kenya		16.9.1987	9.11.1988(Ad)	9.11.1988(R)	27.9.1994(R)	27.9.1994(R)	12.7.2000(R)	
Kirguistán			31.5.2000(Ad)	31.5.2000(Ad)	13.5.2003(R)	13.5.2003(R)	13.5.2003(R)	
Kiribati			7.1.1993(Ad)	7.1.1993(Ad)				
Kuwait			23.11.1992(Ad)	23.11.1992(Ad)	22.7.1994(Ad)	22.7.1994(Ad)	13.6.2003(Ad)	
Lesotho			25.3.1994(Ad)	25.3.1994(Ad)				
Letonia			28.4.1995(Ad)	28.4.1995(Ad)	2.11.1998(Ac)	2.11.1998(Ac)	14.6.2002(Ac)	
Líbano			30.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	31.7.2000(Ad)	31.7.2000(Ad)	
Liberia			15.1.1996(Ad)	15.1.1996(Ad)	15.1.1996(Ad)	15.1.1996(Ad)		
Liechtenstein			8.2.1989(Ad)	8.2.1989(Ad)	24.3.1994(R)	22.11.1996(Ad)		
Lituania			18.1.1995(Ad)	18.1.1995(Ad)	3.2.1998(R)	3.2.1998(R)		
Luxemburgo	17.4.1985	29.1.1988	17.10.1988(R)	17.10.1988(R)	20.5.1992(R)	9.5.1994(R)	8.2.1999(R)	22.1.2001(R)
Madagascar			7.11.1996(Ad)	7.11.1996(Ad)	16.1.1002(Ad)	16.1.2002(Ad)	16.1.2002(Ad)	16.1.2002(Ad)
Malasia		9	29.8.1989(Ad)	29.8.1989(Ad)	16.6.1993(Ad)	5.8.1993(Ad)	26.10.2001(R)	26.10.2001(R)
Malawi			9.1.1991(Ad)	9.1.1991(Ad)	8.2.1994(Ac)	28.2.1994(Ad)		
Maldivas		12.7.1988	26.4.1988(Ad)	16.5.1989(R)	31.7.1991(R)	27.9.2001(R)	27.9.2001(R)	3.9.2002(Ad)

Malí			28.10.1994(Ad)	28.10.1994(Ad)	28.10.1994(Ad)	7.3.2003(Ac)	7.3.2003(Ac)	
Malta		15.9.1988	15.9.1988(Ad)	29.12.1988(R)	4.2.1994(Ap)			
Marruecos	7.2.1986	7.1.1988	28.12.1995(R)	28.12.1995(R)	28.12.1995(Ad)	28.12.1995(Ad)		
Mauricio5			18.8.1992(Ad)	18.8.1992(Ad)	20.10.1992(Ad)	30.11.1993(R)	24.3.2003(Ac)	24.3.2003(Ac)
Mauritania			26.5.1994(Ad)	26.5.1994(Ad)				
México	1.4.1985	16.9.1987	14.9.1987(R)	31.3.1988(Ac)	11.10.1991(Ac)	16.9.1994(Ac)		
Moldova			24.10.1996(Ad)	24.10.1996(Ad)	25.6.2001(Ad)	25.6.2001(Ad)		
Mónaco			12.3.1993(Ad)	12.3.1993(Ad)	12.3.1993(Ad)	15.6.1999(Ac)	26.7.2001(Ac)	3.4.2003(Ac)
Mongolia			7.3.1996(Ad)	7.3.1996(Ad)	7.3.1996(Ad)	7.3.1996(Ad)	28.3.2002(R)	
Mozambique			9.9.1994(Ad)	9.9.1994(Ad)	9.9.1994(Ad)	9.9.1994(Ad)		
Myanmar			24.11.1993(Ad)	24.11.1993(Ad)	24.11.1993(Ad)			
Namibia			20.9.1993(Ad)	20.9.1993(Ad)	6.11.1997(R)	28.7.2003(Ac)		
Nauru			12.11.2001(Ad)	12.11.2001(Ad)				
Nepal			6.7.1994(Ad)	6.7.1994(Ad)	6.7.1994(Ad)			
Nicaragua			5.3.1993(Ad)	5.3.1993(Ad)	13.12.1999(R)	13.12.1999(R)		
Níger			9.10.1992(Ad)	9.10.1992(Ad)	11.1.1996(Ad)	8.10.1999(R)	8.10.1999(R)	
Nigeria			31.10.1988(Ad)	31.10.1988(Ad)	27.9.2001(R)	27.9.2001(R)	27.9.2001(R)	
Noruega	22.3.1985	16.9.1987	23.9.1986(R)	24.6.1988(R)	18.11.1991(R)	3.9.1993(R)	30.12.1998(R)	29.11.2001(R)
Nueva Zelandia7, 18	21.3.1986	16.9.1987	2.6.1987(R)	21.7.1988(R)	1.10.1990(Ac)	4.6.1993(R)	3.6.1999(R)	8.6.2001(R)
Omán			30.6.1999(Ad)	30.6.1999(Ad)	5.8.1999(Ad)	5.8.1999(Ad)		
Países Bajos6	22.3.1985	16.9.1987	28.9.1988(Ad)	16.12.1988(Ac)	20.12.1991(Ac)	25.4.1994(Ad)	21.2.2000(Ac)	13.11.2001(Ac)
Pakistán			18.12.1992(Ad)	18.12.1992(Ad)	18.12.1992(Ad)	17.2.1995(R)		
Palau			29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)
Panamá		16.9.1987	13.2.1989(Ad)	3.3.1989(R)	10.2.1994(R)	4.10.1996(Ad)	5.3.1999(R)	5.12.2001(R)
Papua Nueva Guinea			27.10.1992(Ad)	27.10.1992(Ad)	4.5.1993(Ad)	7.10.2003(Ad)		
Paraguay			3.12.1992(Ad)	3.12.1992(Ad)	3.12.1992(Ad)	27.4.2001(R)	27.4.2001(R)	
Perú	22.3.1985		7.4.1989(R)	31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	7.6.1999(Ad)		
Polonia			13.7.1990(Ad)	13.7.1990(Ad)	2.10.1996(Ad)	2.10.1996(Ad)	6.12.1999(R)	
Portugal8, 16		16.9.1987	17.10.1988(Ad)	17.10.1988(R)	24.11.1992(R)	24.2.1998(R)	3.10.2003(R)	
Qatar			22.1.1996(Ad)	22.1.1996(Ad)	22.1.1996(Ad)	22.1.1996(Ad)		
Reino Unido10,15	20.5.1985	16.9.1987	15.5.1987(R)	16.12.1988(R)	20.12.1991(R)	4.1.1995(R)	12.10.2001(Ad)	12.10.2001(Ad)
República Árabe Siria			12.12.1989(Ad)	12.12.1989(Ad)	30.11.1999(Ad)	30.11.1999(Ad)	30.11.1999(Ad)	
República Centroafricana			29.3.1993(Ad)	29.3.1993(Ad)				
República Checa			1.1.1993(Sc)	1.1.1993(Sc)	18.12.1996(Ad)	18.12.1996(Ad)	5.11.1999(Ap)	9.5.2001(Ac)
República Democrática Popular Lao			21.8.1998(Ad)	21.8.1998(Ad)				
República Dominicana			18.5.1993(Ad)	18.5.1993(Ad)	24.12.2001(Ad)	24.12.2001(Ad)		
Rumania			27.1.1993(Ad)	27.1.1993(Ad)	27.1.1993(Ad)	28.11.2000(Ac)	21.5.2001(R)	
Rwanda			11.10.2001(Ad)	11.10.2001(Ad)				

Saint Kitts y Nevis			10.8.1992(Ad)	10.8.1992(Ad)	8.7.1998(Ad)	8.7.1998(R)	25.2.1999(R)	
Sao Tome and Principe			19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)
Samoa			21.12.1992(Ad)	21.12.1992(Ad)	4.10.2001(Ac)	4.10.2001(Ac)	4.10.2001(Ac)	4.10.2001(Ac)
San Vicente y las Granadinas			2.12.1996(Ad)	2.12.1996(Ad)	2.12.1996(Ad)	2.12.1996(Ad)		
Santa Lucía			28.7.1993(Ad)	28.7.1993(Ad)	24.8.1999(Ad)	24.8.1999(Ad)	24.8.1999(Ad)	12.12.2001(R)
Senegal		16.9.1987	19.3.1993(Ad)	6.5.1993(R)	6.5.1993(R)	12.8.1999(Ad)	12.8.1999(Ad)	8.10.2003(R)
Serbia y Montenegro			16.4.1990(Ad)	3.1.1991(Ad)				
Seychelles			6.1.1993(Ad)	6.1.1993(Ad)	6.1.1993(Ad)	27.5.1993(R)	26.8.2002(Ad)	26.8.2002(Ad)
Sierra Leone			29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)
Singapur			5.1.1989(Ad)	5.1.1989(Ad)	2.3.1993(Ad)	22.9.2000(Ad)	22.9.2000(Ad)	
Somalia			1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)
Sri Lanka			15.12.1989(Ad)	15.12.1989(Ad)	16.6.1993(Ad)	7.7.1997(Ad)	20.8.1999(Ad)	
Sudáfrica			15.1.1990(Ad)	15.1.1990(Ad)	12.5.1992(Ad)	13.3.2001(Ad)		
Sudán			29.1.1993(Ad)	29.1.1993(Ad)	2.1.2002(Ad)	2.1.2002(Ad)		
Suecia	22.3.1985	16.9.1987	26.11.1986(R)	29.6.1988(R)	2.8.1991(R)	9.8.1993(R)	12.7.1999(R)	28.3.2002(R)
Suiza	22.3.1985	16.9.1987	17.12.1987(R)	28.12.1988(R)	16.9.1992(R)	16.9.1996(R)	28.8.2002(R)	28.8.2002(R)
Suriname			14.10.1997(Ad)	14.10.1997(Ad)				
Swazilandia			10.11.1992(Ad)	10.11.1992(Ad)				
Tailandia		15.9.1988	7.7.1989(Ad)	7.7.1989(R)	25.6.1992(R)	1.12.1995(R)	23.6.2003(R)	
Tanzanía, República Unida de			7.4.1993(Ad)	16.4.1993(Ad)	16.4.1993(Ad)			
Tayikistán			6.5.1996(Ad)	7.1.1998(Ad)	7.1.1998(Ad)			
Togo		16.9.1987	25.2.1991(Ad)	25.2.1991(R)	6.7.1998(Ac)	6.7.1998(Ac)	26.11.2001(Ac)	26.11.2001(Ac)
Tonga			29.7.1998(Ad)	29.7.1998(Ad)				
Trinidad y Tabago			28.8.1989(Ad)	28.8.1989(Ad)	10.6.1999(R)	10.6.1999(R)	10.6.1999(R)	29.10.2003(R)
Túnez			25.9.1989(Ad)	25.9.1989(Ad)	15.7.1993(Ad)	2.2.1995(Ad)	19.10.1999(R)	
Turkmenistán			18.11.1993(Ad)	18.11.1993(Ad)	15.3.1994(Ad)			
Turquía			20.9.1991(Ad)	20.9.1991(Ad)	13.4.1995(R)	10.11.1995(R)	24.10.2003(R)	24.10.2003(R)
Tuvalu			15.7.1993(Ad)	15.7.1993(Ad)	31.8.2000(Ac)	31.8.2000(Ac)	31.8.2000(Ac)	
Ucrania	22.3.1985	18.2.1988	18.6.1986(Ac)	20.9.1988(Ac)	6.2.1997(R)	4.4.2002(R)		
Uganda		15.9.1988	24.6.1988(Ad)	15.9.1988(R)	20.1.1994(R)	22.11.1999(Ad)	23.11.1999(Ad)	
Uruguay			27.2.1989(Ad)	8.1.1991(Ad)	16.11.1993(R)	3.7.1997(Ad)	16.2.2000 (Ad)	9.9.2003(Ad)
Uzbekistán			18.5.1993(Ad)	18.5.1993(Ad)	10.6.1998(Ad)	10.6.1998(Ad)		
Vanuatu			21.11.1994(Ad)	21.11.1994(Ad)	21.11.1994(Ac)	21.11.1994(Ac)		
Venezuela		16.9.1987	1.9.1988(Ad)	6.2.1989(R)	29.7.1993(R)	10.12.1997(R)	13.5.2002(R)	
Viet Nam			26.1.1994(Ad)	26.1.1994(Ad)	26.1.1994(Ad)	26.1.1994(Ad)		
Yemen			21.2.1996(Ad)	21.2.1996(Ad)	23.4.2001(Ad)	23.4.2001(Ad)	23.4.2001(Ad)	
Zambia			24.1.1990(Ad)	24.1.1990(Ad)	15.4.1994(R)			
Zimbabwe			3.11.1992(Ad)	3.11.1992(Ad)	3.6.1994(R)	3.6.1994(R)		

Convenios / Protocolos	Viena	Montreal	Viena	Montreal	Londres	Copenhague	Montreal	Beijing
Total	28	46	185	184	166	154	107	57

APÉNDICE B

DIMENSIONES DE LOS TUBOS DE ACERO, EN UNIDADES INGLESAS Y DEL SISTEMA INTERNACIONAL

Tamaño nominal del tubo, pulg	Número de cédula	Diámetro				Grueso de pared		Área de la sección transversal interior	
		Diámetro ext.		Diámetro int.					
		pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	ft²	10^{-3} m²
$\frac{1}{4}$	40	0.540	13.7	0.364	9.25	0.088	2.23	0.00072	0.067
	80			0.302	7.67	0.119	3.02	0.00050	0.046
$\frac{3}{8}$	40	0.675	17.1	0.493	12.5	0.091	2.31	0.00133	0.124
	80			0.423	10.7	0.126	3.20	0.00098	0.091
$\frac{1}{2}$	40	0.840	21.3	0.622	15.8	0.109	2.77	0.00211	0.196
	80			0.546	13.9	0.147	3.73	0.00163	0.151
$\frac{3}{4}$	40	1.050	26.7	0.824	20.9	0.113	2.87	0.00371	0.345
	80			0.742	18.8	0.154	3.91	0.00300	0.279
1	40	1.315	33.4	1.049	26.6	0.133	3.38	0.00600	0.557
	80			0.957	24.3	0.179	4.55	0.00499	0.464
$1\frac{1}{2}$	40	1.900	48.3	1.610	40.9	0.145	3.68	0.01414	1.314
	80			1.500	38.1	0.200	5.08	0.01225	1.138
2	40	2.375	60.3	2.067	52.5	0.154	3.91	0.02330	2.165
	80			1.939	49.3	0.218	5.54	0.02050	1.905
$2\frac{1}{2}$	40	2.875	73.0	2.469	62.7	0.203	5.16	0.03322	3.086
	80			2.323	59.0	0.276	7.01	0.02942	2.733
3	40	3.500	88.9	3.068	77.9	0.216	5.49	0.05130	4.766
	80			2.900	73.7	0.300	7.62	0.04587	4.262
4	40	4.500	114.3	4.026	102.3	0.237	6.02	0.08840	8.213
	80			3.826	97.2	0.337	8.56	0.07986	7.419
5	40	5.563	141.3	5.047	128.1	0.258	6.55	0.1390	12.91
	80			4.813	122.3	0.375	9.53	0.1263	11.73
6	40	6.625	168.3	6.065	154.1	0.280	7.11	0.2006	18.64
	80			5.761	146.3	0.432	11.0	0.1810	16.82
8	40	8.625	219.1	7.981	202.7	0.322	8.18	0.3474	32.28
	80			7.625	193.7	0.500	12.7	0.3171	29.46
10	40	10.75	273.1	10.020	254.5	0.365	9.27	0.5475	50.86
	80			9.750	247.7	0.500	12.7	0.5185	48.17

APÉNDICE C

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

Temperatura (°F)	Densidad (slugs/pie^3)	Peso específico[b], (lb/pie^3)	Viscosidad dinámica, (lb·s/pie^2)	Viscosidad cinemática, (pies^2/s)	Tensión superficial[c], (lb/pie)	Presión de vapor, p_v [lb/pulg^2 (abs.)]	Velocidad del sonido[d], c (pies/s)
32	1.940	62.42	3.732 E-5	1.924 E-5	5.18 E-3	8.854 E-2	4603
40	1.940	62.43	3.228 E-5	1.664 E-5	5.13 E-3	1.217 E-1	4672
50	1.940	62.41	2.730 E-5	1.407 E-5	5.09 E-3	1.781 E-1	4748
60	1.938	62.37	2.344 E-5	1.210 E-5	5.03 E-3	2.563 E-1	4814
70	1.936	62.30	2.037 E-5	1.052 E-5	4.97 E-3	3.631 E-1	4871
80	1.934	62.22	1.791 E-5	9.262 E-6	4.91 E-3	5.069 E-1	4819
90	1.931	62.11	1.500 E-5	8.233 E-6	4.86 E-3	6.979 E-1	4960
100	1.927	62.00	1.423 E-5	7.383 E-6	4.79 E-3	9.493 E-1	4995
120	1.918	61.71	1.164 E-5	6.067 E-6	4.67 E-3	1.692 E+0	5049
140	1.908	61.38	9.743 E-6	5.106 E-6	4.53 E-3	2.888 E+0	5091
160	1.896	61.00	8.315 E-6	4.385 E-6	4.40 E-3	4.736 E+0	5101
180	1.883	60.58	7.207 E-6	3.827 E-6	4.26 E-3	7.507 E+0	5195
200	1.869	60.12	6.342 E-6	3.393 E-6	4.12 E-3	1.152 E+1	5089
212	1.860	59.83	5.886 E-6	3.165 E-6	4.04 E-3	1.469 E+1	5062

[a] Con base en datos del *Handbook of Chemistry and Physics*, 69ª edición, CRC Press, 1988. Cuando fue necesario, los valores se obtuvieron por interpolación.

[b] La densidad y el peso específico están relacionados a través de la ecuación $\gamma = \rho g$. Para esta tabla, $g = 32.174$ pies/s^2.

[c] En contacto con el aire.

[d] Tomado de R. D. Blevins, *Applied Fluid Dynamics Handbook*, Van Nostrand Reinhold Co., Inc., Nueva York, 1984.

BIBLIOGRAFÍA

1. AEFIMCP, Tablas de Vapor, Editorial Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002-2003

2. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS, Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, Duodécima Edición, 1995

3. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING, AND AIR - CONDITIONING, ENGINEERS, INC, Seguridad en el Manejo de los Equipos de Refrigeración con Amoniaco, Manual de Capacitación, Capítulo Guadalajara 2007

4. ANDRADE FRANCISCO, Manual de Estudio de Ventilación Industrial

5. 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)

6. AVALLONE EUGENE A. Y BAUMEISTER III THEODORE, Manual del Ingeniero Mecánico, Tercera Edición, Tomo 1, Editorial McGraw – Hill

7. 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)

8. DOCUMENTACIÓN SOBRE CHARLA DE AISLAMIENTOS TÉRMICOS, LA LLAVE S.A.

9. ESCODA SALVADOR, Manual Práctico de Ventilación, Catálogo Técnico, Segunda Edición, Editorial S&P

10. FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN, Guía para la Elaboración de Tesis de Grado, Editorial Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003

11. CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY, Handbook o fair conditioning system design, Cuarta Edición, Editorial McGraw – Hill Book Company

12. http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Montreal

13. http://ozone.unep.org/spanish

14. http://www.unep.ch/ozone/spanish/ratif-sp.shtml

15. MANUAL DEL CONVENIO DE VIENA PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO, Séptima Edición, PNUMA, 2006

16. 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

17. MUNSON BRUCE R. Y YOUNG DONALD F, Fundamentos de Mecánica de Fluidos, Primera Edición, Editorial Limusa S.A. de C.V, 1999

18. PRODUCTION AND CONSUMPTION OF OZONE DEPLETING SUBSTANCES UNDER THE MONTREAL PROTOCOL, UNEP, 2005