

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



Propuesta de diseño de cuarto frío para el Departamento de  
Ingeniería en Alimentos en el Centro de Innovación y Tecnología de  
la Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo de Graduación presentado por Manuel José Castro Godínez  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala

2021



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería




Propuesta de diseño de cuarto frío para el Departamento de  
Ingeniería en Alimentos en el Centro de Innovación y Tecnología de  
la Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo de Graduación presentado por Manuel José Castro Godínez  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica


Guatemala

2021


Vo.Bo.:

(f)   
Ing. Andrés Viau

Tribunal Examinador:

(f)   
Ing. Rony Herrarte

(f)   
Ing. Víctor Ayerdi

(f)   
Ing. Andrés Viau

Fecha de aprobación: Guatemala 19 de Junio del 2018

## RESUMEN

El departamento de Ingeniería en Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala cuenta con cuartos fríos, los cuales se encuentran en el laboratorio de operaciones unitarias. El propósito de estos es conservar Para su posterior uso en las prácticas de los estudiantes de ingeniería de alimentos. Para los siguientes años dicho departamento tiene planeado hacer un cuarto similar en el Centro de Innovación y Tecnología que cumpla con ciertos requerimientos.

El propósito del trabajo es diseñar un cuarto frío que se ajuste a las necesidades y requisitos se componen de carga térmica, cuantificación de materiales, selección de equipo y propuesta para una ruta de tubería.

Es importante mencionar que para los cálculos de carga térmica se tomarán en cuenta estándares internacionales de la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Estos se harán con apoyo de un programa ampliamente usado en la industria de refrigeración. La cuantificación de materiales se hará a manera que la cantidad de materiales usados sea la mínima posible y acorde al espacio destinado a la construcción del cuarto frío.

Según los requerimientos recabados se determinó que se tiene planeado construir cuatro cuartos fríos. Uno congelado, uno de frutas y verduras, otro para lácteos y finalmente uno para cárnicos. Para los cuales se usarán 7 planchas de 11.9 metros de largo y 1.12 metros de ancho. Se van a usar puertas abatibles de 2.1 metros por 0.9 metros de ancho con sus respectivas cortinas plásticas. Las cargas térmicas calculadas fueron bastante bajas comparadas con proyectos industriales, esto debido a que la aplicación es para una planta piloto. La carga para el cuarto congelado fue de 11129 BTU/h con una humedad relativa de 90%. Para el cuarto de lácteos la carga es de 5514 BTU/h con humedad relativa del 80%. En la cámara de cárnicos se obtuvo un valor de 5120 Btu/h con humedad relativa de 90%. Por último, el cuarto de frutas y verduras se obtuvo un valor de 8952 BTU/h con una humedad relativa del 95%.

La ruta de la tubería no fue posible trazarla ya que en el plano no existía un lugar en donde estuvieran ubicados los cuartos fríos. Razón por la cual se hizo una tabla de largos equivalentes y diámetros de tubería comercial que se deberían de usar. Los diámetros varían desde 3/8 de pulgada hasta 1 pulgada y 1/8. Los largos equivalentes van hasta 200 pies.

Finalmente se trazaron planos, en donde se sugiere en donde se debe de colocar los evaporadores dentro de las cámaras de refrigeración.

El costo total de los equipos de refrigeración es de \$39,420.00

El costo total de la construcción de los cuartos fríos es de Q88, 251.78

## ÍNDICE

RESUMEN .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE ECUACIONES .....	viii
LISTA DE CUADROS .....	ixiii
I.INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
V.METODOLOGÍA Y RESULTADOS.....	75
VI.CONCLUSIONES .....	129
VIII.BIBLIOGRAFÍA .....	131
IX. ANEXOS.....	132

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de presión-entalpía .....	11
Figura 2. Evaporador de un tubo .....	13
Figura 3. Evaporador con relieve .....	14
Figura 4. Evaporador con aletas y convección forzada .....	14
Figura 5. Evaporador con aletas .....	14
Figura 6. Unidad condensadora enfriada por aire .....	16
Figura 7. Condensador de tubo dentro de tubo.....	16
Figura 8. Condensador de coraza y serpentín.....	17
Figura 9. Condensador de tubo y coraza enfriado por agua .....	17
Figura 10. Condensador con aletas y flujo forzado .....	18
Figura 11. Condensador con flujo vertical .....	18
Figura 12. Funcionamiento de condensador de flujo vertical .....	19
Figura 13. Proceso enfriado de refrigerante en condensador .....	19
Figura 14. Compresor hermético soldado .....	21
Figura 15. Compresor abierto.....	21
Figura 16. Compresor de tornillo .....	22
Figura 17. Compresor giratorio .....	22
Figura 18. Partes de la válvula txv .....	24
Figura 18. Clases de evaporadores de aire forzado .....	26
Figura 19. Calculo rápido para aproximaciones de carga térmica .....	27
Figura 20. Promedios diarios de carga de producto en libras según volumen de cámara... 28	
Figura 21. Espesores de aislamientos recomendados para cuartos .....	29
Figura 22. Cambios de aire promedio en 24 horas según volumen de cámara para media temperatura .....	30
Figura 23. Cambios de aire promedio en 24 horas según volumen de cámara para baja temperatura .....	31
Figura 24. Calor removido por infiltraciones de aire exterior.....	31
Figura 25. Calor equivalente de motores eléctricos .....	33
Figura 26. Ganancia de calor debido a montacargas operado con batería .....	34
Figura 27. Calor equivalente de ocupación .....	35
Figura 28. Cambios de aire recomendados por hora .....	39
Figura 29. Efectos de la altitud en los equipos enfriados por aire.....	40
Figura 30. Ubicación recomendada de los evaporadores .....	40
Figura 31. Arreglo de evaporadores para cuartos.....	42
Figura 32. Mezclas alternativas Al R-12.....	46
Figura 33. Mezclas alternativas Al R-502.....	46
Figura 34. Carga admisible para dos apoyos en diferentes espesores de panel .....	51
Figura 35. Carga admisible para varios apoyos en diferentes espesores de panel .....	52
Figura 36. Propiedades térmicas y de ancho útil para paneles de varios espesores. ....	53

Figura 38. Panel isoterm 1125.....	53
Figura 39. Propiedades térmicas y físicas para panel isoterm 1000.....	54
Figura 40. Panel istorm 1000.....	54
Figura 41. Formas de aislar suelos en montaje de cámaras frigoríficas.....	56
Figura 42. Detalles de remataria o perfilería interior.....	57
Figura 43. Detalle de perfil interior con fijaciones.....	57
Figura 44. Montaje de panel al suelo con perfil C.....	58
Figura 45. Montaje de panel al suelo con angulares.....	58
Figura 46. Detalle de perfilería exterior por desnivel.....	58
Figura 47. Montaje de cuarto frío sin perfilería exterior.....	60
Figura 48. Montaje de techo en cámara frigorífica.....	60
Figura 49. Montaje de techo mediante suspensión de apoyos intermedios.....	61
Figura 50. Alternativa de montaje de techo mediante suspensión de apoyos intermedios. .	62
Figura 51. Llenado de espacios vacíos con espuma de poliuretano.....	62
Figura 52. Junta de dos paneles térmicos con sellos.....	63
Figura 53. Sello de poliuretano elástico de alto desempeño. ....	63
Figura 54. Sello de butilo en unión de panel.....	64
Figura 55. Sujeción de panel mediante tornillo de ¾ de pulgada.....	65
Figura 56. Sujeción de panel a perfil interior (angular anclado al suelo) con tornillo de ¾ de pulgada.....	65
Figura 57. Fijación de perfil interior al panel con tornillo de ¾ de pulgada.....	66
Figura 58. Fijación de perfil interior.....	67
Figura 59. Fijación perfil exterior.....	68
Figura 60. Fijación perfil C.....	69
Figura 61. Caídas de presión y temperatura admisibles para R22.....	71
Figura 61. Raiser o tubería vertical en distintas configuraciones.....	74
Figura 62. Carga de transmisión en paredes cuarto lácteos.....	78
Figura 63. Carga de infiltraciones para cuarto de lácteos.....	79
Figura 64. Carga por producto para cuarto de lácteos.....	80
Figura 65. Carga miscelánea para cuarto de lácteos.....	81
Figura 66. Carga total para cuarto de lácteos.....	82
Figura 67. Carga por transmisión en paredes para cuarto de frutas y verduras.....	83
Figura 68. Carga de infiltraciones para cuarto de frutas y verduras.....	84
Figura 69. Carga por producto para cuarto de frutas y verduras parte I.....	85
Figura 70. Carga por producto para cuarto de frutas y verduras parte II.....	86
Figura 71. Carga por producto para cuarto de frutas y verduras parte III.....	87
Figura 72. Carga por producto para cuarto de frutas y verduras parte IV.....	88
Figura 73. Carga miscelánea para cuarto de frutas y verduras.....	89
Figura 74. Carga total para cuarto de frutas y verduras.....	90
Figura 75. Carga por transmisión en paredes para cuarto de carnes.....	91
Figura 76. Carga de infiltraciones para cuarto de carnes.....	92
Figura 77. Carga por producto para cuarto de carnes.....	93

Figura 78. Carga miscelánea para cuarto de carnes .....	94
Figura 79. Carga total para cuarto de carnes .....	95
Figura 80. Carga por transmisión en paredes de cuarto congelado .....	96
Figura 81. Carga de infiltraciones para cuarto congelado .....	97
Figura 82. Carga por producto de cuarto congelado .....	98
Figura 83. Carga miscelánea de cuarto congelado .....	99
Figura 84. Resumen cargas cuarto congelado .....	100
Figura 85. Planos de los cuartos fríos.....	101
Figura 86. Modulación de panel corrido .....	102
Figura 87. Modulación muros con cinteles .....	103
Figura 88. Modulación de techo opción 1 .....	104
Figura 89. Modulación de techo opción 2 .....	105
Figura 90. Altitud de la Universidad del Valle De Guatemala.....	110
Figura 91. Ingreso carga cuarto lácteos.....	111
Figura 92. Ingreso preferencias equipo altitud y humedad relativa de la cámara de lácteos .....	112
Figura 93. Selección del equipo cámara de lácteos.....	113
Figura 94. Resumen de equipo y precio equipo cámara lácteos.....	114
Figura 95. Ingreso carga cámara frutas y verduras.....	115
Figura 96. Ingreso preferencias equipo altitud y humedad relativa de la cámara frutas y verduras .....	116
Figura 97. Selección del equipo cámara frutas y verduras.....	117
Figura 98. Resumen de equipo y precio equipo cámara frutas y verduras.....	118
Figura 99. Ingreso carga cámara carnes .....	119
Figura 100. Ingreso preferencias equipo altitud y humedad relativa de la cámara carnes .	120
Figura 101. Selección del equipo cámara de carnes.....	121
Figura 102. Resumen de equipo y precio equipo cámara carnes .....	122
Figura 103. Ingreso carga cámara congelada .....	123
Figura 104. Ingreso preferencias equipo altitud y humedad relativa de la cámara congelada .....	124
Figura 105. Selección del equipo cámara congelada.....	125
Figura 106. Resumen de equipo y precio equipo cámara congelada .....	126
Figura 107. Carta del departamento de ingeniería en alimentos .....	132
Figura 108. Ingreso valores para modulación dintel opción 1 .....	133
Figura 109. Patrones de corte y resultados de rendimiento para dintel opción 1 .....	133
Figura 110. Ingreso valores para modulación dintel opción 2 .....	133
Figura 111. Patrones de corte y resultados de rendimiento para dintel opción 1 .....	133
Figura 112. Ingreso valores para modulación corrido opción 1 .....	134
Figura 113. Patrones de corte y resultados de rendimiento para corrido opción 1 .....	134
Figura 114. Ingreso valores para modulación corrido opción 2.....	134
Figura 115. Patrones de corte y resultados de rendimiento para corrido opción 2 .....	135
Figura 116. Ubicación de los equipos .....	135

Figura 117. Evaporador para cuarto de lácteos .....	136
Figura 118. Evaporador para cuarto de frutas y verduras .....	137
Figura 119. Evaporador para cuarto de carnes .....	137
Figura 120. Evaporador cuarto congelado.....	138

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Transferencia de calor por conducción.....	6
Ecuación 2. Transferencia de calor por conducción.....	7
Ecuación 3. Radiación emitida por un cuerpo.....	8
Ecuación 4. Transferencia de calor por radiación .....	8
Ecuación 5. Relación de compresión en compresores.....	20
Ecuación 7. Estimación de calor específico por encima del punto de congelación .....	36
Ecuación 8. Estimación de calor específico por debajo del punto de congelación .....	36
Ecuación 9. Estimación del calor latente.....	36
Ecuación 10. Factor de corrección por abatimiento. ....	39
Ecuación 11. Cambios de aire .....	39
Ecuación 12. Conversión para seleccionar equipos de 50 Hz .....	41
Ecuación 13. Cálculo de butilo para paneles.....	67
Ecuación 14. Cálculo de poliuretano para paneles.....	67
Ecuación 15. Cálculo de butilo para perfilería interior. ....	67
Ecuación 16. Cálculo de poliuretano para perfilería interior. ....	68
Ecuación 17. Cálculo de butilo para perfilería exterior.....	68
Ecuación 18. Cálculo de poliuretano para perfilería exterior.....	68
Ecuación 19. Cálculo de butilo para perfil C .....	69
Ecuación 20. Cálculo de poliuretano para perfil C.....	69
Ecuación 21. Flujo másico de refrigerante en tubería .....	72
Ecuación 22. Flujo volumétrico en tuberías de refrigeración.....	72
Ecuación 23. Área interna de tubería .....	72
Ecuación 24. Ecuación de darcy-weisbach para pérdida de presión en tubería .....	72
Ecuación 25. Diámetro de tubería para sistemas de refrigeración .....	73
Ecuación 25. Factor de fricción de colebrook .....	73
Ecuación 26. Factor de fricción de colebrook explícita .....	73

## LISTA DE CUADROS

Tabla 1. Cuartos y requerimientos según volúmen .....	76
Tabla 2. Condiciones de almacenaje .....	76
Tabla 3. Rotación de producto.....	77
Tabla 4. Resumen carga térmica cuarto de lácteos.....	82
Tabla 5. Resumen producto cámara frutas y verduras .....	88
Tabla 6. Resumen carga térmica cuarto frutas y verduras.....	90
Tabla 7. Resumen carga térmica cuarto carnes .....	95
Tabla 8. Resumen carga térmica cuarto congelado .....	100
Tabla 9. Cantidad de paneles para muro corrido.....	102
Tabla 10. Cantidad de paneles con dintel.....	103
Tabla 11. Cantidad de panel para techo opción 1.....	104
Tabla 12. Cantidad de panel para techo opción 2.....	105
Tabla 13. Cantidad de panel muro corrido opción 1 .....	105
Tabla 14. Cantidad de panel muro corrido opción 2 .....	105
Tabla 15. Cantidad de panel con dintel opción 1 .....	106
Tabla 16. Cantidad de panel con dintel opción 2 .....	106
Tabla 17. Modulación de paneles y rendimiento.....	107
Tabla 18. Materiales para fijación de panel.....	107
Tabla 19. Perfiles usados y materiales para fijación .....	107
Tabla 20. Totales de materiales de construcción y presupuesto.....	108
Tabla 21. Resumen cámaras .....	109
Tabla 22. Equipo usado en cuatro lácteos .....	114
Tabla 23. Equipo usado en cámara de frutas y verduras .....	118
Tabla 24. Equipo usado en cámara carnes.....	122
Tabla 25. Equipo usado en cuarto congelado.....	126
Tabla 26. Resumen de presupuesto para equipo de refrigeración .....	126
Tabla 27. Diámetros de tubería recomendados .....	128

## I.INTRODUCCIÓN

En este trabajo de graduación se propuso el diseñar los cuartos fríos para el nuevo edificio de la Universidad del Valle de Guatemala. El edificio es llamado el Centro de Tecnología e Innovación. En este trabajo no solo se va a calcular el requerimiento de carga térmica, se harán cálculos de los materiales requeridos para la construcción de los mismo y selección de equipo.

La metodología será la misma que se usa para la realización de cualquier proyecto de refrigeración. Lo primero es recabar información acerca de que es lo que quieren almacenarse dentro de las cámaras o cuartos. Luego es de ver qué espacio disponible tienen para la construcción de las cámaras. Por último, se debe de ver en donde se localizarán las cámaras.

Cuando se fueron a pedir los requerimientos de que producto se iba a almacenar, el Departamento de Ingeniería en Alimentos no tenía datos exactos de cantidades en específico, razón por la cual se me permitió hacer una propuesta en base a los volúmenes de las cámaras. Luego de esto se me dieron las medidas de los cuartos para que se cuantificaran los materiales.

Con una entrevista con la encargada de la planta piloto se logró tener una idea de que productos se iban a almacenar. Con esto se procedió al cálculo de cargas térmicas las cuales fueron bastante bajas comparadas con otros proyectos de refrigeración similares. Esto debido a que es una planta piloto y los valores de las cámaras de media temperatura estaban alrededor de la media tonelada de refrigeración. Mientras que el cuarto de baja temperatura se alcanzó un valor de casi una tonelada de refrigeración. Se procedió a la selección de equipo en base a los requerimientos del producto de cada una de las cámaras. Estos requerimientos cumplen con las normas de la ASHRAE. Todo esto se logró a partir de un software ampliamente usado en el mundo para proyectos de este tipo llamado Heat Craft Pro Select.

Una vez calculada la carga térmica se cuantificaron los materiales para la construcción de las cámaras. Se hizo a manera de optimizar los recursos obteniendo un menor desperdicio de planchas de aislamiento térmico. Para determinar la manera más optima de ensamblar el cuarto se realizaron corridas de patrones de corte para usar la menor cantidad de panel posible.

Por último, se generó una tabla donde se establecen máximos de largos equivalentes y el diámetro comercial de la tubería que se deberá de usar. La razón de ello es que no existía en planos aun el espacio físico en donde se colocarán los cuartos.

## II. OBJETIVOS

### A. General:

- Diseñar el cuarto frío para el uso del Departamento de ingeniería en Alimentos en el Centro de Innovación y Tecnología.

### B. Específicos:

- Establecer las necesidades de refrigeración que tiene el Departamento de Ingeniería en Alimentos.
- Establecer el espacio destinado para la construcción del cuarto frío y sus limitaciones, así como una propuesta de ruta para la tubería del sistema de refrigeración.
- Calcular la carga térmica, tomando en cuenta los estándares internacionales usados en refrigeración.
- Dimensionar el equipo de refrigeración para la operación de dicho cuarto.
- Seleccionar y cuantificar los materiales para la construcción del cuarto frío.
- Diseñar la mejor modulación de paneles de aislamiento térmico con el fin de minimizar el desperdicio de este.
- Crear un presupuesto de los materiales necesarios para la construcción del cuarto frío que incluya planos y diagramas.

### III. JUSTIFICACIÓN

El departamento de Ingeniería en Alimentos tiene la necesidad de almacenar productos alimenticios en cuartos fríos para el posterior uso de los estudiantes en los diferentes talleres que imparten como preparación académica. Actualmente cuenta con dichos sistemas de refrigeración que constan de dos cuartos uno frío de uso general que opera a 35°F y otro de baja temperatura que opera a 0°F. Estos cuartos se encuentran en la planta de operaciones unitarias dentro de la Universidad Del Valle de Guatemala. Dentro de los futuros planes del departamento se tiene planeado implementar sistemas similares para el Centro de Innovación y Tecnología. Los nuevos cuartos fríos por implementar deben diseñarse para cumplir con los estándares internacionales de refrigeración y cumplir con los requisitos del cliente.

Sin embargo, para el diseño de un sistema de refrigeración es necesario aplicar conceptos de distintas ramas de ingeniería mecánica. Contando mi persona con 1 año de experiencia en la industria de refrigeración.

El trabajo puede llegar a ser útil para la toma de decisiones al implementar el diseño de un cuarto frío en el Centro de Innovación y Tecnología. El proyecto cuenta con detalles de diseño de ingeniería que regularmente no están incluidos en el presupuesto de una empresa. Es decir, la propuesta de diseño que se hará tendrá la información suficiente para que el Departamento de Alimentos Tenga una referencia técnica de apoyo para implementar el proyecto.

Así como también estos detalles y cálculos de ingeniería pueden ser aprovechados para fines didácticos en los cursos que incluyan contenido de sistemas de refrigeración.

## **IV. MARCO TEÓRICO**

### **A. INTRODUCCIÓN AL CALOR**

Las leyes de la termodinámica nos pueden ayudar a entender el concepto de calor. La primera ley establece que la energía no puede ser creada ni destruida, solo transformada de una forma a otra. El calor es una de las formas más comunes y de transferencia de energía. Por ejemplo, cuando algún objeto se eleva su temperatura, no es que se haya creado calor. Alguna forma de energía le fue transferida teniendo como resultado un incremento en su energía interna. La energía interna es energía que está asociada a la temperatura. El término utilizado en refrigeración y acondicionamiento de aire para describir la cantidad de calor es el BTU (por sus siglas en inglés british thermal unit) o unidad térmica británica. (Whitman tomo I, 2000)

### **B. FLUJO CALORÍFICO**

Es la cantidad de calor que se transfiere a través de una unidad de área por unidad de tiempo. Siempre se transfiere entre dos cuerpos de diferentes temperaturas y el flujo de calor siempre ocurre desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el cuerpo de menor temperatura, ocurriendo la transferencia de calor hasta que ambos cuerpos se encuentren en equilibrio térmico (Pérez Montiel 2019)

### **C. UNIDADES DE MEDIDA**

La cantidad de energía térmica intercambiada se mide en calorías, que es la cantidad de energía que hay que suministrar a un gramo de agua para elevar su temperatura de 14.5 a 15.5 grados Celsius. El múltiplo más utilizado es la kilocaloría (Kcal). El joule (J) es la unidad de energía en el sistema internacional de unidades.  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ joule}$ . (Pérez Montiel 2019)

### **D. CALOR ESPECÍFICO**

En la vida cotidiana se puede observar que, si se le entrega calor a dos cuerpos de la misma masa y la misma temperatura inicial, la temperatura final será distinta, este factor que es característico, denotado por  $c$  y se define como la cantidad de calor que se le debe entregar

a 1 gramo de sustancia para aumentar su temperatura en 1 grado Celsius. (Pérez Montiel 2019).

## E. CAPACIDAD CALÓRICO

La capacidad calórica, de una sustancia es una magnitud que indica la mayor o menor dificultad que presenta dicha sustancia para experimentar cambios o temperaturas bajo el suministro de calor.

### Mecanismos de transferencia de calor

Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos sustancias, se produce un intercambio de calor. Siendo la causa de dicho intercambio la diferencia de temperatura. Por la segunda ley de la termodinámica (que es el principio de incremento de entropía), el calor solo puede fluir de forma natural y espontánea de la temperatura más elevada hacia la más baja. (Whitman tomo I)

### Conducción

Es la transferencia de energía como resultado de interacciones de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas; en sólidos, líquidos o gases. En gases y líquidos la conducción es por las colisiones y difusión de las moléculas cuando se mueven aleatoriamente; en sólidos es por la combinación de vibraciones de las moléculas en una retícula y al transporte de energía de los electrones libres. La razón de conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica, su espesor y el material del que está hecho, también la diferencia de temperatura a través de él. Por lo tanto, se resume en la siguiente ecuación: (Cengel 2011)

#### Ecuación 1. Transferencia de calor por conducción

$$Q_{cond} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta X}$$

(Cengel 2011)

Donde  $k$  es la conductividad térmica, que es la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de

temperatura. La conductividad térmica de un material es una medida de la capacidad del material para conducir calor. (Cengel 2011)

### Convección

Es un método de transferencia entre una superficie sólida y un fluido que está en movimiento. Entre más rápido se esté moviendo este fluido mayor será la transferencia de calor. Existen dos tipos de convección. Es forzada cuando existe algún medio por el cual un fluido es forzado a través de una superficie. Con ayuda de ventiladores, bomba o el mismo viento. La convección es natural o libre cuando el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje ocasionadas por una variación en la densidad, como consecuencia del aumento o disminución de la temperatura. Cuando existe un cambio de fase también se puede considerar como convección debido a que existe una elevación de las burbujas del vapor sobre la ebullición. A pesar de la complejidad de la convección se observa que la tasa de transferencia de calor es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa por la siguiente expresión: (Cengel 2011)

Ecuación 2. Transferencia de calor por conducción

$$Q_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$$

(Cengel 2011)

Donde  $h$  es el coeficiente de transferencia de calor por convección y tiene las dimensionales  $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$  o  $\frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$ .  $A_s$  es el área superficial en la cual se lleva a cabo el intercambio de calor.  $T_s$  es la temperatura superficial del cuerpo sólido y  $T_\infty$  la temperatura del fluido en los alrededores del cuerpo. Cabe mencionar que el coeficiente de convección va a variar dependiendo del fluido y velocidad. (Cengel 2011)

### Radiación

Es la energía emitida por la materia en ondas electromagnéticas (fotones) por los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas, no requiere de un medio interventor, es más rápida y no sufre de atenuación en un vacío. Siendo un fenómeno volumétrico se puede llegar a considerar como un fenómeno superficial. (Cengel 2011)

Ecuación 3. Radiación emitida por un cuerpo

$$\varepsilon\sigma A_s T_s^4$$

(Cengel 2011)

$$\dot{Q}_{emitida} = \varepsilon\sigma A_s T_s^4$$

(Cengel 2011)

Donde  $\sigma$  es  $5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$   $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$  o bien,  $0.1714 * 10^{-8} \frac{BTU}{h ft^2 R^4}$  (constante de Stefan-Boltzmann) y  $\varepsilon$  que va en el intervalo de  $0 \leq \varepsilon \leq 1$  es la emisividad que se define como una medida de cuán próxima está una superficie de ser un cuerpo negro ( $\varepsilon=1$ ). (Cengel 2011). La tasa transferencia de calor por radiación hacia una superficie con emisividad  $\varepsilon$  o desde esta, está establecido mediante la siguiente formula

Ecuación 4. Transferencia de calor por radiación

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon\sigma A_s (T_s^4 - T_{alrededores}^4)$$

(Cengel 2011)

#### Historia de la refrigeración

En 1834, el estadounidense Jacob Perkins desarrolló un sistema de refrigeración cerrado, usando un mecanismo de expansión de líquido y de compresión. Perkins uso éter como refrigerante, la compresión del líquido era manual, el condensador era enfriado por líquido. En el Reino Unido, L. W. Wright produjo hielo mediante la expansión de aire comprimido. Los aparatos de refrigeración fueron usados desde un inicio para la producción de hielo. Durante el siglo XIX, fueron diseñados otros sistemas de refrigeración que ya contaban con mejoras de los primeros diseños. Para 1930 la refrigeración ya estaba en proceso de ser ampliamente utilizada en casas y comercios. (Whitman tomo I, 2000)

#### Refrigeración

En cuanto a la refrigeración, podemos determinar que su término refiere a incluir tanto el proceso de enfriamiento utilizado para conservar la comida, así como el proceso de enfriamiento para comodidad. (Whitman Tomo I, 2000)

Es importante indicar que el proceso de refrigeración ha sido un beneficio y avance tecnológico para el proceso de conservación alimenticia, atendiendo a que esto disminuye el movimiento molecular retardando el proceso de crecimiento de las bacterias ya que esto

sucede bajo el punto de congelación. Este retardo en el proceso de descomposición se utiliza para describir toda clase de equipos y aplicaciones en refrigeración: “Para la mayor parte de los tipos de comida se considera en punto de congelación es de  $-18^{\circ}\text{C}$ . El rango de temperatura de la comida comprendida entre  $1^{\circ}\text{C}$  y  $8^{\circ}\text{C}$  se conoce en la industria como rango de temperatura media por debajo de  $-18^{\circ}\text{C}$  se considera como baja temperatura”. (Whitman Tomo I, 2000)

Como fue mencionado anterior se utilizaban congeladores subterráneos; en especial en territorios cálidos para la conservación de algunos tipos de comida. De forma posterior y con los avances en tecnología se inicia la utilización de “hieleras” con el objetivo de introducir recipientes especiales para la conservación de los alimentos. (Whitman Tomo I, 2000)

El avance tecnológico ha permitido el perfeccionamiento de la fabricación de hielo a través de refrigeración mecánica creando neveras para uso doméstico. Este avance popularizó la comida congelada, específicamente durante la primera y segunda guerra mundial creando “compartimientos” para comida congelada permitiendo que cada familia dispusiera de un compartimiento para la preservación de alimentos. Por otra parte, el proceso de refrigeración ha adoptado otros usos; un ejemplo de ello es el acondicionamiento de las casas, acondicionamiento en vehículos mediante aire acondicionado, etc. (Whitman Tomo I, 2000)

#### Espacio, habitación y zona

El espacio es un volumen de control que puede tener particiones físicas, el cual está delimitado y puede llegar a tener varias cargas de refrigeración. Un cuarto es un espacio delimitado el cual no tiene particiones y posee un sistema de control individual y este es tratado como una carga en total. Cuando se habla de una zona puede ser el conjunto de varios espacios o cuartos el cual puede tener un solo control o varios.

#### Calor convectivo y radiactivo

El aumento instantáneo de calor de un espacio acondicionado se puede clasificar en dos categorías: en calor convectivo y radiactivo. En una losa de concreto la mayor parte del calor radiactivo es absorbida por la misma y lo demás es reflejado; por lo que la temperatura

de la superficie de la losa incrementa. Si la losa y el espacio acondicionado están en equilibrio térmico, entonces existe transferencia de calor convectivo y radiactivo entre la losa, el aire espacial y otras superficies. El calor debido a la conductividad va de la superficie a la parte interna de la losa; el calor se guarda en esta parte interna de la losa. El calor guardado se libera en el aire espacial cuando la temperatura de la superficie pasa a ser menor que la interna de la losa. Para fijar la temperatura del aire espacial, el calor que ha sido liberado en el espacio acondicionado debe ser removido del espacio simultáneamente.

### Refrigeración y evaluación de los equipos de refrigeración

Para poder contar con un sistema óptimo de refrigeración se debe de poder evaluar; en ese sentido se podrá proporcionar parámetros de comparación entre unos equipos y otros. Antiguamente el método para evaluar los equipos de refrigeración procedía del tiempo en que se utilizaba el hielo para eliminar el calor. Como parámetro se utiliza 36.29 Kcal (144 BTU) para fundir una libra de hielo a 0 °C este valor también es utilizado en la evaluación de los equipos de refrigeración. (Whitman Tomo II, 2000)

Para este tipo de evaluaciones el término a emplear es “tonelada o ton”, que es la tasa de calor requerida para fundir una tonelada de hielo en un período de 24 horas. El cual es equivalente a 12,000 BTU/hora (Whitman Tomo I, 2000)

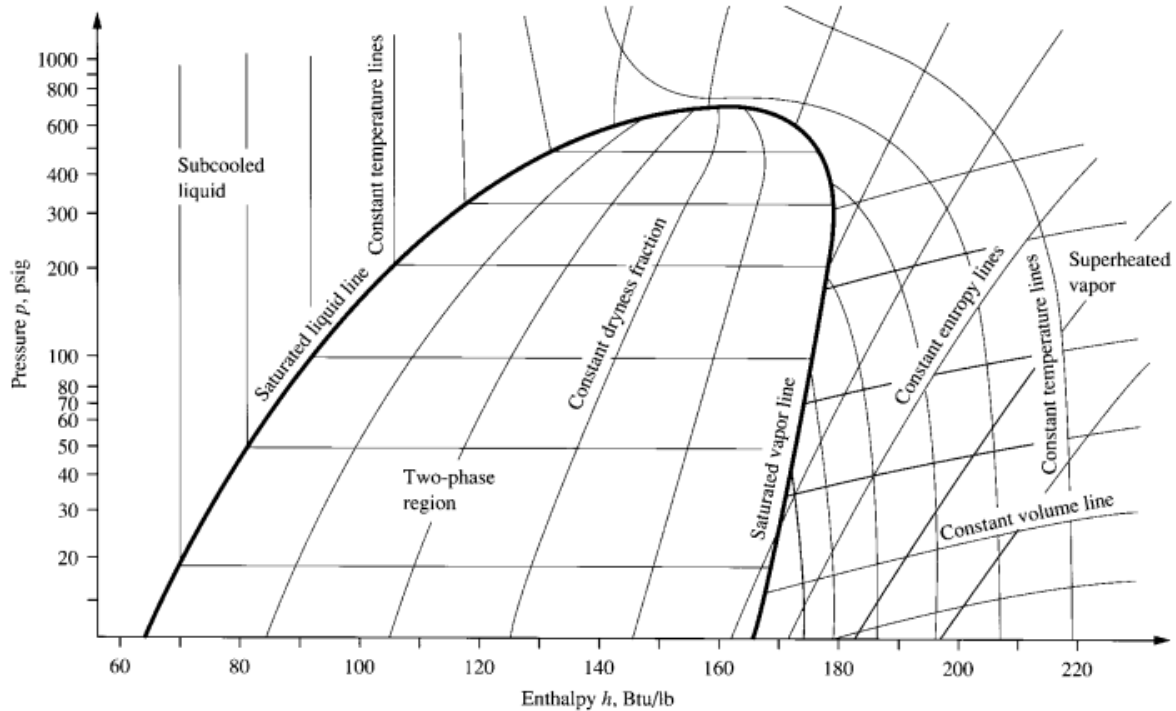
#### Ciclos de refrigeración:

La mayoría de los refrigerantes pasan por una serie de procesos de evaporación, compresión, condensación, estrangulación y expansión, absorbiendo así el calor del depósito de temperatura baja y lo libera a un depósito de temperatura mayor para que el estado final del refrigerante sea igual al estado inicial, experimentado un ciclo cerrado de refrigeración. Cuando el aire o gas pasa por una serie procesos de compresión, estrangulación, liberación de calor, expansión y absorción de calor, y su estado final no es el mismo que el del comienzo este ha experimentado un ciclo de refrigeración abierto. (Wang,2001)

## Diagrama de presión-entalpía

La refrigeración de una sola etapa consiste en dos regiones: la de presión alta y la de presión baja; más adelante en la figura 1 se ilustran.

Figura 1. Diagrama presión-entalpía



(Wang,2001)

Gráfico: presión-entalpía (p-h)

Este indica los cambios que se dan en las propiedades termodinámicas del refrigerante y la energía que se transfiere entre él y su entorno. Cuando el vapor se comprime en el sistema de refrigeración ocurren los siguientes procesos:

Evaporación: es cuando el refrigerante se evapora a una temperatura baja con relación a la exterior mediante una reducción del diámetro de las tuberías, a través de dispositivos de expansión.

Sobrecalentamiento: el vapor saturado refrigerante usualmente es llevado a un estado de vapor sobrecalentado para asegurar que el líquido refrigerante no fluya hacia el compresor y no existan problemas en el funcionamiento de este.

Compresión: el refrigerante se comprime a mayor presión y temperatura para la condensación.

Estrangulación y expansión: La alta presión del líquido refrigerante ahogado hasta llegar a menor evaporación de presión y está lista para la evaporación.

Los siguientes procesos ocurren cuando el gas refrigerante se expande en el sistema de refrigeración:

Compresión: se hace mediante un compresor y es cuando se eleva la presión del refrigerante, como consecuencia de la compresión existe un aumento de temperatura en el fluido. Esto se hace con el objetivo de rechazar calor al medio ambiente

Liberación de calor: se libera al exterior a presión constante para reducir la temperatura del aire o gas.

Estrangulación y expansión: el aire o gas es ahogado o estrangulado para que la temperatura descienda.

Absorción de calor: desde el exterior porque la baja temperatura del aire o gas.

## Evaporadores

El evaporador en los sistemas de refrigeración es el encargado de absorber el calor hacia el sistema desde el espacio refrigerado. Esto se logra manteniendo el serpentín del evaporador a una temperatura inferior a la de la cámara, esto para que se tenga un diferencial de temperatura y se logre una buena tasa de transferencia de calor. (Whitman Tomo II, 2000)

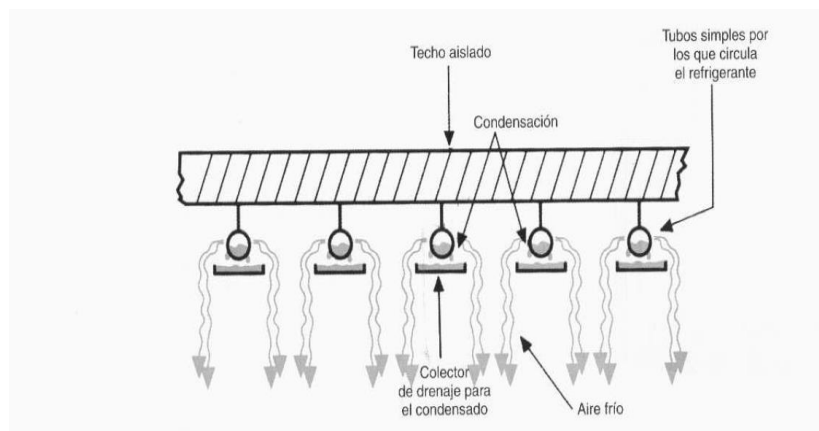
Las condiciones que rigen el intercambio de calor es el material del cual está hecho el serpentín, el cual de manera general es de cobre. Sin embargo, para aplicaciones donde se manejan con materiales más ácidos se puede utilizar acero inoxidable el cual no conduce tan bien como el cobre, pero es resistente a la posible corrosión. (Whitman Tomo II, 2000)

El coeficiente de película o capa límite es una relación entre el medio que proporciona o absorbe calor y la superficie de intercambio de calor. Este coeficiente está relacionado con la velocidad del fluido que pasa por la superficie de intercambio. Cuando la velocidad es demasiado lenta, la película o capa límite que se forma en el medio se convierte en un

aislante. Por esta razón es que los evaporadores tienen ventiladores, para disminuir la capa límite y así tener una buena transferencia de calor. (Whitman Tomo II, 2000)

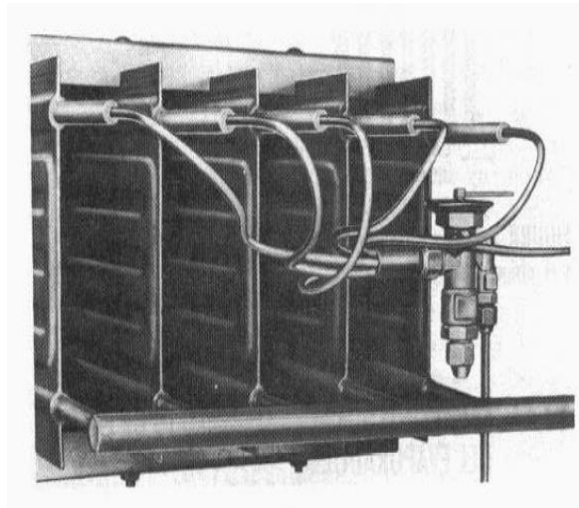
Existen numerosos tipos de evaporadores y cada uno tiene su propia función. Los primeros evaporadores funcionaban mediante convección natural, en los cuales el refrigerante solo pasaba por el serpentín. De esta manera no se lograba una buena absorción de calor en el espacio refrigerado. El enfriamiento de la cámara ocurría debido a que el aire más caliente de la cámara subía y este era enfriado por el evaporador. Para este tipo de evaporadores era necesario que fueran de gran tamaño si se deseaba una alta tasa de remoción de calor. Otro tipo de evaporador es en relieve el cual consisten en crear una mayor superficie de contacto con el fin de maximizar la transferencia de calor dentro de la cámara. Hoy en día el que más se utiliza es el de tubo con aletas, los cuales cuentan con ventiladores que provocan una convección forzada. Para que se logre una buena transferencia de calor es imperativo que los tubos que conforman el serpentín tengan un buen contacto con las aletas del evaporador. (Whitman Tomo II, 2000)

Figura 2. Evaporador de un tubo



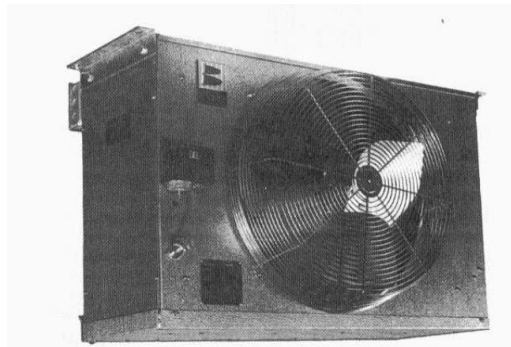
(Whitman Tomo II, 2000)

Figura 3. Evaporador con relieve



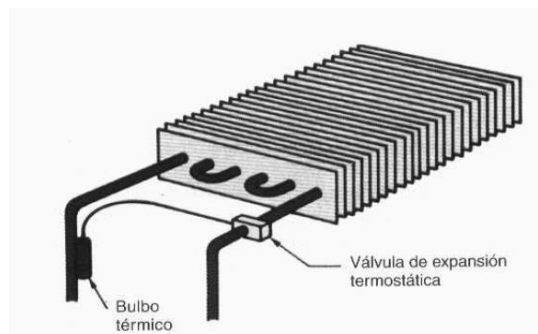
(Whitman Tomo II, 2000)

Figura 4. Evaporador con aletas y convección forzada



(Whitman Tomo II, 2000)

Figura 5. Evaporador con aletas



(Whitman Tomo II, 2000)

## Descongelación de la humedad acumulada o deshielo

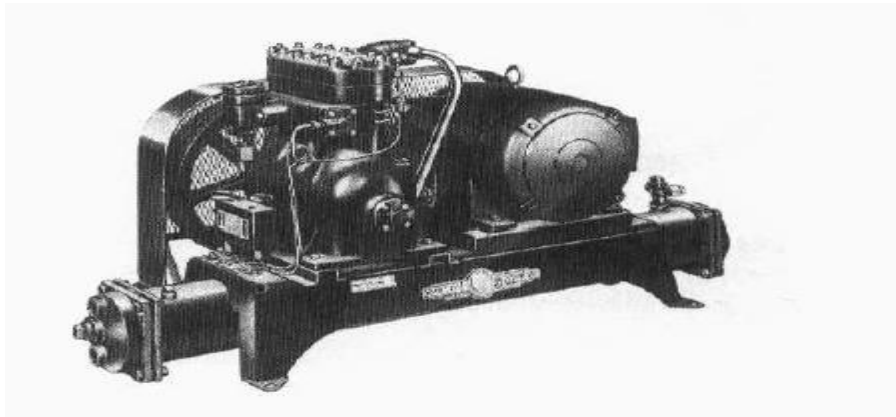
El deshielo es un proceso por el cual todos los equipos de refrigeración deben de pasar, esto con el fin de eliminar el hielo que se forma por la acumulación de humedad dentro de la cámara. Para hacerlo existen varios métodos. Uno de ellos es por gas caliente, se conduce gas caliente desde la descarga del compresor y se hace pasar por el evaporador con la ayuda de una válvula eléctrica. Otra forma que se hace este proceso es mediante resistencias eléctricas instaladas en los equipos y la última es dejando que los equipos se apaguen y se realice este proceso. (Whitman Tomo II, 2000)

## Condensadores

El condensador es un dispositivo termodinámico, el cual tiene como fin intercambiar calor. Este dispositivo es el encargado de rechazar calor que el sistema de refrigeración ha removido del espacio refrigerado al ambiente. Cuando el refrigerante pasa por el condensador el estado es en forma de gas caliente, el cual hay que enfriar hasta que este pase a su fase líquida. El condensador funciona a temperaturas y presiones más elevadas que el evaporador. Usualmente están localizados en el exterior. Existen diferentes tipos de condensadores los cuales vamos a hablar a continuación:

Los condensadores enfriados por agua era lo que primero aparecieron comercialmente. Dichos sistemas eran bastante rudimentarios. Estos tienen un muy buen rendimiento en la tasa a la cual desechan calor, comparados los que son enfriados por aire. También funcionan a temperaturas de condensación muchas bajas. En este tipo encontramos comúnmente intercambiadores de tipo tubo y coraza. (Whitman Tomo II, 2000)

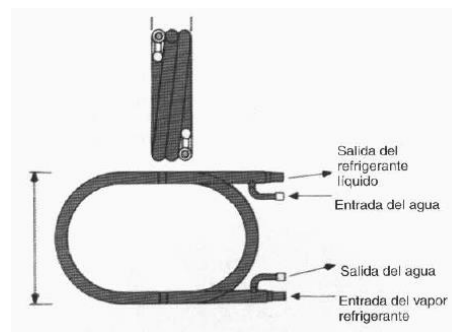
Figura 6. Unidad condensadora enfriada por aire



(Whitman Tomo II, 2000)

Los condensadores de tubo dentro de tubo el serpentín de cobre se fabrica deslizando un tubo en el interior de otro y sellando sus extremos a manera que existan dos cavidades internas, una donde pase el refrigerante y otra en la cual pase el fluido que se encargará de absorber el calor que lleva el refrigerante.

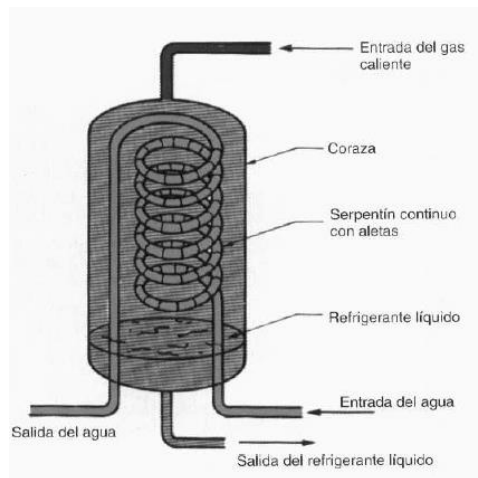
Figura 7. Condensador de tubo dentro de tubo



(Whitman Tomo II, 2000)

Los condensadores de coraza y serpentín es un sistema muy parecido al de tubo dentro de tubo, solo que en vez que el refrigerante se contenga en un tubo, esta se encuentra dentro de una coraza, que debe de estar bien sellada, además la coraza sirve para almacenar el refrigerante que no esté demandando el sistema. El método de enfriamiento es a través de un serpentín de cobre por el cual fluye agua. (Whitman Tomo II, 2000)

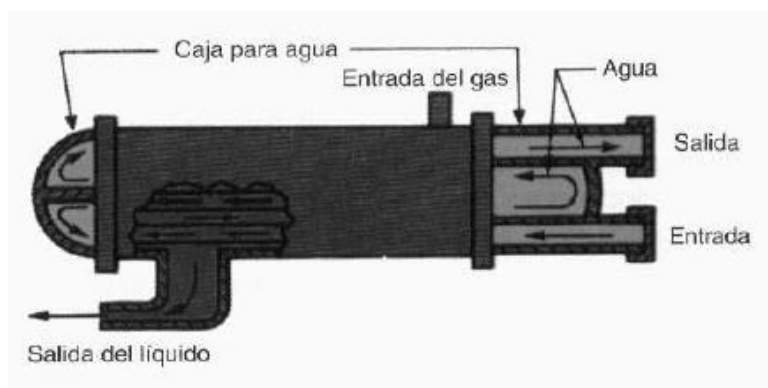
Figura 8. Condensador de coraza y serpentín



(Whitman Tomo II, 2000)

Los condensadores de coraza y tubo son mucho más caros que los antes mencionados, la ventaja es que por su construcción se le pueden hacer limpiezas de manera más fácil. Estos se fabrican a partir de asegurar tubos a la lámina terminal de la coraza, el refrigerante se descarga en la coraza y el agua circula por los tubos. (Whitman Tomo II, 2000)

Figura 9. Condensador de tubo y coraza enfriado por agua

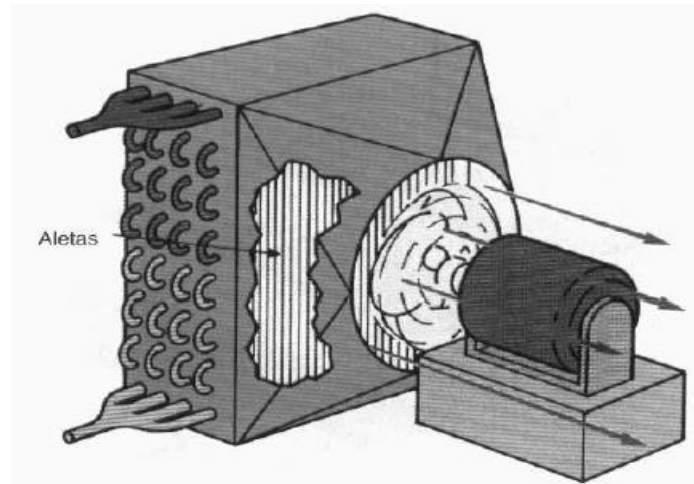


(Whitman Tomo II, 2000)

Los condensadores enfriados por aire emplean aire como fluido para rechazar calor al medio ambiente. Son los más usados en la industria de la refrigeración. Estos en un principio se usaban donde era muy difícil aplicar sistemas enfriados por agua como los expuestos anteriormente. Los primeros de este tipo eran enfriados por aire en una tubería

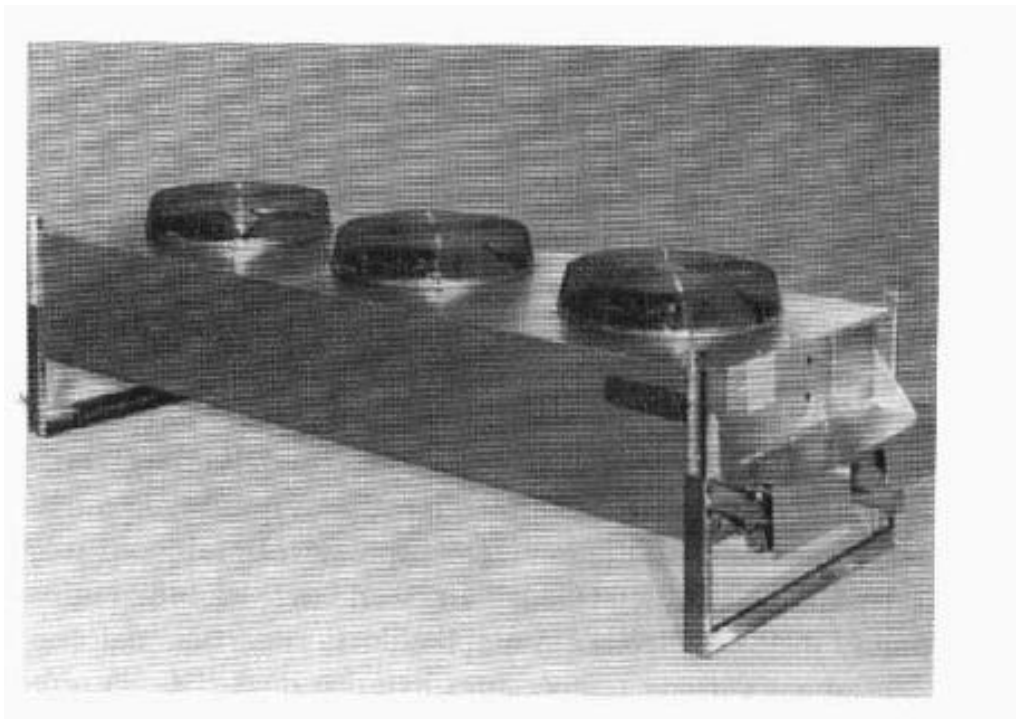
simple, luego se le fueron agregando aletas para una mejor transferencia de calor. (Whitman Tomo II, 2000)

Figura 10. Condensador con aletas y flujo forzado



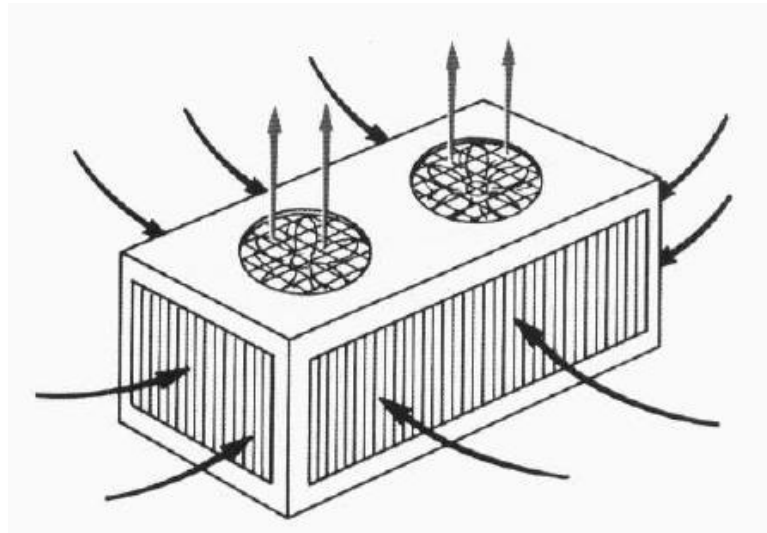
(Whitman Tomo II, 2000)

Figura 11. Condensador con flujo vertical



(Whitman Tomo II, 2000)

Figura 12. Funcionamiento de condensador de flujo vertical

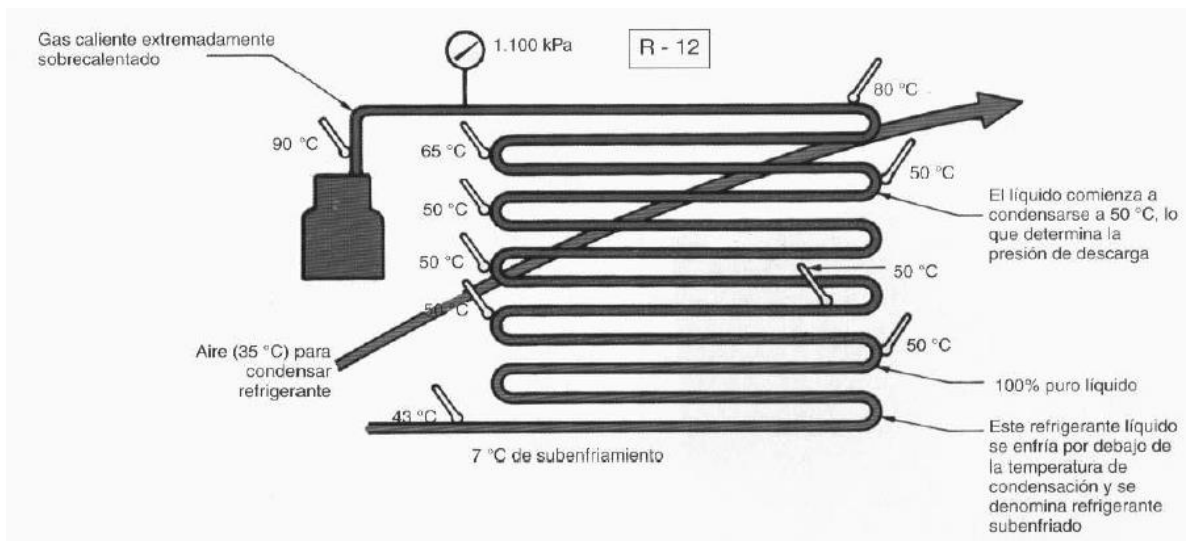


(Whitman Tomo II, 2000)

Normalmente, el gas caliente entra al condensador enfriado por el aire cerca de la descarga del compresor. Los primeros tubos del condensador son los que sufren mayor temperatura, el gas estará sumamente sobrecalentado, por efectos de la compresión. Por lo que por motivos de seguridad no es aconsejable tocar las superficies cercanas a dichos tubos. (Whitman Tomo II, 2000)

En la siguiente figura se muestra el proceso de como el refrigerante es enfriado.

Figura 13. Proceso enfriado de refrigerante en condensador



(Whitman Tomo II, 2000)

Es importante tomar en cuenta la presión de la descarga del compresor, debido a que depende de esa presión así variará la temperatura. Existen métodos prácticos para regular de forma automática dicha presión, como por ejemplo la regulación del ciclo del ventilador, reguladores de tiro o presostatos. (Whitman Tomo II, 2000)

## Compresores

Al compresor se le considera el “corazón del sistema de refrigeración” ya que es el encargado que circule el refrigerante. También es conocido como bomba de vapor, debido a que la función de este es elevar la presión. Dicha presión se eleva desde la presión de la succión hasta la presión de la descarga. Como consecuencia de la compresión el refrigerante se ve afectado en un aumento de temperatura. (Whitman Tomo II, 2000)

Un parámetro importante que considerar es la relación de compresión, es una relación que existe entre las presiones de entrada (succión) y salida (descarga) de los compresores. Dicha relación se puede sacar con la siguiente expresión. (Whitman Tomo II, 2000)

Ecuación 5. Relación de compresión en compresores

$$\text{Relación de compresión} = \frac{\text{Presión absoluta descarga}}{\text{Presión absoluta en aspiración}}$$

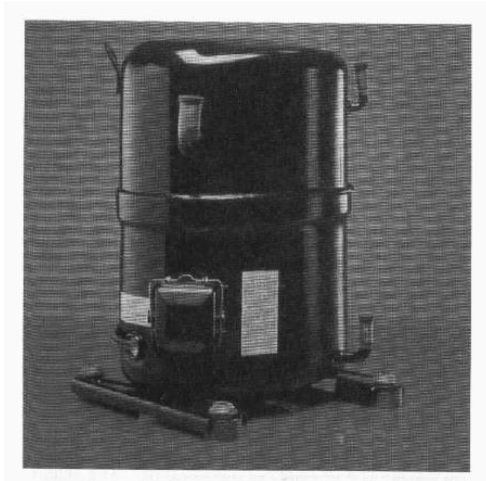
(Whitman Tomo II, 2000)

## Tipos de compresores

En la industria del acondicionamiento de aire y la refrigeración se utilizan cinco diferentes tipos principales de compresores de los cuales y va a hablar a continuación

Los compresores alternativos o recíprocantes son aquellos que mediante el uso de pistones realizan la compresión al refrigerante. Los alternativos se dividen en dos tipos según sea su carcasa. Los compresores herméticos hacen referencia a aquellos que dentro de su carcasa se encuentra el compresor, estos pueden ser totalmente sellados o reparables. Como su nombre lo indica los sellados son desechables, ya que no hay forma de ver el interior para solucionar la falla, caso contrario con los soldados. El único modo de acceder a los herméticos soldados es realizando un proceso de corte en la soldadura y solo unas pocas empresas las pueden abrir. (Whitman Tomo II, 2000)

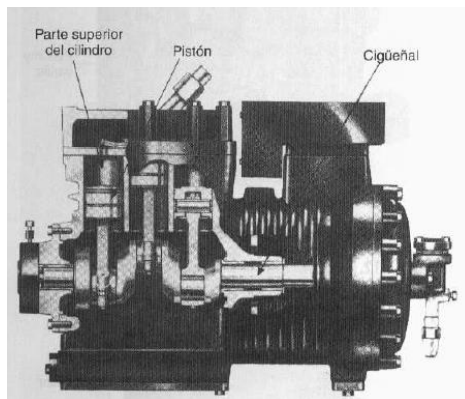
Figura 14. Compresor hermético soldado



(Whitman Tomo II, 2000)

Los compresores abiertos son aquellos que tienen en la parte exterior de la carcasa un obturador de árbol para que el refrigerante se escape a la atmosfera. Los compresores de mando directo tienen pernos los cuales se pueden desmontar para realizar mantenimientos. El primero compresor de este tipo fue uno accionado por una faja o correo, sin embargo, la instalación y mantenimiento de estos es muy complicada por lo que se ha optado por usar de mando directo. (Whitman Tomo II, 2000)

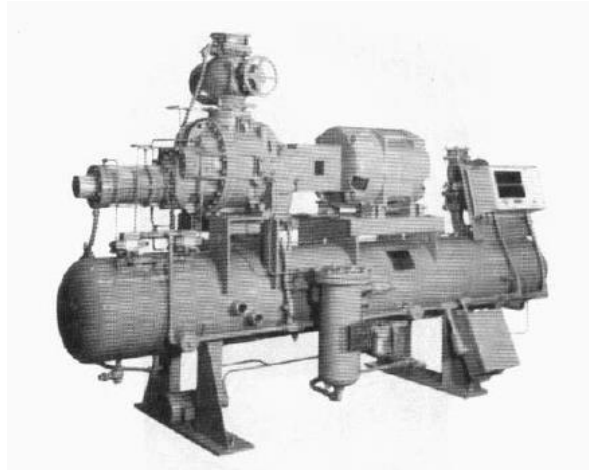
Figura 15. Compresor abierto



(Whitman Tomo II, 2000)

Para otras aplicaciones de mayor carga térmica se utilizan compresores de tornillo, el cual consta de un tornillo sinfín que gira y logra la compresión del refrigerante.

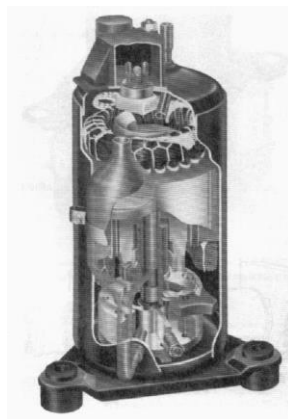
Figura 16. Compresor de tornillo



(Whitman Tomo II, 2000)

Los compresores giratorios o comúnmente llamados “scroll”

Figura 17. Compresor giratorio



(Whitman Tomo II, 2000)

## Dispositivos de expansión

También denominados dosificadores, estos dispositivos son más pequeños en comparación a los compresores, evaporadores y condensadoras. Generalmente están ocultos en el interior del equipo y no son tan evidentes como los ya mencionados. Dichos dispositivos son los que hacen a división entre los lados de alta y baja presión de un sistema de refrigeración. En refrigeración industrial también es el encargado de dosificar, sin embargo, en refrigeradoras domesticas se utiliza un tubo capilar, que tiene únicamente la tarea de bajar la presión y temperatura del fluido refrigerante, mientras que en aplicaciones industriales esta válvula también tiene como objetivo el de dosificar. Estos dispositivos están instalados entre el condensador y el evaporador, pero más cerca del evaporador. Una característica peculiar de estos dispositivos es que antes que se realice la expansión, el ducto puede estar con una temperatura alta y después de la expansión con temperaturas muy bajas, en un espacio de distancia reducido. (Whitman Tomo II, 2000)

Las válvulas de expansión termostática se abrevien TXV, este dispositivo tiene como función bajar la presión del refrigerante, así como el de dosificarlo mediante un sensor térmico. Es decir que la válvula se autorregula ante un estímulo de calor. Estas válvulas son conformadas por distintas partes las cuales se van a mencionar a continuación: (Whitman Tomo II, 2000)

### Cuerpo

Es una pieza mecanizada precisa que está hecha de bronce sólido o acero inoxidable. Algunas son solo de una pieza y no son desmontables; otras si se pueden desmontar. Las válvulas pueden estar sujetas por medio de tres métodos que son conexión abocinada, soldadura o con una brida. Algunas válvulas tienen una tercera conexión es un ecualizador externo; si el evaporador tiene un circuito muy largo, se utiliza el ecualizador externo cuando haya una caída de presión en él.

### Diafragma

En el interior del cuerpo se encarga de hacer entrar y salir la aguja del asiento cuando existen cambios de carga en el sistema. Está hecho de metal muy fino, está en la parte superior con forma de cúpula. (Whitman Tomo II, 2000)

### Aguja y asiento

Regulan con precisión el flujo de refrigerante que pasa por la válvula; están hechas de un metal muy resistente para evitar corrosión. (Whitman Tomo II, 2000)

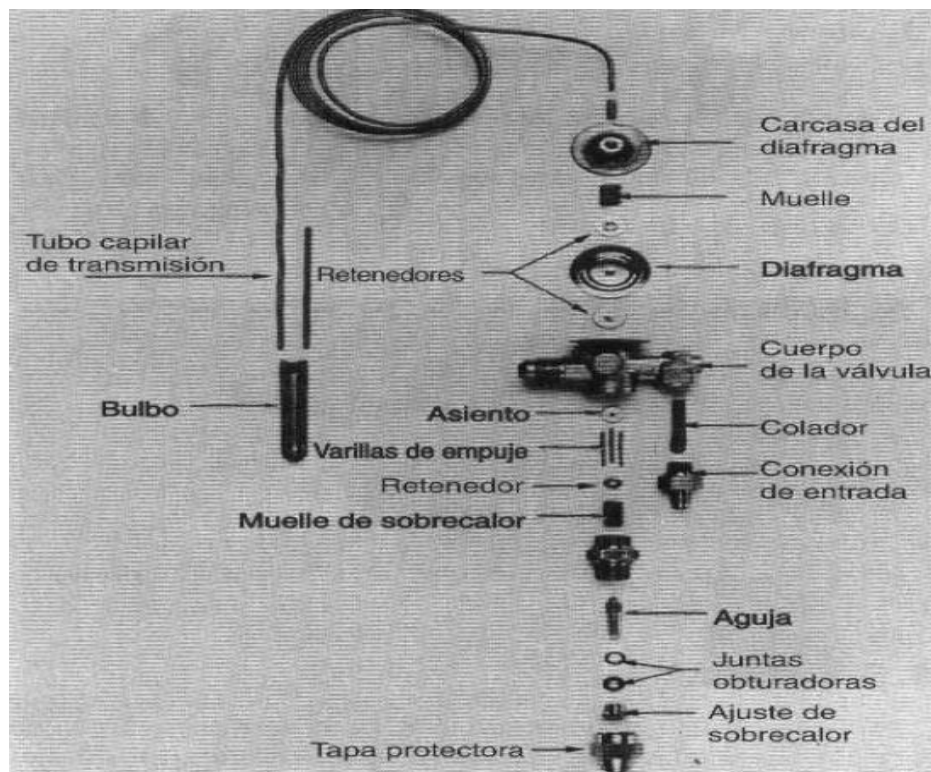
### Muelle

Siendo una de las fuerzas que actúan sobre el diafragma, lo eleva y cierra la válvula, empujando la aguja hacia el asiento. (Whitman Tomo II, 2000)

### El bulbo sensor y el tubo de transmisión

Son prolongaciones del diafragma; el bulbo se encarga de detectar la temperatura en el extremo final del evaporador, en el conducto de aspiración y la transmite convirtiéndola en presión hacia la parte superior del diafragma. (Whitman Tomo II, 2000)

Figura 18. Partes de la válvula TXV



(Whitman Tomo II, 2000)

## Elección de la válvula TXV

Dependiendo del refrigerante a utilizar se debe elegir la válvula TXV de una aplicación particular. En el mercado, se puede encontrar válvulas con un intercambiador de muelle para cambiar de refrigerante, pero no deja de ser necesario el refrigerante al elegir el muelle. (Whitman Tomo II, 2000)

## Respuesta de la válvula TXV a los cambios de carga

Cuando la carga aumenta, la válvula TXV se abre para que entre más refrigerante en el serpentín. Entonces el evaporador necesita más refrigerante porque la carga lo está evaporando más rápido; la presión de aspiración aumenta. Cuando la carga desciende, el líquido en el evaporador se evapora de una manera más lenta y la presión de aspiración desciende también; la válvula estrangula el refrigerante cerrando un poco la aguja y el asiento para mantener el sobre calor correcto. (Whitman Tomo II, 2000)<sup>7</sup>

## Cálculo de carga térmica

La persona que calcula en transferencia de calor necesita información con el propósito de pronosticar de manera precisa la carga térmica requerida por el sistema de refrigeración. Entre más completa este la información el cálculo asegurará una buena selección de equipo y un buen funcionamiento del sistema. La información requerida debe de ser la siguiente: (*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

## Temperaturas ambientes de diseño

El ambiente de los alrededores es crucial para los cálculos de carga térmica, debido a que a esa temperatura va a desechar calor la unidad condensadora, lo cual va a afectar en la selección del equipo. (*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

## Temperatura de almacenamiento y requerimientos de humedad

Es importante en la refrigeración los procesos de deshumidificación. Cuando se selecciona el equipo de refrigeración se desea minimizar el efecto de secado o deshidratación debido al diferencial de temperatura, entre la temperatura de saturación de succión del evaporador y la temperatura interna de la cámara. A continuación, se muestra una tabla

donde se muestran las clases de evaporadores de aire forzado. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 18. Clases de evaporadores de aire forzado

CLASE	DT	H.R. APROX.	DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES DE LOS PRODUCTOS
1	7° - 9°F	90%	Resulta una cantidad mínima de evaporación de la humedad durante el almacenamiento, incluye vegetales, productos agrícolas, flores, hielo sin empaque y cuartos para enfriar.
2	10° - 12°F	80-85%	Incluye almacenamiento en general y refrigeradores de tiendas de conveniencia, comida y vegetales empacados, frutas y productos similares. Productos que requieren ligeramente menores niveles de humedad relativa que aquellos de la Clase 1.
3	12° - 16°F	65-80%	Incluye cerveza, vino, farmacéuticos, papas y cebollas, frutas de cáscara dura como son melones y en término corto productos empacados. Estos productos requieren sólo humedades relativas moderadas.
4	17° - 22°F	50-65%	Incluye cámaras de preparación y corte, almacenes de cerveza, dulce o almacenaje de películas y diques de carga. Estas aplicaciones necesitan sólo bajas humedades relativas o aquellas que no son afectadas por la humedad.

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

## Producto

El producto es la parte más importante de las cámaras frías debido a que el propósito general es refrigerarlo. Es importante saber que producto se va a almacenar, con el fin de poder determinar las condiciones óptimas de almacenaje. También es necesario saber la cantidad en libras de producto, la temperatura de entrada y la deseada y en cuanto tiempo se desea lograr ese cambio en la temperatura. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

## Cargas misceláneas

Las cargas misceláneas son todas aquellas cargas adicionales que no aportan mayor carga térmica al sistema, estas pueden ser luces, motores, ventiladores, montacargas, bandas transportadoras, personas, puertas de vidrio. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

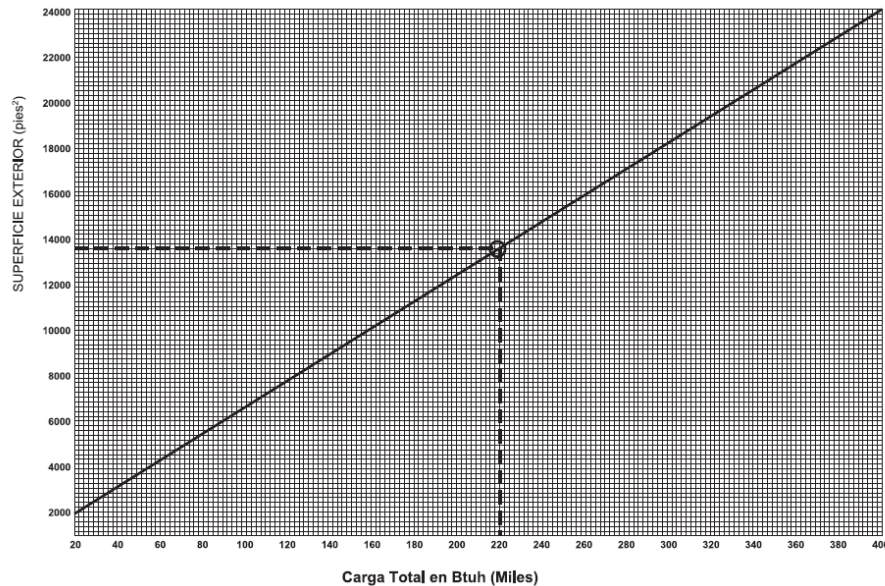
## Servicio eléctrico

Aunque el servicio eléctrico no afecta en los cálculos de carga térmica, es importante conocer las instalaciones eléctricas de donde se vaya a realizar el proyecto. Esto debido a que para la selección de equipo es importante tomar en cuenta si son trifásicos o monofásicos. Además, si el lugar cuenta con instalaciones para equipo trifásico es necesario hacer un estudio de la potencia eléctrica contratada, para no sobrepasarla, adicional los bancos de capacitores deben de estar correctamente dimensionados. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

## Calculador rápido de carga para refrigeradores y congeladores grandes

El cálculo rápido de carga que se muestra a continuación puede ser usado para aproximaciones de carga térmica en cámaras grandes y como un comparativo razonable de la carga térmica calculada en las formas H-ENG-2.1 O H-ENG-3.1 que se encuentran en los anexos. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 19. Calculo rápido para aproximaciones de carga térmica



Material reciente generado por Hugo Smith, consultor editor en negocios de aire acondicionado y refrigeración. Reimpreso bajo permiso de Negocios de Aire Acondicionado y Refrigeración, Derechos reservados para Corporación de Publicación Industrial, División de la Corporación Pittway

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Las condiciones de diseño que se utilizaron en la figura 19. son una temperatura ambiente de 95°F, servicio pesado; funcionamiento del compresor de 16 horas, promedio de luces, motores y personas mencionados en el manual cuando se desconocen estos parámetros, movimientos del producto para una reducción de la temperatura de 30°F en lo refrigeradores y de 10°F en los congeladores. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Este método de estimación de carga rápida está basado en los siguientes promedios de carga de producto diario y congeladores que se muestra a continuación.

Figura 20. Promedios diarios de carga de producto en libras según volumen de cámara.

Volumen Pies <sup>3</sup>	Promedio diario de la carga del Producto (lbs) para refrigeradores	Promedio diario de la carga del producto (lbs) para congeladores
500 - 3,000	6,200 - 8,000	1,600 - 2,000
3,000 - 4,600	8,000 - 11,000	2,000 - 2,500
4,600 - 8,100	11,000 - 17,000	2,500 - 4,000
8,100 - 12,800	17,000 - 26,000	4,000 - 6,200
12,800 - 16,000	26,000 - 33,000	6,200 - 7,500
16,000 - 20,000	33,000 - 40,000	7,500 - 9,500
20,000 - 28,000	40,000 - 56,000	9,500 - 13,000
28,000 - 40,000	56,000 - 66,000	13,000 - 17,000
40,000 - 60,000	66,000 - 110,000	17,000 - 25,000
60,000 - 80,000	110,000 - 150,000	25,000 - 34,000
80,000 - arriba	150,000 - arriba	34,000 - arriba

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Los cálculos de carga térmica se dividen en cuatro principales fuentes de calor en un período de 24 horas las cuales son:

## Cargas por transmisión

Los métodos para determinar el flujo de calor a través de los muros, pisos y techos están bien establecidos. La ganancia de calor es directamente proporcional al diferencial de temperatura entre la cámara y el ambiente exterior. El tipo y espesor del material usado en la construcción de la cámara fría afectan directamente en el flujo de calor. Existen tablas que proporcionan información de las propiedades de los materiales, dichas tablas las proporciona el fabricante de cada panel de aislamiento térmico. Algunos congeladores son construidos sin aislamiento térmico en el piso. Sin embargo, puede llegar a ser necesario tomar algún tipo de medida para evitar una ganancia de calor a través del suelo. Una forma de evitar es aislarlo con materiales adecuados o colocarle alguna fuente de calor, esto con el fin de evitar que el agua del terreno se congele en la base de la cámara y pueda llegar a levantar los cimientos. (*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

Figura 21. Espesores de aislamientos recomendados para cuartos

Temperatura de Almacenamiento		Espesor deseable del Aislamiento en Pulg.	
°F	°C	Poliestireno	Uretano
-50 a -25	-45 a -32	8	6
-25 a 0	-32 a -18	6	4
0 a 25	-18 a -4	4	4
25 a 40	-4 a 5	4	3 - 4
40 y más	+5 y más	2	2

(*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

## Cargas por cambios de aire

Tanto el calor sensible como el latente, pueden entrar a las cámaras de refrigeración a través de las aperturas de las puertas. Cada vez que el aire de los alrededores de la cámara este más caliente y entra a la cámara, este deberá de ser enfriado por el evaporador, causando una carga térmica adicional que debe de ser considerada en los cálculos. Para los cálculos se deben de tomar las condiciones ambientes de temperatura y humedad relativa, la cantidad de

puertas que existen, las dimensiones de las puertas y la cantidad de veces que estas son abiertas en un tiempo determinado. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Existen dos métodos para realizar el cálculo de la ganancia de calor debido a las infiltraciones. El primero método se basa en los cambios de aire promedio el cual es el más preciso y el segundo método de infiltración a través de una apertura determinada el cual sirve como un cálculo rápido y alternativa más sencilla. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Cambios de aire promedio: cuando se hace una apertura de la puerta, cierta cantidad de aire caliente del exterior es ingresada a la cámara, este aire debe de ser enfriado, teniendo como resultado una ganancia de calor a considerar. Para los cambios de aire es necesario saber el número probable de cambios de aire por día y el calor que debe de ser removido por cada pie cubico de aire infiltrado. Para esto existen tablas las cuales ya están tabuladas y se muestran a continuación. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 22. Cambios de aire promedio en 24 horas según volumen de cámara para media temperatura

Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 23. Cambios de aire promedio en 24 horas según volumen de cámara para baja temperatura

Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 24. Calor removido por infiltraciones de aire exterior

Temperatura del cuarto de almacenamiento		Temperatura del aire exterior											
		40°F (4.4°C)		50°F (10°C)		85°F (29.4°C)		90°F (32.2°C)		95°F (35°C)		100°F (37.8°C)	
		Humedad Relativa del Aire Exterior, %											
°F	°C	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60	50	60
55	12.8	—	—	—	—	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	10.0	—	—	—	—	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	7.2	—	—	—	—	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	4.4	—	—	—	—	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.65
35	1.7	—	—	0.36	0.41	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	-1.1	0.24	0.29	0.58	0.66	2.00	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35
25	-3.9	0.41	0.45	0.75	0.83	2.09	2.42	2.44	2.71	2.79	3.16	3.14	3.54
20	-6.7	0.56	0.61	0.91	0.99	2.27	2.61	2.62	2.90	2.97	3.35	3.33	3.73
15	-9.4	0.71	0.75	1.06	1.14	2.45	2.74	2.80	3.07	3.16	3.54	3.51	3.92
10	-12.2	0.85	0.89	1.19	1.27	2.57	2.87	2.93	3.20	3.29	3.66	3.64	4.04
5	-15.0	0.98	1.03	1.34	1.42	2.76	3.07	3.12	3.40	3.48	3.87	3.84	4.27
0	-17.8	1.12	1.17	1.48	1.56	2.92	3.23	3.28	3.56	3.64	4.03	4.01	4.43
-5	-20.6	1.23	1.28	1.59	1.67	3.04	3.36	3.41	3.69	3.78	4.18	4.15	4.57
-10	-23.3	1.35	1.41	1.73	1.81	3.19	3.49	3.56	3.85	3.93	4.33	4.31	4.74
-15	-26.1	1.50	1.53	1.85	1.92	3.29	3.60	3.67	3.96	4.05	4.46	4.42	4.86
-20	-28.9	1.63	1.68	2.01	2.00	3.49	3.72	3.88	4.18	4.27	4.69	4.66	5.10
-25	-31.7	1.77	1.80	2.12	2.21	3.61	3.84	4.00	4.30	4.39	4.80	4.78	5.21
-30	-34.4	1.90	1.95	2.29	2.38	3.86	4.05	4.21	4.51	4.56	5.00	4.90	5.44

Las tablas 3,4,5 y 6 fueron extraídas y reimprimadas con permiso de ASHRAE.

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Infiltraciones a través de una apertura determinada: esta es una alternativa para el método de cambio de aire promedio. El método consta de usar una carta psicrométrica y

aplicar la fórmula que se muestra a continuación. Esta fórmula puede ser usada para calcular la infiltración resultante de una ventilación natural (se refiere a que no existe viento) a través de una apertura de la puerta. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Ecuación 6. Cálculo de ganancia de calor a través de apertura de puerta

$$Q_{infiltración} = \frac{4.88 \sqrt{h_{puerta}}^{0.5} * A_{puerta} \sqrt{DT} (h_{aire\ entrando} - h_{aire\ cámara})(1 - x)}{v_{aire\ entrando}}$$

(Manual de Ingeniería BOHN,2015)

Donde h es la altura de la puerta, A es el área de la puerta, DT es el diferencial de temperatura entre el ambiente y la cámara. Las h representan entalpías, v es el volumen específico del aire que entra y x es el factor de cortina (porcentaje de calor bloqueado por la barrera térmica).

Para minimizar los efectos que tienen las infiltraciones es bastante común usar cortinas de plástico, las cuales evitan que una parte del aire caliente del exterior ingrese a la cámara fría. Estas son cortadas en tiras para que el producto pueda ingresar sin problema. Las cortinas plásticas tienen un valor porcentual de 75 a 80. Que refleja cuanto aire evita que pase a la cámara, reduciendo considerablemente la carga por infiltraciones.

#### Carga miscelánea

Existen otras fuentes de calor que se deben de tomar en consideración para tener una mejor selección del equipo de refrigeración. Puesto que el equipo debe de mantener la temperatura bajo las condiciones de diseño, estas cargas generalmente son promediadas en un período de 24 horas para poder retirar este calor del espacio refrigerado. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Las cargas misceláneas más comunes son las siguientes:

Luces: Los requerimientos típicos de iluminación son de 1 a ½ Watt por pie cuadrado. Las cámaras de cortes o procesos pueden llegar a requerir mayor capacidad lumínica. Cada watt es multiplicado por 3.42 para obtener la energía en forma de calor con la

dimensional BTU y así ver cuánto calor se hace necesario extraer debido a las luces. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Motores: los motores más pequeños suelen ser los menos eficientes, motivo por el cual tienden a generar mayor calor por caballo de fuerza que los motores más grandes. A continuación, se muestran dos tablas de cuanto calor generan los motores acordes a su potencia. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 25. Calor equivalente de motores eléctricos

Motor Hp	BTU por (HP) (HR)		
	Relacionado con la Carga dentro del Espacio Refrigerado <sup>1</sup>	Pérdida del Motor Fuera del Espacio Refrigerado <sup>2</sup>	Relacionado con la Carga exterior del Espacio Refrigerado <sup>3</sup>
1/8 a 1/2	4,250	2,545	1,700
1/2 a 3	3,700	2,545	1,150
3 a 20	2,950	2,545	400

<sup>1</sup> Para uso cuando la carga y las pérdidas por motores son disipadas dentro del espacio refrigerado: motores que impulsan ventiladores para forzar la circulación de los evaporadores.

<sup>2</sup> Para uso cuando las pérdidas de los motores son disipadas fuera del espacio refrigerado y trabajo útil del motor empleado dentro del espacio refrigerado: bomba de circulación de salmuera o sistema de agua helada, motor ventilador en el exterior del espacio refrigerado que impulsa el ventilador para la circulación del aire dentro del espacio refrigerado.

<sup>3</sup> Para uso cuando las pérdidas de calor del motor son disipadas dentro del espacio refrigerado y trabajo útil empleado fuera del espacio refrigerado: motor en espacio refrigerado bomba o ventilador localizado fuera del espacio refrigerado.

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Los motores dentro del área refrigerada rechazarán toda esa pérdida de calor al espacio refrigerado como se muestra en la tabla. Los motores que están ubicados en las cercanías del exterior pero que realizan trabajo en el interior como los son bandas transportadoras, rechazarán menos calor dentro del espacio refrigerado. Adicionalmente para

manejar el producto se utilizan montacargas y estos deben de ser tomados en cuenta. Generalmente para aplicaciones alimenticias los montacargas deben de ser eléctricos, por regulaciones. Estos montacargas dependiendo de su potencia y el tiempo en el cual operan dentro de las cámaras, rechazarán calor, el cual debe de ser removido del espacio refrigerado. A continuación, se muestran valores típicos de montacargas eléctricos acorde a su capacidad de carga. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 26. Ganancia de calor debido a montacargas operado con batería

Capacidad de Carga lb.	Ganancia de Calor por Hora de Funcionamiento del Montacargas BTU/hr.*	Peso Total Aprox. del Montacargas lb.
2,000	14,000	6,000
4,000	21,000	8,000
6,000	23,000	12,000
8,000	26,000	14,000

\* **Nota:** La ganancia del calor del montacarga con motor de combustión interna puede ser aproximado multiplicando la potencia del motor x 2,545. por el número de horas de operación (BTU / 24 hrs.)

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Ocupación: es bastante común que existan personas trabajando dentro del área refrigerada. Las personas pueden llegar a rechazar calor dependiendo de la temperatura de la cámara. La ocupación múltiple en un corto período de tiempo, al igual que las otras cargas misceláneas debe de promediarse en un tiempo de 24 horas. Si la carga de ocupación no es conocida se permite una persona cada 24 horas para cada 25,000 pies cúbicos de volumen de espacio. A continuación, se muestran valores con las condiciones antes mencionadas. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 27. Calor equivalente de ocupación

Temperatura del Refrigerador °F	Calor Equivalente/Persona BTU/24Hrs.
50	17,280
40	20,160
30	22,800
20	25,200
10	28,800
0	31,200
-10	33,600

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

#### Carga del producto

Siempre que un producto ingrese con una temperatura más alta que la de la cámara, este producto deberá de perder su energía interna hasta que esta alcance la temperatura de almacenamiento. Esta carga térmica consta de tres componentes que se definen a continuación. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Calor específico: es la cantidad de calor que debe de ser removido a una libra de producto para reducir su temperatura en un 1°F. Existen dos valores de calor específico, uno arriba de su punto de congelación y el otro es por debajo de su punto de congelación. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Calor latente: es aquel calor que debe de eliminarse a una libra de producto para congelarlo, la mayoría de los productos alimenticios tienen un punto de congelación en un rango de 26°F a 31°F. Cuando la temperatura de congelación de algún producto alimenticio es desconocida esta puede aproximarse a 28°F. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Tiempo de abatimiento: cuando la carga del producto es calculada con un tiempo de conservación diferente de 24 horas, un factor de corrección debe de ser aplicada a la carga. El cual se obtiene a partir de la ecuación que se muestra más adelante.

Existe una relación entre el calor latente de fusión y el contenido porcentual de agua, así como los calores específicos ya mencionados. Dicha relación es la siguiente:

Ecuación 7. Estimación de calor específico por encima del punto de congelación

$$C = 0.20 + (0.008 * \% \text{ agua})$$

*(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)*

Ecuación 8. Estimación de calor específico por debajo del punto de congelación

$$C = 0.20 + (0.003 * \% \text{ agua})$$

*(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)*

Ecuación 9. Estimación del calor latente

$$C = 143.3 * \% \text{ agua}$$

*(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)*

Esta aproximación se hace cuando se desconocen los parámetros del producto a almacenar.

Ecuación 10. Factor de corrección por abatimiento.

$$\text{Factor} = \frac{24 \text{ horas}}{\text{tiempo de abatimiento horas}}$$

*(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)*

Factor de seguridad

En cualquier proceso de diseño de ingeniería es preciso poder anticiparse a situaciones no consideradas en los cálculos del diseño. En refrigeración es común usar un 10% adicional de la carga total de refrigeración calculada con los parámetros anteriores. Esto nos ayuda a garantizar un buen funcionamiento de los equipos y las condiciones óptimas de almacenamiento dentro de las cámaras frías. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

## Selección de equipo

Cuando la carga térmica ha sido determinada, se puede proceder a seleccionar un equipo que cumpla con los requerimientos antes calculados. Los factores que afectan a la selección del equipo son los siguientes. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

## Balance del equipo

La unidad condensadora es la se selecciona primero, para tener una capacidad mayor o igual a la calculada. La unidad debe de ser seleccionada de manera que la temperatura de succión debe de estar balanceada con la temperatura de la cámara, es decir que existe un diferencial de temperatura entre el refrigerante que se encuentra en el evaporador y la temperatura de la cámara fría. Este debe de existir para que exista una transferencia de calor adecuada y se llegue a las condiciones deseadas. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

## Diferencial de temperatura para cámaras

El producto el cual estemos guardando va a determinar la humedad relativa de la cámara. La humedad relativa de la cámara es la que va a dictaminar el diferencial de temperatura aproximado entre el refrigerante que se encuentra en el evaporador y el aire de la cámara fría. Para aplicaciones por encima de 32°F se pueden aplicar ciertos criterios generales.

Para propósitos generales es común involucrar carnes, vegetales y productos lácteos en un mismo refrigerador o cámara de media temperatura. Para esto se debe de contar con un diferencial de temperatura entre 10°F a 12°F con el fin de mantener una humedad relativa entre 80% a 85%. Este es un rango aceptable para el almacenaje general de los productos antes mencionados. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Los requerimientos de baja humedad relativa permiten un mayor diferencial de temperatura en la selección del evaporador con base en menores capacidades de refrigeración. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Para los cuartos de baja temperatura la cantidad de deshidratación de los productos desempacados es proporcional al diferencial de temperatura. Teniendo esto en cuenta es una

práctica común es usar un diferencial de temperatura de 10°F. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

#### Seguridad del producto y el control de la capacidad

En cuartos fríos más grandes, donde la carga es bastante elevada se recomienda que la carga sea dividida entre el número de unidades. Una carga que requiere una unidad de más de 10 HP debe de ser dividida para proporcionarle al cliente un nivel de confianza en caso se dé una falla mecánica. En situaciones de carga baja algunas unidades pueden ser desactivadas. Con esto se puede llegar a reducir el consumo de energía eléctrica. Esto llega a ser una buena práctica por seguridad y confiabilidad, que a su vez reduce el gasto en energía eléctrica. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

#### Tipo de operación y flujos de aire.

Estos dos parámetros son importantes en la selección y ubicación del evaporador, las cuales tienen que ser compatibles con la aplicación particular.

La dirección del aire y el tiro del aire debe de ser de tal forma que haya movimiento el cual propicie una buena transferencia de calor. Esto se aplicará a las paredes y techo del cuarto como al producto. El evaporador debe de contar con un arreglo que sea capaz de dirigir la descarga del aire a cualquier puerta o apertura. Se debe de evitar ubicar el evaporador en una posición cercana a una puerta, ya que esto puede ocasionar una infiltración adicional dentro de la cámara, así como generación de hielo en los alrededores, dicho fenómeno es llamado a nivel técnico como escarchado. En caso se coloquen dos o más equipos se deben de evitar ubicar a los evaporadores en las corrientes de las otras unidades. Esto podría llegar a causar problemas con el deshielo. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Para los refrigeradores y conservadores en congelación general, no existe un criterio para la velocidad del aire dentro de la cámara, el total del aire suministrado es aproximadamente de 40 a 80 cambios de aire que ocurren cada hora. Este es un término que se usa más en aire acondicionado y se puede llegar a aplicar en la refrigeración industrial. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Ecuación 11. Cambios de aire

$$\text{Cambios de aire} = \frac{\text{cfm} * 60}{\text{volumen interno de la cámara}}$$

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Esta ecuación descarta el movimiento del aire que es inducido por la descarga de aire del evaporador. Para simplificar los cálculos, el mayor volumen de la cámara es usado solo si el producto y el equipo ocupan más del 10% del volumen total de la cámara. Para evitar usar fórmulas se tiene tablas donde se tienen los cambios de aire máximos y mínimos recomendados por hora. (Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 28. Cambios de aire recomendados por hora

TIPO DE APLICACION	NUMERO DE CAMBIOS DE AIRE RECOMENDADO	
	MINIMO	MAXIMO
Conservación en Congelación	40	80
Conservación al Refrigeración	40	80
Cámaras de corte	20	30
Cámara de enfriamiento de carne	80	120
Maduración de plátano	120	200
Almacenamiento de frutas y vegetales	30	60
Túneles de congelación rápida	150	300
Salas de Proceso	20	30
Almacenamiento de carne sin empacar	30	60

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Factores de reducción

En la selección de los equipos de refrigeración se deben de tomar en cuenta que la capacidad que tiene los equipos según ciertos criterios. Si dichos criterios se ven afectados también se verán afectadas las capacidades de los equipos. Por lo que se debe de procurar tener cuidado en cuanto a las condiciones en las cuales van a operar. Estos factores pueden

verse variados por el fabricante, sin embargo se van a enumerar un par de reglas empiricas las cuales se pueden tener en consideracion. (*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

El ambiente de la unidad condensadora es generalmente entre 90°F a 95°F, y están diseñadas para rechazar calor al ambiente a esas temperatura. Sin embargo, una unidad condensadora puede llegar a disminuir o aumentar su capacidad en un 6% por cada 10°F de incremento en la temperatura ambiente. (*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

La mayoría de los fabricantes consideran sus equipos en las condiciones sobre el nivel del mar, al incrementar la altitud en la cual los equipos van a operar tiene como resultado una disminucion de la densidad del aire. Mientras que los ventiladores trabajan en control directo con el equipo, entregando un flujo volumetrico constante de aire, se debe de tomar en cuenta la densidad. Ya que la potencia que consume se verá afectada. Afortunadamente los motores pueden ser adaptados para que entreguen el mismo flujo volumétrico sin exceder la sobrecarga del motor. (*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

A continuacion hay datos tabulados de como se ven afectados las unidades condensadoras enfriadas por aire y evaporativas. (*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

Figura 29. Efectos de la altitud en los equipos enfriados por aire

Altitud Sobre el Nivel de Mar (pies)	Presión Absoluta		Densidad de Aire Estándar a 70 °F lbs/pie <sup>3</sup>	Densidad de Aire Promedio	Multiplicadores de Capacidad	
	Pulg.Hg	PSIA			Ventiladores de Accionamiento Directo	
					Evaporador para Refrigeración	Unid. Conden. Enfriadas por Aire
1,000	31.02	15.27	.0778	1.04	1.03	1.005
500	30.47	14.97	.0763	1.02	1.02	1.002
0	29.92	14.70	.0749	1.00	1.00	1.00
500	29.38	14.43	.0735	0.98	0.98	0.995
1,000	28.86	14.28	.0719	0.96	0.97	0.998
2,000	27.82	13.67	.0697	0.93	0.94	0.985
3,000	26.81	13.27	.0671	0.90	0.91	0.98
4,000	25.84	12.70	.0647	0.86	0.875	0.975
5,000	24.89	12.23	.0623	0.83	0.85	0.969
6,000	23.98	11.78	.0600	0.80	0.82	0.960
7,000	23.09	11.34	.0578	0.77	0.79	0.955
8,000	22.22	10.92	.0556	0.74	0.76	0.946
9,000	21.38	10.50	.0535	0.71	0.73	0.939
10,000	20.58	10.11	.0515	0.69	0.71	0.93
12,000	19.03	9.35	.0477	0.64	0.66	0.91
14,000	17.57	8.63	.0439	0.59	0.61	0.88

(*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

También las condiciones de la temperatura de succión pueden llegar a ser afectadas, en especial a los modelos de aplicaciones para baja temperatura. No se tienen condiciones estándar establecidas por la industria para el criterio de las clasificaciones. El mismo número del modelo de un evaporador puede ser determinado a varias temperaturas de succión. La mayoría de fabricantes dan un factor de corrección en la temperatura de succión para sus evaporadores según sea el caso correspondiente. Dicho factor se debe tener en consideración para la selección del equipo. (*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

#### Frecuencia de la energía eléctrica 50/60 Hz

Desde que vivimos dentro de una población globalizada los fabricantes no se pueden dar el lujo de ignorar el hecho que en algunos países se trabaja en 50 ciclos y en otros a 60 ciclos. Los motores por ejemplo, que son dimensionados para operar a 60 Hz, pueden operar a un 83% con una frecuencia de 50 Hz. Los compresores pueden generar solo 5/6 partes de su potencia. Si los fabricantes diseñan sus equipos para poder operar en 50/60 Hz se pueden aplicar estos criterios: (*Manual de Ingeniería, BOHN 2015*)

El evaporador y el condensador enfriado con aire se deben multiplicar la capacidad por un factor de 0.92

Para unidades condensadoras enfriadas por aire se deben multiplicar la capacidad por un factor de 0.85

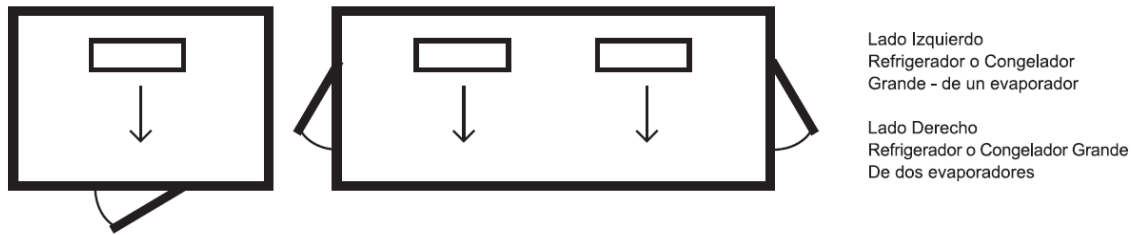
La capacidad de los sistemas ( evaporador y unidad condensadora enfriada por aire) puede ser afectada por un factor de 0.88

Para seleccionar un equipo de refrigeración después que ha sido determinada la carga térmica esta debe ser dividida en 0.88

Ecuación 12. Conversión para seleccionar equipos de 50 Hz

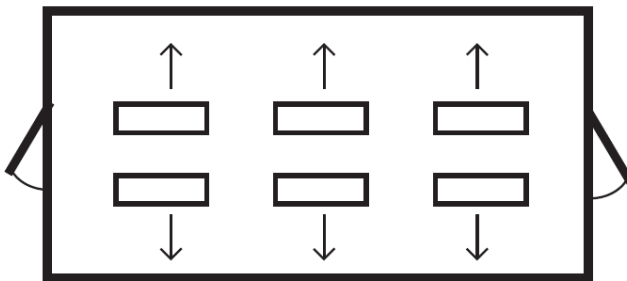
$$\text{Conversión} = \frac{\text{Carga del equipo en 60 Hz}}{0.88}$$

Figura 30. Ubicación recomendada de los evaporadores

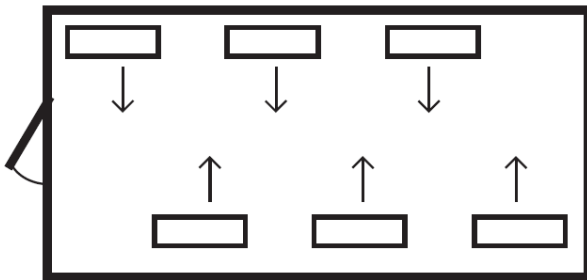


(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

Figura 31. Arreglo de evaporadores para cuartos



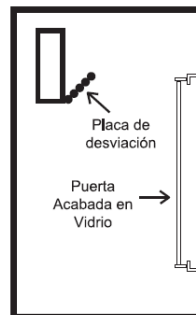
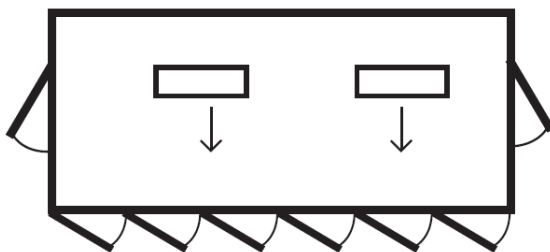
Arregló para Refrigeradores o Congeladores Grandes, en donde no es posible acomodar todos los evaporadores en un solo lado o en donde la distancia del tiro de aire debe tomarse en cuenta.



**Nota:** Siempre evite colocar los evaporadores directamente arriba de las puertas o cerca de la abertura de las puertas en donde la baja temperatura se está manteniendo y en cualquier parte que sea posible para mantener una temperatura normal.

Dar el espacio necesario entre la parte posterior del evaporador y la pared que permitan el retorno libre del aire. Referirse al catálogo del fabricante para dar el espacio más adecuado.

Siempre instale trampas en las líneas del dren de manera individual para prevenir la migración de vapor. Las trampas en baja temperatura deben instalarse fuera de los espacios refrigerados.



Lado Izquierdo  
Refrigerador o Congelador con puertas acabadas en vidrio.

Lado Derecho  
Vista en elevación del Refrigerador o Congelador con Puerta Acabada en Vidrio. Asegúrese que el aire de descarga no fluya directamente contra las puertas. Coloque una placa de desviación cuando la puerta se extienda por arriba del nivel del ventilador.

(Manual de Ingeniería, BOHN 2015)

## Refrigerantes

Tras la firma del protocolo de Montreal (1987), se acordó suspender el empleo de los gases clorofluorocarbonados (CFC), con alto contenido en cloro. A partir del año 2030 se tiene planeado parar la producción de gases hidroclofluorocarbonados (HCFC). (Lijo,2013)

Los gases CFC, por su gran estabilidad química, permanecen durante mucho tiempo en la atmósfera, lo que repercute desfavorablemente en el equilibrio del ozono-oxígeno. Los gases HCFC poseen un potencial muy reducido de destrucción de la capa de ozono, debido a que en su composición química tiene presencia de átomos de hidrógeno y el bajo contenido de cloro. En el grupo de los HCFC se encuentra el R22, el cual sirve como un fluido transitorio de los CFC. Esta evolución de los fluidos refrigerantes conduce a los fluidos HFC, los cuales no tienen cloro y con átomos de hidrogeno, sin potencial destructor del ozono y muy bajo efecto invernadero. (Lijo,2013)

### Características de los refrigerantes

Los refrigerantes pueden llegar a fugarse de los sistemas de refrigeración. Puede ser debido a una mala soldadura, algún fallo en las válvulas, etc. Por esta razón los refrigerantes deben de ser seguros para los humanos y en sus procesos de manufactura. Según el estándar 34-1997, la toxicidad de los refrigerantes es clasificada en A o en B. Los refrigerantes de clase A son menos tóxicos y la prueba que se le realiza para determinar qué es clasificación A es cuando la concentración menor o igual a 400 partes por millón basado en los límites de tiempo y peso promedio (TLV-TWA por sus siglas en inglés value-time-weighted average). (Lijo,2013)

Los refrigerantes clasificación B son altamente tóxicos. Estos son aquellos que por debajo de 400 partes por millón pueden volverse tóxicos si se está en contacto con estos.

También existe otro parámetro de seguridad que es la flamabilidad. Según el estándar de la ASHRAE 34-1997 se clasifican en 1, 2 y 3. Los refrigerantes clase 1 no presentan propagación de flama, esta prueba se hace en aire a 14.7 Psia y 65°F. Los refrigerantes clase 2 tienen un índice bajo de flamabilidad de más de 0.00625 lb/ft<sup>3</sup>, esta prueba se hace a 14.7 Psia y a 70°F y un valor de combustión de menos de 8174 BTU/lbm. Los refrigerantes clase 3 son altamente inflamables, lo cual indica que tiene un alto índice de flamabilidad de menos

de 0.00625 lb/ft<sup>3</sup> a una temperatura de 70 °F y presión de 14.7 Psia, que es equivalente a un poder calorífico de combustión de 8174 BTU/lbm. (Lijo,2013)

Los refrigerantes se clasifican de la siguiente manera:

A1 baja toxicidad y sin propagación de la llama

A2 menor toxicidad e inferior flamabilidad

A3 menor toxicidad y mayor flamabilidad

B1 mayor toxicidad y sin propagación de la llama

B2 mayor toxicidad e inferior flamabilidad

B3 mayor toxicidad y mayor flamabilidad

(Lijo,2013)

Las temperaturas de evaporación y condensación para los refrigerantes es recomendable que la temperatura a la cual se evapora se mucho mayor a la presión atmosférica, esto con el fin que los gases que se encuentran en la atmósfera no se filtren dentro del sistema, teniendo como resultado un aumento en la presión general del sistema. La presión de condensación debe de ser baja debido a que una alta presión de condensación necesita de un sistema de tuberías y de compresores mucho más robustos, lo cual haría caro el sistema. (Lijo,2013)

Miscibilidad: en los sistemas de refrigeración el aceite del compresor se mezcla con el refrigerante, ya que esta mezcla hace que se logre una buena lubricación en el compresor. El aceite debe de regresar al compresor cuando viene del condensador, evaporador y todo el sistema de tuberías y válvulas que conforman al sistema de lubricación. Por otra parte, el refrigerante debe de ser capaz de diluir el aceite del compresor. Un posible problema es que el aceite se adhiere a la pared interna de la tubería del sistema de refrigeración teniendo como efecto una disminución de la transferencia de calor. (Lijo,2013)

Por ello es importante colocar trampas de aceite y cuidar la velocidad del refrigerante dentro de la tubería para evitar estos problemas.

Inertes: los refrigerantes deben de ser inertes, para que no reaccionen químicamente con otros materiales, adicionalmente evita la corrosión y daño de los componentes del sistema de refrigeración. (Lijo,2013)

Capacidad de refrigeración: el flujo volumétrico del refrigerante en pies cúbicos por minuto en la succión del evaporador para producir una tonelada de refrigeración depende principalmente del calor latente de vaporización en las condiciones de la presión en la succión. Esto afecta en la selección de los compresores y el diámetro de la tubería. (Lijo,2013)

Conductividad térmica: es una propiedad de cada uno de los materiales la cual afecta directamente el desempeño en cuanto a la transferencia de calor. Los refrigerantes tienen una menor conductividad térmica en estado de vapor que en estado líquido. Esto afecta en el tamaño de los dos intercambiadores de calor del sistema (evaporador y condensador). (Lijo,2013)

Es importante que los fluidos refrigerantes tengan propiedades dieléctricas, esto es debido a que están en contacto directo con partes eléctricas de los compresores. El que no tengan estas propiedades puede causar un corto circuito en el compresor. (Lijo,2013)

Además, se debe de cuidar la temperatura a la cual el compresor descarga, preferiblemente por debajo de 212°F. Si la temperatura de descarga supera los 300°F puede tener como consecuencia una carbonización del aceite del compresor, dañado y obstruyendo el sistema. (Lijo,2013)

Durante la operación es necesario poder detectar fugas de refrigerante en el sistema. Esto se puede lograr por los siguientes métodos:

Antorcha: este método es simple y rápido. Cuando el aire fluye sobre un elemento de cobre calentado por una llama de alcohol metílico, el vapor del refrigerante halogenado se descompone y cambia el color de la llama (verde para una fuga pequeña, azulada con una parte superior rojiza para una fuga grande). (Lijo,2013)

Detector electrónico Este tipo de detector revela una variación de la corriente eléctrica debida a la ionización de refrigerante descompuesto entre dos electrodos con carga opuesta.

Es sensible, pero no puede ser utilizado donde el aire ambiente contiene vapores explosivos o inflamables. (Lijo,2013)

Método de burbuja Se cepilla una solución de jabón o detergente sobre los sellos y las juntas cuando hay fugas se sospecha, produciendo burbujas que pueden detectarse fácilmente. (Lijo,2013)

Existe una gama de mezclas alternativas al R-12 y el R.502 homologadas por la ASHRAE

Figura 32. Mezclas alternativas al R-12

<b>Refrigerante</b>	<b>Componentes</b>	<b>Composición %</b>	<b>Punto de ebullición</b>	<b>COP<sup>1</sup> %</b>
401 a	R-22/152 a/124	53/13/34	-33,1	100
401 b	R-22/152 a/124	61/11/28	-34,7	98
DI-36	R-22/600/124	50/3/47	33,8	115

(Lijo,2013)

Figura 33. Mezclas alternativas al R-502

<b>Componentes</b>	<b>Refrigerante</b>	<b>Composición %</b>	<b>Punto de ebullición</b>	<b>COP<sup>1</sup> %</b>
R-22/125/290/143	M-44	50/42/2/6	-45,6	105
R-22/218/290	403 b	55/39/6	-50,6	100
R-22/125/290	402 a	38/60/2	-49,2	100
R-22/125/290	402 b	60/38/2	-47,4	98

(Lijo,2013)

## Codificación de los fluidos refrigerantes

Según el “Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas”, los fluidos refrigerantes se van a denominar por su composición química y no por su denominación comercial. Sin embargo, es bastante complicado memorizar formulas químicas. Razón por la cual se optó por una denominación más práctica. Se codifica mediante un código que comienza con la letra R (haciendo alusión a que es refrigerante). (Lijo,2013)

El número que le precede se determina de la siguiente manera:

- Las unidades indican la cantidad de átomos de flúor contenidos en la molécula.
- Las centenas indican el número de átomos de carbono, menos 1 (en el caso de la serie de metano, como esa cifra es igual a cero no se menciona en la nomenclatura).
- Los átomos de carbono no se consideran.

### Ejemplo

Nombre químico: Monoclorodifluormetano

Fórmula química:  $\text{CHClF}_2$

Aplicando el criterio anterior se obtiene lo siguiente

Unidades: (que indican las cantidades de átomos de flúor): 2

Decenas (que indican la cantidad de hidrógeno más uno): 2

Centenas (número de átomos de carbono menos 1): 0

La denominación del fluido será R-22

La letra C que precede al número designa a los derivados cíclicos.

La letra B después del número, indica presencia de bromo. El número de átomos de bromo se define por la cifra que siga a esta letra.

En los compuestos isómeros (son aquellos los cuales tienen la misma fórmula molecular, pero difieren en la disposición de los átomos de sus moléculas y, como consecuencia un cambio en sus propiedades físicas, el más simétrico, en pesos atómicos, se

indica sin letra a alguna a continuación de los números. Cuanto menor sea la simetría, entonces se colocan las letras: a, b, c etc.

### Mezclas azeotrópicas

Son el resultado de mezclar dos sustancias de la misma naturaleza química, con la condición de que no reaccionen entre sí, tanto en el momento de la mezcla como a largo plazo y de manera que las características del producto resultante dependan de las características que la constituyen. (Lijo,2013)

Por ejemplo, se tiene dos refrigerantes de la serie 500 (R-502 y R-503)- se expresan las denominaciones de sus componentes, así como por el porcentaje de masa de los mismo.

R-502 (R-22(48,8% +R-115 (51.2%))

### Fluidos Refrigerantes Inorgánicos

Se incluyen en la serie 700, y el número de sus códigos se establece de la siguiente manera:

Las unidades y las decenas representan los pesos moleculares correspondientes.

El número de la centena siempre será 7

Por ejemplo, un refrigerante ampliamente usado en proyectos industriales el amoníaco:

Nombre químico: Amoníaco

Formula química:  $\text{NH}_3$

Peso molecular del nitrógeno (N); 14

Peso molecular del hidrógeno (H):1, (1X3=3)

Por lo tanto, el fluido se denominará R-717

### Aislamiento Térmico

El fin de los aislamientos térmicos es lograr que el flujo de calor sea el menor posible. La característica más importante en los aislamientos térmicos es que tengan una

conductividad térmica baja. Los distintos tipos de aislamiento térmico se pueden agrupar en tres las cuales son:

Fibroso: este primero grupo se caracteriza por tener filamentos de baja densidad y que tienen un diámetro bastante reducido, por lo que se puede introducir en un espacio vacío. Un ejemplo de este grupo es la fibra de vidrio que tiene aplicaciones que no superen los 700 °C. (Kreith, 2012)

El segundo grupo es llamado celular: estas pueden ser planchas flexibles o rígidas. Tienen la característica de ser aplicados en una superficie y cubrirla adaptándose a la forma del espacio donde se aplica. Este grupo de aislantes tiene la característica de tener una densidad muy baja y buena compresibilidad. Por ejemplo, las espumas de poliestireno o de poliuretano son las más usadas en la industria. (Kreith, 2012)

El último grupo es el granular: el cual consiste en pequeños granos y hojuelas de materiales inorgánicos hechos en formas prefabricadas (Kreith, 2012)

Paneles de aislamiento térmico.

En la industria de la refrigeración el segundo grupo es el que más se usa. Se usan planchas de poliuretano de baja densidad tipo III. (densidad de 40 kg/m<sup>3</sup>). Las planchas de aislamiento térmico constan de dos láminas de metal, generalmente son dos planchas de lámina galvanizada con pintura anticorrosiva, con espuma de poliuretano tipo III en medio. Dichas planchas de lámina galvanizada pueden mandarse a fabricar bajo pedido de acero inoxidable o de aluminio. Sin embargo, esta práctica es poco común ya que el costo de fabricar paneles de esa manera se eleva mucho en comparación de las planchas estándar. (Metalpanel, 2017)

Panel frigorífico isoterm

METALPANEL S.A. es una empresa española dedicada a la fabricación de paneles para fachadas, cubiertas de naves industriales e instalaciones frigoríficas. Actualmente dicha empresa dirige sus esfuerzos a cuatro tipos de clientes:

- Ingenierías

- Estructuras de naves industriales
- Frigoristas
- Empresas de montaje

Metalpanel tiene una fábrica nueva de 53,000 m<sup>2</sup> que cuenta con tecnología avanzada la cual les permite agrupar tres líneas de producción de su antigua fábrica, esto también les permite poder fabricar 25 modelos diferentes de panel. Esta tecnología incorporada les permite fabricar paneles con espesores de hasta 240 mm. (Metalpanel, 2017)

Los paneles ISOTERM cuentan con las siguientes características:

La gama de ecopanel incorpora una espuma de polisocianurato Stop-Fire PIR que alcanza ensayos SBI, clasificación al fuego Bs1d0 y Bs2d0. Esta tecnología cuenta con un mecanismo de seguridad a nivel químico el cual tiene un retardante a la llama en caso hubiese algún conato de incendio.

Está diseñado para soportar gradientes de temperatura altos entre la temperatura interna de la cámara y la temperatura externa.

Está disponible en un rango de perfiles, de imprimaciones y espesores de aislamiento de espuma para cubrir las necesidades del cliente desde 40 mm hasta 240 mm. Anchos efectivos de panel de 1000 mm y de 125 mm.

Está diseñado para aplicaciones de refrigeración, túneles, cámaras, procesado de alimentos, con un rango interno de temperaturas desde -50°C hasta 60°C.

Es higiénicamente seguro, resistente a la humedad y evita cualquier riesgo de crecimiento de moho y bacterias.

Presenta un largo ciclo de durabilidad de entre 30 y 40 años. (Metalpanel, 2017)

#### Propiedades mecánicas de panales frigoríficos

Los cuartos fríos pueden ser considerados como estructuras, las cuales pueden llegar a soportar una carga dependiendo de las características del material y de la configuración en la cual se va a construir. (Metalpanel, 2017)

A continuación, se muestran los valores de carga admisibles en los paneles dependiendo del grosor y la distancia entre apoyos. Es importante saber cuánto es lo permisible de carga para que en dado caso alguien se tenga que subir tenga la certeza que no va a fallar el material. Una persona puede subirse por muchas razones, por cuestiones de instalación, mantenimiento y limpieza o bien una inspección al equipo y a los paneles. (Metalpanel, 2017)

Figura 34. Carga admisible para dos apoyos en diferentes espesores de panel

Sobrecarga de uso para panel frigorífico (en kg/m <sup>2</sup> ) 1 vano (2 apoyos)								
Overloading of use for frigorific panel (in kg/m <sup>2</sup> ) one bay (2 supports)								
Surcharge d'utilisation pour panneau frigorifique (en kg/m <sup>2</sup> ) 1 embrasure (2 appuis)								
Espesor panel (mm)	Distancia entre apoyos (m)							
	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,00
40	210	172	124	81	58	--	--	--
60	269	215	171	133	98	--	--	--
80	350	290	264	203	155	79	--	--
100	--	342	320	231	182	120	82	--
120	--	--	365	290	233	155	102	--
150	--	--	422	386	296	195	128	--
180	--	--	--	422	357	241	175	121
200	--	--	--	--	392	278	203	145

(Metalpanel, 2017)

Figura 35. Carga admisible para varios apoyos en diferentes espesores de panel  
 Información de carga admisible para varios apoyos en función del grosor del panel y la  
 distancia.

Sobrecarga de uso para panel frigorífico (en kg/m <sup>2</sup> ) 2 o más vanos (2 o más apoyos) Overloading of use for frigorific panel (in kg/m <sup>2</sup> ) 2 or more bays (2 or more supports) Surcharge d'utilisation pour panneau frigorifique (en kg/m <sup>2</sup> ) 2 embrasures ou plus (2 appuis ou plus)								
Espesor panel (mm)	Distancia entre apoyos (m)							
	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,00
40	248	198	139	91	65	--	--	--
60	317	247	192	149	110	--	--	--
80	391	320	296	227	176	104	--	--
100	--	378	358	242	212	133	89	--
120	--	--	409	302	273	190	111	--
150	--	--	473	412	308	215	140	--
180	--	--	--	455	384	265	192	144
200	--	--	--	--	410	306	221	160

(Metalpanel, 2017)

#### Isoterm 1125

Como se mencionó anteriormente este fabricante ofrece paneles en varios anchos efectivos. Esta línea de productos está diseñada para obtener un aislamiento óptimo en cámaras frigoríficas, secadero e incluso túneles de congelación. Este tipo de panel facilita el control de temperatura y humedad. Estas características lo hacen ideal para cubrir las necesidades en la industria agroalimentaria. (Metalpanel, 2017)

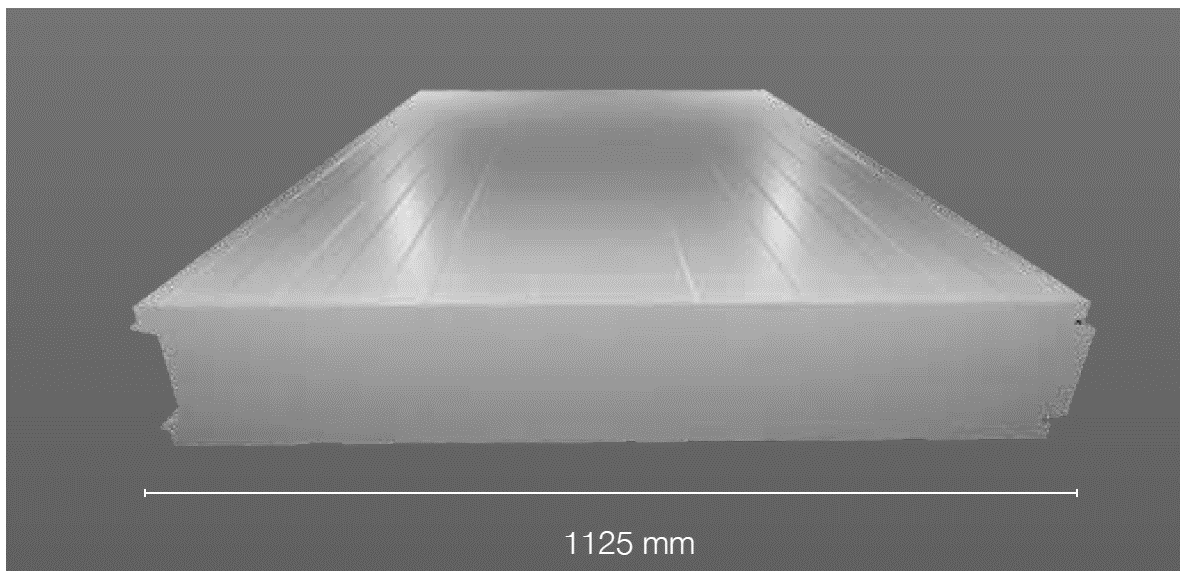
A continuación, se muestran los espesores en los cuales está disponible esta línea de productos.

Figura 36. Propiedades térmicas y de ancho útil para paneles de varios espesores.

Panel frigorífico						
Espesor panel (mm)	80	100	120	150	180	200
Transmitancia Térmica						
Kcal/m <sup>2</sup> h°C	0,23	0,18	0,16	0,12	0,10	0,09
W/m <sup>2</sup> °C	0,26	0,20	0,18	0,14	0,11	0,10
Ancho útil (mm)						
	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125

(Metalpanel, 2017)

Figura 38. Panel isotherm 1125



(Metalpanel, 2017)

#### Isoterm- 1000 (Bajo Espesor)

Son paneles diseñados para cerramientos de tabiquería interior, para casetas de obra y falsos techos, estos se caracterizan por tener una junta simétrica la cual proporciona fachadas sin ningún tipo de holgura. (Metalpanel, 2017)

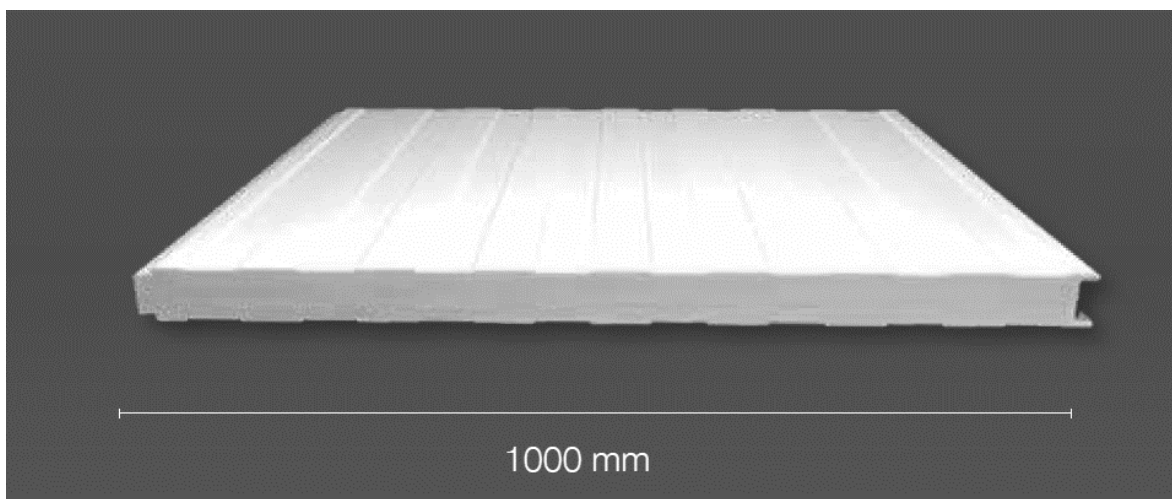
A continuación, se muestran las características de los paneles isotherm-1000 y los anchos disponibles

Figura 39. Propiedades térmicas y físicas para panel isotherm 1000

Panel frigorífico para bajos espesores			
Espesor panel (mm)	30	40	60
Transmitancia Térmica			
Kcal/m <sup>2</sup> h°C	0,57	0,46	0,29
W/m <sup>2</sup> °C	0,65	0,52	0,33
Ancho útil (mm)			
	1.000	1.000	1.000

(Metalpanel, 2017)

Figura 40. Panel isotherm 1000



(Metalpanel, 2017)

## Técnicas de aislamiento y construcción de cámaras frigoríficas

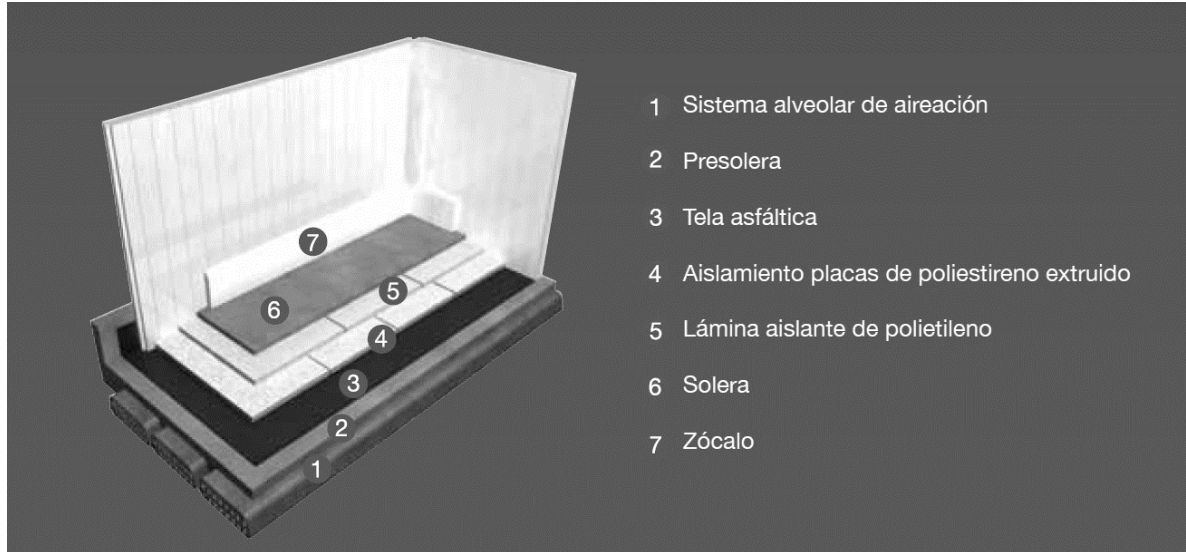
Para una cámara con temperaturas bajo cero es necesario aislar el suelo, esto para evitar que el calor fluya en dirección de la cámara teniendo como resultado una carga adicional. Que no se pueden tomar en cuenta, debido a que es muy difícil conocer las condiciones de humedad y temperatura del suelo. Además de esto el vapor de agua también puede llegar a ser un problema ya que este puede congelarse en la frontera del suelo con el piso de la cámara, y esto podría llevar a que el suelo se levante por los efectos del hielo. (Metalpanel, 2017)

En el manual de panel frigorífico Isoterm nos dan una descripción de cómo se debe de aislar el suelo de una cámara frigorífica con temperaturas negativas. Hay varias alternativas para lo anterior.

- Vaciado sanitario bajo el suelo de la cámara cuya finalidad es evitar la congelación del suelo, ya que la expansión como antes se menciona da lugar a los daños en los cimientos.
- Calentamiento del subsuelo mediante resistencias eléctricas.
- Solera de limpieza de unos 5 cm. Mas cartón alveolar que absorba las irregularidades
- Aislamiento térmico con opciones poliuretano y poliestireno extruido
- Lámina de polietileno para evitar la penetración del agua de fraguado del hormigón.
- Los finales de hormigón
- Estanqueidad de los gases para cámaras con atmosferas controladas y evitar la fuga de gases.

(Metalpanel, 2017)

Figura 41. Formas de aislar suelos en montaje de cámaras frigoríficas



(Metalpanel, 2017)

En Guatemala para aplicaciones de cámaras frigoríficas a pequeña escala de baja temperatura se usa la opción de aislamiento térmico, ya que esto tiene un costo más reducido y funciona de manera óptima en cuartos pequeños. El procedimiento consiste en hacer una capa de planchas de poliuretano sin las planchas galvanizadas por cuestiones de costos. Luego que se hace una cama con planchas de aislante se le aplica una losa de concreto encima para poder construir el cuarto. Con lo que se debe de tener cuidado son los muros, ya que estos deben de ir enterrados y se les debe de retirar parte de la lámina galvanizada con el fin de romper el puente térmico que existe.

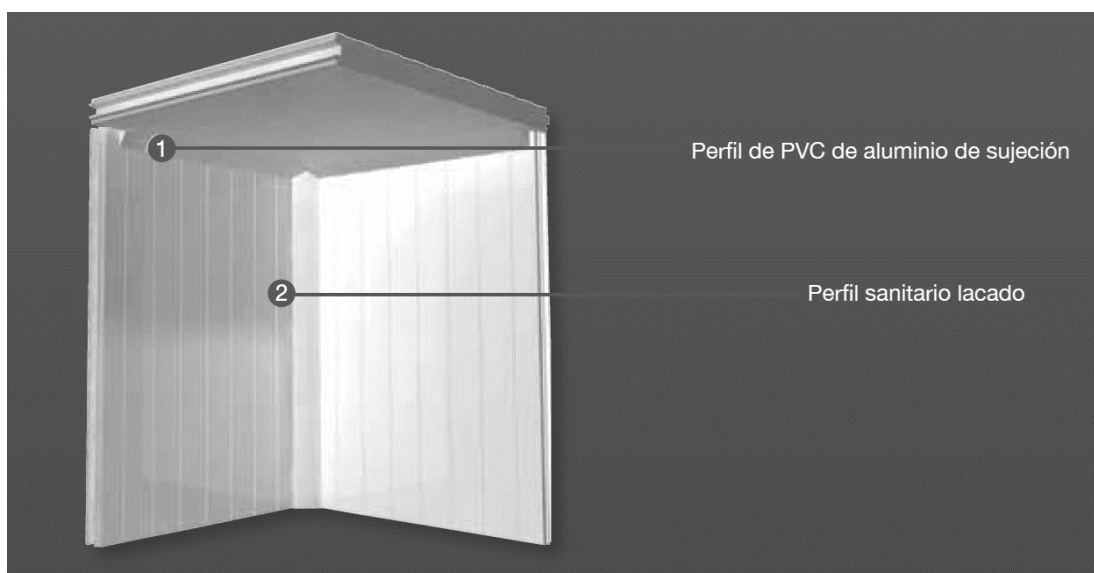
Montaje e instalación de cuartos fríos con paneles de aislamiento térmico.

Existen manuales de instalación los cuales indican como se deben de montar los paneles, aunque los paneles son iguales dependiendo de cada fabricante así va a ser la instalación de estos. Además, en la industria guatemalteca de la refrigeración se tienen métodos adicionales los cuales garantizan una mejor instalación y prevención de problemas a largo futuro. (Metalpanel, 2017)

## Detalles de rematería o perfilería interior

Como se puede observar en la figura, cuando se construye el cuarto es necesario colocar distintos tipos de perfiles internos con el fin de darle una mejor estética a la cámara frigorífica. Estos perfiles pueden ser de lámina galvanizada cuyo costo e instalación es considerablemente menos, o bien pueden ser perfiles de PVC, aluminio o acero inoxidable de grado alimenticio.

Figura 42. Detalles de rematería o perfilería interior



(Metalpanel, 2017)

Figura 43. Detalle de perfil interior con fijaciones

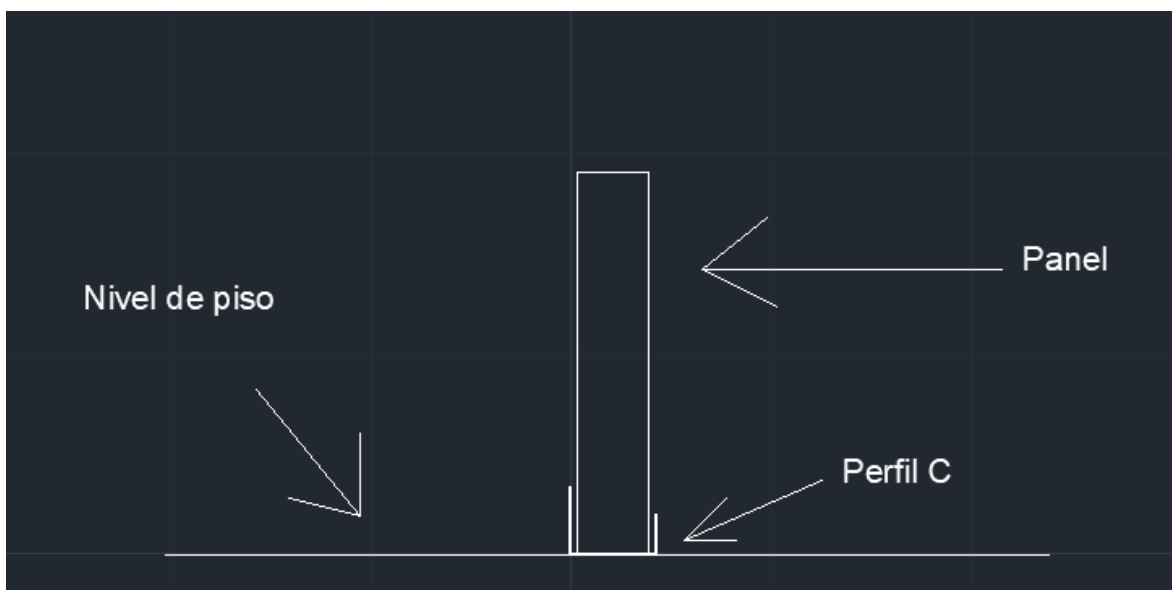


(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

## Instalación de muros del cuarto

Para poder realizar una fijación adecuada de los muros de la cámara es necesario darle una base adecuada. Dicha base en la industria de la refrigeración puede ser de dos maneras, un perfil C que regularmente es de lámina galvanizada o PVC el cual se fija al suelo mediante tornillo, para luego instalar el panel como se puede ver en la siguiente imagen. (Metalpanel, 2017)

Figura 44. Montaje de panel al suelo con perfil C



(Elaboración propia 2017)

La otra forma de hacer es mediante arreglos de angulares los cuales ofrecen la misma sujeción, sin embargo, estos se usan cuando se requiera aluminio o acero inoxidable de grado alimenticio. Estos arreglos se colocan de la siguiente manera:

Figura 45. Montaje de panel al suelo con angulares

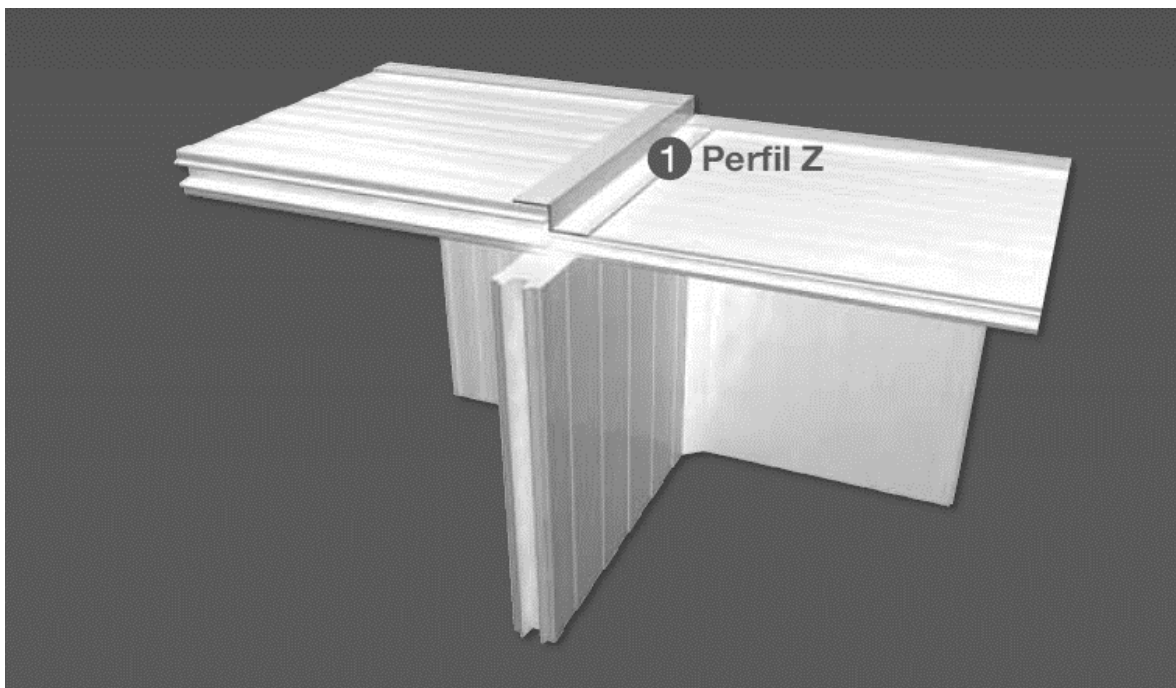


(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

Detalles de remataria o perfilería exterior

Cuando se tiene dos cámaras frigoríficas contiguas a diferentes niveles se debe de colocar un perfil exterior en forma de “Z” como se puede ver la siguiente manera:

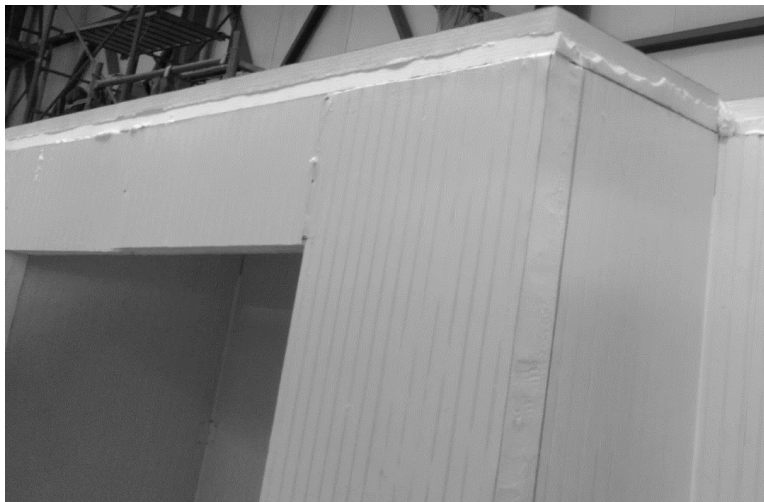
Figura 46. Detalle de perfilería exterior por desnivel



(Metalpanel 2017)

Adicional se colocan angulares para cubrir la espuma de los paneles de aislamiento térmico que quedan como producto de la unión de los paneles.

Figura 47. Montaje de cuarto frío sin perfilería exterior

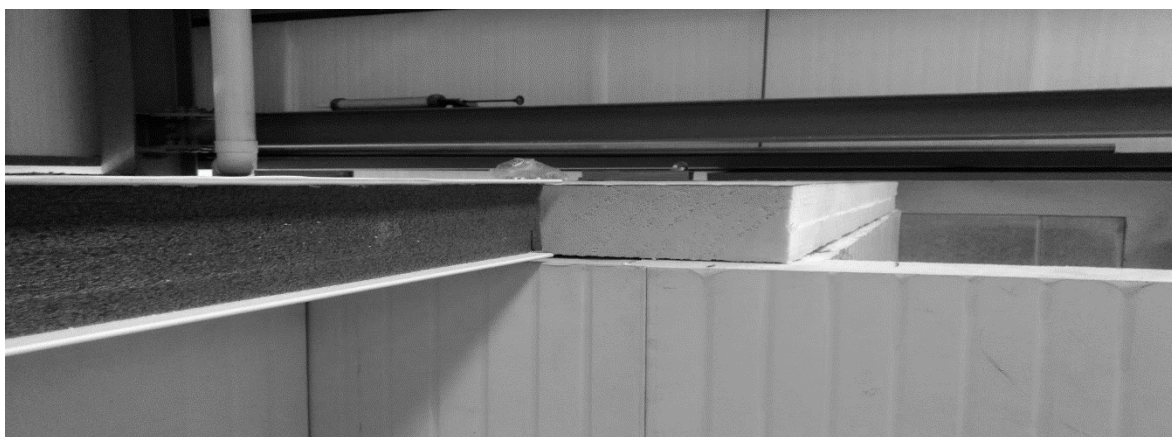


(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

#### Techos en cámaras frigoríficas

Existen dos formas de colocar el techo en una instalación de panel de aislamiento térmico, la primera es colocar sobre los muros de los cuartos los paneles que conforman el techo de la siguiente manera

Figura 48. Montaje de techo en cámara frigorífica

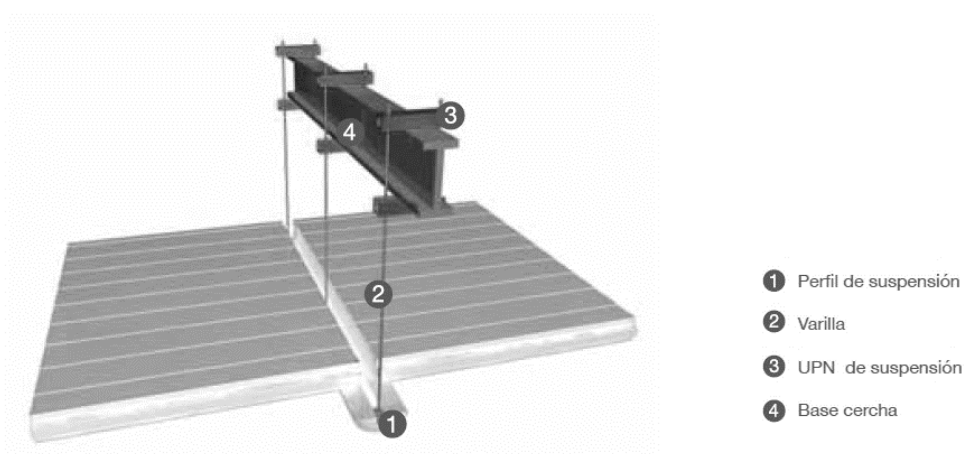


(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

Lo que se debe de cuidar con esta práctica de instalación es la distancia entre los dos apoyos ya que depende de esto el techo va a poder soportar la carga, como se muestra en la Figura 35.

La segunda manera de instalar panel de techo es mediante métodos de sujeción como se muestra a continuación

Figura 49. Montaje de techo mediante suspensión de apoyos intermedios



(Metalpanel, 2017)

Esta técnica tiene como ventaja el extender el largo de los techos otorgando una carga mayor, ya que se pueden colocar arreglos a manera que cumpla con las condiciones requeridas.

Cuando se tiene un panel de techo y se desea aumentar la capacidad de carga se colocan apoyos intermedios. La distancia entre los apoyos va a dictar la cantidad de carga que va a soportar, generalmente se hace con perfiles omega de la siguiente manera (Metalpanel, 2017)

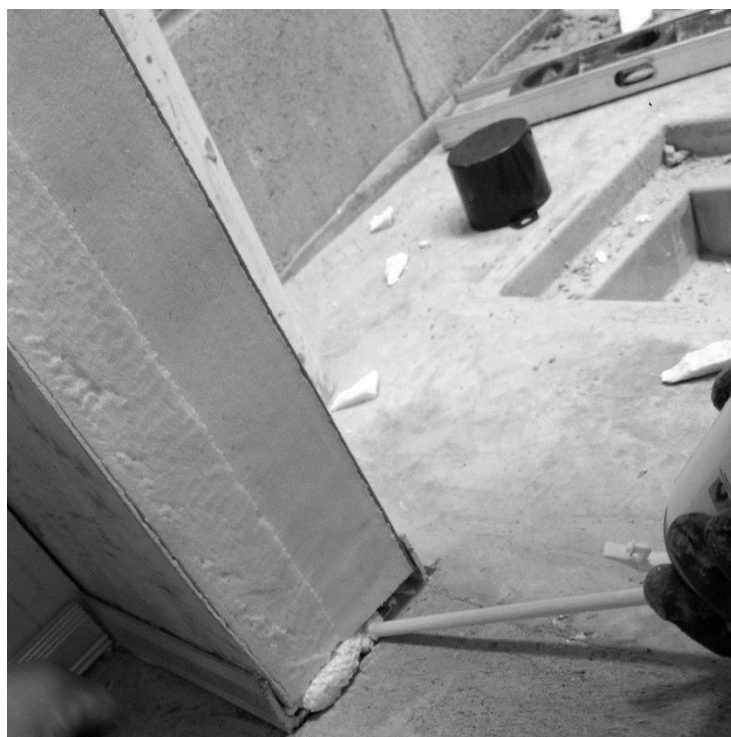
Figura 50. Alternativa de montaje de techo mediante suspensión de apoyos intermedios.



(Metalpanel, 2017)

Debido a imperfecciones causadas por el corte que se les hace a los paneles de aislamiento térmico quedan espacios los cuales pueden permitir el paso de aire que se puede infiltrar a la cámara. Para evitar eso se le añade sellos adicionales los cuales aseguran de mejor manera el que no existan infiltraciones.

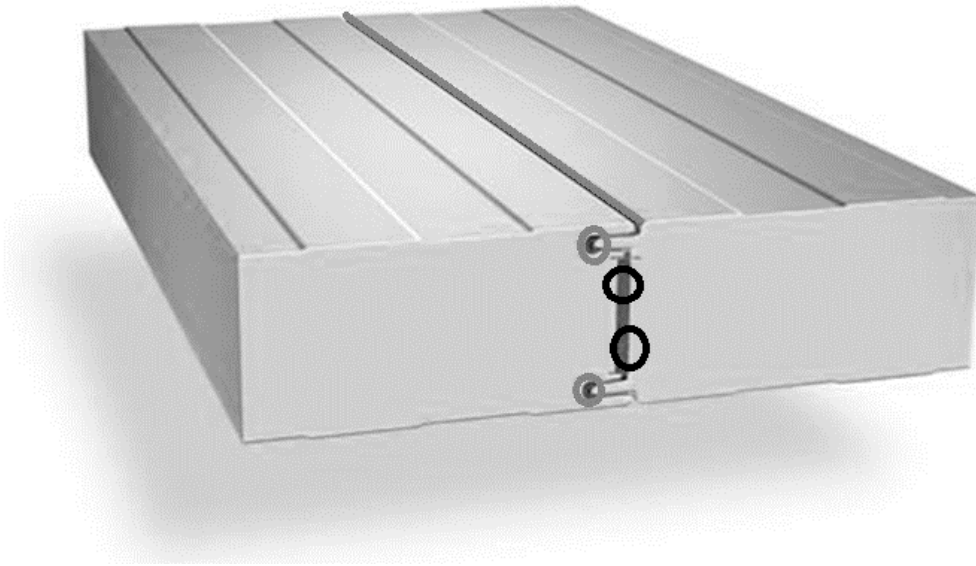
Figura 51. Llenado de espacios vacíos con espuma de poliuretano



(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

En una junta de panel con panel se le añaden 2 tipos de sellos uno con butilo señalado en negro, y dos sellos de Sika (rojo), el cual es un sellador elástico de poliuretano de alto desempeño.

Figura 52. Junta de dos paneles térmicos con sellos



(Elaboración propia 2017)

Figura 53. Sello de poliuretano elástico de alto desempeño.



(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

Figura 54. Sello de butilo en unión de panel



(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

#### Fijación de los paneles

Para la instalación de los paneles con todos los elementos antes mencionados es necesario fijarlos por distintos métodos .

Para los perfiles “C” se deben de fijar al suelo mediante tornillos para concreto, estos se deben de poner cada 30 centímetros para asegurar que este sólidamente anclado al suelo.

Para las uniones de panel se le coloca un tornillo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para que estos queden mejor unidos entre sí. Este se usa a la mitad de la junta del panel como en la junta del perfil C como se puede ver a continuación

Figura 55. Sujeción de panel mediante tornillo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada



(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

Figura 56. Sujeción de panel a perfil interior (angular anclado al suelo) con tornillo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada



(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

También en la perfilería interna y externa se deben de fijar con tornillos de  $\frac{3}{4}$  de pulgada cada 30 centímetros para garantizar una buena sujeción.

Figura 57. Fijación de perfil interior al panel con tornillo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada



(Montaje de cuarto frío, Guatemala 2017)

El motivo del cual usar tornillos de  $\frac{3}{4}$  de pulgada es para evitar que exista un puente térmico entre el interior de la cámara frigorífica y el exterior, evitando transferencias de calor no contempladas.

Para los dos distintos tipos de sellos, estos se deben de colocar a lo largo de todos los paneles que tengan unión entre ellos. Comercialmente el sello de poliuretano de alto rendimiento y viene en presentación de 600 mL, teniendo un rendimiento de 8 metros lineales. El butilo viene en presentaciones comerciales de 300 mL teniendo un rendimiento de 4.7 metro lineales.

Los rendimientos anteriores pueden variar dependiendo del instalador. Se puede hacer un aproximado de cuantas unidades de las presentaciones anteriores se puede llegar a usar dependiendo de qué parte se esté usando. A continuación, se muestran esquemas y fórmulas para calcular la cantidad de material usado para sellos.

De la Figura 52 se puede observar que se necesitan dos sellos de butilo y dos de poliuretano, de esta forma se puede concluir que la cantidad de unidades usadas para los paneles es la siguiente:

Ecuación 13. Cálculo de butilo para paneles

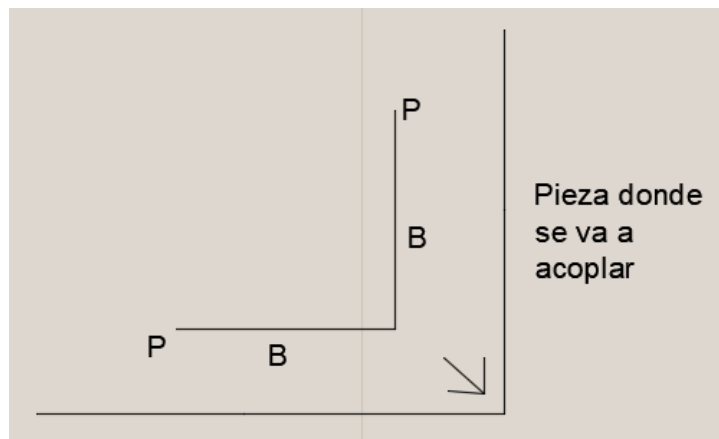
$$\text{Butilo} = \frac{2 * \text{altura de panel} * \text{cantidad de paneles}}{4.7}$$

Ecuación 14. Cálculo de poliuretano para paneles

$$\text{Poliuretano} = \frac{2 * \text{altura de panel} * \text{cantidad de paneles}}{8}$$

Para la perfilera interna se aplican dos sellos de butilo y dos de poliuretano de la siguiente manera:

Figura 58. Fijación de perfil interior



(Elaboración propia 2018)

P y B es donde van cordones de poliuretano y butilo.

Ecuación 15. Cálculo de butilo para perfilera interior.

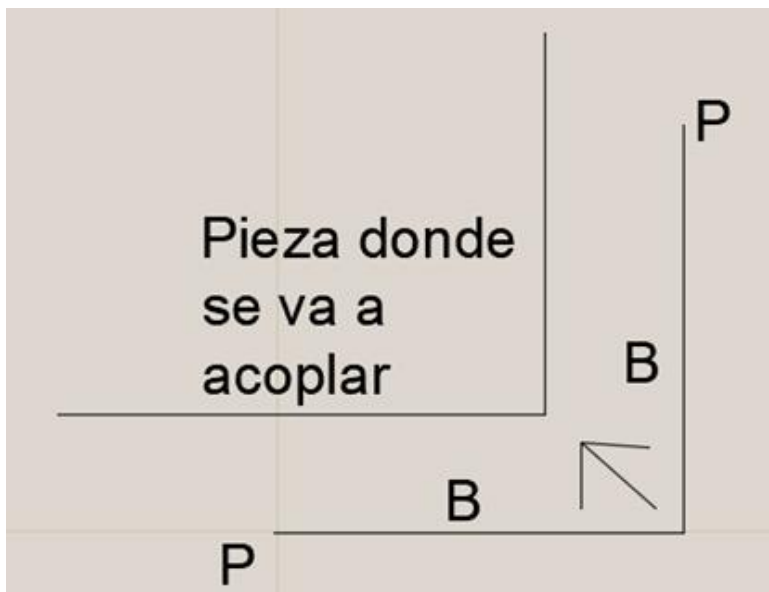
$$\text{Butilo} = \frac{2 * \text{Largo perfil} * \text{cantidad de perfiles}}{4.7}$$

Ecuación 16. Cálculo de poliuretano para perfilería interior.

$$\text{Poliuretano} = \frac{2 * \text{Largo perfil} * \text{cantidad de perfiles}}{8}$$

Para perfiles externos se aplican de la siguiente forma

Figura 59. Fijación perfil exterior



(Elaboración propia 2018)

P y B es donde van cordones de poliuretano y butilo.

Ecuación 17. Cálculo de butilo para perfilería exterior.

$$\text{Butilo} = \frac{2 * \text{Largo perfil} * \text{cantidad de perfiles}}{4.7}$$

Ecuación 18. Cálculo de poliuretano para perfilería exterior.

$$\text{Poliuretano} = \frac{2 * \text{Largo perfil} * \text{cantidad de perfiles}}{8}$$

Para las canaletas o perfiles “C” que es donde van montados los muros del cuarto también llevan sellos: 2 de poliuretano y 2 de butilo de la siguiente manera:

Figura 60. Fijación perfil C



(Elaboración propia 2018)

P y B es donde van cordones de poliuretano y butilo.

Ecuación 19. Cálculo de butilo para perfil C

$$\text{Butilo} = \frac{2 * \text{Largo perfil} * \text{cantidad de perfiles}}{4.7}$$

Ecuación 20. Cálculo de poliuretano para perfil C

$$\text{Poliuretano} = \frac{2 * \text{Largo perfil} * \text{cantidad de perfiles}}{8}$$

## Tuberías en refrigeración

Las tuberías son el medio por el cual se mueve el refrigerante a los distintos componentes como lo son el compresor, condensador, válvulas de expansión y evaporador. Para fluidos refrigerantes a excepción del amoníaco la tubería está hecha de cobre. Si es amoníaco la tubería debe de ser hierro.

En refrigeración existen diferentes tipos de tubería de cobre ampliamente usada. La tubería tipo K es para trabajo pesado, M es para trabajo ligero y por último el tipo L. el tipo L es ampliamente usada en sistemas de refrigeración.

Cuando se hace la instalación del sistema de tuberías es precisos tener cuidado, para que no exista cuerpos extraños dentro del sistema cuando esté en operación.

## Diseño de tubería para sistemas de refrigeración

Muchas de las unidades ya vienen incluidas con válvulas y sistemas de control integrados, los cuales ayudan para que el sistema funcione de forma óptima. Sin embargo, es necesario que se haga un buen diseño de la tubería, ya que esta afecta directamente en la operación de los equipos. Por lo tanto, un mal diseño en la tubería puede ocasionar que no se alcancen las condiciones de diseño deseadas. (Wang,2001)

Un buen sistema de tuberías debe de contemplar lo siguiente:

Transportar la cantidad adecuada de refrigerante al evaporador, compresor, condensador y todas las válvulas que conformen al sistema. (Wang,2001)

Proveer una presión adecuada. Por lo que se debe de diseñar para tener caídas de presiones permisibles para que el equipo funcione bien, pero lo más amplias para que los costos de la tubería no suban. Por ejemplo, en la práctica los límites aceptables de caídas de presión y temperatura se muestran a continuación en la siguiente figura:

Figura 61. Caídas de presión y temperatura admisibles para R22

	$\Delta T_{\text{sat}}, ^\circ\text{F}$	HCFC-22 pressure drop, psi (kPa)
Suction line	2	2.91 (20) at $T_{\text{suc}} = 40^\circ\text{F}$ ( $4.4^\circ\text{C}$ )
Discharge line	1	3.05 (21) at $T_{\text{con}} = 105^\circ\text{F}$ ( $40.6^\circ\text{C}$ )
Liquid line	1	3.05 (21) at $T_{\text{con}} = 105^\circ\text{F}$ ( $40.6^\circ\text{C}$ )

(Wang, 2000)

Para los sistemas de tubería de refrigeración con fluocarbonados, es vital que el refrigerante sea miscible con el aceite del compresor. Ya que el aceite del compresor circula por el sistema de refrigeración, y este debe de regresar para tener niveles óptimos de lubricación. El aceite no se mezcla con el refrigerante en forma gaseosa. Cuando el refrigerante se encuentra en líneas de gas caliente se debe de asegurar que el refrigerante tenga una velocidad de por lo menos 2.5 m/s. esto para asegurar que no existan depósitos de aceite en la tubería y garantizar su retorno al compresor, esto se aplica para líneas horizontales. Para las líneas verticales la velocidad del refrigerante debe de ser por lo menos de 5 m/s. A las líneas verticales se les conoce como Raiser. En el momento de calcular se deben de separar los flujos verticales de los horizontes. (Wang, 2000)

Un adecuado subenfriamiento del refrigerante puede evitar que exista líquido antes de la válvula de expansión. Esto también es beneficioso en cuanto a las caídas de presión.

Toda la tubería debe de estar diseñada para que no exista un retorno de líquido al refrigerante. Ya que esto sería dañino para el mismo, puesto que están diseñados para comprimir refrigerante en estado gaseoso. (Wang, 2000)

Dimensionamiento de tubería: Carga térmica y caída de presión.

Cuando se realizan proyectos de refrigeración se calcula la carga de refrigeración, la cual se puede expresar en toneladas de refrigeración. A la carga se le va a denominar mediante la variable  $Q_{\text{R}}$ . A partir de ellos se puede conocer el flujo másico necesario para poder entregar esa carga de refrigeración a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 21. Flujo másico de refrigerante en tubería

$$\dot{m}_r = \frac{\dot{Q}_{refrigeración}}{\Delta h}$$

(Wang, 2000)

El cambio de entalpía hace referencia a la entrada y a la salida del refrigerante en el evaporador, condensador o compresor.

Se puede relacionar la velocidad del refrigerante y el flujo másico mediante la siguiente ecuación

Ecuación 22. Flujo volumétrico en tuberías de refrigeración.

$$\dot{V}_{refrigerante} = \frac{\dot{m}_{refrigerante}}{\rho_{refrigerante} A_{interior tubería}}$$

(Wang, 2000)

Siendo  $A_i$  el área de la tubería de cobre y  $\rho$  la densidad del refrigerante.

Ecuación 23. Área interna de tubería

$$A_{interna} = \frac{\pi D_{interno}^2}{4}$$

(Wang, 2000)

Ecuación 24. Ecuación de Darcy-Weisbach para pérdida de presión en tubería

$$\Delta P = f \frac{L_{equivalente}}{D_{tubería}} \rho \frac{v^2}{2}$$

(Nayyar, 2000)

Donde  $\Delta P$  es la caída de presión,  $f$  es el factor de fricción de Moody,  $L$  el largo equivalente de la tubería,  $D$  el diámetro de la tubería,  $\rho$  es la densidad del fluido y  $v$  es la velocidad del fluido dentro de la tubería

Combinando las ecuaciones 21, 22 y 23 en la ecuación 24 y despejando para el diámetro se obtiene

Ecuación 25. Diámetro de tubería para sistemas de refrigeración

$$D_{tubería} = K \left( \frac{8fL_{equivalente} Q_{refrigeración}^2}{\pi^2 \rho \Delta h^2 \Delta p} \right)^{1/5}$$

(Wang,2000)

Si esta ecuación se trabaja en sistema inglés, se debe de introducir la constante de la gravedad en el denominador de la ecuación.

El factor de fricción f se puede encontrar mediante la ecuación de Colebrook.

Ecuación 25. Factor de fricción de Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re_d \sqrt{f}} \right)$$

(Nayyar,2000)

Donde f es el factor de fricción de Colebrook, D el diámetro de la tubería y Re es el número de Reynolds

Ecuación 26. Factor de fricción de Colebrook explícita

$$f = \frac{0.25}{\left\{ \log \left[ \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{0.9 Re_d} \right] \right\}^2}$$

(Nayar, 2000)

Dimensionamiento de líneas de succión

La línea de succión es la más crítica en el sistema de tuberías, ya que el refrigerante en forma de vapor entra al evaporador y este debe de llegar al compresor en ese mismo estado y con el aceite.

Se deben de colocar trampas de aceite en los tramos verticales o raisers cuando estos inician como se muestra a continuación:

Figura 61. Raiser o tubería vertical en distintas configuraciones

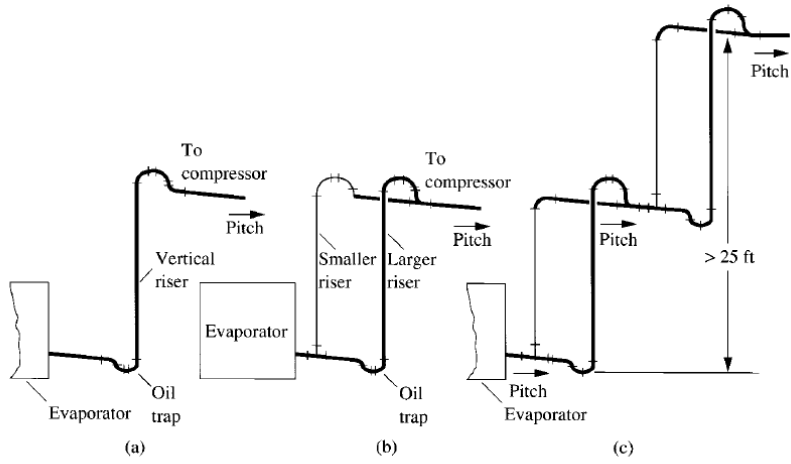


FIGURE 11.9 (a) Single riser, (b) double riser, and (c) additional oil trap.

## V.METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Primera fase: en la primera fase de este trabajo se recabaron los siguientes lineamientos con respecto a los cuartos.

Dichos lineamientos son:

- Medidas del cuarto
- Tipo de puerta requerida
- Verificar la necesidad de uso de alarmas de puerta
- Producto o productos que se almacenarán
- Temperatura requerida del sistema (en función de cuánto tiempo quieran almacenar producto)
- Rotación de producto
- Cantidad de personas dentro del cuarto
- Datos para los cálculos de infiltración (para las aperturas de puerta)
- Iluminación requerida
- Espacio destinado

De lo anterior sabía las medidas de los cuartos, condiciones de almacenaje de temperatura.

Se me fue entregada una carta firmada por la encargada de la planta piloto la cual se adjunta en los anexos de este trabajo.

En dicha carta se hace mención que se trabaje con base en volumen de cámara. Se usaron los datos de la figura 20 la cual nos indica volúmenes aproximados de cámaras de uso general. Por lo cual se llegó a lo siguiente

Tabla 1. Cuartos y requerimientos según volumen

Cámara	Temperatura	Temperatura	Alto metros	Largo metros	Ancho metros	Volumen m <sup>3</sup>	Volumen ft <sup>3</sup>	Producto máximo (libras)
Congelada	0°F	-18°C	2.38	3	2	14.28	504.29	6200
Lácteos	35°F	2°C a 5 °C	2.38	3	2	14.28	504.29	6200
Cárnicos	35°F	2°C a 5 °C	2.38	3	2	14.28	504.29	6200
Frutas y verduras	35°F	2°C a 5 °C	2.38	3	2	14.28	504.29	6200

Dichos valores son para cámaras industriales. En una planta piloto los valores pueden llegar a ser considerablemente menores a los presentados.

Una vez estimada la cantidad de producto a almacenar se procedió a encontrar los valores de almacenaje óptimos para cada cámara. Esto se hizo con ayuda de tablas de almacenaje que se encuentran en el manual de ingeniería de BOHN. El cual con autorización de la ASHRAE las re- imprimió. Por lo tanto, estas condiciones de almacenaje cumplen con los requisitos de dicha institución.

Tabla 2. Condiciones de almacenaje

Cámara	Humedad Relativa %
Congelada	90
Lácteos	75-80
Cárnicos	85 90
Frutas y Verduras	90-95

Una vez encontradas las condiciones de humedad relativa de la cámara se hizo un estimado de la rotación de productos, dicha información no la tenían en el Departamento de Ingeniería en Alimentos. Sin embargo, se realizó una estimación junto con la encargada de la planta piloto y se estableció que lo máximo que podían rotar eran 100 libras de un mismo producto. Sin embargo, por el creciente número de estudiantes se quiso dejar en 150 libras para pensar a futuro. Se construyó esta tabla donde se muestran los valores.

Tabla 3. Rotación de producto

Cámara	Temperatura	Temperatura	Producto Máximo (libras)	Rotación Producto (libras)
Congelada	0°F	-18°C	6200	150
Lácteos	35°F	2°C a 5 °C	6200	150
Cárnicos	35°F	2°C a 5 °C	6200	150
Frutas y Verduras	35°F	2°C a 5 °C	6200	150

Una vez obtenida esta información se procedió a hacer el cálculo de cargas térmicas. Para la construcción de las cámaras frías y congelada, se optó por un panel de 4 pulgadas de espesor de poliuretano de alta densidad que es el material disponible en Guatemala en la industria de la refrigeración. El espesor se contempló una mezcla entre economía y buen aislamiento térmico.

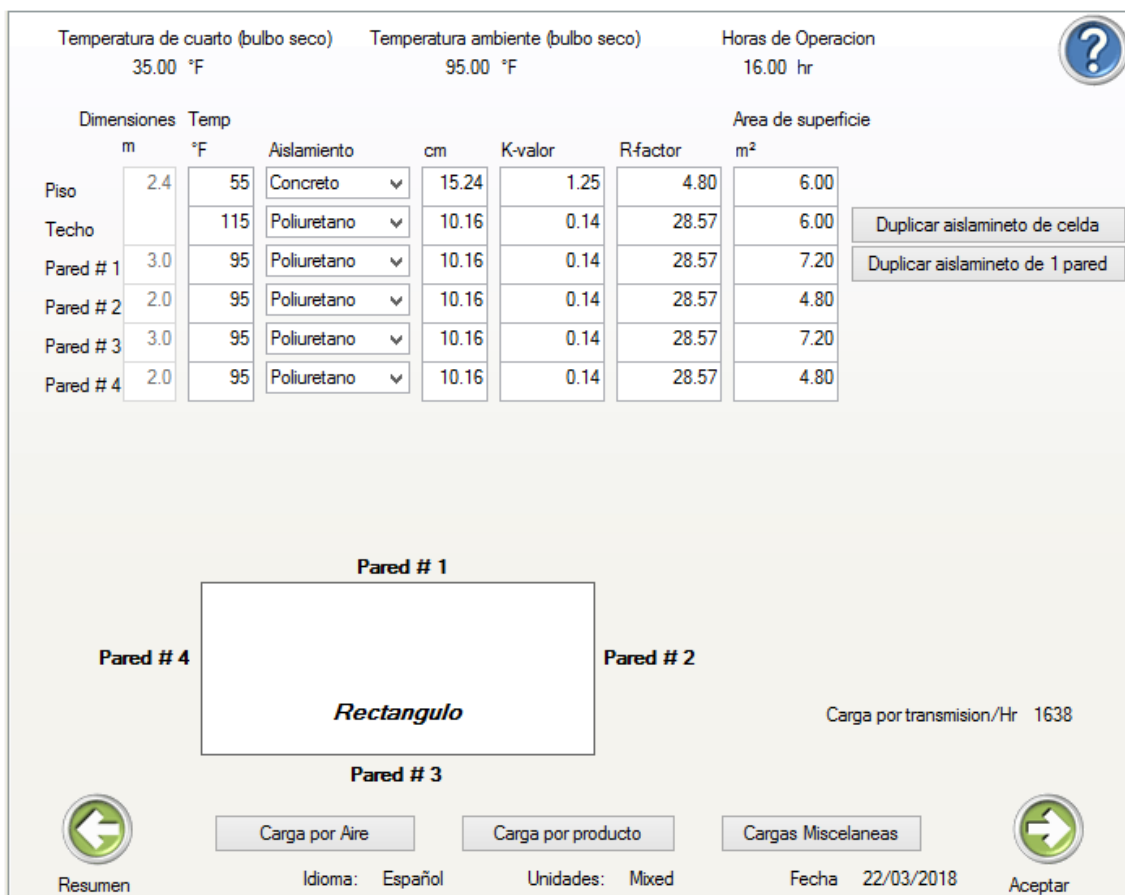
Para los cálculos de carga térmica se usó un software de una de las compañías de equipo de refrigeración más grandes del mundo. Esta aplicación se llama Heatcraft ProSelect. Al inicio de este proyecto se creyó que únicamente se trataba de un cuarto frío, pero a partir de las reuniones que se tuvieron con las personas encargadas del departamento de Ingeniería en Alimentos se llegó a la conclusión que necesitaban cuatro. Los cálculos de refrigeración y de acondicionamiento de aire están sujetos a muchos factores. Entre más factores se tomen en cuenta será más preciso el cálculo. Dicho software usa cálculos más complejos que los que se podrían llegar a mano.

El software es ampliamente usado en la industria de la refrigeración, sus resultados son bastante confiables ya que los proyectos que se implementan son calculados mediante el software y nos ayudan a poder realizar más cálculos en un tiempo reducido.

Para el cuarto de lácteos quedaron los siguientes valores:

Cálculos por transmisión en paredes:

Figura 62. Carga de transmisión en paredes cuarto lácteos



El programa de heatcraft trae materiales ya preestablecidos de materiales usados en la refrigeración. Como se mencionó antes se seleccionaron paneles de cuatro pulgadas de espesor, los valores de resistividad térmica coinciden con los del fabricante. Las temperaturas fueron puestas en condiciones extremas ya que de esta forma nos garantiza que el equipo va a funcionar en los días más calurosos. En el techo siempre la temperatura es mayor porque no se conoce como va a estar construido el techo donde van a ir los cuartos, siempre los techos de las naves industriales tienden a calentarse más por radiación solar, razón por la cual se seleccionó este valor de temperatura.

Figura 63. Carga de infiltraciones para cuarto de lácteos

Guía		Temp de cuarto	Temperatura Ambiente	Tipo de puerta especial	Ninguno
Bulbo seco	35.00	95.00 °F	50.0	Cantidad de puertas especiales	0
% Humedad relativa	90.0	79.3 °F		Puerta especial de carga	0 BTU/day
Bulbo humedo	33.9				

Metodo de cambios de aire  
 Metodo de velocidad de aire

95	95	95	95	Temperatura de Entrada Bulbo Seco
50	50	50	50	Humedad relativa de entrada
79	79	79	79	Temperatura de Entrada Bulbo Húmedo
1	0	0	0	Numero de puertas
2.1	2.1	2.1	2.1	m Altura de puerta
0.9	0.9	0.9	0.9	m Ancho de puerta
1	2	2	2	Aperturas por hora
0.51	0.00	0.00	0.00	min Tiempo de apertura
80	0	0	0	Eficiencia cortina plastica

6051	0	0	0	BTU/day Carga de infiltracion diaria
378	0	0	0	BTU/H Carga/Hr debida a la velocidad del aire


Carga debida al aire  
378 BTU/H

Idioma Español    Unidades: Mixed    Fecha 22/03/2018

Para la carga de infiltraciones por aperturas de puerta, se razonó que por lo menos una vez al día era requerido abrir la puerta. Ya sea para cargar, retirar o monitorear el producto. El factor de cortina usado fue de 80 % es decir que solo el 20% del calor del aire exterior podrá ingresar a la cámara. Esto es debido a la forma de las cortinas y que estas que serán propuestas son de buena calidad. Sin embargo, es importante resaltar que esto es para cortinas en buen estado. Por lo que es vital que estas se estén monitoreando. Ya que el hecho que no estén en óptimas condiciones podría llegar a perjudicar en el funcionamiento de las cámaras frigoríficas.

Figura 64. Carga por producto para cuarto de lácteos

Categoría General	Lacteos	Lacteos	Lacteos	
Categoría de Productos	LECHE	QUESO	CREMA	
Libras de producto	3100	400	400	lbs
Temperatura de Entrada	45	45	45	°F
Tiempo real de carga	18	18	24	hr
Tiempo de enfriamiento	12	12	12	hr
Temperatura final	35	35	35	°F
Punto de Congelacion	31	8	31	°F
Calor especifico arriba	0.93	0.50	0.80	BTU/lb./°F
Calor especifico abajo	0.50	0.31	0.42	BTU/lb./°F
Calor Latente de Fusion	124	54	107	BTU/lb.
Carga de respiracion	0	0	0	lbs
Calor de respiracion	0.00	0.43	0.00	BTU/lb.
Subtotal de Producto	2643	183	220	BTU/H




Resumen

Idioma: Español

Unidades: Mixed

Fecha 22/03/2018




Aceptar


Para la carga de producto se hizo el cálculo de operación del cuarto a su máxima capacidad. Para ello se decidió que la mayoría fuera leche líquida. La razón de ello es que es la materia prima con la regularmente se trabaja. La crema y el queso se incluyó en el cálculo por si en caso estudiantes deciden guardar los subproductos de la leche en las cámaras, también se contempló que el departamento necesitará por alguna razón guardar este tipo de productos. La estimación de libras fue según capacidad restante de la cámara dividido dos porque son dos productos distintos (queso y crema).

Figura 65. Carga miscelánea para cuarto de lácteos

Motores	Caballos de potencia	Min./Hora utilizado	uso dentro o fuera del cuarto		
Motor # 1	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 2	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 3	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 4	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 5	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Dato de Placa HP total				0.00	0 BTU/H
Iluminacion	12.50 Watts/m <sup>2</sup>	o	1 lamparas @	75 Watts / lampara	384 BTU/H
Personas	0.02	OR	0.00 X total	0 min/hr	27 BTU/H
Montacargas	0.00	OR	0 X total	0 min/hr	0 BTU/H
Misc Watts	0 watts x		0 min/hr		0 BTU/H
Misc Kilowatts	0.00 kilowatts x		0 min/hr		0 BTU/H
Misc. BTU/H	0 BTU/H				0 BTU/H
Carga sin factor				411	x factor de seguridad 1.1 = 452 BTU/H



Resumen



Aceptar

Idioma Español      Unidades: Mixed      Fecha 22/03/2018

Para los cálculos de cargas misceláneas se consideró una sola lámpara de 75 Watts, las cuales son bastante comunes en cuartos pequeños. Ya que no se necesita de mayor iluminación. Para el estimado de las personas según el manual de ingeniería de Bohn es permitido una persona por cada 25,000 pies cúbicos. Proporcional a la cámara se permitiría de 0.02 a 0.04 personas cada 24 horas. Esta estimación se hizo de esta manera ya que no tiene una información detallada de cuantas personas ingresan al cuarto. Sin embargo, estos valores son muy pequeños representando una mínima parte de la carga total.

Figura 66. Carga total para cuarto de lácteos

**Condiciones del cuarto**

Temperatura de la cámara  °F      Temperatura ambiente  °F  
 Países       Local

**Tamaño del cuarto**

Largo  m      Ancho  m      Alto  m  
 Volumen de la cámara  m<sup>3</sup>      Forma de la cámara

**Resumen de carga**

<input type="checkbox"/> valores automático	Carga por paredes <input type="text" value="1638"/> BTU/H      30 %	<input type="button" value="Editor de Carga por paredes"/>
	Carga de aire <input type="text" value="378"/> BTU/H      7 %	<input type="button" value="Editor de Carga de aire"/>
	Carga de producto <input type="text" value="3046"/> BTU/H      55 %	<input type="button" value="Editor de carga de producto"/>
	Carga miscelánea <input type="text" value="452"/> BTU/H      8 %	<input type="button" value="Editor de carga miscelánea"/>
	Carga de sistema <input type="text" value="5514"/> BTU/H	Tiempo de operación <input type="text" value="16"/> hr

Idioma

Estandar  
 Metrico

Unidades de Longitud  
 Estandar  
 Metrico

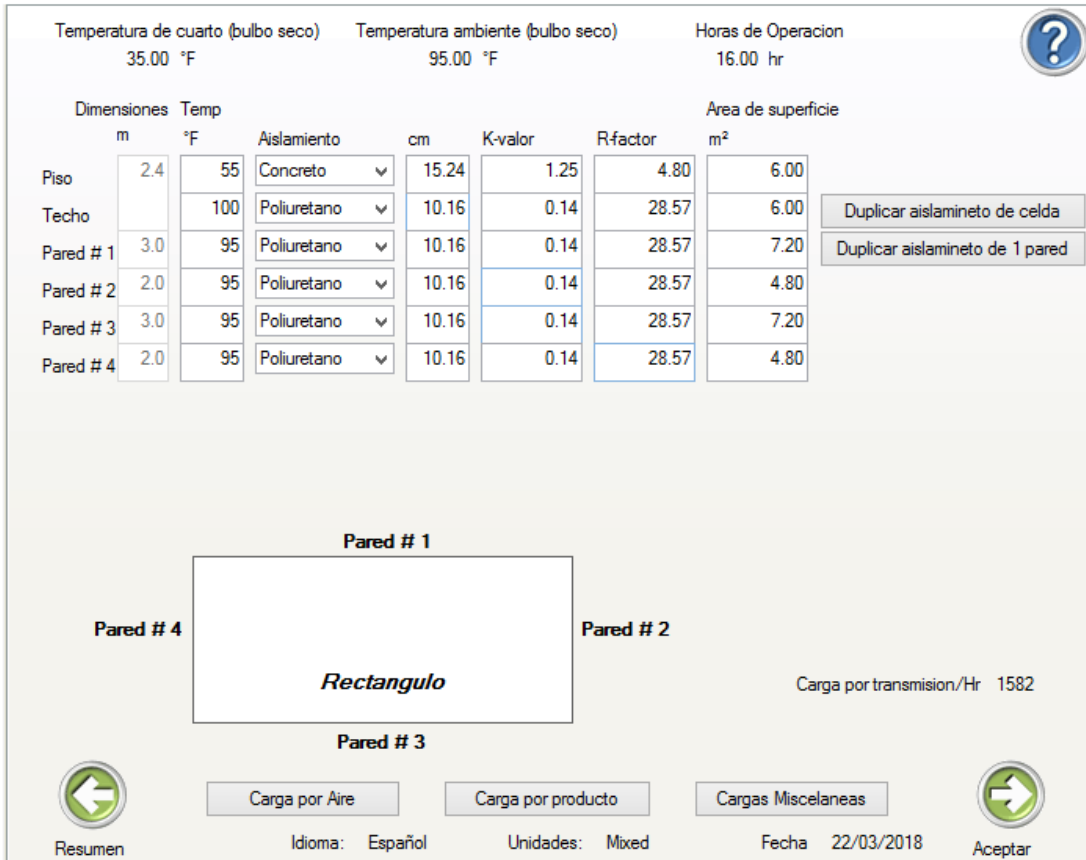
Unidades de Temperatura  
 Estandar  
 Metrico

Unidades de Peso  
 Estandar  
 Metrico

Tabla 4. Resumen carga térmica cuarto de lácteos

Tipo de carga	Carga BTU/h	Porcentaje
Carga por paredes	1638	30%
Carga por aire	378	7%
Carga de Producto	3046	55%
Carga Miscelánea	452	8%
Total	5514	

Figura 67. Carga por transmisión en paredes para cuarto de frutas y verduras



El programa de heatcraft trae materiales ya preestablecidos de materiales usados en la refrigeración. Como se mencionó antes se seleccionaron paneles de cuatro pulgadas de espesor, los valores de resistividad térmica coinciden con los del fabricante. Las temperaturas fueron puestas en condiciones extremas ya que de esta forma nos garantiza que el equipo va a funcionar en los días más calurosos. En el techo siempre la temperatura es mayor porque no se conoce como va a estar construido el techo donde van a ir los cuartos, siempre los techos de las naves industriales tienden a calentarse más por radiación solar, razón por la cual se seleccionó este valor.

Figura 68. Carga de infiltraciones para cuarto de frutas y verduras


Guía		Temp de cuarto	Temperatura Ambiente	Tipo de puerta especial	Ninguno	?																																				
Bulbo seco	35.00	95.00 °F	95.00 °F	Cantidad de puertas especiales	0																																					
% Humedad relativa	90.0	79.3 °F		Puerta especial de carga	0 BTU/day																																					
Bulbo humedo	33.9																																									
<input type="radio"/> Metodo de cambios de aire <input checked="" type="radio"/> Metodo de velocidad de aire		<table border="1"> <tr><td>95</td><td>95</td><td>95</td><td>95</td></tr> <tr><td>50</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr> <tr><td>79</td><td>79</td><td>79</td><td>79</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2.1</td><td>2.1</td><td>2.1</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>0.9</td><td>0.9</td><td>0.9</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>80</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>				95	95	95	95	50	50	50	50	79	79	79	79	1	0	0	0	2.1	2.1	2.1	2.1	0.9	0.9	0.9	0.9	1	2	2	2	1.00	0.00	0.00	0.00	80	0	0	0	Temperatura de Entrada Bulbo Seco Humedad relativa de entrada Temperatura de Entrada Bulbo Húmedo Numero de puertas Altura de puerta Ancho de puerta Aperturas por hora Tiempo de apertura Eficiencia cortina plastica
95	95	95	95																																							
50	50	50	50																																							
79	79	79	79																																							
1	0	0	0																																							
2.1	2.1	2.1	2.1																																							
0.9	0.9	0.9	0.9																																							
1	2	2	2																																							
1.00	0.00	0.00	0.00																																							
80	0	0	0																																							
		11807	0	0	0	BTU/day Carga de infiltracion diaria																																				
		738	0	0	0	BTU/H Carga/Hr debida a la velocidad del aire																																				
		Carga debida al aire																																								
		738 BTU/H																																								
	Carga por transmisión en paredes	Carga por producto	Cargas Miscelaneas																																							
Resumen	Idioma Español	Unidades: Mixed	Fecha 22/03/2018	Aceptar																																						


Para la carga de infiltraciones por aperturas de puerta, se razonó que por lo menos una vez al día era requerido abrir la puerta. Ya sea para cargar, retirar o monitorear el producto. El factor de cortina usado fue de 80 % es decir que solo el 20% del calor del aire exterior podrá ingresar a la cámara. Esto es debido a la forma de las cortinas y que estas que serán propuestas son de buena calidad. Sin embargo, es importante resaltar que esto es para cortinas en buen estado. Por lo que es vital que estas se estén monitoreando. Ya que el hecho que no estén en óptimas condiciones podría llegar a perjudicar en el funcionamiento de las cámaras frigoríficas.

Para el cálculo de cargas de producto se vio en la necesidad de hacer el cálculo para guardar 12 diferentes tipos de producto los cuales se pueden ver en la tabla 5. El criterio que se usó es que la capacidad máxima de la cámara se dividió en doce partes iguales. El calor de respiración se tomó en cuenta como si la bodega estuviera llena. Además de las 150 libras de producto es el que podrían llegar a introducir a la cámara cada 24 horas si así lo quisieran.

Figura 69. Carga por producto para cuarto de frutas y verduras parte I

Categoría General	Vegetales	Vegetales	Vegetales	
Categoría de Productos	BROCOLI	AGUACATES	LECHUGA	
Libras de producto	150	150	150	lbs
Temperatura de Entrada	80	80	80	°F
Tiempo real de carga	24	24	24	hr
Tiempo de enfriamiento	24	24	24	hr
Temperatura final	35	35	35	°F
Punto de Congelacion	29	31	32	°F
Calor especifico arriba	0.92	0.72	0.96	BTU/lb./°F
Calor especifico abajo	0.47	0.40	0.48	BTU/lb./°F
Calor Latente de Fusion	130	94	136	BTU/lb.
Carga de respiracion	520	520	520	lbs
Calor de respiracion	8.80	6.60	1.35	BTU/lb.
Subtotal de Producto	742	570	494	BTU/H

 Resumen

 Aceptar

Idioma: Español
Unidades: Mixed
Fecha 22/03/2018

Figura 70. Carga por producto para cuarto de frutas y verduras parte II

	Frutas	Frutas	Frutas	
Categoría General	Frutas	Frutas	Frutas	
Categoría de Productos	MANZANAS	NARANJAS	MANDARINAS	
Libras de producto	150	150	150	lbs
Temperatura de Entrada	80	80	80	°F
Tiempo real de carga	24	24	24	hr
Tiempo de enfriamiento	24	24	24	hr
Temperatura final	35	35	35	°F
Punto de Congelacion	28	31	30	°F
Calor especifico arriba	0.86	0.90	0.90	BTU/lb./°F
Calor especifico abajo	0.45	0.46	0.46	BTU/lb./°F
Calor Latente de Fusion	121	124	125	BTU/lb.
Carga de respiracion	520	520	520	lbs
Calor de respiracion	0.72	2.60	2.93	BTU/lb.
Subtotal de Producto	425	511	522	BTU/H





	Carga por transmisión en paredes	Carga por Aire	Cargas Miscelaneas	
Resumen	Idioma: Español	Unidades: Mixed	Fecha 22/03/2018	Aceptar

Figura 71. Carga por producto para cuarto de frutas y verduras parte III

	Frutas	Frutas	Frutas	
Categoría General	Frutas	Frutas	Frutas	
Categoría de Productos	PIÑAS, MADURAS	FRESAS	PLATANOS	
Libras de producto	150	150	150	lbs
Temperatura de Entrada	80	80	80	°F
Tiempo real de carga	24	24	24	hr
Tiempo de enfriamiento	24	24	24	hr
Temperatura final	35	35	35	°F
Punto de Congelacion	30	31	30	°F
Calor especifico arriba	0.88	0.92	0.80	BTU/lb./°F
Calor especifico abajo	0.45	0.42	0.42	BTU/lb./°F
Calor Latente de Fusion	122	129	108	BTU/lb.
Carga de respiracion	520	520	520	lbs
Calor de respiracion	0.83	1.90	4.20	BTU/lb.
Subtotal de Producto	438	495	521	BTU/H


Carga por transmisión en paredes
Carga por Aire
Cargas Miscelaneas


Resumen      Idioma: Español      Unidades: Mixed      Fecha 22/03/2018      Aceptar

Figura 72. Carga por producto para cuarto de frutas y verduras parte IV

Categoría General	Vegetales	Vegetales	Vegetales	
Categoría de Productos	PAPAS	TOMATES	ZANAHORIAS	
Libras de producto	150	150	150	lbs
Temperatura de Entrada	80	80	80	°F
Tiempo real de carga	24	24	24	hr
Tiempo de enfriamiento	24	24	24	hr
Temperatura final	35	35	35	°F
Punto de Congelacion	31	31	30	°F
Calor especifico arriba	0.85	0.94	0.90	BTU/lb./°F
Calor especifico abajo	0.43	0.48	0.46	BTU/lb./°F
Calor Latente de Fusion	116	134	126	BTU/lb.
Carga de respiracion	520	520	520	lbs
Calor de respiracion	1.45	2.80	1.75	BTU/lb.
Subtotal de Producto	446	536	480	BTU/H


Idioma: Español      Unidades: Mixed      Fecha: 22/03/2018

Tabla 5. Resumen producto cámara frutas y verduras

Tipo	libras totales	Ingreso libras
Manzanas	517	150
Naranjas	517	150
Mandarinas	517	150
Piña	517	150
Fresas	517	150
Plátano	517	150
Papa	517	150
Tomate	517	150
Zanahoria	517	150
Brócoli	517	150
Aguacate	517	150
Lechuga	517	150

Figura 73. Carga miscelánea para cuarto de frutas y verduras

Motores	Caballos de potencia	Min/Hora utilizado	uso dentro o fuera del cuarto		
Motor # 1	0.00 x	0	+ 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 2	0.00 x	0	+ 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 3	0.00 x	0	+ 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 4	0.00 x	0	+ 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 5	0.00 x	0	+ 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Dato de Placa HP total				0.00	0 BTU/H
Iluminacion	12.50 Watts/m <sup>2</sup>	o	1 lamparas @ 75 Watts / lampara		384 BTU/H
Personas	0.02	OR	0.00 X total	0 min/hr	27 BTU/H
Montacargas	0.00	OR	0 X total	0 min/hr	0 BTU/H
Misc Watts	0 watts x		0 min/hr		0 BTU/H
Misc Kilowatts	0.00 kilowatts x		0 min/hr		0 BTU/H
Misc. BTU/H	0 BTU/H				0 BTU/H
Carga sin factor				411	x factor de seguridad 1.1 = 452 BTU/H




Resumen

Carga por transmisión en paredes

Carga por Aire

Carga por producto



Aceptar

Idioma Español
Unidades: Mixed
Fecha 22/03/2018

Para los cálculos de cargas misceláneas se consideró una sola lampara de 75 Watts, las cuales son bastante comunes en cuartos pequeños. Ya que no se necesita de mayor iluminación. Para el estimado de las personas según el manual de ingeniería de Bohn es permitido una persona por cada 25,000 pies cúbicos. Proporcional a la cámara se permitiría de 0.02 a 0.04 personas cada 24 horas. Esta estimación se hizo de esta manera ya que no se tiene una información detallada de cuantas personas ingresan al cuarto. Sin embargo, estos valores son muy pequeños representando una mínima parte de la carga total.

Figura 74. Carga total para cuarto de frutas y verduras

**Condiciones del cuarto**

Temperatura de la cámara  °F      Temperatura ambiente  °F  
Países       Local

**Tamaño del cuarto**

Largo  m      Ancho  m      Alto  m  
Volumen de la cámara  m<sup>3</sup>      Forma de la cámara

**Resumen de carga**

<input type="button" value="Valores automático"/>	Carga por paredes <input type="text" value="1582"/> BTU/H	18 %	<input type="button" value="Editor de Carga por paredes"/>
	Carga de aire <input type="text" value="738"/> BTU/H	8 %	<input type="button" value="Editor de Carga de aire"/>
	Carga de producto <input type="text" value="6180"/> BTU/H	69 %	<input type="button" value="Editor de carga de producto"/>
	Carga miscelánea <input type="text" value="452"/> BTU/H	5 %	<input type="button" value="Editor de carga miscelánea"/>
	Carga de sistema <input type="text" value="8952"/> BTU/H		
			Tiempo de operación <input type="text" value="16"/> hr

Idioma

<input type="button" value="←"/>	Unidades de Energía <input checked="" type="radio"/> Estandar <input type="radio"/> Metrico	Unidades de Longitud <input type="radio"/> Estandar <input checked="" type="radio"/> Metrico	Unidades de Temperatura <input checked="" type="radio"/> Estandar <input type="radio"/> Metrico	<input type="button" value="Solo salvar carga"/> <input type="button" value="Agregar selección"/>
----------------------------------	---	--	---	--

Tabla 6. Resumen carga térmica cuarto frutas y verduras

Frutas y verduras		
Tipo de carga	Carga BTU/h	Porcentaje
Carga por paredes	1582	18%
Carga por aire	738	8%
Carga de producto	6180	69%
Carga miscelánea	452	5%
Total	8952	

Figura 75. Carga por transmisión en paredes para cuarto de carnes

Dimensiones		Temp	Aislamiento		cm	K-valor	R-factor	Area de superficie
m		°F						m <sup>2</sup>
Piso	2.4	55	Concreto	▼	15.24	1.25	4.80	6.00
Techo		100	Poliuretano	▼	10.16	0.14	28.57	6.00
Pared # 1	3.0	95	Poliuretano	▼	10.16	0.14	28.57	7.20
Pared # 2	2.0	95	Poliuretano	▼	10.16	0.14	28.57	4.80
Pared # 3	3.0	95	Poliuretano	▼	10.16	0.14	28.57	7.20
Pared # 4	2.0	95	Poliuretano	▼	10.16	0.14	28.57	4.80

**Pared # 1**

**Rectangulo**

**Pared # 4**      **Pared # 2**

**Pared # 3**

Carga por transmision/Hr 1265

Resumen
Carga por Aire
Carga por producto
Cargas Miscelaneas
Aceptar

Idioma: Español      Unidades: Mixed      Fecha 22/03/2018

El programa de heatcraft trae materiales ya preestablecidos de materiales usados en la refrigeración. Como se mencionó antes se seleccionaron panales de cuatro pulgadas de espesor, los valores de resistividad térmica coinciden con los del fabricante. Las temperaturas fueron puestas en condiciones extremas ya que de esta forma nos garantiza que el equipo va a funcionar en los días más calurosos. En el techo siempre la temperatura es mayor porque no se conoce como va a estar construido el techo donde van a ir los cuartos, siempre los techos de las naves industriales tienden a calentarse más por radiación solar, razón por la cual se seleccionó este valor.

Figura 76. Carga de infiltraciones para cuarto de carnes

**Guía**

Bulbo seco: 35.00

% Humedad relativa: 90.0

Bulbo humedo: 33.9

Metodo de cambios de aire

Metodo de velocidad de aire

Temp de cuarto: 35.00

Temperatura Ambiente: 95.00 °F

90.0

50.0

79.3 °F

Tipo de puerta especial: Ninguno

Cantidad de puertas especiales: 0

Puerta especial de carga: 0 BTU/day

95	95	95	95		Temperatura de Entrada Bulbo Seco
50	50	50	50		Humedad relativa de entrada
79	79	79	79		Temperatura de Entrada Bulbo Humedo
1	0	0	0		Numero de puertas
2.1	2.1	2.1	2.1	m	Altura de puerta
0.9	0.9	0.9	0.9	m	Ancho de puerta
1	2	2	2		Aperturas por hora
1.00	0.00	0.00	0.00	min	Tiempo de apertura
80	0	0	0		Eficiencia cortina plastica
11807	0	0	0	0 BTU/day	Carga de infiltracion diaria
590	0	0	0	0 BTU/H	Carga/Hr debida a la velocidad del aire
Carga debida al aire					
590 BTU/H					

Resumen

Carga por transmisión en paredes

Carga por producto

Cargas Miscelaneas

Aceptar

Idioma: Español

Unidades: Mixed

Fecha: 22/03/2018

Para la carga de infiltraciones por aperturas de puerta, se razonó que por lo menos una vez al día era requerido abrir la puerta. Ya sea para cargar, retirar o monitorear el producto. El factor de cortina usado fue de 80 % es decir que solo el 20% del calor del aire exterior podrá ingresar a la cámara. Esto es debido a la forma de las cortinas y que estas que serán propuestas son de buena calidad. Sin embargo, es importante resaltar que esto es para cortinas en buen estado. Por lo que es vital que estas se estén monitoreando. Ya que el hecho que no estén en óptimas condiciones podría llegar a perjudicar en el funcionamiento de las cámaras frigoríficas.

Figura 77. Carga por producto para cuarto de carnes


Categoría General	CARNE	Aves de corral		
Categoría de Productos	CARNE DE VACUNO	POLLO		
Libras de producto	1500	1500	0	lbs
Temperatura de Entrada	50	50	40	°F
Tiempo real de carga	12	12	24	hr
Tiempo de enfriamiento	12	24	24	hr
Temperatura final	35	35	35	°F
Punto de Congelacion	29	27	0	°F
Calor especifico arriba	0.77	0.79	0.00	BTU/lb./°F
Calor especifico abajo	0.41	0.42	0.00	BTU/lb./°F
Calor Latente de Fusion	100	106	0	BTU/lb.
Carga de respiracion	0	0	0	lbs
Calor de respiracion	0.00	0.00	0.00	BTU/lb.
Subtotal de Producto	1906	978	0	BTU/H

Idioma: Español      Unidades: Mixed      Fecha: 22/03/2018


Para el estimado de carga por producto, se decidieron usar los dos tipos de carnes más comunes en general. Esto es porque no se tiene específicamente que tipos de carne se van a usar. Además de ser los más comunes, estos tipos de carne tienen los calores específicos más altos. Así que si se va a guardar otro tipo de carne el producto va a tener probablemente un calor específico menor y la cámara va a funcionar por debajo de su capacidad total. Asegurando un buen almacenamiento de los productos.

Figura 78. Carga miscelánea para cuarto de carnes

Motores	Caballos de potencia	Min/Hora utilizado	uso dentro o fuera del cuarto					
Motor # 1	0.00 x	0	= 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior	<input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente	
Motor # 2	0.00 x	0	= 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior	<input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente	
Motor # 3	0.00 x	0	= 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior	<input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente	
Motor # 4	0.00 x	0	= 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior	<input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente	
Motor # 5	0.00 x	0	= 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior	<input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente	
Dato de Placa HP total						<input type="text" value="0.00"/>	0 BTU/H	
Iluminacion	<input type="text" value="12.50"/> Watts/m <sup>2</sup>	o	<input type="text" value="1"/> lamparas @	<input type="text" value="75"/> Watts / lampara			307 BTU/H	
Personas	<input type="text" value="0.04"/>	OR	<input type="text" value="0.00"/> Xtotal	<input type="text" value="0"/> min/hr			43 BTU/H	
Montacargas	<input type="text" value="0.00"/>	OR	<input type="text" value="0"/> Xtotal	<input type="text" value="0"/> min/hr			0 BTU/H	
Misc Watts	<input type="text" value="0"/> watts x		<input type="text" value="0"/> min/hr				0 BTU/H	
Misc Kilowatts	<input type="text" value="0.00"/> kilowatts x		<input type="text" value="0"/> min/hr				0 BTU/H	
Misc. BTU/H	<input type="text" value="0"/> BTU/H						0 BTU/H	
Carga sin factor						350	x factor de seguridad 1.1 =	385 BTU/H



Resumen



Aceptar

Idioma Español
Unidades: Mixed
Fecha 22/03/2018

Para los cálculos de cargas misceláneas se consideró una sola lampara de 75 Watts, las cuales son bastante comunes en cuartos pequeños. Ya que no se necesita de mayor iluminación. Para el estimado de las personas según el manual de ingeniería de Bohn es permitido una persona por cada 25,000 pies cúbicos. Proporcional a la cámara se permitiría de 0.02 a 0.04 personas cada 24 horas. Esta estimación se hizo de esta manera ya que no se tiene una información detallada de cuantas personas ingresan al cuarto. Sin embargo, estos valores son muy pequeños representando una mínima parte de la carga total.

Figura 79. Carga total para cuarto de carnes

Condiciones del cuarto

Temperatura de la cámara  °F      Temperatura ambiente  °F

Países       Local

---

Tamaño del cuarto

Largo  m      Ancho  m      Alto  m

Volumen de la cámara  m<sup>3</sup>      Forma de la cámara

---

Resumen de carga

<input type="checkbox"/> valores automático	Carga por paredes	<input type="text" value="1265"/> BTU/H	25 %	<input type="button" value="Editor de Carga por paredes"/>
	Carga de aire	<input type="text" value="590"/> BTU/H	12 %	<input type="button" value="Editor de Carga de aire"/>
	Carga de producto	<input type="text" value="2883"/> BTU/H	56 %	<input type="button" value="Editor de carga de producto"/>
	Carga miscelánea	<input type="text" value="385"/> BTU/H	8 %	<input type="button" value="Editor de carga miscelánea"/>
	Carga de sistema	<input type="text" value="5124"/> BTU/H		
				Tiempo de operación <input type="text" value="20"/> hr

Idioma

Estandar  
 Metrico

Estandar  
 Metrico

Estandar  
 Metrico

Estandar  
 Metrico

Tabla 7. Resumen carga térmica cuarto carnes

Tipo de carga	Carga BTU/h	Porcentaje
Carga por paredes	1262	25%
Carga por aire	590	12%
Carga de producto	2883	56%
Carga miscelánea	385	8%
Total	5120	

Figura 80. Carga por transmisión en paredes de cuarto congelado

Temperatura de cuarto (bulbo seco) 0.00 °F    Temperatura ambiente (bulbo seco) 95.00 °F    Horas de Operacion 18.00 hr

	Dimensiones m	Temp °F	Aislamiento	cm	K-valor	R-factor	Area de superficie m <sup>2</sup>
Piso	2.4	55	Concreto	10.16	1.25	3.20	6.00
Techo		110	Poliuretano	10.16	0.14	28.57	6.00
Pared # 1	3.0	95	Poliuretano	10.16	0.14	28.57	7.20
Pared # 2	2.0	95	Poliuretano	10.16	0.14	28.57	4.80
Pared # 3	3.0	95	Poliuretano	10.16	0.14	28.57	7.20
Pared # 4	2.0	95	Poliuretano	10.16	0.14	28.57	4.80

Duplicar aislamineto de celda    Duplicar aislamineto de 1 pared

**Pared # 1**

**Pared # 4**    **Pared # 2**

*Rectangulo*

**Pared # 3**

Carga por transmision/Hr 3253

Resumen    Idioma: Español    Unidades: Mixed    Fecha 31/03/2018    Aceptar

El programa de heatcraft trae materiales ya preestablecidos de materiales usados en la refrigeración. Como se mencionó antes se seleccionaron paneles de cuatro pulgadas de espesor, los valores de resistividad térmica coinciden con los del fabricante. Las temperaturas fueron puestas en condiciones extremas ya que de esta forma nos garantiza que el equipo va a funcionar en los días más calurosos. En el techo siempre la temperatura es mayor porque no se conoce como va a estar construido el techo donde van a ir los cuartos, siempre los techos de las naves industriales tienden a calentarse más por radiación solar, razón por la cual se seleccionó este valor

Figura 81. Carga de infiltraciones para cuarto congelado

Guía

Temp de cuarto: 0.00

Temperatura Ambiente: 95.00 °F

? ?

Bulbo seco: 0.00

90.0

50.0

0

% Humedad relativa

-0.4

79.3 °F

0

Bulbo humedo

0 BTU/day

Metodo de cambios de aire  
 Metodo de velocidad de aire

95	95	95	95	
50	50	50	50	
79	79	79	79	
1	0	0	0	
2.1	2.1	2.1	2.1	m
0.9	0.9	0.9	0.9	m
1	2	2	2	
1.00	0.00	0.00	0.00	min
80	0	0	0	

Temperatura de Entrada Bulbo Seco  
 Humedad relativa de entrada  
 Temperatura de Entrada Bulbo Humedo  
 Numero de puertas

Altura de puerta  
 Ancho de puerta  
 Aperturas por hora  
 Tiempo de apertura  
 Eficiencia cortina plastica

20568    0    0    0    0 BTU/day Carga de infiltracion diaria

1143    0    0    0    0 BTU/H Carga/Hr debida a la velocidad del aire

Carga debida al aire  
 1143 BTU/H

←

Carga por transmisión en paredes

Carga por producto

Cargas Miscelaneas

→

Resumen

Idioma Español


Unidades: Mixed


Fecha 31/03/2018

Aceptar

Para la carga de infiltraciones por aperturas de puerta, se razonó que por lo menos una vez al día era requerido abrir la puerta. Ya sea para cargar, retirar o monitorear el producto. El factor de cortina usado fue de 80 % es decir que solo el 20% del calor del aire exterior podrá ingresar a la cámara. Esto es debido a la forma de las cortinas y que estas que serán propuestas son de buena calidad. Sin embargo, es importante resaltar que esto es para cortinas en buen estado. Por lo que es vital que estas se estén monitoreando. Ya que el hecho que no estén en óptimas condiciones podría llegar a perjudicar en el funcionamiento de las cámaras frigoríficas.

Figura 82. Carga por producto de cuarto congelado


Categoría General	Miscelaneos				
Categoría de Productos	MISCELANEOS				
Libras de producto	775	0	0	lbs	
Temperatura de Entrada	35	5	5	°F	
Tiempo real de carga	24	24	24	hr	
Tiempo de enfriamiento	12	24	24	hr	
Temperatura final	0	0	0	°F	
Punto de Congelacion	29	0	0	°F	
Calor especifico arriba	0.90	0.00	0.00	BTU/lb./°F	
Calor especifico abajo	0.45	0.00	0.00	BTU/lb./°F	
Calor Latente de Fusion	115	0	0	BTU/lb.	
Carga de respiracion	0	0	0	lbs	
Calor de respiracion	0.00	0.00	0.00	BTU/lb.	
Subtotal de Producto	6320	0	0	BTU/H	


Resumen

Carga por transmisión en paredes

Carga por Aire

Cargas Miscelaneas



Aceptar

Idioma: Español      Unidades: Mixed      Fecha 31/03/2018


Para el cálculo de producto en el cuarto congelado se consideró que el cuarto solo iba a estar a la cuarta parte de su capacidad total. Esto debido a que la experiencia que se tiene en la planta piloto indica que el cuarto jamás llega a esa capacidad y que es poco lo que se usa ese cuarto. La temperatura de entrada se considero a 35°F debido a que para ahorrar energía y costo del equipo es aconsejable usar cualquiera de los otros cuartos para llevar el producto a esa temperatura y luego ingresarlo a la cámara congelada.

Figura 83. Carga miscelánea de cuarto congelado

Motores	Caballos de potencia	Min./Hora utilizado	uso dentro o fuera del cuarto		
Motor # 1	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 2	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 3	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 4	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Motor # 5	0.00 x	0	= 60 x <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	= 0.00000	HP equivalente
Dato de Placa HP total				0.00	0 BTU/H
Iluminacion	12.50 Watts/m <sup>2</sup>	o	1 lamparas @	75 Watts / lampara	341 BTU/H
Personas	0.02	OR	0.00 X total	0 min/hr	35 BTU/H
Montacargas	0.00	OR	0 X total	0 min/hr	0 BTU/H
Misc Watts	0 watts x		0 min/hr		0 BTU/H
Misc Kilowatts	0.00 kilowatts x		0 min/hr		0 BTU/H
Misc. BTU/H	0 BTU/H				0 BTU/H
Carga sin factor				376	x factor de seguridad 1.1 =
					414 BTU/H

 Resumen

Carga por transmisión en paredes
Carga por Aire
Carga por producto

 Aceptar

Idioma Español
Unidades: Mixed
Fecha 31/03/2018

Para los cálculos de cargas misceláneas se consideró una sola lampara de 75 Watts, las cuales son bastante comunes en cuartos pequeños. Ya que no se necesita de mayor iluminación. Para el estimado de las personas según el manual de ingeniería de Bohn es permitido una persona por cada 25,000 pies cúbicos. Proporcional a la cámara se permitiría de 0.02 a 0.04 personas cada 24 horas. Esta estimación se hizo de esta manera ya que no tiene una información detallada de cuantas personas ingresan al cuarto. Sin embargo, estos valores son muy pequeños representando una mínima parte de la carga total.

Figura 84. Resumen cargas cuarto congelado

Condiciones del cuarto

Temperatura de la cámara  °F      Temperatura ambiente  °F

Países       Local

---

Tamaño del cuarto

Largo  m      Ancho  m      Alto  m

Volumen de la cámara  m<sup>3</sup>      Forma de la cámara

---

Resumen de carga

Carga por paredes	<input type="text" value="3253"/> BTU/H	29 %	<input type="button" value="Editor de Carga por paredes"/>
Carga de aire	<input type="text" value="1143"/> BTU/H	10 %	<input type="button" value="Editor de Carga de aire"/>
Carga de producto	<input type="text" value="6320"/> BTU/H	57 %	<input type="button" value="Editor de carga de producto"/>
Carga miscelánea	<input type="text" value="414"/> BTU/H	4 %	<input type="button" value="Editor de carga miscelánea"/>
Carga de sistema	<input type="text" value="11129"/> BTU/H		<input type="text" value="18"/> hr

Idioma

Unidades de Energía
Unidades de Longitud
Unidades de Temperatura
Unidades de Peso

Estandar     Estandar     Estandar     Estandar

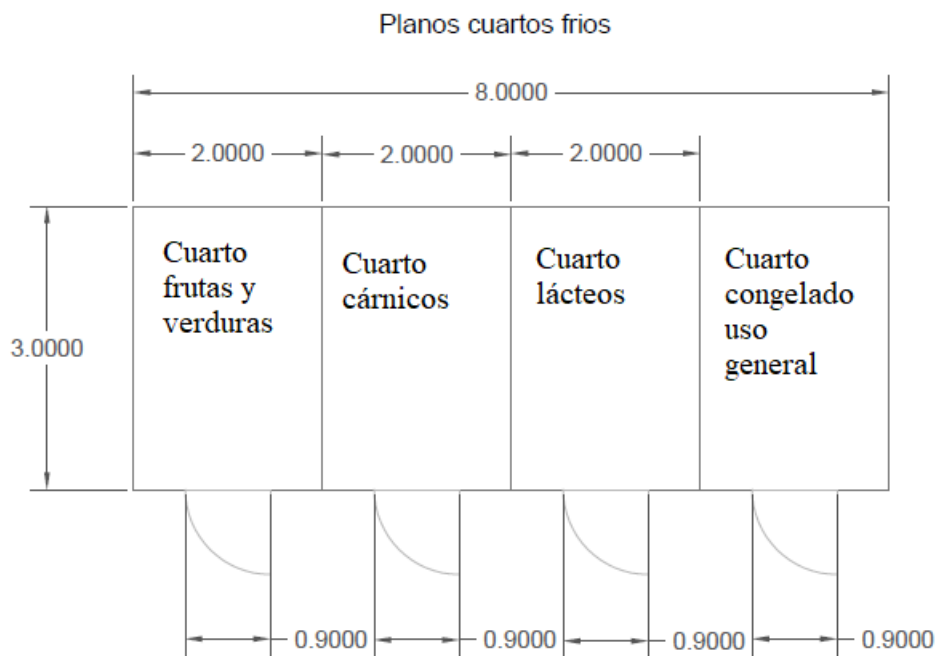
Metrico     Metrico     Metrico     Metrico

Tabla 8. Resumen carga térmica cuarto congelado

Tipo de carga	Carga BTU/h	Porcentaje
Carga por paredes	3253	29%
Carga por aire	1143	10%
Carga de producto	6320	57%
Carga miscelánea	414	4%
Total	11130	

## Cuantificación de panel de 4 pulgadas

Figura 85. Planos de los cuartos fríos.



Para la cuantificación de panel se hicieron varias modulaciones de panel las cuales se muestran a continuación mediante la herramienta de AutoCAD

Figura 86. Modulaci3n de panel corrido

Vista de planta despiece panel de 4" muros

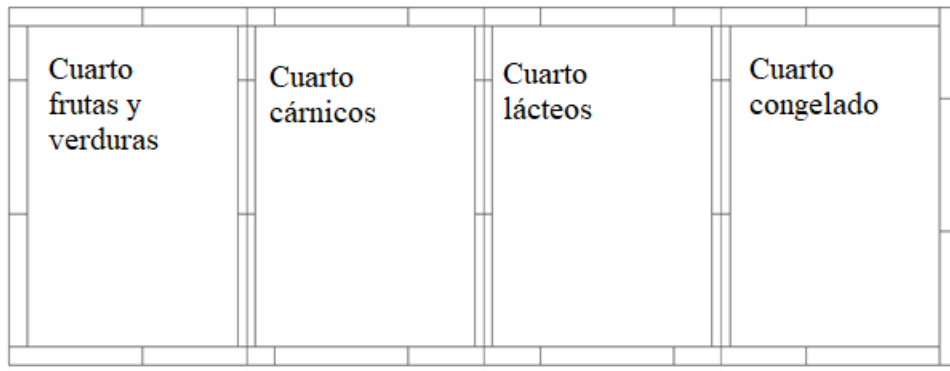


Tabla 9. Cantidad de paneles para muro corrido

Tipo	Largo metros	Ancho metros	Cantidad
Muro	2.38	1.12	27

Figura 87. Modulación muros con dinteles

Armado de cuarto panel de 4"

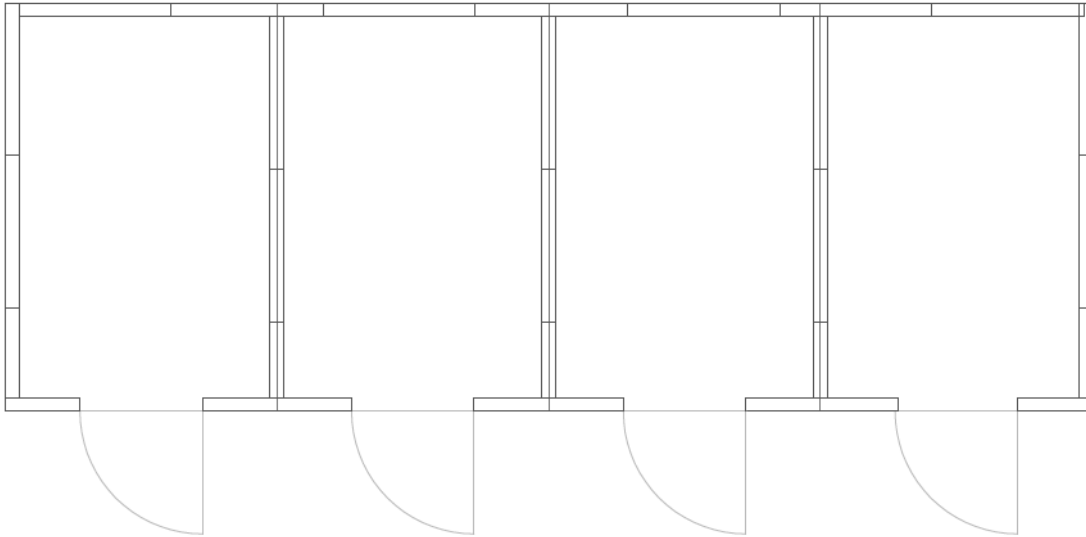


Tabla 10. Cantidad de paneles con dintel

Tipo	Largo metros	Ancho metros	Cantidad
Muro	2.38	1.12	25
Dintel	0.38	1.12	4

Figura 88. Modulaci3n de techo opci3n 1

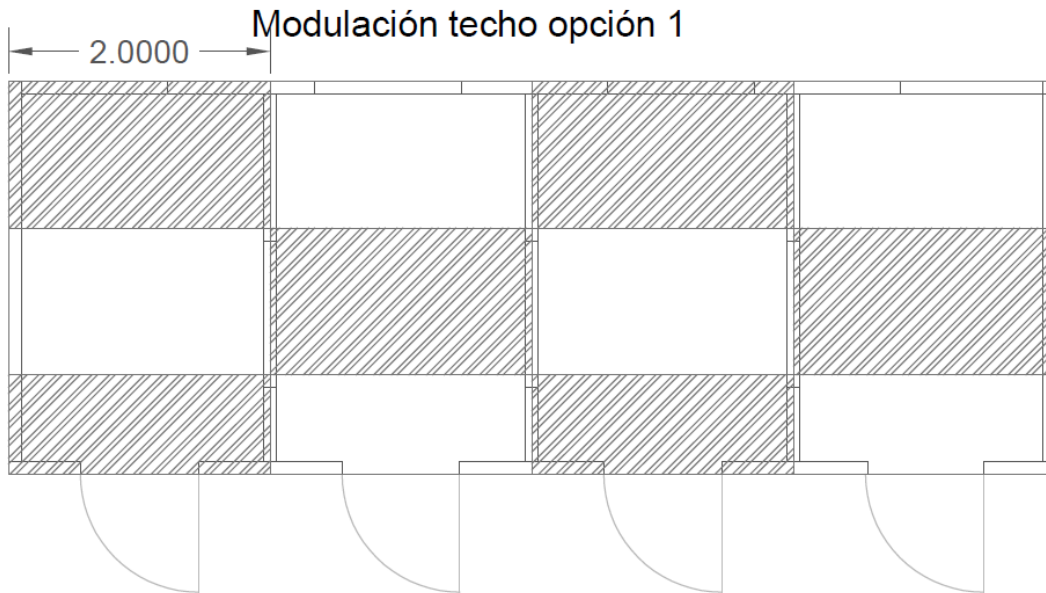


Tabla 11. Cantidad de panel para techo opci3n 1

Tipo	Largo metros	Ancho metros	Cantidad
Techo	2	1.12	12

Figura 89. Modulaci3n de techo opci3n 2

Modulaci3n techo opci3n 2

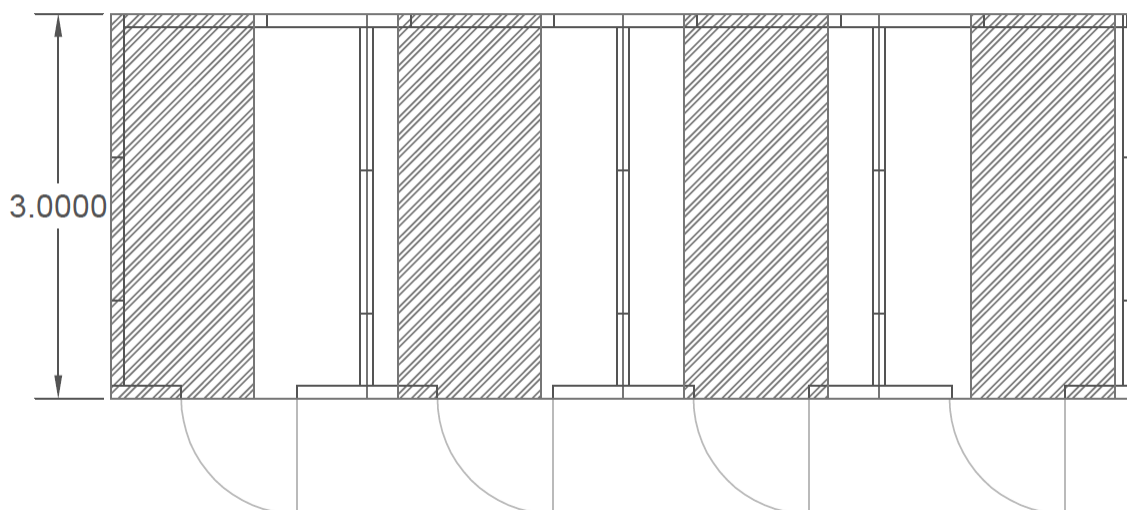


Tabla 12. Cantidad de panel para techo opci3n 2

Tipo	Largo metros	Ancho metros	Cantidad
Techo	3	1.12	7

Tabla 13. Cantidad de panel muro corrido opci3n 1

Tipo	Largo metros	Ancho metros	Cantidad
Muro	2.38	1.12	27
Techo	2	1.12	12

Tabla 14. Cantidad de panel muro corrido opci3n 2

Tipo	Largo metros	Ancho metros	Cantidad
Muro	2.38	1.12	27
Techo	2	1.12	12

Tabla 15. Cantidad de panel con dintel opción 1

Tipo	Largo metros	Ancho metros	Cantidad
Muro	2.38	1.12	25
Techo	2	1.12	12
Dintel	0.38	1.12	4

Tabla 16. Cantidad de panel con dintel opción 2

Tipo	Largo metros	Ancho metros	Cantidad
Muro	2.38	1.12	25
Techo	3	1.12	7
Dintel	0.38	1.12	4

Los paneles de fábrica vienen de 11.90 metros de largo, la razón de esto es por el largo de los contenedores donde se almacenan. Sin embargo, se pueden mandar a hacer piezas de largos específicos. Pero esto tiene un coste adicional y un tiempo de entrega. Sin mencionar la pérdida de espacio en el contenedor al no ocupar el mayor espacio disponible.

Para determinar cuál es la mejor modulación de panel es necesario recurrir a programas informáticos que hagan los patrones de corte de tal manera que el desperdicio de panel sea el mínimo. La mayoría de estos programas usan el método simplex lineal. En este trabajo se optó por Corte Certo versión 3.9. la cual es bastante amigable con el usuario y nos permite ingresar materiales con medidas específicas. Otro programa informático es CutMaster 2D, pero este no es gratis y no permite en la versión de prueba que se ingresen medidas específicas de materiales.

A continuación, se muestra una tabla donde se especifica la cantidad de planchas de 11.9 metros y el porcentaje de desperdicio y aprovechamiento.

Tabla 17. Modulaci3n de paneles y rendimiento

Modulaci3n	Planchas usadas	Porcentaje aprovechamiento %	Porcentaje de desperdicio %
Dintel opci3n 1	8	89.31	10.69
Dintel opci3n 2	7	98.46	1.54
Corrido opci3n 1	8	92.99	7.01
Corrido opci3n 2	8	89.56	10.44

La mejor modulaci3n es la opci3n 2 con dintel. Ya que usa solo 7 planchas de enteras de 11.90 metros y es la que menos desperdicia. Por lo que es la opci3n m1s barata. En esta opci3n los apoyos del techo van a estar espaciados por una distancia de 3 metros. De la figura 35. Se puede leer que el techo soportar1 una carga permisible de 358 kg/m<sup>2</sup>.

Se determin3 que la mejor modulaci3n de panel fue la opci3n 2 con dintel. Luego de esto se procedi3 a calcular la cantidad de materiales adicionales que se usar1n durante el montaje de la c1mara fr1a. Para los cuales se usaron las ecuaciones 13 a la 19 y se obtuvieron los siguientes valores.

Tabla 18. Materiales para fijaci3n de panel

Tipo	Largo metros	Ancho metros	Cantidad	Poliuretano	butilo	tornillo
Muro	2.38	1.12	25	15	26	75
Techo	3	1.12	7	6	9	7
Dintel	0.38	1.12	4	1	1	4

Tabla 19. Perfiles usados y materiales para fijaci3n

Tipo	Metraje por cubrir	cantidad	Poliuretano	butilo	tornillo	Tipo de Tornillo
Perfil C	28	7	7	6	182	hitmetal
Perfil interno	64.26	27	17	51	438	3/4" cruz
Perfil externo	31.52	13	16	0	211	3/4" cruz

Para las puertas se usaron puertas abatibles, en contraposición a las corredizas que fueron solicitadas por el Departamento de Ingeniería en Alimentos. La razón fue debido a que para las puertas corredizas se requiere que exista un espacio mayor al del ancho de la puerta para que se pueda construir las correderas. Por el tamaño de las cámaras no ameritaba puertas de este tipo.

A continuación, se muestran los totales que se van a usar para la construcción de las cámaras frías.

Tabla 20. Totales de materiales de construcción y presupuesto

Descripción	Cantidad	Precio	subtotal
canaleta PVC 4 metros	7	Q 213.92	Q 1,497.44
Sika 300 mL	62	Q 61.33	Q 3,802.46
Butilo 300 mL	93	Q 50.67	Q 4,712.31
Tornillo $\frac{3}{4}$ in largo	735	Q 0.11	Q 80.85
Tornillo tipo hitmetal	182	Q 2.00	Q 364.00
Cenefa angular 2 X 4 pulgadas	27	Q 56.63	Q 1,529.01
Perfil interior angular de 2 X 2 pulgadas	13	Q 35.31	Q 459.03
Panel (metros cuadrados)	93.296	Q 390.83	Q 36,462.88
Puerta nacional Abatible 0.9 X 2 m	4	Q 6,000.00	Q 24,000.00
Cortina plástica 1 m ancho	4	Q 615.95	Q 2,463.80
Mano de obra	1	Q 12,880.00	Q 12,880.00

El total para la construcción del cuarto frío es de Q 88,251.78

Dicha cotización se hizo en la empresa Thermotec Ingeniería y Servicio. La cual tiene amplia experiencia en refrigeración de más de 30 años desde su fundación en Costa Rica.

## Selección de equipo

A continuación, un resumen de las cámaras

Tabla 21. Resumen cámaras

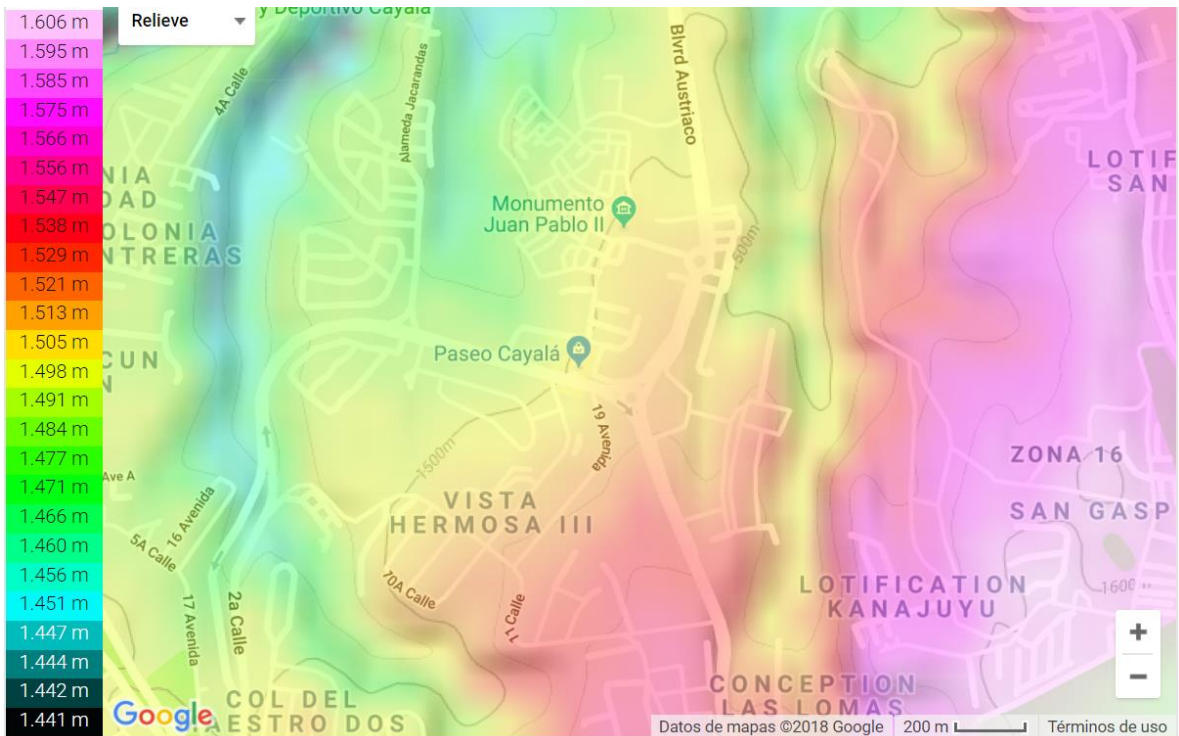
Cámara	Temperatura	Temperatura	Carga térmica BTU/h
Congelada	0°F	-18°C	11129
Lácteos	35°F	2°C a 5 °C	5514
Cárnicos	35°F	2°C a 5 °C	5120
Frutas y verduras	35°F	2°C a 5 °C	8952

Para la selección del equipo es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- ❖ Carga térmica
- ❖ Humedad relativa de la cámara
- ❖ Dimensiones de la cámara
- ❖ Condiciones ambientes de temperatura
- ❖ Diferencial de temperatura (se puede relacionar con la humedad relativa)
- ❖ Tipo de instalación eléctrica (monofásica o trifásica) 50/60 Hz

El software de Proselect nos da la oportunidad de acceder a la base de datos en la cual se encuentran distintos precios y equipos y de los de los productos que ellos ofrecen. Esto nos permite tener una amplia gama de opciones. Si no se contara con ello se debería de acudir a algún catálogo de ellos, sin embargo, estos son muy difíciles de conseguir y aun teniendo uno, no hay seguridad que fabriquen o tengan de estos tipos de equipos. Razón por la cual se va a optar por la base de datos. Para tener modelos reales y disponibles en el mercado.

Figura 90. Altitud de la Universidad del Valle de Guatemala



Fuente <http://es-gt.topographic-map.com><sup>1</sup>

Se investigó que la altura a la cual se encuentra la Universidad del Valle de Guatemala es de aproximadamente 1500 metros sobre el nivel del mar. Esto es un dato importante ya que se le debe de aplicar el factor de corrección a la hora de seleccionar el equipo.

Para la selección de los equipos se apoyó de la Tabla 21 en la cual nos indica la carga y la humedad relativa a la que se debe de encontrar cada cámara.

Para la selección del equipo que va a operar en el cuarto de lácteos se ingresaron los siguientes valores en el programa HeatCraft Proselect.

<sup>1</sup> <http://es-gt.topographic-map.com/places/Guatemala-636776/>



Figura 92. Ingreso preferencias equipo altitud y humedad relativa de la cámara de lácteos

Carga	Criterio de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen
<b>Equipo</b>					
Tipo de unidad	Número de pref	Hoja de datos	Localización	Uso exterior	Familia de unidad
Tipo de evaporador	Sin preferencia	Hoja de datos	Familia de evaporador	Sin preferencia	Cantidad total
					1 Unidades por
<b>Fracciones</b>					
Unidad condensadora	Tipo de compresor	Sin preferencia	Voltaje	Sin preferencia	
Evaporador	Deshielo	Aire	Actualizar	Sin preferencia	Aletas por pulgada
					Sin preferencia
<b>Filtros</b>					
Refrigerante	R404A/R507	Altura máxima	0	Ancho máximo	0
		Largo máximo	0	Flujo en pies cúbicos por	0
<a href="#">Guidelines ...</a>					
<b>Factores de corrección para la capacidad</b>					
Altitud	1524 m	Pérdidas en la línea de succión	2 °F		
Ambiente	95 °F	Humedad relativa de la cámara	80.0 %		
Frecuencia de potencia	60 Hz	Diferencia de temperatura	12 °F		
		Temperatura de succión saturada	21 °F		
<a href="#">Guidelines ...</a>					
Required Capacity 5514 BTU/H					
To Load		Idioma Español    Unidades Mixed		To Equipment	
Fecha 31/03/2018					

Se ingresaron los valores establecidos en la Tabla 21. Además, se ingresó la altitud a la que opera el equipo para que el programa aplique los factores de corrección correspondientes.

Figura 93. Selección del equipo cámara de lácteos

Carga    Criterio de selección    **Equipo**    Opción de Unidad condensadora    Opción de evaporador    Resumen

Rango de selección +/-  %    Actualizar    Capacidad requerida 5514 BTU/H @ SST 21 °F    ?  
 Ambient 95 °F

Unidad condensadora (seleccionar el encabezado de la columna)

Capacit...	Modelo	Refrigerante	Actualizar	Precio de Li...	AWEF	InOut	Runtime	Compresor	Tipo de com
5374	BHT005X6B	R404A/R507	208-230/1/60	5550.00	6.5000	Outdoor	16.4	RST45C1E	Hemético
6362	BHT008X6B	R404A/R507	208-230/1/60	5604.00	7.8300	Outdoor	13.9	RST55C1E	Hemético
6709	BZT005M6B	R404A/R507	208-230/1/60	5851.00	7.1500	Outdoor	13.1	ZB06KAE	Scroll
6709	BZT005M6C	R404A/R507	200-230/3/60	5939.00	7.1500	Outdoor	13.1	ZB06KAE	Scroll

NOTE: AWEF value indicates refrigeration system is designed and certified for use in walk-in cooler applications above +32°F room temperature.

Rango de selección +/-  %    Actualizar    Units per System

Evaporador (seleccionar el encabezado de la columna)

Capacidad To...	Capacidad ajustada	Modelo	Voltage	Precio de Li...	CFM	Deshi...	Pe...	Estilo
5406		5406 LTA053AEA	115/1/60	3132.00	850	Aire	48	Bajo Perfil Exter
5406		5406 LTA053BEA	208-230/1/60	3132.00	850	Aire	48	Bajo Perfil Exter
6630		6630 ADT065AK	115/1/60	1641.00	650	Aire	34	Bajo Perfil
6630		6630 ADT065BK	208-230/1/60	1766.00	650	Aire	34	Bajo Perfil
6630		6630 ADT065MK	460/1/60	1936.00	650	Aire	34	Bajo Perfil
7140		7140 ADT070AK	115/1/60	1837.00	1460	Aire	45	Bajo Perfil
7140		7140 ADT070BK	208-230/1/60	1982.00	1460	Aire	45	Bajo Perfil

Cantid:	Modelo	Actualizar	Cantida:	Modelo	Voltaje
1	BZT005M6B	208-230/1/60	1	ADT065BK	208-230/1/60

**Balance de sistema: 6694 BTU/H Capacidad @ 12.1 °F TD o 20.9 °F TSS con 13.2 hr tiempo de operacion**

← To Selection Criteria    Idioma Español    Unidades Mixed    Fecha 31/03/2018    To Options →

Se seleccionaron equipos que trabajen con la preferencia establecida de refrigerante y que trabajen en 208-230V 1 fase y 60 Hz. Se indica la capacidad de enfriamiento del sistema. La cual es una combinación de la unidad condensadora y evaporadora.

Figura 94. Resumen de equipo y precio equipo cámara lácteos


Carga	Criterio de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen															
<p>Lista resumida</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Precio</th> <th>Cantidad</th> <th>Precio To...</th> <th>Numero de Parte</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5851.00</td> <td>1</td> <td>5851.00</td> <td>BZT005M6B</td> <td>Scroll Air-cod</td> </tr> <tr> <td>1766.00</td> <td>1</td> <td>1766.00</td> <td>ADT065BK</td> <td>Low Profile A</td> </tr> </tbody> </table>					Precio	Cantidad	Precio To...	Numero de Parte	Descripción	5851.00	1	5851.00	BZT005M6B	Scroll Air-cod	1766.00	1	1766.00	ADT065BK	Low Profile A	<p><b>Potencial de Ahorro por unidad</b></p> <p>Costo de electricidad 0.103 \$/kWh</p> <p></p> <p>Agregar costo neto por motores\$ <input type="text" value="0"/></p> <p>Nuevo tipo de motor ventilador <input type="text" value="EC"/></p> <p>Número de motores <input type="text" value="1"/></p> <p>Tipo de motor ventilador original <input type="text" value="PSC"/></p> <p><input type="button" value="Ahorro por motores"/></p> <p>Ahorro anual por motores \$28.73      reembolso por motores 0.00 Years</p>
Precio	Cantidad	Precio To...	Numero de Parte	Descripción																
5851.00	1	5851.00	BZT005M6B	Scroll Air-cod																
1766.00	1	1766.00	ADT065BK	Low Profile A																
<p>← To Options      Precio total \$7617      Idioma Español      Unidades Mixed      Fecha 31/03/2018      Final →</p>																				

Tabla 22. Equipo usado en cuarto lácteos

Unidad	Modelo	Carga BTU/h	Precio
Evaporador	ADT065BK	6630	\$1,766.0
Condensadora	BZT005M6B	6709	\$5,851.0
Sistema		6694	\$7,617.0

Figura 95. Ingreso carga cámara frutas y verduras

Carga	Criterio de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen
<b>Ambiente de la cámara</b>					
Temperatura de bulbo seco de la cámara	<input type="text" value="35"/>	°F	Temperatura de bulbo seco del ambiente	<input type="text" value="95"/>	°F
País	<input type="text"/>	▼	Ciudad cercana	<input type="text"/>	▼
<b>Tamaño de la cámara</b>					
Largo	<input type="text" value="0.0"/>	m	Ancho	<input type="text" value="0.0"/>	m
			Alto	<input type="text" value="0.0"/>	m
Volumen de la cámara			<input type="text" value="0"/>	m <sup>3</sup>	
				Forma de la cámara	<input type="text" value="Rectangle"/>
<b>Resumen de la carga</b>					
<input type="button" value="Valores automáticos"/>					
Carga por paredes	<input type="text" value="0"/>	BTU/H	0%	<input type="button" value="Editor de carga por paredes"/>	
Carga por aire	<input type="text" value="0"/>	BTU/H	0%	<input type="button" value="Edito de carga por aire"/>	
Carga por producto	<input type="text" value="0"/>	BTU/H	0%	<input type="button" value="Editor de carga por producto"/>	
Carga miscelánea	<input type="text" value="0"/>	BTU/H	0%	<input type="button" value="Editor de carga miscelánea"/>	
Carga total	<input type="text" value="8592"/>	BTU/H	Tiempo de operación	<input type="text" value="16"/>	hr
<input type="button" value="← To Category"/>		Idioma Español		Unidades: Mixed	
			Fecha 31/03/2018		
				<input type="button" value="To Selection Criteria →"/>	

Se ingresaron los valores conocidos de carga térmica, así como la temperatura de la cámara. Las dimensiones de la cámara no era necesario ingresarlas puesto que ya se había hecho a la hora de calcular la carga térmica.


Figura 96. Ingreso preferencias equipo altitud y humedad relativa de la cámara frutas y verduras

Carga	Criterio de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen
<b>Equipo</b>					
Tipo de unidad	Número de pref	Hoja de datos	Localización	Uso exterior	Familia de unidad
Tipo de evaporador	Sin preferencia	Hoja de datos	Familia de evaporador	Sin preferencia	Cantidad total
					Unidades por
<b>Fracciones</b>					
Unidad condensadora	Tipo de compresor	Sin preferencia	Voltaje	Sin preferencia	
Evaporador	Deshielo	Aire	Actualizar	Sin preferencia	Aletas por pulgada
<b>Filtros</b>					
Refrigerante	R404A/R507	Altura máxima	0	Ancho máximo	0
		Largo máximo	0	Flujo en pies cúbicos por	0
<b>Factores de corrección para la capacidad</b>					
Altitud	1524	m	Pérdidas en la línea de succión	2	°F
Ambiente	95	°F	Humedad relativa de la cámara	95.0	%
Frecuencia de potencia	60	Hz	Diferencia de temperatura	7	°F
			Temperatura de succión saturada	26	°F
Required Capacity 8592 BTU/H					
To Load		To Equipment			
Idioma Español    Unidades Mixed    Fecha 31/03/2018					

Se ingresaron los valores establecidos en la Tabla 21. Además, se ingresó la altitud a la que opera el equipo para que el programa aplique los factores de corrección correspondientes.

Figura 97. Selección del equipo cámara frutas y verduras

Carga Criterio de selección **Equipo** Opción de Unidad condensadora Opción de evaporador Resumen

Rango de selección +/-  %  Capacidad requerida 8592 BTU/H @ SST 26 °F Ambient 95 °F 

Unidad condensadora (seleccionar el encabezado de la columna)

Capacida...	Modelo	Refrigerante	Actualizar	Precio de Li...	AWEF	InOut	Runtime	Compresor	Tipo de c
8300	BHT009X6B	R404A/R507	208-230/1/60	6024.00	5.9700	Outdoor	16.6	RST64C1E	Hermetic
8682	BHT010X6C	R404A/R507	208-230/3/60	6276.00	7.5500	Outdoor	15.8	RST70C1E	Hermetic
8682	BHT010X6B	R404A/R507	208-230/1/60	6360.00	7.5500	Outdoor	15.8	RST70C1E	Hermetic
8717	BZT008M6B	R404A/R507	208-230/1/60	6459.00	7.6000	Outdoor	15.8	ZB07KAE	Scroll

NOTE: AWEF value indicates refrigeration system is designed and certified for use in walk-in cooler applications above +32°F room temperature.



Rango de selección +/-  %  Units per System

Evaporador (seleccionar el encabezado de la columna)

Capacidad To...	Capacidad ajustada	Modelo	Voltage	Precio de Li...	CFM	Deshi...	Pe...	Estilo
9282	9282	ADT156AK	115/1/60	3325.00	2100	Aire	67	Bajo Perfil
9282	9282	ADT156BK	208-230/1/60	3379.00	2100	Aire	67	Bajo Perfil
9282	9282	ADT156MK	460/1/60	3891.00	2100	Aire	67	Bajo Perfil
9282	9282	SM156AE	115/1/60	4321.00	1830	Aire	123	Montaje central
9282	9282	SM156BE	208-230/1/60	4557.00	1830	Aire	123	Montaje central
9818	9818	LO165AE	115/1/60	7369.00	1900	Aire	285	Baja Velocidad
9818	9818	LO165BE	208-230/1/60	7517.00	1900	Aire	285	Baja Velocidad

Cantidad	Modelo	Actualizar	Cantidad por	Modelo	Voltaje
1	BHT009X6B	208-230/1/60	1	ADT156BK	208-230/1/60

**Balance de sistema: 8395 BTU/H Capacidad @ 6.3 °F TD o 26.7 °F TSS con 16.4 hr tiempo de operacion**

 To Selection Criteria To Options 

Idioma Español Unidades Mixed Fecha 31/03/2018

Se seleccionaron equipos que trabajen con la preferencia establecida de refrigerante y que trabajen en 208-230V 1 fase y 60 Hz. Se indica la capacidad de enfriamiento del sistema. La cual es una combinación de la unidad condensadora y evaporadora.

Figura 98. Resumen de equipo y precio equipo cámara frutas y verduras




Carga	Criterio de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen
Lista resumida					
Precio	Cantidad	Precio To...	Numero de Parte	Descripción	
6024.00	1	6024.00	BHT009X6B	Hemetic Air-	
3379.00	1	3379.00	ADT156BK	Low Profile A	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Agregar costo neto VSEC <input type="text" value="0"/></p> <p>Ahorros VSEC</p> <p>Ahorros anuales VSEC \$ 52.37</p> <p>Reembolso VSEC 0.00 Years</p> </div> <div style="width: 45%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Potencial de Ahorro por unidad</b></p> <p>Costo de electricidad <input type="text" value="0.103"/> \$/kWh</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em; color: blue;">?</p> <p>Agregar costo neto por motores \$ <input type="text" value="0"/></p> <p>Nuevo tipo de motor ventilador <input type="text" value="EC"/></p> <p>Número de motores <input type="text" value="3"/></p> <p>Tipo de motor ventilador original <input type="text" value="PSC"/></p> <p style="text-align: center;">Ahorro por motores</p> <p>Ahorro anual por motores \$ 86.21</p> <p>reembolso por motores 0.00 Years</p> </div> </div>					
<p>← To Options <span style="margin-left: 200px;">Precio total \$ 9403</span> <span style="float: right;">Final →</span></p> <p style="text-align: center;">Idioma Español    Unidades Mixed    Fecha 31/03/2018</p>					

Tabla 23. Equipo usado en cámara frutas y verduras

Unidad	Modelo	Carga BTU/h	Precio
Evaporador	ADT156BK	9282	\$3,379.0
Condensadora	BHT009X6B	8300	\$6,024.0
Sistema		8395	\$9,403.0



Figura 100. Ingreso preferencias equipo altitud y humedad relativa de la cámara carnes

Carga	Critero de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen
<b>Equipo</b>					
Tipo de unidad	Número de pref. <input type="text"/>	Hoja de datos	Localización	Uso exterior <input type="text"/>	Familia de unidad
Tipo de evaporador	Sin preferencia <input type="text"/>	Hoja de datos	Familia de evaporador	Sin preferencia <input type="text"/>	Cantidad total
					Unidades por <input type="text" value="1"/>
<b>Fracciones</b>					
Unidad condensadora	Tipo de compresor	Sin preferencia <input type="text"/>	Voltaje	Sin preferencia <input type="text"/>	
Evaporador	Deshielo	Aire <input type="text"/>	Actualizar	Sin preferencia <input type="text"/>	Aletas por pulgada
					Sin preferencia <input type="text"/>
<b>Filtros</b>					
Refrigerante	R404A/R507 <input type="text"/>	Altura máxima	<input type="text" value="0"/>	Ancho máximo	<input type="text" value="0"/>
		Largo máximo	<input type="text" value="0"/>	Flujo en pies cúbicos por	<input type="text" value="0"/>
					<input type="button" value="Guidelines ..."/>
<b>Factores de corrección para la capacidad</b>					
Altitud	1524 <input type="text"/>	m	Pérdidas en la línea de succión	<input type="text" value="2"/>	°F
Ambiente	<input type="text" value="95"/>	°F	Humedad relativa de la cámara	<input type="text" value="90.0"/>	%
Frecuencia de potencia	60 Hz		Diferencia de temperatura	<input type="text" value="10"/>	°F
			Temperatura de succión saturada	<input type="text" value="23"/>	°F
					<input type="button" value="Guidelines ..."/>
Required Capacity 5120 BTU/H					
	To Load			To Equipment	
	Idioma	Español	Unidades	Mixed	Fecha 31/03/2018

Se ingresaron los valores establecidos en la Tabla 21. Además, se ingresó la altitud a la que opera el equipo para que el programa aplique los factores de corrección correspondientes.

Figura 101. Selección del equipo cámara de carnes

Carga    Criterio de selección    **Equipo**    Opción de Unidad condensadora    Opción de evaporador    Resumen

Rango de selección +/-  %    Actualizar    Capacidad requerida 5120 BTU/H @ SST 23 °F    ?  
 Ambient 95 °F

Unidad condensadora (seleccionar el encabezado de la columna)

Capacid...	Modelo	Refrigerante	Actualizar	Precio de Li...	AWEF	InOut	Runtime	Compresor	Tipo de com
5580	BHT005X6B	R404A/R507	208-230/1/60	5550.00	6.5000	Outdoor	18.4	RST45C1E	Hermetico

NOTE: AWEF value indicates refrigeration system is designed and certified for use in walk-in cooler applications above +32°F room temperature.



Rango de selección +/-  %    Actualizar    Units per System

Evaporador (seleccionar el encabezado de la columna)

Capacidad To...	Capacidad ajustada	Modelo	Voltage	Precio de Li...	CFM	Deshi...	Pe...	Estilo
5525	5525	ADT065AK	115/1/60	1641.00	650	Aire	34	Bajo Perfil
5525	5525	ADT065BK	208-230/1/60	1766.00	650	Aire	34	Bajo Perfil
5525	5525	ADT065MK	460/1/60	1936.00	650	Aire	34	Bajo Perfil
5950	5950	ADT070AK	115/1/60	1837.00	1460	Aire	45	Bajo Perfil
5950	5950	ADT070BK	208-230/1/60	1982.00	1460	Aire	45	Bajo Perfil
5950	5950	ADT070MK	460/1/60	2324.00	1460	Aire	45	Bajo Perfil
5950	5950	ADT070AK	115/1/60	1837.00	1460	Aire	45	Bajo Perfil

Cantida:	Modelo	Actualizar	Cantida:	Modelo	Voltaje
1	BHT005X6B	208-230/1/60	1	ADT070BK	208-230/1/60

**Balance de sistema: 5634 BTU/H Capacidad @ 9.5 °F TD o 23.5 °F TSS con 18.2 hr tiempo de operacion**

 To Selection Criteria    Idioma Español    Unidades Mixed    Fecha 31/03/2018    To Options 

Se seleccionaron equipos que trabajen con la preferencia establecida de refrigerante y que trabajen en 208-230V 1 fase y 60 Hz. Se indica la capacidad de enfriamiento del sistema. La cual es una combinación de la unidad condensadora y evaporadora.

Figura 102. Resumen de equipo y precio equipo cámara carnes


Carga	Criterio de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen															
<p>Lista resumida</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Precio</th> <th>Cantidad</th> <th>Precio To...</th> <th>Numero de Parte</th> <th>Descripcion</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5550.00</td> <td>1</td> <td>5550.00</td> <td>BHT005X6B</td> <td>Hemetic Air-</td> </tr> <tr> <td>1982.00</td> <td>1</td> <td>1982.00</td> <td>ADT070BK</td> <td>Low Profile A</td> </tr> </tbody> </table>						Precio	Cantidad	Precio To...	Numero de Parte	Descripcion	5550.00	1	5550.00	BHT005X6B	Hemetic Air-	1982.00	1	1982.00	ADT070BK	Low Profile A
Precio	Cantidad	Precio To...	Numero de Parte	Descripcion																
5550.00	1	5550.00	BHT005X6B	Hemetic Air-																
1982.00	1	1982.00	ADT070BK	Low Profile A																
<p>Potencial de Ahorro por unidad</p> <p>Costo de electricidad <input type="text" value="0.103"/> \$/kWh</p> <p></p>																				
<p>Agregar costo neto VSEC <input type="text" value="0"/></p> <p>Ahoros VSEC</p> <p>Ahoros anuales VSEC \$ 56.00      Reembolso VSEC 0.00 Years</p>																				
<p>Agregar costo neto por motores \$ <input type="text" value="0"/></p> <p>Nuevo tipo de motor ventilador <input type="text" value="EC"/></p> <p>Número de motores <input type="text" value="2"/></p> <p>Tipo de motor ventilador original <input type="text" value="PSC"/></p> <p>Ahorro por motores</p> <p>Ahorro anual por motores \$ 57.48      reembolso por motores 0.00 Years</p>																				
<p>← To Options      Precio total \$ 7532      Final →</p> <p>Idioma Español      Unidades Mixed      Fecha 31/03/2018</p>																				

Tabla 24. Equipo usado en cámara carnes

	Modelo	Carga BTU/h	Precio
Evaporador	ADT070BK	5950	\$1,982.0
Condensadora	BHT005X6B	5580	\$5,550.0
Sistema		5634	\$7,532.0

Figura 103. Ingreso carga cámara congelada

Carga	Criterio de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen
<b>Ambiente de la cámara</b>					
Temperatura de bulbo seco de la cámara		<input type="text" value="0"/> °F	Temperatura de bulbo seco del ambiente		<input type="text" value="95"/> °F
País		<input type="text"/>	Ciudad cercana		<input type="text"/>
<b>Tamaño de la cámara</b>					
Largo		<input type="text" value="3.0"/> m	Ancho		<input type="text" value="2.0"/> m
		Volumen de la cámara		14 m <sup>3</sup>	Forma de la cámara
				<input type="text" value="2.4"/> m	<input type="text" value="Rectangle"/>
<b>Resumen de la carga</b>					
<input type="button" value="Valores automáticos"/>		Carga por paredes	<input type="text" value="0"/> BTU/H	0%	<input type="button" value="Editor de carga por paredes"/>
		Carga por aire	<input type="text" value="0"/> BTU/H	0%	<input type="button" value="Edito de carga por aire"/>
		Carga por producto	<input type="text" value="0"/> BTU/H	0%	<input type="button" value="Editor de carga por producto"/>
		Carga miscelánea	<input type="text" value="0"/> BTU/H	0%	<input type="button" value="Editor de carga miscelánea"/>
		Carga total	<input type="text" value="11129"/> BTU/H	Tiempo de operación	<input type="text" value="18"/> hr
<input type="button" value="← To Category"/>		Idioma Español    Unidades: Mixed		To Selection Criteria <input type="button" value="→"/>	
Fecha 31/03/2018					

Se ingresaron los valores conocidos de carga térmica, así como la temperatura de la cámara. Las dimensiones de la cámara no era necesario ingresarlas puesto que ya se había hecho a la hora de calcular la carga térmica.

Figura 104. Ingreso preferencias equipo altitud y humedad relativa de la cámara congelada

Carga	Criterio de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen
<b>Equipo</b>					
Tipo de unidad	Número de pref	Hoja de datos	Localización	Uso exterior	Familia de unidad
Tipo de evaporador	Sin preferencia	Hoja de datos	Familia de evaporador	Sin preferencia	Cantidad total
					Unidades por
<b>Fracciones</b>					
Unidad condensadora	Tipo de compresor	Sin preferencia	Voltaje	Sin preferencia	
Evaporador	Deshielo	Eléctrico	Actualizar	Sin preferencia	Aletas por pulgada
<b>Filtros</b>					
Refrigerante	R404A/R507	Altura máxima	0	Ancho máximo	0
		Largo máximo	0	Flujo en pies cúbicos por	0
<b>Factores de corrección para la capacidad</b>					
Altitud	1524 m	Pérdidas en la línea de succión	2 °F	Humedad relativa de la cámara	90.0 %
Ambiente	95 °F	Diferencia de temperatura	10 °F	Temperatura de succión saturada	-12 °F
Frecuencia de potencia	60 Hz	Guidelines ...			
Required Capacity 11129 BTU/H					
To Load		Idioma Español		Unidades Mixed	
←		Fecha 31/03/2018		To Equipment →	

Se ingresaron los valores establecidos en la Tabla 21. Además, se ingresó la altitud a la que opera el equipo para que el programa aplique los factores de corrección correspondientes.

Figura 105. Selección del equipo cámara congelada

Carga Criterio de selección Equipo Opción de Unidad condensadora Opción de evaporador Resumen

Rango de selección +/-  % Actualizar Capacidad requerida 11129 BTU/H @ SST -12 °F Ambient 95 °F ?

Unidad condensadora (seleccionar el encabezado de la columna)

Capacida...	Modelo	Refrigerante	Actualizar	Precio de Li...	AWEF	InOut	Runtime	Compresor	Tipo de c
10911	BHT025L6B	R404A/R507	208-230/1/60	6883.00	-----	Outdoor	18.4	CF09K6E	Hermetic
10911	BHT025L6C	R404A/R507	208-230/3/60	7220.00	-----	Outdoor	18.4	CF09K6E	Hermetic
11843	BZT030L6B	R404A/R507	208-230/1/60	10108.00	-----	Outdoor	16.9	ZF09K4E	Scroll
11843	BZT030L6C	R404A/R507	208-230/3/60	10296.00	-----	Outdoor	16.9	ZF09K4E	Scroll

NOTE: AWEF value indicates refrigeration system is designed and certified for use in walk-in cooler applications above +32°F room temperature.

Rango de selección +/-  % Actualizar Units per System

Evaporador (seleccionar el encabezado de la columna)

Capacidad To...	Capacidad ajustada	Modelo	Voltage	Precio de Li...	CFM	Deshi...	Pe...	Estilo
12090		12090 BME140CA	208-230/3/60	5360.00	2250	Electrico	126	Perfil Mediano
12090		12090 BME140DA	460/3/60	5632.00	2250	Electrico	126	Perfil Mediano
12090		12090 BME140MA	460/1/60	5632.00	2250	Electrico	126	Perfil Mediano
12090		12090 BME140EA	575/3/60	5742.00	2250	Electrico	126	Perfil Mediano
12281		12281 LET140BK	208-230/1/60	4760.00	1950	Electrico	62	Bajo Perfil
12281		12281 LET140CK	208-230/3/60	5048.00	1950	Electrico	62	Bajo Perfil
12281		12281 LET140MK	460/1/60	5563.00	1950	Electrico	62	Rain Perfil

**Cantida: Modelo Actualizar Cantidad por Modelo Voltaje**

1 BZT030L6B 208-230/1/60 1 LET140BK 208-230/1/60

**Balance de sistema: 11912 BTU/H Capacidad @ 9.7 °F TD o -11.7 °F TSS con 16.8 hr tiempo de operacion**

To Selection Criteria Idioma Español Unidades Mixed Fecha 31/03/2018 To Options

Se seleccionaron equipos que trabajen con la preferencia establecida de refrigerante y que trabajen en 208-230V 1 fase y 60 Hz. Se indica la capacidad de enfriamiento del sistema. La cual es una combinación de la unidad condensadora y evaporadora.

Figura 106. Resumen de equipo y precio equipo cámara congelada


Carga	Criterio de selección	Equipo	Opción de Unidad condensadora	Opción de evaporador	Resumen
Lista resumida					
Precio	Cantidad	Precio To...	Numero de Parte	Descripción	
10108.00	1	10108.00	BZT030L6B	Scroll Air-co	
4760.00	1	4760.00	LET140BK	Low Profile	
<div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>Potencial de Ahorro por unidad</b>                      Costo de electricidad <input type="text" value="0.103"/> \$/kWh                 </div>					
					
Agregar costo neto por motores\$ <input type="text" value="0"/> Nuevo tipo de motor ventilador <input type="text" value="EC"/> Número de motores <input type="text" value="3"/> Tipo de motor ventilador original <input type="text" value="PSC"/> <input type="button" value="Ahorro por motores"/>					
Ahorro anual por motores <input type="text" value="\$83.33"/> reembolso por motores <input type="text" value="0.00 Years"/>					
Precio total \$ 14868					
Idioma Español Unidades Mixed Fecha 31/03/2018					

Tabla 25. Equipo usado en cuarto congelado

Unidad	Modelo	Carga BTU/h	Precio
Evaporador	LET140BK	12281	\$4,760.0
Condensadora	BZT030L6B	11843	\$10,108.0
Sistema		11912	\$14,868.0

Tabla 26. Resumen de presupuesto para equipo de refrigeración

Cámara	Precio equipo
Lácteos	\$7,617.0
Frutas y verduras	\$9,403.0
Carnes	\$7,532.0
Congelado	\$14,868.0

Este es el resumen de precios para cada una de las distintas cámaras, todos los equipos van a tener un valor total de \$39,420.00 estos precios son los otorgados por el fabricante en el software de selección. Estos precios pueden variar dependiendo del proveedor.

#### Dimensionamiento de tuberías

Para el dimensionamiento del diámetro de la tubería es necesario usar las ecuaciones 25 y 26. Para poder realizar el cálculo es necesario tener acceso a tablas termodinámicas de los refrigerantes usados en los equipos ya seleccionados. Esto para encontrar las entalpías a las temperaturas determinadas.

El procedimiento para el cálculo de diámetros de tubería de refrigeración es el siguiente:

Calcular la carga térmica requerida por el sistema.

Encontrar el factor de fricción a través de la ecuación 25 o 26. En la cual está incluido el número de Reynolds. Para lo cual se debe de usar la velocidad del refrigerante y otras propiedades como la viscosidad cinemática.

Encontrar el valor del largo equivalente del sistema de tuberías de refrigeración

Ingresar el valor del factor de fricción y evaluar el diámetro. Luego se vuelve a calcular la velocidad y de nuevo el número de Reynolds con la nueva velocidad, haciendo esto un proceso iterativo.

En los planos que se entregaron por el departamento de Ingeniería en Alimentos no había un espacio físico destinado a los cuartos, razón por la cual no se podía trazar una posible ruta desde las unidades manejadoras a los evaporadores de los cuartos fríos. En vista de eso se realizaron tablas las cuales tienen largos equivalentes para los cuartos fríos y el diámetro comercial de tubería que se debería de usar. Esto para que si se quiera llevar a cabo se puedan consultar estas tablas sin hacer todo el procedimiento de cálculo.

Esta información se sacó del manual de ingeniería de Bohn, el cual se calcularon pérdidas de temperatura no mayores a 2 °F. Este valor se ingresó en la selección del equipo.

Tabla 27. Diámetros de tubería recomendados

Longitud equivalente rango pies	Diámetro en succión	Diámetro líquido	Carga máxima BTU/h
0-50	3/8	3/8	9000
75-200	7/8	3/8	9000
0-100	7/8	3/8	12000
100-200	1 1/8	1/2	12000

De esta tabla se puede observar que para los cuartos de baja temperatura se pueden usar tuberías de 3/8 de pulgada para largos equivalentes hasta 50 pies y luego de eso la tubería de la línea de succión cambiaría a 7/8 de pulgada para largos de hasta 200 pies.

Para el cuarto de baja temperatura se pueden usar tuberías de 7/8 para la línea de succión y 3/8 en la de líquido en largos equivalentes de hasta 100 pies. Para un largo equivalente de hasta 200 pies se deberá de usar tubería de 1 1/8 pulgadas para la línea de succión y de 1/2 pulgada para la línea de líquido.

## VI.CONCLUSIONES

- Se diseñaron 4 cuartos fríos para el uso del Departamento de ingeniería en Alimentos en el Centro de Innovación y Tecnología.
- Se lograron establecer las necesidades del Departamento de Ingeniería en Alimentos, a través de entrevistas y reuniones con las personas encargadas.
- Se delimitó el espacio para la construcción de los cuartos fríos siendo este de 2 metros por 3 metros y una altura de 2.38 metros, para cada uno de los cuartos fríos.
- No se logró proponer una posible ruta de la tubería ya que no se contaba con la ubicación de los cuartos fríos.
- Se calcularon las distintas cargas térmicas acorde a las necesidades establecidas.
- Se seleccionaron unidades condensadoras y evaporadores para los distintos cuartos, las cuales se detallan en las tablas de resultados.
- Se calcularon la cantidad de materiales necesarios para la construcción de los cuartos fríos con un total de USD 51,187 para los 4 cuartos fríos.
- Se determinó la mejor modulación de paneles minimizando el costo y el con una cantidad mínima de desperdicio.
- Se crearon planos de los cuartos fríos y la forma en que deben de construirse, en los planos que se adjuntan en los anexos.
- Se propuso una localización de los equipos dentro de los cuartos fríos, como se muestra en los planos.

## VII. RECOMENDACIONES

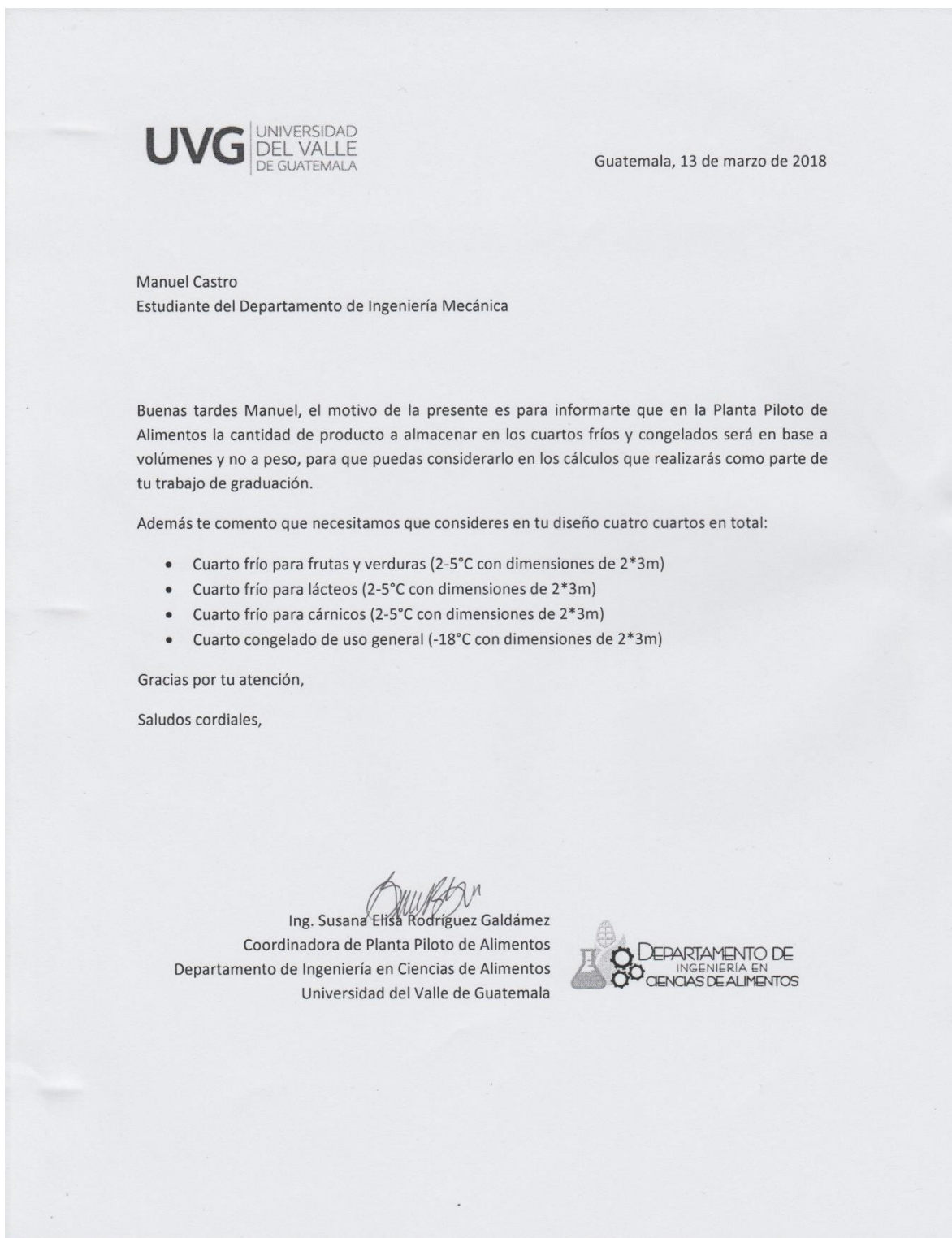
- Conseguir la ubicación de los cuartos fríos dentro del nuevo edificio, para poder dimensionar la tubería de mejor manera.
- Cuando se tengan los cuartos operando es necesario hacer inspecciones visuales de sellos, empaques de puertas y cortinas plásticas para evitar sobrecargar los equipos.
- Cuando se tenga la tubería se deberá considerar el aislamiento térmico correspondiente para que no existan pérdidas de temperatura del refrigerante.
- Llevar controles de cuanto producto entra y sale para tener una mejor referencia a la hora de hacer los cálculos de carga térmica.
- La ruta de tubería debe de ser lo más recta y corta posible, de las unidades evaporadores a las condensadoras.
- Se podrían instalar manómetros en distintos puntos para poder hacer laboratorios en el curso de refrigeración, como por ejemplo en la línea de succión cerca del compresor, de descarga y en el evaporador y condensador.
- Colocar las unidades condensadoras en un punto donde su acceso sea fácil para su mantenimiento.
- Los cuartos no deberán de exceder la capacidad para los cuales fueron diseñados.
- Antes de meter producto al cuarto de congelados es necesario ingresarlo a cualquiera de los cuartos de media temperatura, para que alcance una temperatura de alrededor de 35°F.
- Para el cuarto de baja temperatura será necesario aislar el suelo de las maneras antes expuestas.
- Recubrir todos los cuartos con piso epóxico y curva sanitaria para evitar problemas fitosanitarios.
- No exceder la carga en el diseño del techo, cuyo valor es de 358 kg/m<sup>2</sup>.

## VIII.BIBLIOGRAFÍA

- Frigus Bohn. 2005. *Manual de Ingeniería*. México. Grupo Frigus Therme. 39 págs.
- Kreith, Frank; Raj, Manglik; Mark, Bohn. 2012. *Principios de Transferencia de Calor*. 7ª edición. México, D.F.: Cengage Learning. 250 págs.
- Çengel, Y. and Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. 4th ed. México, D.F.: McGraw-Hill. 920 págs.
- Lijó, J. (2013). *Manual de Refrigeración*. 3rd ed. España: Editorial Reverté. 230 págs.
- Nayar, M. (2000). *Piping handbook* (7th ed.). 7th ed. New York, NY: McGraw-Hill Book Publishing Company, Inc. 2528 págs.
- Wang, S. (2001). *Handbook of air conditioning and refrigeration*. 7th ed. Boston: McGraw-Hill. 1424
- Whitman, W. and Johnson, W. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado* Tomo I. 1st ed. Madrid: Paraninfo. 357 págs.
- Whitman, W. and Johnson, W. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado* Tomo II. 1st ed. Madrid: Paraninfo. 235 págs.

## IX. ANEXOS

Figura 107. Carta del Departamento de Ingeniería en Alimentos



## Cortes y rendimiento de panel

Figura 108. Ingreso valores para modulación dintel opción 1

Proyecto : 0 Panel opcion 1

Piezas		Identificación del proyecto					
M	Código	Cantidad	Ancho	Largo	Material	Descripción	Comentario
+ 1	25	1125.0	2380.0	1	0		<input type="checkbox"/> Muros
+ 2	12	1125.0	2000.0	1	0		<input type="checkbox"/> Techo
+ 3	4	1125.0	380.0	1	0		<input type="checkbox"/> Dintel

Figura 109. Patrones de corte y resultados de rendimiento para dintel opción 1

Proyecto : 0 Panel opcion 1 41 Material : (1) plancha poliuretano

Datos generales:		Config	
Cdad. de montajes:	4	Posicione el cursor en un esquema para detalles, y pulsa el botón para obtener más información, revisar, imprimir, etc.	
Total de chapas:	8		
Aprovechamiento:	88.31 %	<input type="checkbox"/> Visualizar: <input checked="" type="checkbox"/> Planchas <input checked="" type="checkbox"/> Piezas Repeticiones: <input type="checkbox"/> Nivelar	
Pérdida:	10.69 %		

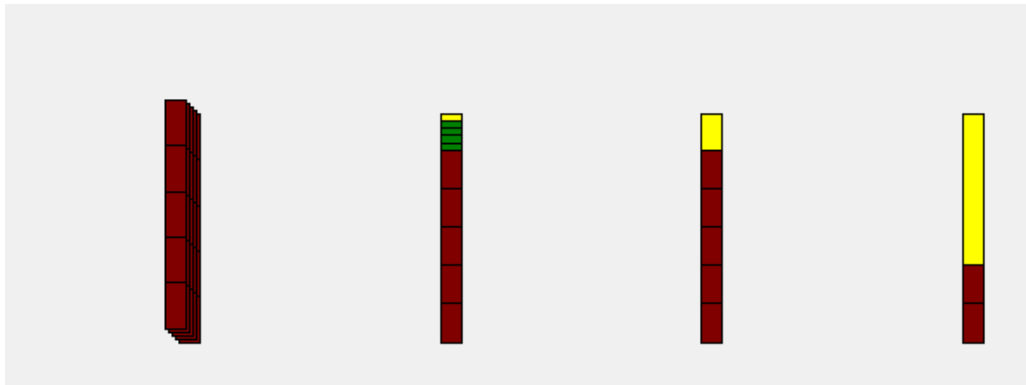


Figura 110. Ingreso valores para modulación dintel opción 2

Proyecto : 1 Panel opcion 2

Piezas		Identificación del proyecto					
M	Código	Cantidad	Ancho	Largo	Material	Descripción	Comentario
+ 1	25	1125.0	2380.0	1	0		<input type="checkbox"/> Muro
+ 2	7	1125.0	3000.0	1	---		<input type="checkbox"/> Techo
+ 3	4	1125.0	380.0	1	---		<input type="checkbox"/> Dintel

Figura 111. Patrones de corte y resultados de rendimiento para dintel opción 1

Proyecto : 1 Panel opcion 2 36 Material : (1) plancha poliuretano

Datos generales:		Config	
Cdad. de montajes:	3	Posicione el cursor en un esquema para detalles, y pulsa el botón para obtener más información, revisar, imprimir, etc.	
Total de chapas:	7		
Aprovechamiento:	82.41 %	<input type="checkbox"/> Visualizar: <input checked="" type="checkbox"/> Planchas <input checked="" type="checkbox"/> Piezas Repeticiones: <input type="checkbox"/> Nivelar	
Pérdida:	17.59 %		

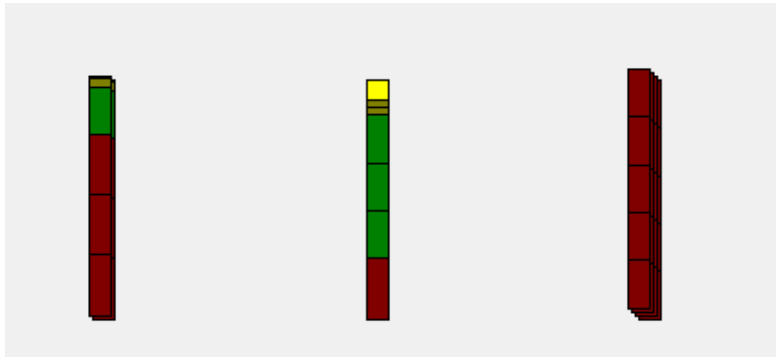


Figura 112. Ingreso valores para modulación corrido opción 1

Proyecto : 2 Panel opcion 3

Piezas		Identificación del proyecto					
M	Código	Cantidad	Ancho	Largo	Material	Descripción	Comentario
+	1	27	1125.0	2390.0	1	---	<input type="checkbox"/> Muro
+	2	12	1125.0	2000.0	1	---	<input type="checkbox"/> Techo

Figura 113. Patrones de corte y resultados de rendimiento para corrido opción 1

Proyecto : 2 Panel opcion 3 39 Material : (1) plancha poliuretano

Datos generales:		Cdad. de montajes: 3	Posicione el cursor en un esquema para detalles, y pulsa el botón para obtener más información, revisar, imprimir, etc.	Config:
		Total de chapas: 8		<input type="radio"/> Planchas
		Aprovechamiento: 82.09%		<input checked="" type="radio"/> Piezas
		Pérdida: 7.01%		<input type="checkbox"/> Nivelar

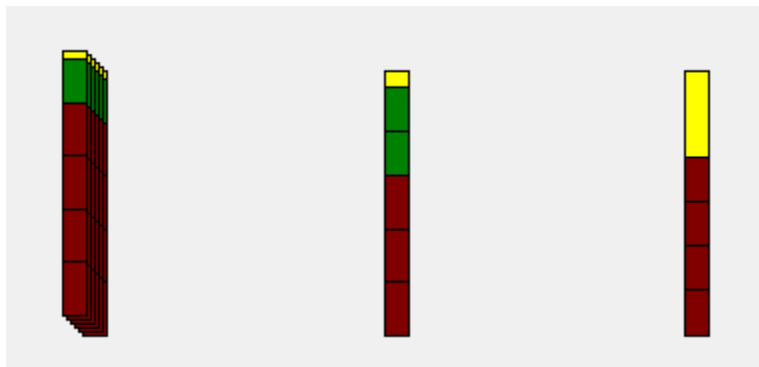


Figura 114. Ingreso valores para modulación corrido opción 2

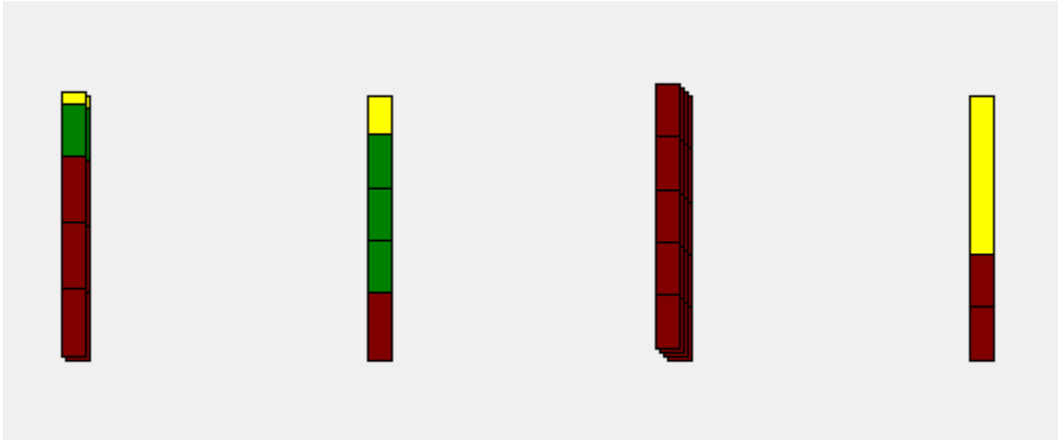
Proyecto : 3 Panel opcion 4

Piezas		Identificación del proyecto					
M	Código	Cantidad	Ancho	Largo	Material	Descripción	Comentario
+	1	27	1125.0	2390.0	1	---	<input type="checkbox"/> Muro
+	2	7	1125.0	3000.0	1	---	<input type="checkbox"/> Techo

Figura 115. Patrones de corte y resultados de rendimiento para corrido opción 2

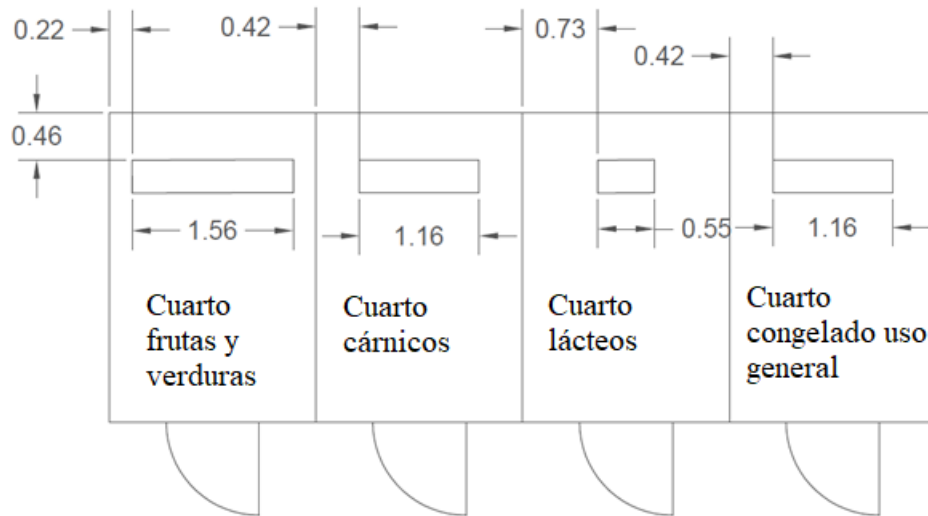
Proyecto : 3 Panel opcion 4 34 Material : (1) plancha poliuretano

Datos generales:		Cdad. de montajes: 4	Posicione el cursor en un esquema para detalles, y pulsa el botón para obtener más información, revisar, imprimir, etc.	Config:
		Total de chapas: 8		<input type="radio"/> Planchas
		Aprovechamiento: 82.68%		<input checked="" type="radio"/> Piezas
		Pérdida: 10.44%		<input type="checkbox"/> Nivelar



Ubicación del equipo

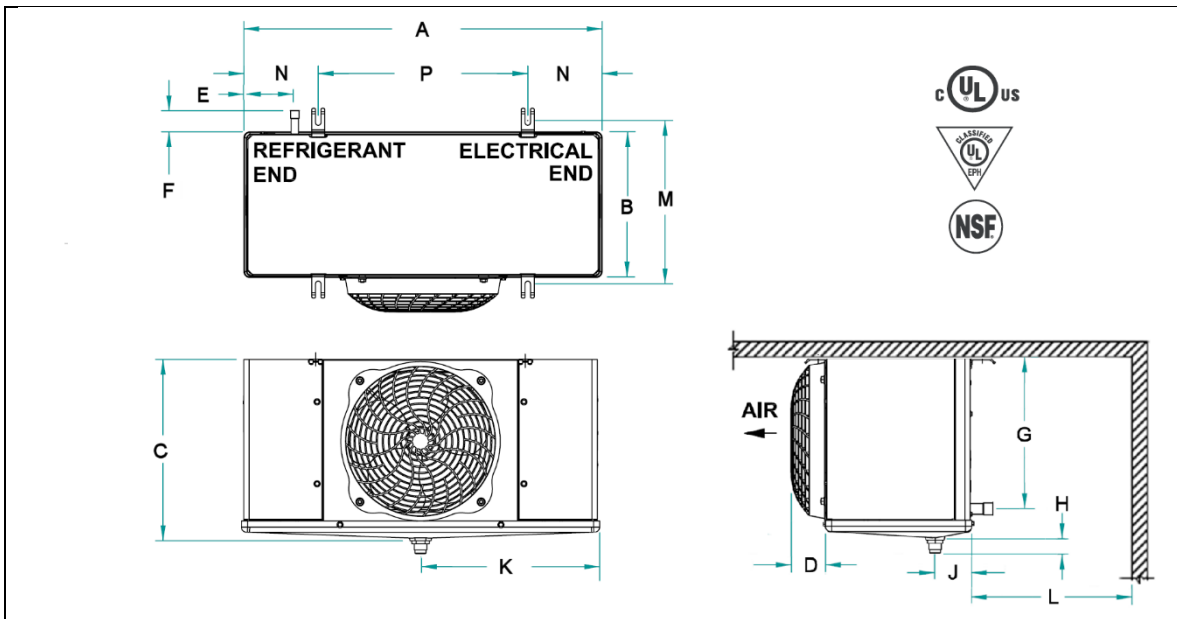
Figura 116. Ubicación de los equipos



(Elaboración propia 2018)

Acorde a la Figura 30. Se recomienda colocar los evaporadores de la forma mostrada anteriormente.

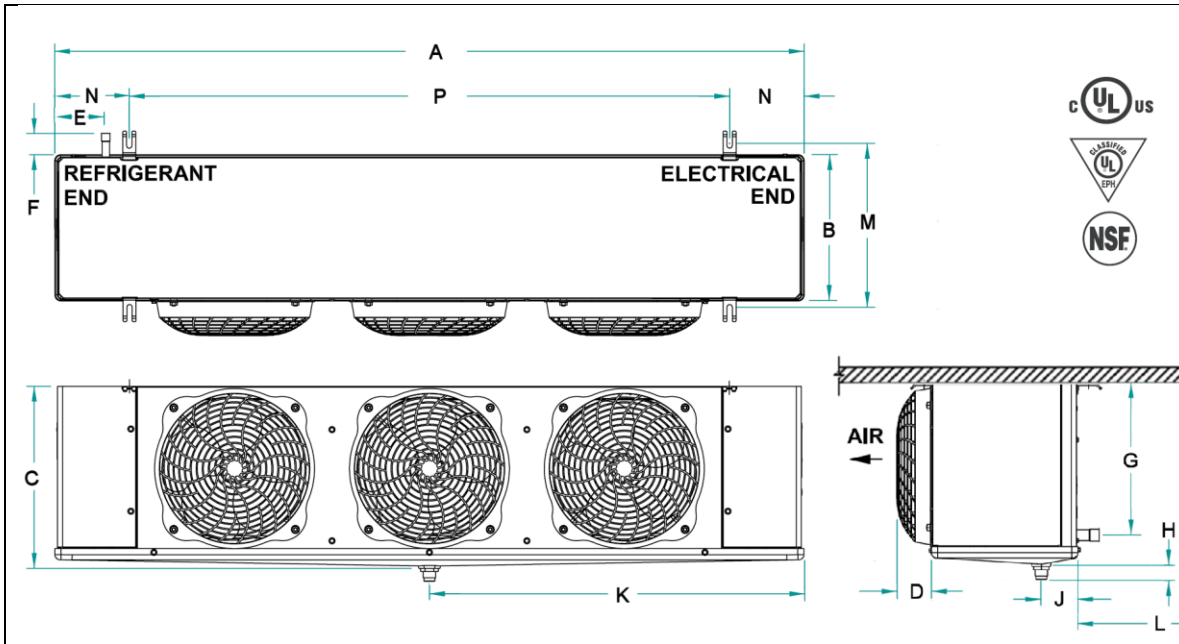
Figura 117. Evaporador para cuarto de lácteos



DIMENSIONES (pulgadas)											
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
29.50	12.00	14.94	2.88	4.19	1.75	12.38	1.06	3.00	14.75	18.00	13.44

(HeatCraft 2018)

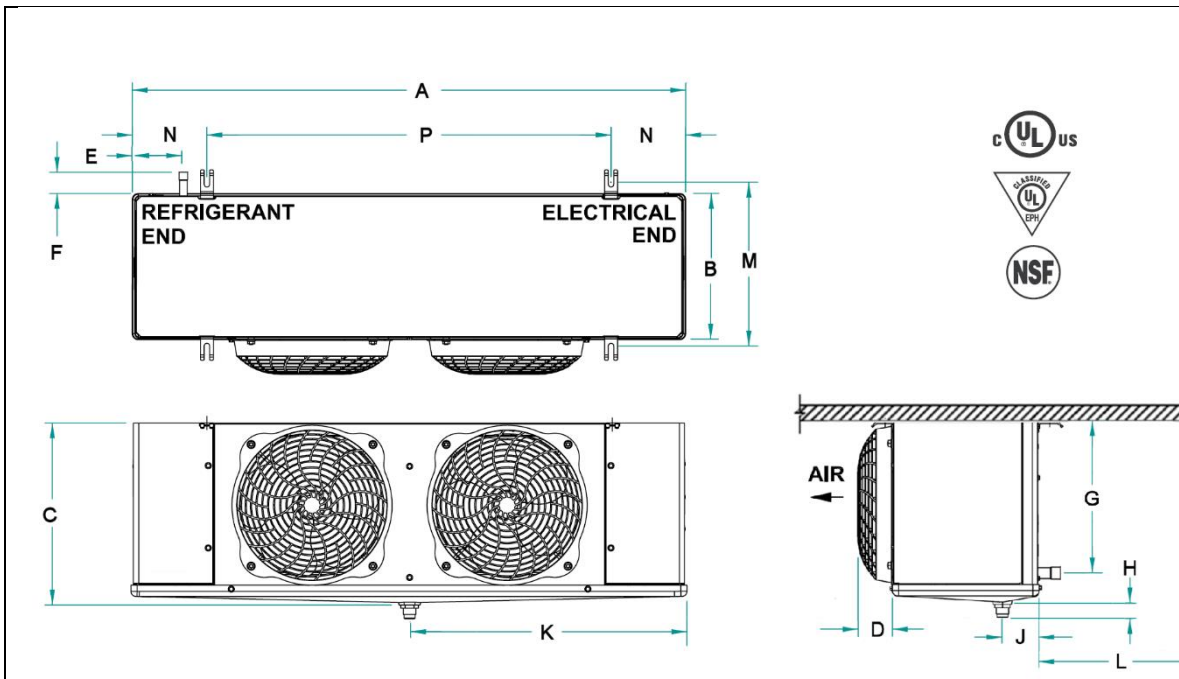
Figura 118. Evaporador para cuarto de frutas y verduras



DIMENSIONES (pulgadas)											
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
61.50	12.00	14.94	2.88	4.19	1.75	12.38	1.06	3.00	30.75	18.00	13.44

(HeatCraft 2018)

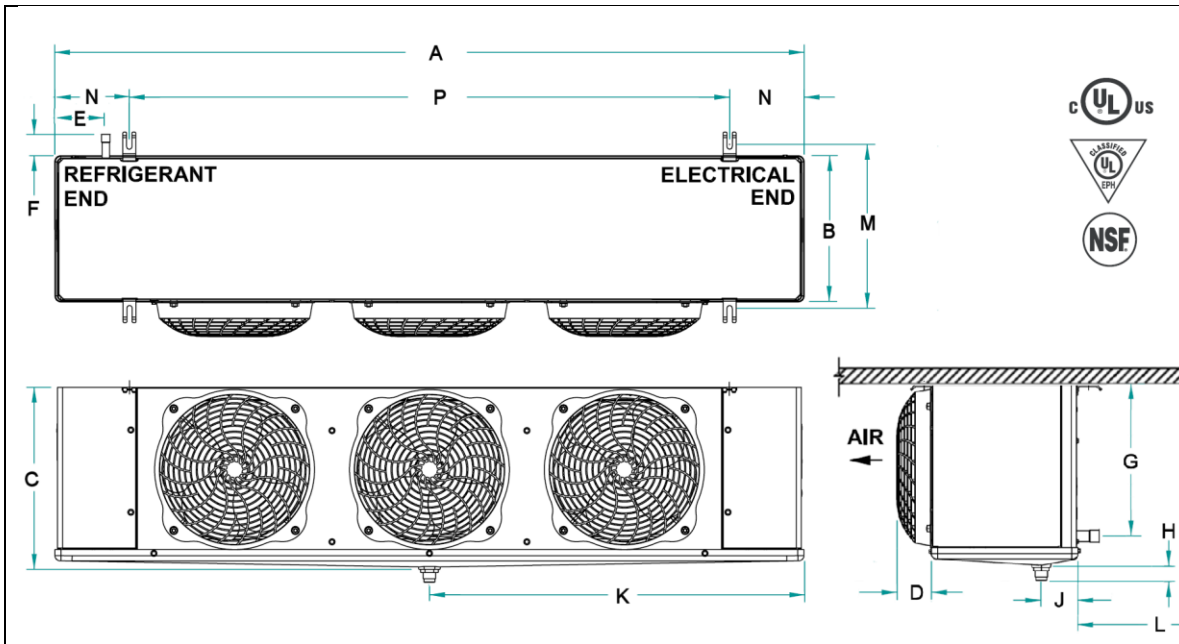
Figura 119. Evaporador para cuarto de carnes



DIMENSIONES (pulgadas)											
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
45.50	12.00	14.94	2.88	4.19	1.75	12.38	1.06	3.00	22.75	18.00	13.44

(HeatCraft 2018)

Figura 120. Evaporador cuarto congelado



DIMENSIONES (pulgadas)											
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
61.50	12.00	14.94	2.88	4.19	1.75	12.38	1.06	3.00	30.75	18.00	13.44

(HeatCraft 2018)