

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIA DE LA**  
**INGENIERÍA Y APLICADAS**



**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN, PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.”

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**POSTULANTES:**

- PROAÑO CARRIÓN ROOSEVELT STALIN
- ROJAS GUAMBIANGO EDISON FABIÁN

**DIRECTOR:**

ING. ÁLVARO MULLO

LATACUNGA, NOVIEMBRE DEL 2012

## **AUTORÍA**

Nosotros; **PROAÑO CARRIÓN ROOSEVELT STALIN, ROJAS GUAMBIANGO EDISON FABIÁN**; exponemos que el trabajo descrito es de nuestra autoría que no ha sido presentado por ningún nivel o calificación profesional; los textos utilizados se incluyen en este documento como referencia bibliográfica.

La **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual.

.....  
**PROAÑO CARRIÓN**  
**ROOSEVELT STALIN**

.....  
**ROJAS GUAMBIANGO EDISON**  
**FABIAN**

## **AVAL DEL DIRECTOR**

En calidad de director de trabajo de investigación sobre el tema:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN, PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.” De **PROAÑO CARRIÓN ROOSEVELT STALIN**; con el número de cedula 050297359-7 y **ROJAS GUAMBIANGO EDISON FABIAN**; con el número de cedula 050307627-7, estudiante de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos técnicos suficientes para ser sometidos a evaluación del tribunal de grado.

Latacunga 15 de enero de 2013

.....  
Ing. Álvaro Mullo

## **AGRADECIMIENTO**

*Principalmente a Dios, por la salud y protección brindada día a día, y así poder culminar con una más de mis metas dentro de mi vida.*

*A mis padres y hermanas quienes confiaron en mí y me brindaron el apoyo necesario para poder culminar mi carrera.*

*A todas esas personas quienes a su momento me brindaron un consejo y apoyo incondicional a su debido tiempo. Me permito dejar impreso mis más sinceros agradecimientos a familiares y amigos.*

**R. STALIN PROAÑO**

## **AGRADECIMIENTO**

*Después del arduo trabajo agradezco a todas las personas que confían en mí y que lo siguen haciendo, además a todas las personas que aportaron de forma directa e indirecta a la realización de este proyecto, a la universidad por darme la oportunidad de pasar por sus aulas y adquirir conocimientos, a mis padres por darme el apoyo incondicional y por creer en mí.*

**EDISON ROJAS**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo investigativo va dedicado a mis padres quienes me apoyaron durante la obtención de mi título.*

*También dedico este trabajo a una persona especial, Clary's quien siempre está junto a mí en las buenas y las malas brindándome ese apoyo incondicional brindado día a día.*

*A mis primos Junior e Iván, quienes me brindaron un consejo y apoyo ya que siempre están conmigo sin importar las circunstancias.*

**R. STALIN PROAÑO**

## **DEDICATORIA**

*El proyecto está dedicado a mis padres, amigos, compañeros, a todas esas personas que en momentos difíciles e intentos, me apoyaron para poder seguir con el camino y cumplir un sueño.*

**EDISON ROJAS**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                        | <b>PAG.</b> |
|------------------------|-------------|
| <b>PORTADA</b>         |             |
| AUTORÍA .....          | ii          |
| AVAL DEL DIRECTOR..... | iii         |
| AGRADECIMIENTO .....   | iv          |
| AGRADECIMIENTO .....   | v           |
| DEDICATORIA .....      | vi          |
| DEDICATORIA .....      | vii         |
| RESUMEN .....          | xx          |
| ABSTRACT.....          | xxi         |
| AVAL ABSTRACT .....    | xxii        |
| INTRODUCCIÓN .....     | xxiii       |

## CAPITULO I

|   |   |
|---|---|
| MARCO TEÓRICO .....   | 1 |
| 1.1 NOCIONES DE FÍSICA.....   | 1 |
| 1.1.1 Calor.....  | 1 |
| 1.1.2 Frio.....   | 1 |
| 1.1.3 Temperatura.....  | 2 |
| 1.1.4 Refrigerantes.....  | 2 |
| 1.1.5 Presión absoluta, atmosférica, relativa, manométrica, y de vacío..... | 2 |
| 1.1.5.1 Definición General De La Presión.....                               | 2 |
| 1.1.5.2 Unidad Legal.....   | 3 |
| 1.1.5.3 Unidad Inglesa.....   | 3 |
| 1.1.5.4 Presión Absoluta.....   | 3 |

|   |    |
|---|----|
| 1.1.5.5 Presión Atmosférica.....                  | 3  |
| 1.1.5.6 Presión Manométrica.....                  | 4  |
| 1.1.5.7 Vacío.....                                | 4  |
| 1.1.6 Presión de un gas.....                      | 4  |
| 1.1.6.1 Ley de Boyle.....                         | 4  |
| 1.1.7 Expansión de un gas.....                    | 5  |
| 1.1.8 Ley de Charles.....                         | 5  |
| 1.1.8 Calor sensible y calor latente.....         | 5  |
| 1.1.8.1 Bajo Forma Sensible.....                  | 6  |
| 1.1.8.2 Bajo Forma Latente.....                   | 6  |
| 1.1.9 Calor específico de un cuerpo.....          | 6  |
| 1.1.9.1 Calor Latente De Solidificación.....      | 7  |
| 1.1.9.2 Calor Latente De Fusión.....              | 7  |
| 1.1.9.3 Calor Latente De Vaporización.....        | 7  |
| 1.1.9.4 Calor Latente De Licuefacción.....        | 7  |
| 1.1.10 Mediciones de las cantidades de calor..... | 8  |
| 1.1.11 Transferencias de calor.....               | 9  |
| 1.1.11.1 Conducción.....                          | 9  |
| 1.1.11.2 Convección.....                          | 10 |
| 1.1.11.3 Radiación.....                           | 10 |
| 1.1.12 Cero absolutos y escala termodinámica..... | 10 |
| 1.1.13 Humedad atmosférica.....                   | 12 |
| 1.1.14 Humedad absoluta.....                      | 12 |
| 1.2 REFRIGERACIÓN.....                            | 13 |
| 1.2.1 Uso de la refrigeración.....                | 13 |
| 1.2.1.1 La Refrigeración Doméstica.....           | 13 |
| 1.2.1.2 La Refrigeración Comercial.....           | 13 |

|  |    |
|--|----|
| 1.2.1.3 La Refrigeración Industrial. ....  | 14 |
| 1.2.1.4 La Refrigeración En El Aire Acondicionado. ....                            | 14 |
| 1.3 ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. ....                     | 14 |
| 1.3.1 Compresor.....   | 14 |
| 1.3.1.1 Tipos de compresores. ....   | 15 |
| 1.3.1.1 Compresor hermético. ....  | 15 |
| 1.3.2 Condensadores. ....  | 16 |
| 1.3.2.1 Condensadores enfriados por aire.....                                      | 17 |
| 1.3.3 Sistemas de expansión. ....  | 18 |
| 1.3.3.1 Expansión con tubo capilar. ....   | 18 |
| 1.3.3.2 Válvula de expansión termostática con equilibrado interno de presión. .... | 20 |
| 1.3.4 Evaporadores. ....   | 22 |
| 1.3.4.1 Evaporadores para refrigeradores de una sola temperatura. ....             | 24 |
| 1.3.4.2 Evaporadores comerciales. ....   | 25 |
| 1.3.4.3 Evaporadores enfriadores de aire.....                                      | 26 |
| 1.3.5 Fluidos frigorígenos.....  | 26 |
| 1.3.5.1 R12 (CFC).....   | 27 |
| 1.3.5.2 R134a (HFC).....   | 27 |
| 1.3.5.3 Relación temperatura-presión.....  | 27 |
| 1.4 Elementos complementarios de un sistema de refrigeración. ....                 | 28 |
| 1.4.1 Separadores de aceite.....   | 28 |
| 1.4.2 Acumuladores de Succión. ....  | 30 |
| 1.4.3 Calderín 0 Recipiente de líquido. ....                                       | 31 |
| 1.4.4 Anti vibrador. ....  | 33 |
| 1.4.5 Filtros. ....  | 34 |

|   |    |
|---|----|
| 1.4.6 Visor.....                                | 35 |
| 1.4.7 Manómetros.....                           | 36 |
| 1.4.8 Presostatos.....                          | 38 |
| 1.4.8.1 Presostato de alta presión.....         | 38 |
| 1.4.9 Termostato.....                           | 39 |
| 1.4.9.2 Manuales.....                           | 40 |
| 1.4.9.2 Automáticos.....                        | 40 |
| 1.4.10 Lubrificantes.....                       | 41 |
| 1.4.10.1 Aceites minerales normales.....        | 41 |
| 1.4.12.2 Aceites minerales sintéticos.....      | 41 |
| 1.4.12.3 Esteres.....                           | 42 |
| 1.5 Control .....                               | 42 |
| .....   | 43 |
| 1.5.1 Sistema de control.....                   | 43 |
| 1.5.1.1 Sistema de control de lazo abierto..... | 44 |
| 1.5.1.2 Sistema de control lazo cerrado.....    | 44 |
| 1.5.2 Control programable.....                  | 44 |
| 1.6 Módulo.....                                 | 45 |
| 1.6 La didáctica.....                           | 45 |
| 1.6.1 El maestro .....                          | 45 |
| 1.6.2 Alumno (aprendiz-educando): .....         | 46 |
| 1.6.3 El contenido.....                         | 46 |
| 1.7 Metodos para el aprendizaje .....           | 47 |
| 1.8. Modulo educativo .....                     | 49 |
| 1.8.1 Dinámicas de enseñanza y aprendizaje..... | 49 |
| 1.9 Prácticas de laboratorio .....              | 50 |

## CAPITULO II

|   |    |
|---|----|
| PRESENTACIÓN ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. ....  | 51 |
| 2.1 Análisis e interpretación de resultados de las encuestas aplicadas a docentes y estudiantes de las carreras de ingeniería Electromecánica e Industrial..... | 51 |
| 2.2.1 Encuestas a docentes y estudiantes. ....  | 51 |
| 2.2.1.1 Primera pregunta .....  | 51 |
| 2.2.1.2 Segunda pregunta .....  | 53 |
| 2.2.1.3 Tercera pregunta.....   | 54 |
| 2.2.1.4 Cuarta pregunta .....   | 55 |
| 2.2.1.5 Quinta pregunta.....  | 57 |
| 2.2.1.6 Sexta pregunta .....  | 59 |
| 2.2.1.7 Séptima pregunta.....   | 60 |
| 2.3 ANÁLISIS Y RESULTADOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN. ....   | 62 |
| 2.3.1 Métodos de refrigeración. ....  | 62 |
| 2.3.2 El ciclo invertido de Carnot. ....  | 62 |
| 2.3.3 Ciclos de refrigeradores. ....  | 63 |
| 2.3.4 El Ciclo Ideal De Refrigeración Por Comprensión De Vapor. ....  | 65 |
| 2.3.5 Ciclos reales de refrigeración por compresión de vapor. ....  | 67 |
| 2.3.6 Selección del refrigerante. ....  | 69 |
| 2.3.7 R12 (CFC).....  | 70 |
| 2.3.8 R134a (HFC).....  | 70 |
| 2.3.9 Cañerías.....   | 71 |
| 2.3.9 Determinación del diámetro de los tubos. ....   | 72 |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.10 Cálculo y selección de elementos para un sistema de refrigeración..... | 72 |
| 2.3.10.1 Cálculo de la carga térmica Q1. ....                                 | 74 |
| 2.3.10.2 Cálculo de la carga térmica, Q2 - Q3.....                            | 76 |
| 2.3.10.3 Cálculo de la carga térmica Q4. ....                                 | 78 |
| 2.3.10.4 Calor sensible arriba del punto de congelación.....                  | 79 |
| 2.3.10.5 Calor latente de congelación. ....                                   | 79 |
| 2.3.10.6 Calor sensible por debajo del punto de congelación.....              | 80 |
| 2.3.10.7 Carga total.....   | 80 |
| 2.4 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN                         | 81 |
| 2.5 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....  | 85 |

## **CAPITULO III**

|  |    |
|--|----|
| PROPUESTA FACTIBLE .....   | 86 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL: .....  | 86 |
| 3.1.1 Desarrollo técnico de la propuesta.....  | 87 |
| 3.1.1. Cálculos de la carga térmica. ....  | 89 |
| 3.1.1.1.1 Calor Sensible Arriba De La Carga Térmica .....                              | 89 |
| 3.1.1.1.2 Calor latente de congelación .....   | 91 |
| 3.1.1.1.3 Calor sensible por debajo del punto de congelación.....                      | 92 |
| 3.1.1.1.4 Carga total.....   | 92 |
| 3.1.1.1.5 Carga por hora .....   | 93 |
| 3.1.1.2. Diseño del módulo didáctico de refrigeración.....                             | 94 |
| 3.1.1.3 Selección de los elementos para el modulo didáctico de refrigeración.<br>..... | 95 |
| 3.1.1.4 Construcción del bastidor para el modulo didáctico de refrigeración.<br>.....  | 96 |

|  |            |
|--|------------|
| 3.1.1.5 Preparación de la tubería de cobre según el diseño.....                          | 98         |
| 3.1.1.5.1 Avocación y Remachado .....  | 100        |
| 3.1.1.6 Ubicación de elementos y accesorios en el módulo didáctico de refrigeración..... | 101        |
| 3.1.1.6.1 Intercambiadores de calor .....  | 101        |
| 3.1.1.6.2 Filtro secante.....  | 103        |
| 3.1.1.6.3 Ubicación de las válvulas de expansión .....                                   | 104        |
| 3.1.1.6.3.1 Tubo capilar.....  | 104        |
| 3.1.1.6.3.2 Válvula termostática .....   | 105        |
| 3.1.1.6.4 Ubicación de válvulas manuales. ....   | 106        |
| 3.1.1.6.5 Ubicación de mirillas (visores) .....  | 107        |
| 3.1.1.6.6 Ubicación de manómetros.....   | 108        |
| 3.1.1.6.7 Acumulador de refrigerante (succión) .....                                     | 109        |
| 3.1.1.6.8 Ubicación del compresor hermético.....   | 109        |
| 3.1.1.6.9 Ubicación del presóstato de alta y baja. ....                                  | 110        |
| 3.1.1.6.10 Ubicación de los ventiladores. ....   | 111        |
| 3.2.1.1.11 Suelda:.....  | 112        |
| 3.1.1.7 Diseño e instalación del sistema eléctrico .....                                 | 113        |
| 3.1.1.7.1 Ubicación del tablero de control.....  | 113        |
| <b>4 RECURSOS Y PRESUPUESTOS. ....</b>   | <b>115</b> |
| <b>4.1. RECURSOS. ....</b>   | <b>115</b> |
| 4.1.1 HUMANOS.....   | 115        |
| 4.1.2 MATERIALES DE OFICINA. ....  | 116        |
| 4.1.3 MATERIALES TECNOLÓGICOS. ....  | 116        |
| 4.1.4 MATERIALES DE TALLER. ....   | 117        |
| <b>4.2 PRESUPUESTO. ....</b>   | <b>118</b> |
| 4.2.1 COSTOS DIRECTOS. ....  | 118        |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 4.2.2 COSTOS INDIRECTOS.....        | 119 |
| 4.2.3 COSTO TOTAL DEL PROYECTO..... | 119 |
| CONCLUSIONES.....                   | 120 |
| RECOMENDACIONES.....                | 122 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                   | 124 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Estados físicos del agua.....           | 8  |
| Figura 1.2 Trasterencia de calor.....              | 9  |
| Figura 1.3 Cero absoluto.....                      | 11 |
| Figura 1.4 Compresor hermético.....                | 16 |
| Figura 1.5 Clasificación de condensadores.....     | 17 |
| Figura 1.6 Condensador de tipo forzado.....        | 18 |
| Figura 1.7 Tubo capilar.....                       | 19 |
| Figura 1.8 Válvula de expansión termostática.....  | 21 |
| Figura 1.9 Evaporador de refrigerador.....         | 24 |
| Figura 1.10 Evaporador industrial.....             | 25 |
| Figura 1.11 Separador de aceite.....               | 28 |
| Figura 1.12 Acumulador de succión.....             | 30 |
| Figura 1.13 Acumulador de líquido.....             | 32 |
| Figura 1.14 Anti vibrador.....                     | 33 |
| Figura 1.15 Filtro.....                            | 34 |
| Figura 1.16 Visor.....                             | 35 |
| Figura 1.17 Manómetros de alta y baja.....         | 36 |
| Fuente: Catalogo Danfoss.....                      | 36 |
| Figura 1.18 Presostato de alta y baja presión..... | 38 |
| Figura 1.19 Termostato.....                        | 40 |
| Figura 1.20 Controlador programable.....           | 44 |
| Figura 2.1 Primera pregunta.....                   | 52 |
| Figura 2.2 Segunda pregunta.....                   | 53 |
| Figura 2.3 Tercera pregunta.....                   | 55 |
| Figura 2.4 Cuarta pregunta.....                    | 56 |
| Figura 2.5 Quinta pregunta.....                    | 58 |
| Figura 2.6 Sexta pregunta.....                     | 59 |
| Figura 2.7 Séptima pregunta.....                   | 61 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 2.8 Ciclo invertido de carnot. ....                                | 63  |
| Figura 2.9 Forma esquemática un refrigerador. ....                        | 64  |
| Figura 2.10 El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor. .... | 66  |
| Figura 2.11 Ciclos reales de refrigeración por compresión de vapor. ....  | 68  |
| Figura 2.12 Diagrama de cargas térmicas. ....                             | 73  |
| Figura 2.13 Materiales que componen la pared de una cámara. ....          | 75  |
| Figura 3.1 Modulo didáctico de refrigeración. ....                        | 94  |
| Figura 3.2 Construcción del bastidor ....                                 | 97  |
| Figura 3.3 Colocación de planchas de aglomerado. ....                     | 98  |
| Figura 3.4 Corte de tubería. ....   | 99  |
| Figura 3.5 Avocado ....   | 100 |
| Figura 3.6 Remachado ....   | 101 |
| Figura 3.7 Ubicación de intercambiadores de calor ....                    | 102 |
| Figura 3.8 Ubicación de cámara de hielo ....                              | 103 |
| Figura 3.9 Ubicación del filtro ....                                      | 104 |
| Figura 3.10 Ubicación del serpentín ....                                  | 105 |
| Figura 3.11 Ubicación de la válvula termostática ....                     | 105 |
| Figura 3.12 Ubicación de válvulas manuales ....                           | 106 |
| Figura 3.13 Ubicación de mirillas ....                                    | 107 |
| Figura 3.14 Ubicación de manómetros ....                                  | 108 |
| Figura 3.15 Ubicación de acumulador de succión ....                       | 109 |
| Figura 3.16 Ubicación del compresor ....                                  | 110 |
| Figura 3.17 Ubicación de presostato de alta y baja. ....                  | 111 |
| Figura 3.18 Ubicación de ventiladores. ....                               | 111 |
| Figura 3.19 Equipo de suelda. ....  | 112 |
| Figura 3.20 Ubicación del tablero de control. ....                        | 114 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1.1 Métodos didcticos y sus procesos .....   | 47  |
| Tabla 2.1 Primera pregunta.....  | 52  |
| Tabla 2.2 Segunda pregunta.....  | 53  |
| Tabla 2.3 Tercera pregunta .....   | 54  |
| Tabla 2.4 Cuarta pregunta.....   | 56  |
| Tabla 2.5 Quinta pregunta.....   | 57  |
| Tabla 2.6 Sexta pregunta.....  | 59  |
| Tabla 2.7 Séptima pregunta.....  | 60  |
| Tabla 2.8 Relación entre milímetros y fracciones de pulgada con 0,3 mm de precisión. ....  | 71  |
| Tabla: 2.9 Espesor en centímetros de una camara frigorifica en funcion del tipo del material aislante y de la temperatura del interior. ....                           | 75  |
| Tabla:2.10 Carga térmica en kcal/m <sup>3</sup> , (calor sensible + calor latente) para el enfriamiento del aire de renovación.....                                    | 77  |
| Tabla:2.11 Cantidad media de renovaciones de aire necesarias en 24 horas a causa de la apertura de las puertas y de la infiltración de aire en la cámara frigorífica.. | 77  |
| Tabla:2.12 Calor perdido en kcal por persona/hora, a diferentes temperaturas....   | 78  |
| Tabla 3.1 Elementos de módulo de refrigeración .....   | 95  |
| Tabla 3.2 Materiales de construcción .....   | 96  |
| Tabla N 3.3 Materiales utilizados para la preparación de la tubería de cobre. ....   | 98  |
| Tabla 3.4 Materiales utilizados para el sistema eléctrico.....   | 113 |
| Tabla 4.1 Presupuestos humanos .....   | 115 |
| Tabla 4.2 Desglose de presupuestos materiales de oficina. ....   | 116 |
| Tabla 4.3 Desglose de presupuestos materiales tecnológicos.....  | 116 |
| Tabla 4.4 Desglose de presupuestos materiales de taller. ....  | 117 |
| Tabla 4.5 Costos directos .....  | 118 |
| Tabla 4.6 Costos indirectos .....  | 119 |
| Tabla 4.7 Costos total del proyecto.....   | 119 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1** Relación presión temperatura del R134a.
- ANEXO 2** Relación presión temperatura del R134a.
- ANEXO 3** Relación presión temperatura del R134a.
- ANEXO 4** Diagrama de mollier r 134a presión entropía.
- ANEXO 5** Tubo capilar 0,90 x 2,25.
- ANEXO 6** Filtros deshidratadores núcleo solido rsp-033s.
- ANEXO 7** Anti vibradores 3/8".
- ANEXO 8** Ventilador yzf10-20.
- ANEXO 9** Válvula termostática con regulador interno.
- ANEXO 10** Capacidades de orificios.
- ANEXO 11** Capacidades de tubos capilares.
- ANEXO 12** Diametro de tuberia.
- ANEXO 13** Presostato de alta y baja.
- ANEXO 14** Módulo de Refrigeración

## **RESUMEN**

El trabajo de investigación propuesto, toma como referencia los procesos termodinámicos de transferencia de calor. Su objetivo principal es analizar y comprender el ciclo invertido de Carnot sus relaciones y dependencias.

Realizando una investigación bibliográfica, de campo; en colegios, universidades acerca de la existencia de equipos didácticos de refrigeración y aire acondicionado con su lógica de funcionamiento. Además con la búsqueda de materiales que componen este tipo de sistemas como; proveedores, frigoristas, y normas, para así llegar al diseño y construcción de un módulo didáctico de refrigeración.

El equipo de refrigeración, es capaz de controlar una temperatura de 22° C a -30° C en su cámara de hielo con una capacidad de 0.01 toneladas de refrigeración, la presión en el lado de alta (140 psi a 200 psi) y en el lado de baja (12 psi a 30 psi) dependiendo de las condiciones del medio ambiente.

El proyecto de investigación es una herramienta para los estudiantes, ya que pueden manipular cada una de las válvulas del sistema y así cambiar la dirección del flujo del refrigerante para poder utilizar de forma variada todos los elementos de refrigeración, la simulación de fallas en el mismo y comprender de mejor manera el proceso.

## **ABSTRACT**

This proposed research work, draws on the thermodynamic processes of heat transfer. Its main objective is to analyze and understand the reversed Carnot cycle relationships and dependences.

By performing a bibliographic, field, in high schools, universities on the existence of teaching equipment and air conditioning refrigeration and its operating logic, in addition to the search for materials that make these systems, as providers refrigeration specialists and standards order to reach the design and construction of a refrigeration didactic module.

This cooling equipment is capable of controlling a temperature of 22 °C to -30° C is the ice chamber with a capacity of 0.01 tons of refrigeration and the pressure in the high side(140 psi to 200 psi) and at the side low(12 psi to 30 psi) depending on environmental conditions.

The research project is a tool for students because they can manipulate each of the valves of the system and thus change the direction of the refrigerant flow for using variously all cooling elements fault simulation in the same and better understand the process.

## AVAL ABSTRACT

En calidad de docente del centro de idiomas certifico el abstract de investigación sobre el tema:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN, PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.” De **PROAÑO CARRIÓN ROOSEVELT STALIN**; con el número de cedula 050297359-7 y **ROJAS GUAMBIANGO EDISON FABIAN**; con el número de cedula 050307627-7, estudiante de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho abstract cumple con los requerimientos necesarios.

Latacunga 15 de enero de 2013

.....  
Lic. Marco Beltrán

# INTRODUCCIÓN

Las civilizaciones antiguas utilizaban la refrigeración cuando se disponía de ella en la forma natural. Los emperadores romanos hacían que los esclavos transportaran hielo y la nieve desde las montañas, con el fin de utilizarlos para preservar alimentos y disponer de bebidas frías en la estación cálida. Alrededor del año 1850 se empezaron a desarrollar los medios para producir refrigeración utilizando maquinaria a los que se les dio el nombre de REFRIGERACIÓN MECÁNICA. Hoy en día la industria de la refrigeración constituye un sector vasto y esencial de cualquier sociedad tecnológica.

El capítulo I contiene una recopilación de leyes teoremas los cuales ayudan en el proceso de selección y reconocimiento de un sistema de refrigeración, Utilizando la circulación de un fluido frigorígeno por todo un sistema el cual consta de 4 elementos principales (compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador) y así llevar a cabo la refrigeración mecánica

El capítulo II refiere al análisis e interpretación de las encuestas realizadas a los estudiantes y docentes de las carreras de industrial y electromecánica para escoger el diseño adecuado que permita hacer una herramienta útil del estudiante. La refrigeración es uno de los procesos termodinámicos más utilizados para la producción de frío en distintas áreas de la industria como alimenticia, química, médica, etc.

El capítulo III contiene diseño y construcción del módulo didáctico de refrigeración tomando en cuenta cada una de las especificaciones técnicas obtenidas en los capítulos I y II.



# CAPITULO I

## MARCO TEÓRICO

### *1.1 NOCIONES DE FÍSICA.*

#### *1.1.1 Calor.*

El calor es una forma de energía. Es la sensación percibida por nuestros órganos sensoriales al encontrarnos frente a un hogar en actividad o un cuerpo incandescente, por ejemplo. La vida terrestre es tributaria de una de las principales fuentes de calor: el sol. El calor se manifiesta igualmente al paso de una corriente eléctrica a través de una resistencia, por la compresión brusca de un gas, ante determinadas reacciones químicas, etc.

#### *1.1.2 Frio.*

Es la sensación que prueba la ausencia, pérdida o disminución del calor. Comparativamente, el frío ante el calor es lo que representa la oscuridad frente a la luz. El frío y la oscuridad son términos negativos. Indican simplemente la ausencia o la disminución bien del calor o de la luz.

### ***1.1.3 Temperatura.***

Es el nivel en que el calor (energía calorífica) se encuentra en un cuerpo. Significa la acción más o menos enérgica del calor sobre nuestros sentidos. La temperatura nos permite decir que un cuerpo está más o menos caliente que otro.

### ***1.1.4 Refrigerantes.***

Son compuestos químicos que son alternativamente comprimidos y condensados a la fase líquida. Luego se les permite expandir a vapor o gas; cuando son bombeados a través de sistema o ciclo de refrigeración mecánica.

### ***1.1.5 Presión absoluta, atmosférica, relativa, manométrica, y de vacío.***

#### ***1.1.5.1 Definición General De La Presión.***

Suponiendo una fuerza (F) que actúa sobre la superficie (A) de un cuerpo se dice que esta fuerza ejerce una presión

$$\mathbf{P = F \cdot A. (Ec. 1)}$$

#### **DÓNDE:**

**P**= Presión.

**F**= Fuerza.

**A**= Área.

#### ***1.1.5.2 Unidad Legal.***

El pascal es la presión ejercida por una fuerza de 1 newton que actúa de forma uniforme sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup>. La unidad normalmente empleada es el bar, múltiplo 105 del pascal.

#### ***1.1.5.3 Unidad Inglesa.***

En general se expresa en Psi (Lb/Pulg<sup>2</sup>).

#### ***1.1.5.4 Presión Absoluta.***

Se mide a partir del vacío absoluto.

$$\text{Presión Absoluta} = \text{Presión Relativa} + \text{presión atmosférica. (EC. 2)}$$

#### ***1.1.5.5 Presión Atmosférica.***

Es la presión ejercida sobre la superficie de todos los cuerpos por la capa gaseosa que constituye la atmósfera. Esta presión, al nivel del mar, es igual a la de una columna de mercurio de 760 mm de altura.

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión Atmosférica} + \text{Presión Manométrica (EC. 3)}$$

### ***1.1.5.6 Presión Manométrica.***

Es la presión medida por encima de la presión atmosférica

### ***1.1.5.7 Vacío.***

Cuando se tienen presiones inferiores a la presión atmosférica, se dice que se halla bajo vacío.

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión Atmosférica} - \text{Presión Vacío (EC. 4)}$$

### ***1.1.6 Presión de un gas.***

#### ***1.1.6.1 Ley de Boyle.***

Establece que el volumen de un gas varía en forma inversa a su presión, si permanece constante su temperatura

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 \text{ o } V_1 / V_2 = P_2 / P_1 \text{ (EC. 5)}$$

#### **DÓNDE:**

**P1:** Presión inicial

**P2:** Presión final

**V1:** Volumen inicial

**V2:** Volumen final

### ***1.1.7 Expansión de un gas.***

#### ***1.1.8 Ley de Charles.***

Que el volumen de un gas está en proporción directa con su temperatura absoluta siempre que se conserve constante la presión

$$V1/V2 = T1 / T2 \text{ (A PRESIÓN CONSTANTE) (EC. 6)}$$

$$P1/P2 = T1 / T2 \text{ (A VOLUMEN CONSTANTE) (EC. 7)}$$

#### **DÓNDE:**

**V1:** Volumen inicial

**V2:** Volumen final

**T1:** Temperatura inicial

**T2:** Temperatura final

**P1:** Presión inicial

**P2:** Presión final

#### ***1.1.8 Calor sensible y calor latente.***

Un cuerpo o una sustancia pueden recibir o suministrar calor bajo dos formas diferentes.

### ***1.1.8.1 Bajo Forma Sensible.***

La absorción de calor bajo esta forma se manifiesta por una elevación de la temperatura del cuerpo receptor; si el cuerpo, por el contrario, ha cedido calor, su temperatura desciende.

La absorción o cesión de calor no provoca la modificación del estado físico del cuerpo. La variación de temperatura está en función de la cantidad de calor intercambiado y de una característica física propia de cada cuerpo: su calor específico.

### ***1.1.8.2 Bajo Forma Latente.***

La absorción de calor por un cuerpo bajo esta forma o el suministro de calor a este cuerpo se caracterizan por una constancia de la temperatura del cuerpo y por su cambio de estado físico.

### ***1.1.9 Calor específico de un cuerpo.***

Es la cantidad de calor que debe suministrarse a 1 kilogramo de este cuerpo para elevar 1°C su temperatura, sin modificar su estado físico. Por definición, el calor específico del agua a presión normal (1013 mbar) es de 4185 julios por kilogramo y por grado Celsius a 15°C (4,185 kJ/kg • K).

### ***1.1.9.1 Calor Latente De Solidificación.***

Es la cantidad de calor que se debe extraer a 1 kilogramo de un cuerpo para hacerlo pasar del estado líquido al estado sólido sin reducir su temperatura.

### ***1.1.9.2 Calor Latente De Fusión.***

Es la cantidad de calor que debe suministrarse a 1 kilogramo de un cuerpo para hacerlo pasar del estado sólido al líquido sin elevar su temperatura.

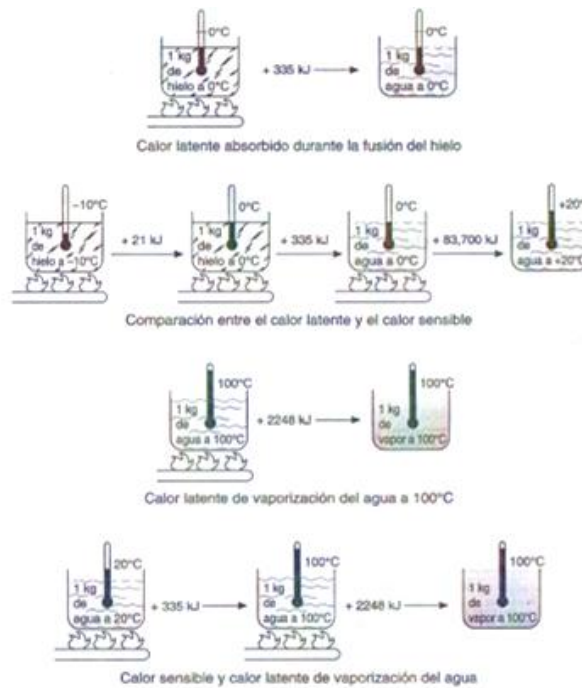
### ***1.1.9.3 Calor Latente De Vaporización.***

Es la cantidad de calor que debe suministrarse a 1 kilogramo de un cuerpo para hacerlo pasar del estado líquido al estado gaseoso sin aumentar su temperatura. Varía de acuerdo con la naturaleza y temperatura del líquido.

### ***1.1.9.4 Calor Latente De Licuefacción.***

Es la cantidad de calor que se debe extraer a 1 kilogramo de un cuerpo para hacerlo pasar del estado gaseoso al estado líquido sin reducir su temperatura.

**Figura 1.1** Estados físicos del agua.



**Fuente:** [http://www.meteorologiabasica.com/2010\\_10\\_01\\_archive.html](http://www.meteorologiabasica.com/2010_10_01_archive.html)

**Realizado por:** Grupo de investigación

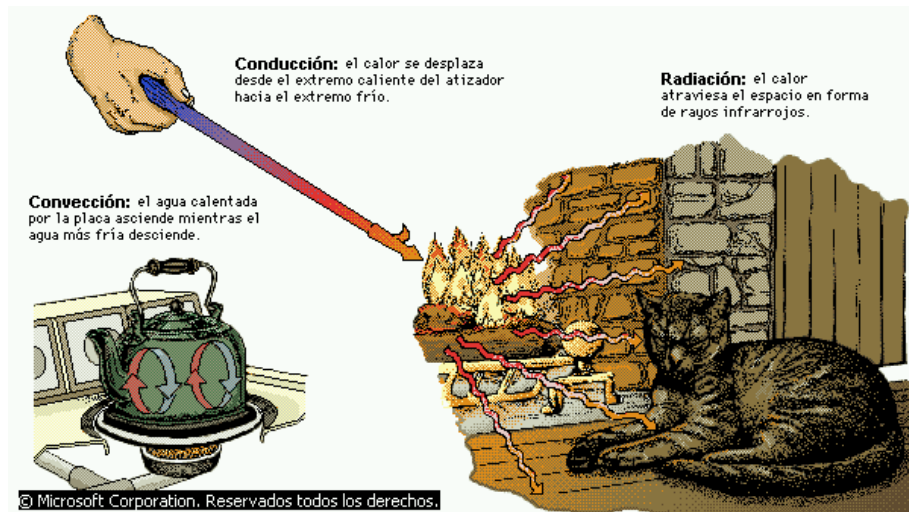
### ***1.1.10 Mediciones de las cantidades de calor.***

Unidades de las cantidades de calor. El sistema legal de medidas en nuestro país (sistema S.I.) admite como unidad de calor el julio (J). El empleo de las antiguas unidades caloríficas, como la caloría, la kilocaloría, la frigoría ha dejado de utilizarse en los documentos oficiales desde hace muchos años.

### ***1.1.11 Transferencias de calor.***

Proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura. El calor se transfiere mediante convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos, así como se observa la figura 1.2.

**Figura 1.2** Trasterencia de calor.



Fuente: <http://www.isolant.com.ar/lexico.html>

Realizado por: Grupo de investigación

#### ***1.1.11.1 Conducción.***

Es la transmisión de calor desde un punto con una determinada temperatura hasta otro de menor temperatura, que puede ser dentro de un mismo cuerpo o de un cuerpo a otro. La velocidad de conducción de calor depende del material utilizado como

conductor, los metales son buenos conductores de calor y uno de los mejores y más utilizados es el cobre. Otros materiales tales como el poliuretano, la lana de vidrio, el corcho son utilizados como aislantes térmicos.

#### ***1.1.11.2 Convección.***

La transferencia de calor por convección se da por la diferencia de densidad que sufren los gases y los líquidos. Cuando un gas o un líquido se calienta pierde densidad por lo tanto tiende a subir y cuando un gas o líquido se enfría o pierde calor sube su densidad o peso específico y tiende a bajar, esto hace que se forme un ciclo permanente que sube el gas o líquido mientras esté cerca de una fuente de calor y bajar cuando se aleja de ella. En el momento que la fuente calorífica se suspenda, se igualan sus temperaturas, sus densidades y desaparece el ciclo mencionado.

#### ***1.1.11.3 Radiación.***

Es la transferencia de calor que se da sin la necesidad de un cuerpo o agente conductor, el calor se transmite por medio de ondas o rayos que son capaces de atravesar espacios vacíos y el alcance de ellos depende de la potencia de la fuente calorífica.

#### ***1.1.12 Cero absolutos y escala termodinámica.***

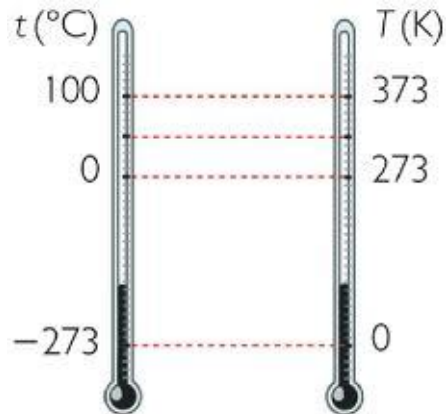
El calor se halla presente en todo cuerpo que se encuentre a una temperatura por encima de  $-273^{\circ}\text{C}$ .

Se ha fijado que  $-273^{\circ}\text{C}$  es la temperatura más baja que puede obtenerse; es el punto en que hay una ausencia absoluta de calor en un cuerpo. Esta temperatura se denomina cero absolutos.

Las temperaturas valoradas a partir de este nuevo punto se conocen por temperaturas absolutas o temperaturas termodinámicas, y la nueva escala termométrica así definida ha recibido el nombre de escala Kelvin o escala termodinámica. Las temperaturas expresadas bajo esta escala se dan en Kelvin (K), que tienen el mismo valor que los grados Celsius, pasándose de una escala a otra por medio de la fórmula:

$$TK = ^{\circ}\text{C} + 273 \text{ (EC. 8)}$$

**Figura 1.3** Cero absoluto.



**Fuente:** Prácticas De Maquinas Frigoríficas Tomo I Samir Saydaoui

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***1.1.13 Humedad atmosférica.***

Se puede descubrir la existencia de vapor de agua en la atmósfera al comprobar que este vapor se condensa en el exterior de una garrafa de agua fresca.

El aire húmedo es más ligero que el aire seco, lo cual explica el leve descenso del barómetro cuando el tiempo es lluvioso.

### ***1.1.14 Humedad absoluta.***

A determinada temperatura, la cantidad de agua que puede contener 1 m<sup>3</sup> de aire es limitada y se halla en función de la tensión máxima del vapor de agua a dicha temperatura. A esta cantidad de vapor de agua se la califica de humedad absoluta.

El aire seco es aquel en que la tensión del vapor de agua es nula, o sea, que no contiene vapor de agua.

Entre la tensión nula y la máxima, y a una temperatura determinada, el aire puede pasar por infinidad de estados intermedios de humedad. La cantidad de vapor de agua que puede absorber un metro cúbico de aire aumenta rápidamente con la temperatura

## ***1.2 REFRIGERACIÓN.***

La refrigeración se puede definir como el proceso de bajar la temperatura a un cuerpo o espacio determinado, quitándole calorías de una forma controlada.

El objetivo básico de la refrigeración es transferir parte del calor de un cuerpo o un espacio hacia un lugar donde ese calor no produzca ningún efecto negativo. De esta manera se logra establecer una temperatura deseada en ese cuerpo o espacio.

### ***1.2.1 Uso de la refrigeración.***

Es conveniente clasificar las aplicaciones de la refrigeración en las siguientes categorías: domesticas, comercial, industrial y de aire acondicionado.

#### ***1.2.1.1 La Refrigeración Doméstica.***

Se utiliza en la preparación y conservación de alimentos, fabricación de hielo y para enfriar bebidas en el hogar.

#### ***1.2.1.2 La Refrigeración Comercial.***

Se utiliza en las tiendas de ventas al menudeo, restaurantes e instituciones con los mismos fines que en el del hogar.

### ***1.2.1.3 La Refrigeración Industrial.***

Es necesario en la industria alimentaria para el procesamiento, preparación y preservación en gran escala.

### ***1.2.1.4 La Refrigeración En El Aire Acondicionado.***

Para el confort de las personas, como para el uso industrial. El aire acondicionado industrial se utiliza para crear la temperatura, humedad y limpieza del aire necesarias en los procesos de fabricación.

## ***1.3 ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.***

### ***1.3.1 Compresor.***

Es como el corazón del sistema, porque es el que hace circular al refrigerante por el sistema, las funciones que lleva a cabo son:

- Recibir o eliminar el vapor de refrigerante del evaporador, de modo que se pueda mantener en el la temperatura y la presión deseadas
- Aumentar la presión del vapor del refrigerante en una forma simultánea, aumentar la temperatura del vapor par que seda su calor al medio de enfriamiento del condensador.

### ***1.3.1.1 Tipos de compresores.***

Los compresores de refrigeración Pueden clasificarse en dos grupos principales, dependiendo de cómo se logra el aumento de presión del gas:

- **Alternativos o Reciprocantes**
  - Rotatorios
  - Helicoidales, de Tornillo o de Gusano
  
- **Compresores cinéticos**
  - Centrífugos

### ***1.3.1.1 Compresor hermético.***

El compresor de tipo es aquel en el cual el compresor y el motor están integrados en un eje, y contenidos ambos en una caja sellada a pistón. Los compresores de tipo hermético se fabrican ya sea completamente hermético o semi-hermético, el compresor hermético tiene una caja soldada y sellada y no puede ser separado. Es compacto silencioso y de bajo costo. Algunos compresores herméticos se fabrican con resortes montados en el interior para absorber las vibraciones. Estas características han propiciado su uso generalizado en los refrigeradores domésticos, y en otros equipos integrales pequeños.

**Figura 1.4** Compresor hermético.



**Fuente:** <http://www.gestiopolis.com/recursos6/Docs/Ger/aplinreca.htm>

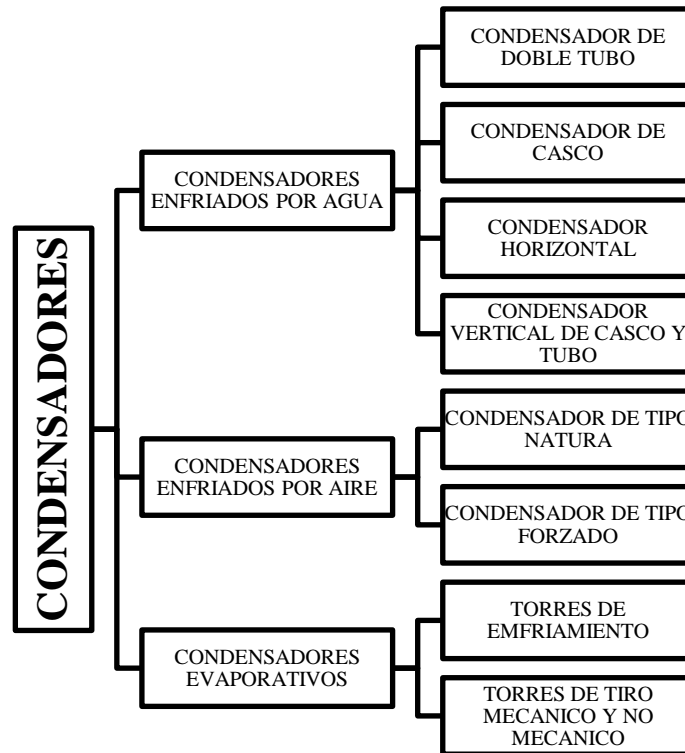
**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***1.3.2 Condensadores.***

El objetivo del condensador en el sistema de refrigeración es remover calor del vapor del refrigerante que sale del compresor de la manera que el refrigerante se condense a su estado líquido. En el condensador el calor se transfiere del refrigerante al medio ambiente, ya sea del aire o del agua. El medio enfriador debe estar a una temperatura más baja que el refrigerante.

- Condensador Enfriado por agua.
- Condensadores Enfriados por aire.
- Condensadores Evaporativos.

**Figura 1.5** Clasificación de condensadores.



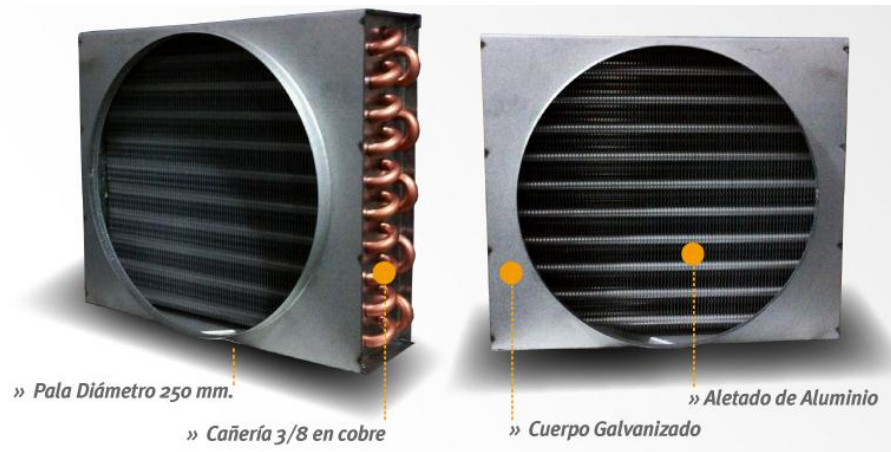
**Fuente:** Grupo Investigador

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***1.3.2.1 Condensadores enfriados por aire.***

Este tipo de condensadores enfriados por aire tienen ventiladores. Los ventiladores pueden ser de tipo hélice o centrífugo. Los condensadores pueden construirse con flujo vertical u horizontal, del aire; Algunos de los primeros condensadores de este tipo tenían sus tubos lisos, los actuales tienen la construcción de tubo aleteado (tubo de cobre, atetas de aluminio). Un condensador enfriado por aire forzado, depende de un suministro abundante de aire relativamente, el aire debe estar a una temperatura más baja que la del refrigerante.

**Figura 1.6** Condensador de tipo forzado.



**Fuente:** [http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-435453430-condensadores-de-refrigeracion-de-12-hp-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-435453430-condensadores-de-refrigeracion-de-12-hp-_JM)

**Realizado por:** Grupo de investigación

Los condensadores de convención forzada enfriados por el aire se fabrican con capacidades que varían aproximadamente de 5 a 5000 toneladas.

### ***1.3.3 Sistemas de expansión.***

#### ***1.3.3.1 Expansión con tubo capilar.***

El tubo capilar se utiliza en máquinas de pequeña potencia frigorífica, en donde la utilización de la válvula de expansión, sería más difícil de justificar en cuanto al precio se refiere.

**Figura 1.7** Tubo capilar.



**Fuente:** Catálogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación

El tubo capilar es el dispositivo de expansión más sencillo que existe, ya que se trata de un tubo muy fino de cobre, de diámetro interior variable entre 0,7 y 3 mm, y de longitud también variable, en función de la relación de presión que se quiera obtener entre los circuitos de alta y baja de la instalación.

El motivo de que con este tubo tan fino se produzca una expansión, o sea, una fuerte disminución de presión, es debido a la gran pérdida de carga que produce el refrigerante al pasar por este gran estrangulamiento, ya que la pérdida de carga es inversamente proporcional a la sección de paso del fluido.

Su longitud puede variar entre 0,6 y 3 metros, y en el caso de ser muy largo, se instala siempre enrollado en un bucle de 50 a 200 mm de diámetro, de manera que si se enrolla con otro diámetro, puede dar origen a una ligera variación en la pérdida de carga.

Su principal inconveniente, son las variaciones que sufre el recalentamiento del refrigerante en el evaporador según la estación del año en que nos encontremos, ya que una baja temperatura exterior provocará que el recalentamiento en el evaporador sea alto, debido a que la presión de alta es menor y la presión de inyección en el evaporador es también inferior, no llegando a la completa alimentación del evaporador.

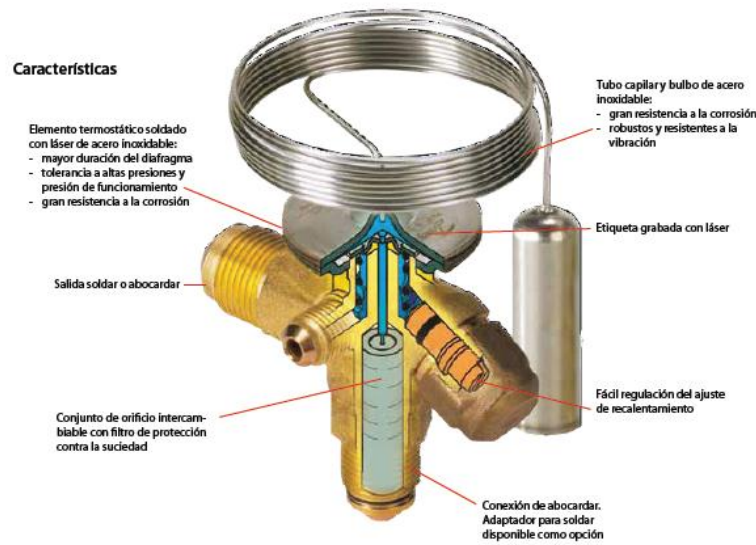
En el caso de tener una alta temperatura exterior, esta hará aumentar la temperatura de condensación y en consecuencia aumentará la presión de inyección de líquido al evaporador con la consiguiente reducción del recalentamiento de los vapores a la salida del mismo, por tales motivos este tipo de instalaciones están diseñadas para trabajar satisfactoriamente en un solo conjunto de condiciones de funcionamiento.

En instalaciones con bomba de calor nos podremos encontrar instalaciones que incorporan en el elemento de expansión diferente número de tubos capilares y a la vez con diferente diámetro y longitud, así como diferentes tipos de valvulería asociada a la expansión, según la instalación funcione en el modo de refrigeración o en calefacción.

#### ***1.3.3.2 Válvula de expansión termostática con equilibrado interno de presión.***

Su finalidad consiste en asegurar la alimentación automática de fluido frigorígeno al evaporador con objeto de obtener un llenado al máximo en función de las aportaciones de calor exteriores.

**Figura 1.8 Válvula de expansión termostática.**



**Fuente:** Catalogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación

El órgano de mando (fuelle o diafragma) está influido exteriormente por la presión de un fluido volátil contenido en el interior del bulbo del elemento térmico unido al fuelle (o diafragma) a través de un tubo capilar, con la presión del fluido frigorígeno en el interior del evaporador actuando sobre el órgano de mando. Este dispositivo de mando solicitado por la acción de la presión del fluido en el interior del bulbo, tiende a separar de su asiento la aguja de la cual es solidario a través del vástago de unión. Un resorte de tensión regulable efectúa al contrario la impulsión de la aguja sobre su asiento.

El bulbo del elemento térmico está fijado a la salida del evaporador, cuya temperatura será la de los vapores que salen del evaporador, transmitiendo entonces al órgano de

mando una presión que es función de dicha temperatura. La tensión del resorte de regulación debe estar ajustada de modo que la aguja cierre el paso de alimentación del fluido cuando la temperatura del elemento térmico es igual a la entrada del evaporador. La válvula de expansión se halla, pues, cerrada, cuando el vapor a la derecha del elemento térmico se encuentra saturado. Si existe un recalentamiento provocado por el flujo de calor al evaporador, el elemento termostático, bajo la presión elevada del termoelemento, abre la válvula de expansión y el líquido admitido de nuevo en el evaporador provoca una reducción del recalentamiento hasta conseguir el cierre de la aguja. La válvula de expansión termostática es, por consiguiente, un regulador del recalentamiento en el evaporador, lo que muchos autores titulan (expansión a recalentamiento constante). El recalentamiento que hemos definido es de gran importancia en el funcionamiento de la válvula. Dicho recalentamiento, que se mide entre la entrada y salida del evaporador, debe estar regulado para lograr alrededor de 5 a 7 grados de diferencia.

Debe tenerse en cuenta que los principales fabricantes de válvulas de expansión suministran dichas válvulas prerreguladas para estos valores. Un recalentamiento inferior no asegura la vaporización total del fluido y el compresor puede aspirar entonces refrigerante en estado líquido. Un recalentamiento superior da como resultado un aprovechamiento incompleto de la superficie del evaporador y, en consecuencia, la disminución de su capacidad.

#### ***1.3.4 Evaporadores.***

El evaporador, al igual que el condensador, es un intercambiador de calor cuyo cometido consiste en absorber el flujo térmico que proviene del medio a enfriar.

El paso del flujo térmico del fluido frigorígeno al medio exterior se rige por las mismas leyes físicas cualquiera que sea el tipo de aparato condensador o evaporador y depende:

- Del coeficiente global de transmisión de calor del evaporador;
- De la superficie del evaporador;
- De la diferencia existente entre la temperatura del evaporador y la del medio a enfriar.

La clasificación de los evaporadores se puede hacer tomando como criterio discriminatorio la función atribuida al evaporador enfriamiento del aire, enfriamiento de líquidos, congelación de un líquido, pero algunas veces su objetivo es múltiple (enfriamiento de aire y congelación de líquido) como es principalmente el caso de los refrigeradores de tipo doméstico. En consecuencia, después de distinguir los evaporadores de tipo doméstico y los evaporadores para máquinas «comerciales», adoptaremos para estos últimos la clasificación siguiente:

- Evaporadores enfriadores de aire;
- Evaporadores enfriadores de líquido;
- Evaporadores de contacto;
- Evaporadores especiales: estanterías refrigeradas, placas y tubos eutécticos.

#### ***1.3.4.1 Evaporadores para refrigeradores de una sola temperatura.***

Estos evaporadores están formados casi todos por un circuito integrado y fabricados siguiendo el procedimiento «Roll Bond» que consiste en depositar por medio de un útil especial, sobre una chapa previamente cepillada, una pasta anti adhesiva (generalmente una tinta de grafito) que sigue el trazado establecido en función de las dimensiones definitivas del circuito frigorífico. Una chapa idéntica a la primera recubre el trazado que queda embutido entre las dos chapas. El conjunto se lamina en caliente y, eventualmente, en frío hasta la obtención de una soldadura molecular de las dos chapas, salvo en el trazado efectuado con la pasta anti adhesiva.

**Figura 1.9** Evaporador de refrigerador.



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### ***1.3.4.2 Evaporadores comerciales.***

Los evaporadores empleados en las instalaciones que se conocen por «comerciales», cuya potencia nominal no excede los 11 600 W, pueden ser.

**Figura 1.10 Evaporador industrial.**



**Fuente:** Catálogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación

- Evaporadores enfriadores de aire;
- Evaporadores enfriadores de líquidos;
- Para producir hielo
- Evaporadores congeladores

### ***1.3.4.3 Evaporadores enfriadores de aire.***

Entre los tres grupos mencionados, éstos son los evaporadores más corrientemente usados en las instalaciones comerciales. Está formado cualquiera que sea su concepción por un haz aleteado de tubo de cobre y aletas de aluminio. Este haz se forma por medio de un tubo serpentín que permite la circulación del fluido frigorígeno a una velocidad suficiente que permita el retorno del aceite hacia el compresor.

### ***1.3.5 Fluidos frigorígenos.***

A fin de asegurar una continuidad de servicio para las instalaciones existentes, los fabricantes de fluidos frigorígenos han elaborado mezclas llamadas de transición a base de HCFC (R22,142b, 124), que tienen una duración de vida alrededor de veinte años, y a veces de HFC (23,32,125,134a, 143a, 152a). Estos productos permiten la conversión del fluido original por un producto con una débil acción sobre la capa de ozono. El empleo de estos productos requiere generalmente pocas modificaciones en las instalaciones.

- CFC: clorofluorocarbono, totalmente halógeno HFC: hidrofurocarbono, que no contiene cloro.
- HCFC: hidroclofluorocarbono, que contiene cloro pero que no es del todo halógeno.
- BrFC: Bromofluorocarbono Generalidades

Un sistema de refrigeración formado por el evaporador, la válvula de expansión, el compresor, el condensador, el motor, etc., es solamente una unidad mecánica que

tiene la finalidad de facilitar el cambio de estado de un fluido frigorígeno, absorbiendo calor del evaporador y expulsándolo en el condensador.

#### ***1.3.5.1 R12 (CFC).***

Es el fluido frigorígeno de uso más extendido en la categoría de los fluoroclorocarbonos; Es incoloro y tiene un olor casi nulo que no es desagradable. Su temperatura de ebullición a la presión atmosférica es de  $-29,8^{\circ}\text{C}$ .

Este fluido no es tóxico ni inflamable. De todos modos, si los vapores de R12 concentrados se exponen a una llama viva, dan lugar a una descomposición formando un gas peligroso: el fosgeno.

#### ***1.3.5.2 R134a (HFC).***

Líquido incoloro, ininflamable e inexplosivo, muy estable a las temperaturas de utilización. Se puede descomponer dentro de un circuito frigorífico ante condiciones anormales de empleo.

#### ***1.3.5.3 Relación temperatura-presión.***

Cando un fluido frigorígeno se encuentra dentro de un depósito cerrado (botella de carga, recipiente de líquido o evaporador), su presión está en función de su naturaleza y de su temperatura.

A toda variación de temperatura corresponde una variación de la presión, teniendo lugar los cambios siempre de ambos valores en el mismo sentido.

A la misma temperatura, fluidos frigorígenos diferentes contenidos en recipientes cerrados no están sometidos a la misma presión, ya que la presión que cada fluido soporta es una de sus características físicas.

#### ***1.4 Elementos complementarios de un sistema de refrigeración.***

##### ***1.4.1 Separadores de aceite.***

**Figura 1.11** Separador de aceite.



**Fuente:** Catálogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación

En algunos casos bien al utilizar compresores múltiples, recorridos largos de tuberías, instalaciones de baja temperatura, o ante emulsiones que se provocan en el arranque de los compresores, o siempre que se prevea que puede haber migración importante

de aceite hacia el circuito, la cual indudablemente afectará al buen funcionamiento de la instalación debido a que se disminuye el coeficiente de intercambio de calor en el condensador en primera instancia y en el evaporador después, es conveniente colocar un separador de aceite en la descarga del compresor, para de esta forma separar el aceite del fluido frigorígeno y asegurar así su fácil retorno al cárter del compresor evitando de esta forma problemas en la lubricación del mismo.

La separación del aceite de los vapores de fluido se obtiene promoviendo una fuerte caída en la velocidad de los vapores que provienen de la descarga del compresor, aprovechando para ello los numerosos cambios de dirección que toma el flujo de dichos vapores al ser comprimido.

El aceite así separado se envía al cárter del compresor a través de un tubo de retorno, cuyo orificio está controlado por la aguja de un mecanismo unido a un flotador colocado en el cuerpo del separador.

Con objeto de asegurar al máximo la desgasificación del aceite que retorna al compresor, se calienta el depósito de reserva de aceite efectuando la entrada de los vapores calientes que vienen de la descarga del compresor por la boca situada en la parte inferior del recipiente.

Una vez que el aceite ha adquirido un determinado nivel en el fondo del separador,, el flotador levanta la aguja de su asiento y el aceite retorna al cárter del compresor a través de un tubo de diámetro reducido.

La dimensión del separador de aceite depende de la potencia frigorífica de la instalación y la naturaleza del fluido frigorígeno empleado.

Hay que tener presente que cuando se instala un separador de aceite se debe introducir la cantidad de aceite necesaria, que asegure mantener el dispositivo del flotador en posición de funcionamiento, y por supuesto debe ser de la misma calidad que la empleada en la lubricación del compresor.

#### ***1.4.2 Acumuladores de Succión.***

**Figura 1.12** Acumulador de succión.



**Fuente:** Catalogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación

Este componente se instala normalmente en la línea de aspiración junto al compresor, y según el tipo de instalación también le podemos encontrar montado después del

último codo del serpentín del evaporador, su misión en el circuito es asegurar que si en ciertas condiciones de funcionamiento al evaporador no le da tiempo a evaporar todo el refrigerante que se le inyecta, se deposite este sobrante de líquido en el fondo del depósito.

Por la disposición física del tubo de salida del refrigerante en este depósito, el compresor aspirará únicamente gas, y el líquido se situará en el fondo de la botella por gravedad.

En algunos modelos y con el fin de facilitar la recogida de aceite que circula por el interior del circuito frigorífico mezclado con el refrigerante, (que también por gravedad se situará en el fondo de la botella), se realiza un orificio de diámetro muy reducido y calibrado al tubo de salida de refrigerante equipado con una malla muy fina, con el fin de filtrar las impurezas.

#### ***1.4.3 Calderín o Recipiente de líquido.***

El calderín, depósito o recipiente de líquido va instalado normalmente a la salida del condensador. Dicho depósito se construye generalmente en chapa de acero pudiéndose ser horizontal, que en tal caso lo encontraremos debajo del condensador, o bien vertical, que le encontraremos montado a un lado de éste.

**Figura 1.13** Acumulador de líquido.



**Fuente:** Catálogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación

Como su nombre indica sirve de almacén de refrigerante permitiendo que el líquido procedente del condensador desagüe en él, ya que cuando la válvula de expansión cierra el paso de éste hacia el evaporador por estar totalmente alimentado de fluido, el condensador sigue condensando refrigerante almacenándolo en él, de lo contrario, este líquido iría ocupando parte del condensador reduciendo la zona destinada a la condensación del refrigerante, y en consecuencia elevando la presión de alta en el circuito sólo en ciertos momentos.

Una vez almacenado el fluido refrigerante en estado líquido se irá suministrando al evaporador o evaporadores a medida que éstos lo requieran, aunque también nos servirá ante largos periodos de parada de la instalación o bien durante una reparación, poder almacenar la carga completa de refrigerante.

Estos depósitos se emplean en los tipos de compresores que montan condensadores refrigerados por aire o por agua, pero en los condensadores de agua del tipo de inmersión o multi-tubulares el propio condensador hace a la vez de depósito de líquido.

Con tubo capilar se suprime el depósito ya que el condensador debe estar lo suficientemente dimensionado como para contener la carga total de fluido de la instalación, y evitar sobrepresiones que podrían producirse en caso de obstruirse dicho tubo capilar, bien sea, por acumulación de suciedad o por el contenido de humedad que circula conjuntamente con el refrigerante, ya que cuando atraviese la expansión y siempre que se evapore a una temperatura inferior a los cero grados centígrados, formará tapones parciales o totales de hielo en su interior obstaculizando el paso del refrigerante.

#### ***1.4.4 Anti vibrador.***

**Figura 1.14** Anti vibrador.



**Fuente:** Catálogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación



Particularmente la presencia de humedad es muy perjudicial, debido a que en el caso de enfriarse en la salida de la expansión a una temperatura inferior a los cero grados centígrados, puede formar hielo y obstruir total o parcialmente el paso del refrigerante hacia el evaporador y ser causa de avería en el funcionamiento de la instalación.

#### ***1.4.6 Visor.***

**Figura 1.16** Visor.



**Fuente:** Catálogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación

De manera práctica diremos que es una ventana que tenemos en el circuito. A su través solo deberíamos ver el fluido en estado líquido 100% (saturado). Si, por ejemplo vemos burbujas, podría indicarnos que se hace falta fluido refrigerante (poca carga, bien sea por qué de origen no tiene la adecuada o por fugas posteriores) o bien, si hay burbujas y esta frío, puede ser porque un estrangulamiento origina una expansión antes de llegar al visor. También nos indica si hay humedad en el circuito, ya que contiene una sal química higroscópica que reacciona con la humedad y cambia de calor.

Puede ir conectado en serie o bien en paralelo con lo cual en una tubería de mayor diámetro se montaría de la siguiente manera.

Por último, comentar que no todos los visores de líquido tienen indicadores de humedad. También se pueden montar en la línea de retorno de aceite al cárter del compresor

#### ***1.4.7 Manómetros.***

Este equipo muestra información muy importante del funcionamiento de las instalaciones. Como sabemos, en todo circuito frigorífico hay que distinguir alta y baja presión. Por lo tanto, tenemos un manómetro para alta y otro para baja presión.

**Figura 1.17** Manómetros de alta y baja.



**Fuente:** Catalogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación

Sus principales características son:

**A.** Lo que diferencia a un manómetro de alta de uno de baja presión, está en los valores de sus escalas:

- En el manómetro de baja presión, suele estar comprendida entre -1/+10 bar
- En el manómetro de alta presión, va de 0 a 35 bar

**B.** Se distinguen por sus colores:

- El manómetro de baja presión es de color azul
- El manómetro de alta presión es de color rojo.

**C.** En todo manómetro hay que distinguir varias escalas:

- Una correspondiente a las presiones
- Y dos o tres más, que corresponden a las temperaturas de otros tantos fluidos refrigerantes.

La disposición de las escalas puede variar, ya que la presión puede ser la interior y la de las temperaturas las exteriores o bien la de presión es la exterior y las de temperaturas las inferiores.

### ***1.4.8 Presostatos.***

Los presostatos en general son dispositivos que controlan la presión del fluido en el punto donde estén conectados accionando un contacto eléctrico (todo o nada), con el cual se realiza una maniobra determinada según los casos.

**Figura 1.18** Presostato de alta y baja presión.



**Fuente:** Catálogo Danfoss

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### ***1.4.8.1 Presostato de alta presión.***

Los presostatos de baja igual que los presostatos de alta presión les podemos encontrar montados en diferentes instalaciones frigoríficas, y pueden estar equipados con rearme eléctrico manual o automático.

Los más utilizados en baja presión son los de rearme automático, dado que una baja presión de aspiración no representa una situación de tanto peligro para el compresor, como una alta presión en el circuito de alta, en cuanto a lo que concierne a la presión.

Los presostatos de baja presión pueden usarse como elementos de control o de seguridad. Su función como elemento de seguridad es controlar la presión en la aspiración del compresor, abriendo un contacto eléctrico cuando ésta descienda por debajo del valor de consigna ajustado de antemano, deteniendo el funcionamiento eléctrico del compresor.

Otro de los montajes muy normalizados de un presostato de baja es como elemento de control, entrando en funcionamiento en las recogidas de refrigerante en la zona de alta presión en cada una de las paradas de la instalación por termostato, para este montaje se precisa una electro válvula solenoide en la línea de líquido de la instalación, que en combinación eléctrica con el termostato controle el paso de refrigerante hacia el evaporador, ya que el presostato de baja unido eléctricamente al compresor será el encargado de detener su funcionamiento.

Encontraremos en el mercado presostatos combinados de alta y baja presión, con las mismas prestaciones de funcionamiento que los individuales, pero con los contactos eléctricos interiores conectados en serie.

#### ***1.4.9 Termostato.***

Un termostato es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura.

Su versión más simple consiste en una lámina bimetálica como la que utilizan los equipos de aire acondicionado para apagar o encender el compresor.

**Figura 1.19** Termostato



**Fuente:** <http://es.wikipedia.org/wiki/Termostato>

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### ***1.4.9.2 Manuales.***

Son los que requieren intervención humana para regresar a su estado inicial, como los termostatos de seguridad que realizan una función en caso de que la temperatura alcance niveles peligrosos.

#### ***1.4.9.2 Automáticos.***

Regresan a su estado inicial sin necesidad de intervención humana. Actúan de una forma totalmente automática, de ahí su aplicación actual en gran parte de los hogares.

#### ***1.4.10 Lubrificantes.***

La selección de los aceites de lubricación para los compresores frigoríficos es un problema delicado, lo precisaremos las cualidades que estos aceites han de presentar para la debida lubricación de las máquinas frigoríficas:

- Punto de fluidez bajo.
- Nula acidez mineral.
- Nulo contenido de agua.
- No higroscópico (o muy débilmente).
- Viscosidad apreciable a baja y alta temperatura.
- Nulo contenido de parafina (o muy débil).
- Punto de inflamación superior a los 140°C.
- Punto de combustión elevado.
- Estable frente al fluido frigorígeno y los materiales con que se halle en contacto.

##### ***1.4.10.1 Aceites minerales normales.***

Estos aceites son derivados del petróleo por destilación y pueden utilizarse en refrigeración. De acuerdo con sus cualidades, los aceites elaborados de esta forma convienen solamente para determinados fluidos y no pueden mezclarse entre ellos.

##### ***1.4.12.2 Aceites minerales sintéticos.***

De aparición más reciente que los aceites minerales normales, los aceites minerales sintéticos, cuyos componentes provienen del petróleo, pueden emplearse para la

lubricación de los compresores. Estos aceites resisten perfectamente la acción de los fluidos frigorígenos normales. El poder lubricante de estos aceites es idéntico al de los derivados del petróleo.

#### ***1.4.12.3 Esteres.***

Estos son los lubricantes utilizados principalmente con los nuevos fluidos R 134 a y 404 a; Son higroscópicos y se mezclan parcialmente con el R134a. No pueden mezclarse con otros lubricantes.

#### ***1.5 Control***

Todas las instalaciones frigoríficas domésticas, comerciales y cada vez más las de tipo industrial, funcionan sin intervención humana. La alimentación de fluido frigorígeno a los evaporadores, la alimentación de agua a los condensadores si hay lugar a ello, el control de la temperatura, el grado higrométrico de las cámaras, y su mantenimiento dentro de los límites fijados previamente para lograr la buena conservación de los productos almacenados, se confían a dispositivos automáticos.

Las funciones que se confieren a los automatismos serán, en lo que hace referencia a una instalación frigorífica, las que siguen:

|                          |   |                  |
|--------------------------|---|------------------|
| <b>Función de marcha</b> | { | Puesta en marcha |
|                          |   | Alimentación     |
|                          |   | Regulación       |

|  |   |
|--|---|
| <b>Función de protección</b>           | { Seguridad                               |
| <b>Función de control-Señalización</b> | { Óptica Sonora<br>Dispositivos de marcha |

Los primeros órganos que entran a formar parte de este grupo son los dispositivos de puesta en marcha. Son los disyuntores, contactores y relés que no forman parte del circuito del fluido.

### ***1.5.1 Sistema de control.***

Un sistema de control puede definirse como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control.

Dentro de los sistemas se encuentra el concepto de sistema de control. Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna).

### ***1.5.1.1 Sistema de control de lazo abierto.***

En un sistema en el cual la variable controlada y manipulada no interactúan entre sí, es decir, no se mide la salida ni se realimenta para compararlo con la entrada.

### ***1.5.1.2 Sistema de control lazo cerrado.***

Son aquellos sistemas de control realimentados. En un sistema de control lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación, con el fin de reducir el error y llevar a la salida del sistema a un valor deseado.

### ***1.5.2 Control programable.***

Un controlador programable es un sistema de control de estado sólido que monitorea el estado de los dispositivos como son los inputs. Controla el estado de los dispositivos conectados como outputs.

**Figura 1.20** Controlador programable.



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

## ***1.6 Módulo***

Un módulo es una parte de un programa de ordenador. De las varias tareas que debe realizar un programa para cumplir con su función u objetivos, un módulo realizará una de dichas tareas (o quizá varias en algún caso).

Son unidades independientes en las que el contenido y las actividades de aprendizajes se desarrollan en torno a temas de interés.

## ***1.6 La didáctica***

La didáctica deriva del griego DIDAKTIKE (enseñar) y se define como la disciplina científica pedagógica. Tiene como objetivo de estudio los procesos y elementos existentes en la materia en si y el aprendizaje. Está vinculado con otras disciplinas pedagógicas como, la organización escolar y la orientación educativa.

La didáctica pretende fundamentar y regular los procesos de enseñanza aprendizaje. Los componentes que actúan en el acto didáctico son docente, alumnos, contenidos.

### ***1.6.1 El maestro***

Juega un papel muy importante dentro del proceso de inter aprendizaje, puesto que es él que tiene que manejar los puestos didácticos a través de una personalidad vigorosa, definida, que pueda lograr que sus alumnos se tracen ideales para de esta manera encausar la personalidad; es decir, que para la educación tenga sentido y la didáctica sea eficaz debe de estar dirigida por un maestro con personalidad y mucho humanismo, definida como responsabilidad y equilibrio para que sea un modelo mental de pulcritud y admiración de sus alumnos.

### ***1.6.2 Alumno (aprendiz-educando):***

es el individuo en proceso de formación desde su niñez y con relación a la materia que aprende en la escuela, colegio, universidad o en instituciones afines. De su número en el aula depende: el aprovechamiento, el rendimiento de los maestros y de la economía del estado. Esconcida como alumno, por razones etimológicas sugiero no utilizar este término aunque en la conciencia de casi todos los maestros está presente este término. A sin y LUMMUS = (persona sin luz).

Es conveniente que el número fluctúe entre 25 a 35 ya que, es el ideal para poder orientar de acuerdo a las diferencias individuales e intereses de los educandos.

### ***1.6.3 El contenido.***

la materia es el contenido de la enseñanza. A través de ella serán alcanzados de la educación formal. Para su aplicación, la materia se somete a dos selecciones:

- La primera es para el plan de estudios. Se trata de saber cuáles son las materias más apropiadas para que se concreten los objetivos de la escuela preprimaria, primaria, media o superior. En este aspecto es muy importante el papel que desempeñan la psicología y la sociología en la relación a la atención de los intereses del educando y sus necesidades sociales.
- La segunda elección es para organizar los programas de las diferentes materias dentro de cada una de ellas, es preciso saber cuáles son los temas o actividades que deben seleccionarse en mérito a su valor funcional, informativo y formativo. Además la materia destinada a constituir un programa, debe sufrir otra selección por parte del maestro, esta se lleva a cabo durante la elaboración

del plan del curso, teniendo en cuenta las realidades educativas y metodológicas de cada escuela junto con la posibilidad que ofrece cada clase.

### ***1.7 Metodos para el aprendizaje***

Un metodo de aprendizaje puede considerarse como un plan estructurado que facilita y orienta el proceso de aprendizaje. Podemos decir, que es un conjunto de disponibilidades personales e instrumentales que, en la practica formativa deben de organizarse para promover el aprendizaje.

**Tabla 1.1** Métodos didcticos y sus procesos

| <b>LOS METODOS DIDACTICOS Y SUS PROCESOS</b> |  |
|--|--|
| <b>INDUCTIVO:</b>                            | Observación, experimentación, comparación, abstracción y generalización.                                 |
| <b>DEDUCTIVO:</b>                            | Aplicación, comprobación y desmostración.  |
| <b>INDUCTIVO-DEDUCTIVO:</b>                  | Observación, comparación, abstracción, generalización y aplicación.                                      |
| <b>LOGICO:</b>                               | Obsrvación, investigación analisis, síntesis, aplicación.  |
| <b>DIDACTICO:</b>                            | Orientación, conducción, ordenación adecuación e interés.  |
| <b>ANALITICO:</b>                            | División, descomposición, y clasificación.   |
| <b>SINETICO:</b>                             | Reunión y relación   |
| <b>ANALITICO-SINETICO:</b>                   | Percepción, descomposición, clasificación, reunión y relación.   |
| <b>PROYECTOS:</b>                            | Descubrimiento, definición, formulación, ejecución, apreciación y analisis, comprobación, conclusiones y |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
|                                 | aplicación.   |
| <b>LABORATORIO:</b>             | Planteamiento del problema, recolección de información, ejecución, apreciación y análisis, comprobación, conclusiones y aplicación. |
| <b>OBSERVACIÓN:</b>             | Observación, descripción, interpretación, comparación y generalización.   |
| <b>COMPARATIVO:</b>             | Observación, descripción, comparación, asociación, generalización.  |
| <b>DESCRIPTIVO-EXPLICATIVO:</b> | Observación, narración, comentario, comparación, generalización.  |
| <b>DRAMATIZACIÓN:</b>           | Observación, organización, ejecución, valoración, conclusión.   |
| <b>EXPERIMENTAL:</b>            | Observación, planteamiento del problema, hipótesis, experimento, comparación, generalización, verificación.                         |
| <b>INVESTIGACIÓN:</b>           | Presentación del problema, investigación bibliográfica, informes de resultados y conclusiones.                                      |
| <b>DEMOSTRATIVO:</b>            | Observación, descripción, demostración y ejecución.   |
| <b>CREATIVO:</b>                | Motivación, concepción, ejecución y apreciación.  |
| <b>DIRECTO:</b>                 | Observación, comprensión, demostración, ejercitación, corrección, y dominio de destrezas.   |
| <b>INDIRECTO:</b>               | Selección, orientación, realización, observación, formación.  |

**Fuente:** Metodología de la investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***1.8. Modulo educativo***

En el módulo educativo se plasma las destrezas a utilizar en la clase.

El módulo de enseñanza es una propuesta organizada de los elementos o componentes instructivos para que el alumno desarrolle unos aprendizajes específicos en tomo a un determinado tema o tópico.

Material didáctico por medio de la tecnología el estudiante aprende y el profesor expone los materiales a discutir durante la clase. Es una nueva tendencia de estudio y un facilitador para aquellas personas que trabajan pero desean estudiar en la universidad.

Componentes básicos de un módulo son:

- Unidad o tema de estudio
- Metas y objetivos
- Contenidos
- Dinámicas de enseñanza y aprendizaje
- Recursos
- Evaluación

#### ***1.8.1 Dinámicas de enseñanza y aprendizaje.***

Hay varias dinámicas de enseñanza y aprendizaje. Estas suelen ser tomadas en consideración dependiendo el tema a explicar y desarrollar por medio de las siguientes categorías:

- Grupales
- Creativas
- Discusiones
- Presentaciones en grupo o individual.
- Técnicas de auto conocimiento y desarrollo.

### *1.9 Prácticas de laboratorio*

Las prácticas de laboratorio forman parte del trabajar con calidad y cubren aspectos sencillos del trabajo diario en el laboratorio que deben documentarse.

## **CAPITULO II**

### **PRESENTACIÓN ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

#### ***2.1 Análisis e interpretación de resultados de las encuestas aplicadas a docentes y estudiantes de las carreras de ingeniería Electromecánica e Industrial.***

Encuestas realizadas a las carreras de Electromecánica e Industrial fueron las mismas para docentes y estudiantes, donde se obtuvo un total de 373 estudiantes matriculados en el periodo octubre febrero, y 12 docentes técnicos entre mecánicos e industriales; Tomando en cuenta el criterio profesional y personal de cada uno, donde se obtuvo los resultados que a continuación se detalla en el siguiente análisis:

#### ***2.2.1 Encuestas a docentes y estudiantes.***

##### ***2.2.1.1 Primera pregunta***

¿Cree usted que un porcentaje de la industria ecuatoriano utiliza algún sistema de refrigeración o aire acondicionado?

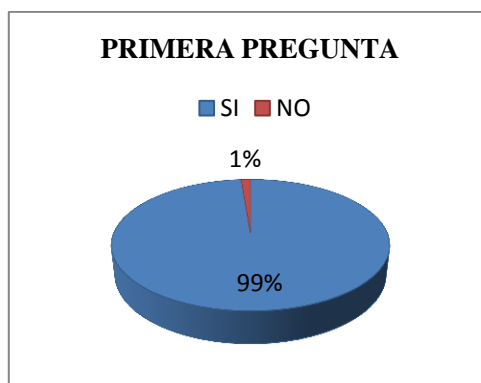
**Tabla 2.1** Primera pregunta

| <b>PRIMERA PREGUNTA</b> | <b>N° DE RESPUESTAS</b> | <b>PORCENTAJE (%)</b> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>SI</b>               | 380                     | 99%                   |
| <b>NO</b>               | 5                       | 1%                    |

**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

**Figura 2.1** Primera pregunta



**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

De los docentes y estudiantes encuestados 380 que equivale al 99% piensan que en las industrias ecuatorianas se utilizan procesos termodinámicos para cumplir con cada una de sus actividades diarias, y 5 de ellos que equivale al 1% menciona lo contrario.

Ya que en la mayoría de las industrias se utiliza cualquiera de estos procesos termodinámicos para realizar sus productos de fabricación o empaque como la industria alimenticia, la química, automotriz etc.

### 2.2.1.2 Segunda pregunta

¿Está usted de acuerdo que los estudiantes reciban práctica junto a la teoría en materias netamente técnicas y de aplicación en la industria?

**Tabla 2.2** Segunda pregunta

| PRIMERA PREGUNTA | N° DE RESPUESTAS | PORCENTAJE (%) |
|------------------|------------------|----------------|
| SI               | 378              | 98%            |
| NO               | 7                | 2%             |

**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

**Figura 2.2** Segunda pregunta



**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

De igual modo el 98% de los encuestados piensa que los estudiantes deben recibir práctica y teorías a la par en asignaturas que son técnicas y ayudad el desarrollo de los profesionales, 7 de los encuestados piensa lo contrario eso equivale al 2 %.

En la formación de profesionales técnicos es necesario que adquieran conocimientos en base a las experiencias, eso se lo puede lograr solo de una manera que es obteniendo prácticas de laboratorio para complementar lo recibido en las aulas.

### ***2.2.1.3 Tercera pregunta***

¿Cree usted que es importante el conocimiento acerca de la refrigeración en los estudiantes para su futuro desempeño como profesionales en la industria?

**Tabla 2.3** Tercera pregunta

| <b>PRIMERA PREGUNTA</b> | <b>N° DE RESPUESTAS</b> | <b>PORCENTAJE (%)</b> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>SI</b>               | 376                     | 98%                   |
| <b>NO</b>               | 9                       | 2%                    |

**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

**Figura 2.3** Tercera pregunta



**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

De todos los encuestados el 98 % de ellos piensan que si los estudiantes adquieren conocimientos acerca de la refrigeración domiciliaria e industrial aportara a su crecimiento como profesional; además 9 de los encuestados que representa el 2% ha mencionado lo contrario.

La refrigeración es una de las carreras menos explotadas en la industria ecuatoriana de ahí la inexisten de frigoristas por ellos se ve la necesidad de conocimientos acerca de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

#### **2.2.1.4 Cuarta pregunta**

¿Está usted de acuerdo que se implemente un módulo de sistema de refrigeración para prácticas de los estudiantes de la carrera de ciencias de la ingeniería y aplicadas?

**Tabla 2.4** Cuarta pregunta

| <b>PRIMERA PREGUNTA</b> | <b>N° DE RESPUESTAS</b> | <b>PORCENTAJE (%)</b> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>SI</b>               | 381                     | 98%                   |
| <b>NO</b>               | 4                       | 1%                    |

**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

**Figura 2.4** Cuarta pregunta



**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

El 99 % de los docentes y estudiantes piensa que es necesaria la implementación de un módulo didáctico de refrigeración para prácticas académicas de los estudiantes y así adquieran conocimientos acerca de estos procesos; y el 1 % de ellos dice lo contrario.

Durante el tiempo que los estudiantes se encuentran en la educación educativa han estudiado cada uno de los procesos con relación a la temperatura y presión y los cambios de cada uno de los fluidos en diversas situaciones.

### ***2.2.1.5 Quinta pregunta***

¿Cree usted que un módulo didáctico de refrigeración es un equipo indispensable para las prácticas de la asignatura de sistema de refrigeración y aire acondicionado?

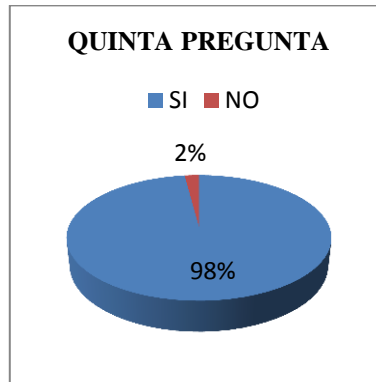
**Tabla 2.5** Quinta pregunta

| <b>PRIMERA PREGUNTA</b> | <b>N° DE RESPUESTAS</b> | <b>PORCENTAJE (%)</b> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>SI</b>               | 377                     | 98%                   |
| <b>NO</b>               | 8                       | 2%                    |

**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

**Figura 2.5** Quinta pregunta



**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

El 98 % de los docentes y estudiantes que imparten clases en la institución educativa piensa que es de suma importancia un módulo de refrigeración y aire acondicionado para las practicas académicas de los estudiantes y así tener una herramienta la cual ayude a comprender me mejor manera la asignatura; además 8 encuestados que equivale al 2 % a mencionado lo contrario.

Como al igual que las demás asignaturas que se enseñan día a día en el laboratorio y los talleres, permitiendo que los estudiantes asimilen maquinaria, procesos, instrumentos, para poder surgir en el ámbito laboral ya que la industria requiere de profesionales preparados en distintas área.

### 2.2.1.6 Sexta pregunta

¿Cree usted que mediante el reconocimiento y manipulación de cada uno de los elementos que constituye un sistema de refrigeración sea un aporte de nuevos conocimientos?

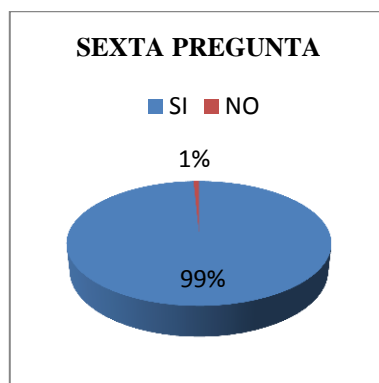
**Tabla 2.6** Sexta pregunta

| PRIMERA PREGUNTA | N° DE RESPUESTAS | PORCENTAJE (%) |
|------------------|------------------|----------------|
| SI               | 382              | 99%            |
| NO               | 3                | 1%             |

**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

**Figura 2.6** Sexta pregunta



**Fuente:** grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

De acuerdo con las encuestas realizadas el 99 % de ellos piensa que con la manipulación de los elementos, instrumentos, verificación, y análisis los estudiantes adquieran nuevos conocimientos acerca de la asignatura sistemas de refrigeración y aire acondicionado ya que las experiencia son necesarias para la formación de profesionales; de los encuestados ninguno que equivale al 1 % a dijo lo contrario.

Después de que los estudiantes pasan por las aulas de los establecimientos educativos llegan al punto en el cual deben prestar sus servicios a la sociedad en este caso la industria la cual requiere profesionales con destrezas y habilidades capaces de solucionar problemas y aportar con el crecimiento de la empresa.

#### ***2.2.1.7 Séptima pregunta***

¿Cree usted que mediante la simulación de fallas técnicas y no técnicas en un módulo didáctico de refrigeración aporte con conocimientos técnicos de solución de posibles averías en sistemas de refrigeración?

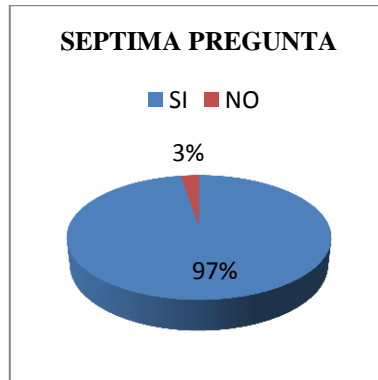
**Tabla 2.7** Séptima pregunta

| <b>PRIMERA PREGUNTA</b> | <b>N° DE RESPUESTAS</b> | <b>PORCENTAJE (%)</b> |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>SI</b>               | 375                     | 97%                   |
| <b>NO</b>               | 10                      | 3%                    |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

**Figura 2.7** Séptima pregunta



**Fuente:** Grupo de investigación.

**Realizado por:** Grupo de investigación

El 97 % de los encuestados piensa que con la simulación de fallas técnica y no técnicas, si pueda aportar con nuevos conocimientos, y 10 docente que equivale al 3 % de los encuestados piensa que con la simulación de fallas no ayudara a los estudiantes con nuevos conocimientos.

Para poder identificar analizar y solucionar un problema es necesario conocer el proceso, la industria ecuatoriana va creciendo de forma exponencial por lo cual el estudiante se ve en la necesidad de adquirir nuevos conocimientos para fortalecer su formación como profesional.

## ***2.3 ANÁLISIS Y RESULTADOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN.***

Años atrás se ha venido perfeccionando los sistemas de refrigeración acoplado tecnología métodos y formas de la aplicación del ciclo de Carnot.

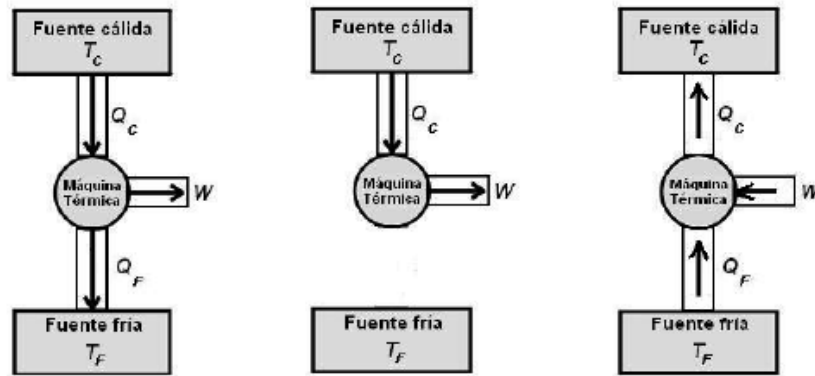
### ***2.3.1 Métodos de refrigeración.***

El método más extensamente utilizado para la producir la refrigeración mecánica se conoce como el **SISTEMA DE COMPRESIÓN DE VAPOR**. En este sistema un refrigerante liquido volátil se evapora en un evaporador, este proceso da por resultado una remoción de calor (enfriamiento) en la sustancia que desea enfriar. Se requiere de un compresor, un condensador, un evaporador, y un dispositivo de control de flujo, a fin de mantener el proceso de refrigeración y recuperar el refrigerante para su reutilización.

### ***2.3.2 El ciclo invertido de Carnot.***

El ciclo de Carnot es el ciclo totalmente reversible que se compone de dos procesos isotérmicos reversibles y de dos procesos isotrópicos; tiene la máxima eficiencia térmica para determinados límites de temperatura y sirve como un estándar contra el cual los ciclos de potencia reales se comparan. Puesto que es un ciclo reversible, los cuatro procesos que comprende el ciclo de Carnot pueden invertirse. Al hacerlo también se invertirán las direcciones de todas las interacciones térmicas y de trabajo. El resultado es un ciclo que opera en dirección contraria a las manecillas del reloj, que se llama el ciclo invertido de Carnot. Un refrigerador que opera en el ciclo invertido de Carnot recibe el nombre de refrigerador de calor de Carnot.

**Figura 2.8** Ciclo invertido de carnot.



**Fuente:** [http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F\\_DE\\_T-152.htm](http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-152.htm)

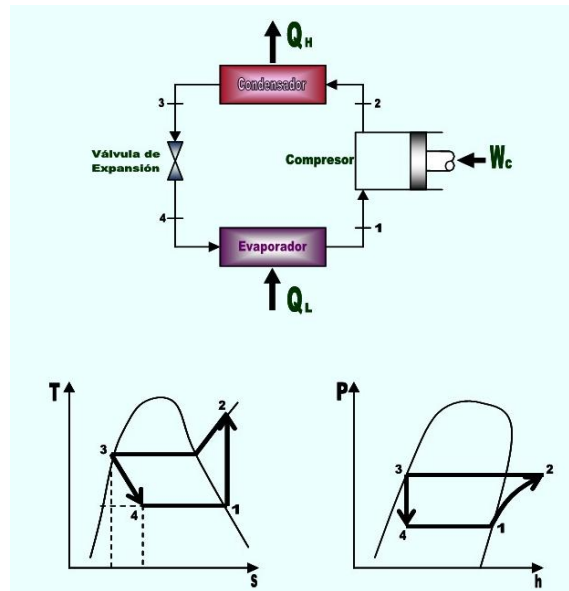
**Realizado por:** Grupo de investigación

### 2.3.3 Ciclos de refrigeradores.

Todos saben que por experiencia propia que el calor fluye en dirección de las temperaturas decrecientes; esto es, de las regiones de alta temperatura a las de baja. Dicho proceso de transferencia de calor sucede en la naturaleza sin que se requiera algún dispositivo. El proceso inverso, sin embargo, no sucede por sí solo. La transferencia de calor de una región de baja temperatura a una alta temperatura se requiere dispositivos especiales llamados refrigeradores.

Los refrigeradores son dispositivos cíclicos y los fluidos de trabajo empleados en los ciclos de refrigeración se llaman refrigerantes en la fig. 2.9 se muestra de manera esquemática un refrigerador.

**Figura 2.9** Forma esquemática un refrigerador.



**Fuente:** <http://pte2011.tumblr.com/page/2>

**Realizado por:** Grupo de investigación

El desempeño de refrigeradores se expresa en coeficiente de funcionamiento (COP), por sus siglas en ingles el cual se define como:

$$\mathbf{CDFr} = \frac{\text{salida deseada}}{\text{entrada requerida}} = \frac{\text{efecto de enfriamiento}}{\text{entrada de trabajo}} = \frac{Q_l}{W_{\text{neto.en}}} \text{(EC. 9)}$$

**DÓNDE:**

**CDFr:** Coeficiente de desempeño

**Ql:** Calor bajo

**W<sub>neto.en</sub>:** Trabajo de entrada

La capacidad de un sistema de refrigeración la rapidez del calor extraído de un espacio refrigerado con frecuencia se expresa en toneladas de refrigeración. La capacidad de un sistema de refrigeración que puede congelar una tonelada (2000lb) de agua líquida a 0° C (32°F) En hielo a 0° C en 24 h será una tonelada. Una tonelada de refrigerante es equivalente a 211 KJ/min o 200 Btu/min.

#### ***2.3.4 El Ciclo Ideal De Refrigeración Por Comprensión De Vapor.***

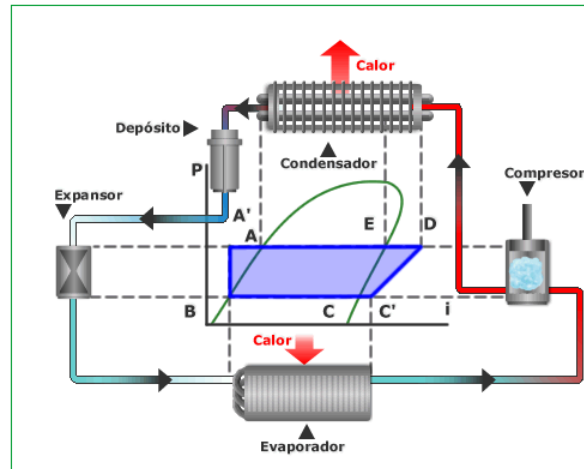
Muchos de los aspectos impráctico asociados con el ciclo inverso de Carnot se eliminan al evaporarlos el refrigerante por completo antes de que se comprima y al sustituir las turbinas con un dispositivo de estrangulamiento. Tal como una válvula de expansión o un tubo capilar. El ciclo que resulta se llama ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, El ciclo de refrigeración por compresión de vapor es el que más se emplea en refrigeradores, sistema de acondicionamiento de aire y bombas de calor. Se compone de cuatro procesos:

- 1-2 Comprensión y su entrópica en un compresor.
- 2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador.
- 3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.
- 4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador.

Considera un ciclo invertido de Carnot ejecutado dentro de la campana de saturación de un refrigerante, como muestra la figura 1.5. El refrigerante absorbe calor isotérmicamente de una fuente de baja temperatura  $T_L$  en la cantidad de  $Q_L$  (Proceso 1-2), se comprime isotérmicamente hasta el estado 3 (la temperatura aumenta hasta  $T_H$ , rechaza calor isotérmicamente en un sumidero de alta temperatura  $T_H$  en la cantidad de  $Q_H$  (Proceso 3-4) y se expande isotérmicamente hasta el estado L (La temperatura

desciende hasta  $T_L$  ). El refrigerante cambia de un estado de vapor saturado a un estado líquido saturado en el condensador durante el proceso 3-4.

**Figura 2.10** El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.



**Fuente:** [http://www.caurium.com/clientes/rite2008/mod\\_002/unid\\_007a\\_000.html](http://www.caurium.com/clientes/rite2008/mod_002/unid_007a_000.html)

**Realizado por:** Grupo de investigación

En un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, el refrigerante entra al compresor en estado 1 como vapor saturado y se comprime isotrópicamente hasta la presión del condensador. Después el refrigerante entra en el condensador como vapor sobrecalentado en el estado 2 y sale como líquido saturado en el estado 3, como resultado de rechazo de calor hacia los alrededores. La temperatura del refrigerante en este estado se mantendrá por encima de los alrededores.

El refrigerante líquido-saturado en el estado 3 se estrangula hasta la presión del evaporador al pasar por una válvula de expansión o por un tubo capilar. La

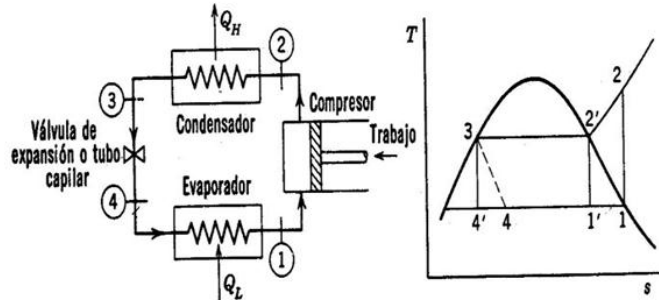
temperatura del refrigerante desciende por debajo de la temperatura del espacio refrigerado durante este proceso. El refrigerante ingresa al evaporador en el estado 4 como una mezcla saturada de baja calidad, y se evapora por completo absorbiendo calor del espacio refrigerado. El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor con el cual completa el ciclo.

Los cuatro componentes asociados con el ciclo de refrigeración por compresión de vapor son dispositivos de flujo estable, por los que los cuatro procesos que integran el ciclo pueden analizarse como proceso de flujo estable. Los cambios en la energía cinética y potencial de refrigerante suelen ser pequeños en relación con los términos de trabajo y calor y, en consecuencia, pueden ignorarse.

### ***2.3.5 Ciclos reales de refrigeración por compresión de vapor.***

Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor difiere de un ideal de varias maneras debido principalmente a las irreversibilidades son la fricción del fluido (que provoca caída de presión) y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores. El diagrama T-s de un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor se presenta en la figura 11.

**Figura 2.11** Ciclos reales de refrigeración por compresión de vapor.



**Fuente:** <http://www.gestiopolis.com/recursos6/Docs/Ger/aplinreca.htm>

**Realizado por:** Grupo de investigación

En el ciclo ideal, el refrigerante sale del evaporador y entra al compresor como vapor saturado. Sin embargo, en la práctica no es posible controlar el estado del refrigerante con tanta precisión. En lugar de esto, el sistema se diseña de modo que el refrigerante se sobrecalienta ligeramente en la entrada del compresor. Este ligero sobrecalentamiento asegura que el refrigerante se evapore por completo cuando ingrese al compresor. Así mismo la línea que conecta al evaporador con el compresor suele ser muy larga, por lo que la caída de presión ocasionada por la fricción del fluido y la transferencia de calor de los alrededores al refrigerante puede ser muy significativa.

El proceso de compresión en el ciclo ideal es internamente reversible y adiabático, en consecuencia, y su entrópico. Sin embargo, el proceso de compresión real incluirá efectos friccionantes los cuales incrementarán la entropía y la transferencia de calor, lo que puede aumentar o disminuir la entropía, dependiendo de la dirección.

Además para que un sistema sea eficiente es necesario la utilización del fluido refrigerante por esas razones es necesario conocer sus características y dependencias con relación a la temperatura y presión.

### ***2.3.6 Selección del refrigerante.***

Cuando se diseña un sistema de refrigeración, son varios los refrigerantes que pueden elegirse, como clorofluorocarbonos (CFC), amoníaco, hidrocarburos (propano, etano, etileno, etc.), dióxido de carbono, aire (en el acondicionamiento de aire de aviones) e incluso agua (en aplicaciones arriba del punto de congelación).

Los selectores industriales y del gran comercio están muy satisfechos con el amoníaco, aunque este compuesto es tóxico. Las ventajas del amoníaco sobre otros refrigerantes son su bajo costo, alto COP (y en consecuencia menor gasto de energía), propiedades termodinámicas y de transporte más favorables y por ello transferencia de coeficientes de calor (requiere intercambiadores de calor más pequeños y de menor costo), la principal desventaja del amoníaco es su toxicidad, que lo hace inadecuado para el empleo doméstico el amoníaco se usa predominantemente en las instalaciones de refrigeración de alimentos como la preservación de frutas frescas, vegetales, carnes y pescado; la refrigeración de bebidas como la cerveza y el vino, y productos lácteos como la leche y el queso; el congelamiento de helados y otros alimentos; de producción de hielo, y la refrigeración de baja temperatura en la industria farmacéutica y de otros procesos.

Otra característica deseable en un refrigerante es que no sea tóxico, corrosivo o inflamable, pero que sea estable químicamente, que tenga alta entropía de

evaporación (minimizando la tasa de flujo másico) y, desde luego, que se obtenga a bajo costo ver anexo 2.

### **2.3.7 R12 (CFC).**

Es notablemente estable. No ataca los lubricantes ni las materias plásticas empleadas como juntas, se mezcla en todas las proporciones con los aceites minerales o de síntesis. Puede descomponerse dentro de un circuito frigorífico a una temperatura próxima a los 120°C, no es inflamable. Sus vapores, son más pesados que el aire, tienen sobre el fuego un efecto extintor del tipo de acción química.

Los vapores de R12, en una concentración de hasta 20%. Pueden soportarse durante muchas horas sin más peligro que ligeros síntomas desagradables temporales. Por lo demás, este gas, que es cuatro veces más pesado que el aire ambiente, se mantiene en el suelo hasta una temperatura de vaporización de -30°C su tensión de vapor es superior a la presión atmosférica, la detección de fugas resulta fácil con el empleo de la lámpara haloidea y no actúa sobre los metales que constituyen los sistemas frigoríficos.

Este fluido no es tóxico ni inflamable. De todos modos, si los vapores de R12 concentrados se exponen a una llama viva, dan lugar a una descomposición formando un gas peligroso: el fosgeno.

### **2.3.8 R134a (HFC).**

Toxicología: producto químicamente inerte, no tóxico; ante concentraciones importantes puede causar dificultades respiratorias y cardíacas unidas a la insuficiencia de oxígeno en el aire (anoxia).

En cambio, combinado con un gas inflamable, puede dar mezclas que, inflamadas, conducen a su descomposición y a la liberación de los productos tóxicos (ácido fluorhídrico). Los efectos son idénticos ante una llama viva o por contacto con superficies metálicas muy calientes ver anexo 3-4.

**Detección:** no se detecta con una lámpara haloide. Debe emplearse:

- Un detector electrónico adaptado a la detección de flúor;
- La inyección de un trazador en el circuito revelado por rayos ultravioleta.

### 2.3.9 Cañerías.

Las tuberías de conexionado de las máquinas frigoríficas de tipo comercial se realizan actualmente todas ellas con tubo de cobre bajo dimensiones que se derivan de la serie pulgada. A título indicativo, señalamos a continuación la denominación de algunos tubos de la «serie métrica» con su relación entre milímetros y fracciones de pulgada. Las dimensiones y espesores de los tubos de la serie métrica están normalizados, designándose los tubos por sus diámetros interior y exterior. En la siguiente tabla se indican las dimensiones de estos tubos:

**Tabla 2.8** Relación entre milímetros y fracciones de pulgada con 0,3 mm de precisión.

|                   |       |        |       |        |       |       |        |         |       |
|-------------------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|---------|-------|
| <b>Milímetros</b> | 1     | 2 5/64 | 3     | 4 5/32 | 5     | 6     |        |         | 9     |
| <b>Pulgadas</b>   | 3/64  |        | 1/8   |        | 13/64 | 15/64 | 7 9/32 | 8 5/16  | 23/64 |
| <b>Milímetros</b> | 10    | 11     | 12    | 13     | 14    | 15    |        |         |       |
| <b>Pulgadas</b>   | 25/64 | 7/16   | 15/32 | 33/64  | 35/64 | 19/32 | 16 5/8 | 17 3/64 | 18    |

|                   |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   |     |       |       |       |       |       |       |       | 45/64 |
| <b>Milímetros</b> | 19  | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 25,4  |       |
| <b>Pulgadas</b>   | 3/4 | 25/32 | 53/64 | 55/64 | 29/32 | 15/16 | 63/64 | 64/64 |       |

**Fuente:** Sistemas de refrigeración y prácticas

**Realizado por:** Grupo de investigación

Hasta la dimensión de 7/8 de pulgada que corresponde a 18/20 en los tubos de cotas métricas, se suministran pulidos, a espejo, deshidratados y con los extremos tapados, en rollos de 15 a 30 m con un diámetro de 0,75 m. Por encima de estas dimensiones los tubos se suministran en calidad «recocida» en largos rectos de 3 a 4 m ver anexo 12.

### ***2.3.9 Determinación del diámetro de los tubos.***

La determinación del diámetro de los tubos de una instalación frigorífica se lleva a cabo por medio de diagramas y ábacos. Éstos permiten determinar gráficamente los diámetros de los tubos de una instalación de determinada potencia frigorífica habida cuenta de sus condiciones de funcionamiento. Existen ábacos en unidades SI para los fluidos frigorígenos usuales R12, R22, R502.

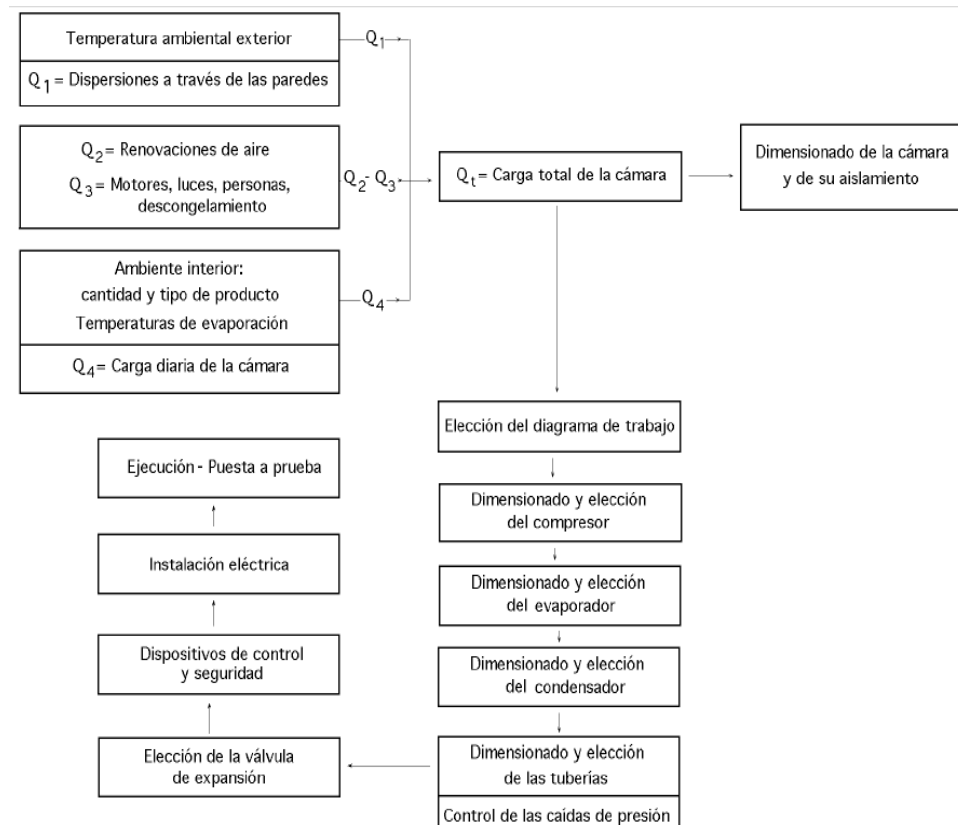
### ***2.3.10 Cálculo y selección de elementos para un sistema de refrigeración.***

Aunque no se tenga que proyectar una instalación, sino solamente controlar su funcionamiento, es necesario conocer la lógica que rige la elección o el dimensionado de los órganos principales del equipo. En el diagrama de bloques de la se representa

un primer enfoque racional que expone las variables que se deben tener en cuenta durante el proyecto de una instalación.

Según la American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), para el cálculo de la carga térmica en cámaras de almacenamiento de alimentos son considerados los siguientes factores:

**Figura 2.12** Diagrama de cargas térmicas.



Fuente: <http://libros.redsauce.net>

Realizado por: Grupo de investigación

### 2.3.10.1 Cálculo de la carga térmica Q1.

Para determinar la carga térmica que se debe extraer de la cámara para mantenerla a una temperatura constante y, simultáneamente, realizar un control de suficiencia del aislamiento elegido, se hacen las siguientes consideraciones:

El calor disipado a través de las paredes se calcula mediante la expresión:

$$Q_1 = U S (T_2 - T_1) t \text{ (EC. 10)}$$

#### DÓNDE:

**S:** Es la superficie exterior de la cámara frigorífica en m<sup>2</sup>

**T<sub>2</sub> - T<sub>1</sub>:** Es el salto térmico en °C

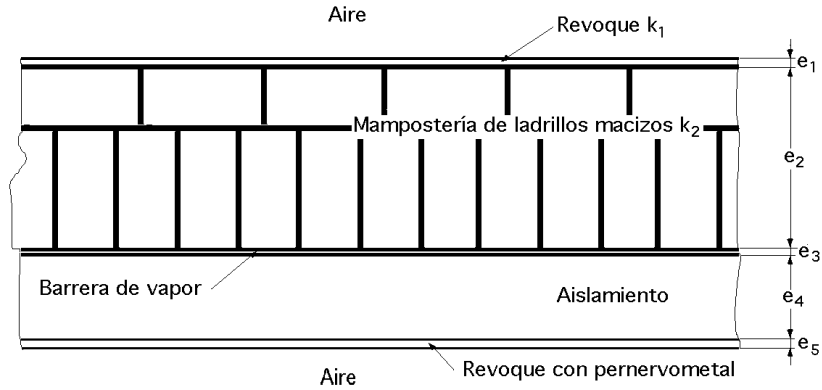
**T:** Es el tiempo en horas; normalmente se considera tiempo unidad

**U:** Es el coeficiente global de transmisión de calor, de la forma:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{C_1}} + \frac{1}{h_{C_2}} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{e_i}{k_i} \text{ (EC. 11)}$$

En donde hay que considerar todos los materiales que componen la pared de la cámara,

**Figura 2.13** Materiales que componen la pared de una cámara.



**Fuente:** <http://libros.redsauce.net/>

**Realizado por:** Grupo de investigación

**Tabla: 2.9** Espesor en centímetros de una cámara frigorífica en función del tipo del material aislante y de la temperatura del interior.

| Temperatura de la cámara | Poliestireno expandido         | Poliuretano                    | Corcho expandido                | Foam. glass                  | Isover                         |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|                          | $\rho = 26-30 \frac{kg}{cm^2}$ | $\rho = 35-40 \frac{kg}{cm^2}$ | $\rho = 80-100 \frac{kg}{cm^2}$ | $\rho = 144 \frac{kg}{cm^2}$ | $\rho = 12-14 \frac{kg}{cm^2}$ |
| 3 a 6                    | 8 cm                           | 6 cm                           | 10 cm                           | 12 cm                        | 8 cm                           |
| -5 a +3                  | 12                             | 10                             | 14                              | 15                           | 11                             |
| -15 a -5                 | 15                             | 12                             | 20                              | 20                           | 14                             |
| -20 a -15                | 18                             | 14                             | 22                              | 28                           | 18                             |
| -30 a -20                | 20                             | 16                             | 25                              | 30                           | 20                             |
| otras                    | 25                             | 20                             | 30                              | 35                           | 25                             |

**Fuente:** <http://libros.redsauce.net/>

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***2.3.10.2 Cálculo de la carga térmica, Q2 - Q3.***

La pérdida de calor que indicamos como Q2 es la provocada por la necesidad de tener que enfriar el aire que penetra en la cámara cuando se introducen o se retiran las mercancías, pérdida que es función de la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior, de la humedad relativa del aire, del número de veces que se abre la puerta para entrar o salir de la cámara, de las dimensiones de esta última y del número de renovaciones de aire.

Si se recurre a tablas experimentales que permiten una rápida determinación, y tomando como:

- Para conservación prolongada se multiplica el nº de renovaciones x 0,6
- Para conservación normal se multiplica el nº de renovaciones x 1
- Para conservación breve se multiplica el nº de renovaciones x 2

**Tabla:2.10** Carga térmica en kcal/m<sup>3</sup>, (calor sensible + calor latente) para el enfriamiento del aire de renovación.

| <i>Temperatura de la cámara</i> | <i>Temperatura exterior 32°C</i> |            | <i>Temperatura exterior 38°C</i> |            |
|---------------------------------|----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|
|                                 | <i>Humedad relativa</i>          |            | <i>Humedad relativa</i>          |            |
|                                 | <i>50%</i>                       | <i>60%</i> | <i>50%</i>                       | <i>60%</i> |
| 10                              | 14,4                             | 16,6       | 20,3                             | 23,5       |
| 5                               | 17,8                             | 20,1       | 23,7                             | 27,3       |
| 0                               | 20,1                             | 22,5       | 26,2                             | 29,8       |
| -5                              | 21,7                             | 24,1       | 27,9                             | 1,4        |
| -10                             | 24,9                             | 27,3       | 31,2                             | 34,9       |
| -15                             | 27,7                             | 30,3       | 34,2                             | 38         |
| -20                             | 30,3                             | 32,8       | 36,9                             | 40,6       |
| -25                             | 32,6                             | 35,2       | 39,3                             | 43,2       |
| -30                             | 34,5                             | 37,2       | 41,4                             | 45,4       |

**Fuente:** <http://libros.redsauce.net/>

**Realizado por:** Grupo de investigación

**Tabla:2.11** Cantidad media de renovaciones de aire necesarias en 24 horas a causa de la apertura de las puertas y de la infiltración de aire en la cámara frigorífica.

|  |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Volumen de la cámara, m<sup>3</sup></i> | 5  | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 45 | 60 | 100 | 150 | 200 | 300 | 500 | 650 | 900 |
| <i>Número de renovaciones</i>              | 40 | 35 | 25 | 21 | 19 | 15 | 13 | 11 | 9   | 7   | 5   | 4   | 3   | 2,5 | 2   |

**Fuente:** <http://libros.redsauce.net/>

**Realizado por:** Grupo de investigación

Las pérdidas térmicas Q<sub>3</sub> son las provocadas por el encendido de las luces en las cámaras, por la presencia de eventuales motores eléctricos de los ventiladores, por las personas que trabajan en el interior de las cámaras, Tabla 1.5, y por las fuentes de

calor utilizadas para el descongelamiento o para tener abiertas las descargas del agua de condensación.

También se tendrán en cuenta la exposición de las paredes al sol, de forma que cuando se calcule la dispersión a través de estas últimas se sumarán 10°C, 5°C y 3°C a la temperatura exterior, según que el color de las paredes sea oscuro, gris o blanco.

**Tabla:2.12** Calor perdido en kcal por persona/hora, a diferentes temperaturas.

|                                       |            |            |            |            |            |            |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Temperatura de la cámara en °C</i> | <i>0</i>   | <i>-5</i>  | <i>-10</i> | <i>-15</i> | <i>-20</i> | <i>-25</i> |
| <i>(Kcal / hora) por persona</i>      | <i>235</i> | <i>260</i> | <i>285</i> | <i>310</i> | <i>340</i> | <i>365</i> |

**Fuente:** <http://libros.redsauce.net/>

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***2.3.10.3 Cálculo de la carga térmica Q4.***

A las cargas térmicas anteriores hay que añadir la correspondiente a los productos que deben protegerse y que indicamos como Q4. Toda sustancia que esté a mayor temperatura que la cámara en la cual se va a introducir, pierde calor hasta alcanzar el equilibrio térmico. En las sustancias vegetales, intervienen el calor específico, el calor latente y el calor de respiración que concierne a aquellos vegetales que, estando aún vivos, absorben oxígeno despidiendo anhídrido carbónico y calor.

#### ***2.3.10.4 Calor sensible arriba del punto de congelación.***

Es el calor que se debe extraer a un producto para reducir su temperatura por encima del punto de congelación puede calcularse de la siguiente manera.

$$Q = W * C * (T_1 - T_2) \text{ (EC. 12)}$$

**DÓNDE:**

$$Q = \text{calor a extenderse } \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$W = \text{peso del producto Kg}$$

$$C = \text{calor especifico por encima del punto de congelación } \frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$T_1 = \text{temperatura inicial } ^\circ\text{K}$$

$$T_2 = \text{temperatura final } ^\circ\text{K}$$

#### ***2.3.10.5 Calor latente de congelación.***

Es el calor latente de congelación que se debe extraer a un producto puede calcularse de la siguiente manera.

$$Q = W * h_{if} \text{ (EC. 13)}$$

**DÓNDE:**

$$Q = \text{calor a extenderse } \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$W = \text{peso del producto Kg}$$

$$h_{if} = \text{calor latente de fusión } \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

### ***2.3.10.6 Calor sensible por debajo del punto de congelación.***

$$Q = W * C_i * (T_c - T_3) \text{ (EC. 14)}$$

**DÓNDE:**

**Q**= calor a extenderse  $\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$

**W**= peso del producto Kg

**C<sub>i</sub>**= calor específico por debajo del punto de congelación  $\frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$

**T<sub>c</sub>**= temperatura congelación  $^\circ\text{K}$

**T<sub>3</sub>**= temperatura final  $^\circ\text{K}$

### ***2.3.10.7 Carga total.***

La carga total correspondiente a 24 horas se calcula sumando las anteriores cargas térmicas:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \text{ (EC. 15)}$$

**DÓNDE:**

**Q<sub>1</sub>**: Transmisión de calor a través de las paredes (infiltraciones)

**Q<sub>2</sub>**: Renovaciones de aire

**Q<sub>3</sub>**: Calor debido a luces, personas, etc

**Q<sub>4</sub>**: Calor debido a la carga de los productos a refrigerar, congelar o conservar

Para obtener la carga por hora, dato que servirá para dimensionar los componentes del equipo, en vez de dividir las calorías totales por 24 horas, se las divide por 16 horas o por 18 horas, a fin de tener una reserva de potencia para los casos de emergencia.

Una de las primeras precauciones que deben tomarse cuando se inspecciona o prueba un equipo de refrigeración es la de controlar los tiempos de parada y de funcionamiento, para ver si la potencia frigorífica suministrada es suficiente. Si llegara a resultar insuficiente, habría que determinar si la diferencia se debe a un funcionamiento defectuoso del equipo, o al sub-dimensionado del espesor de los componentes del aislamiento o a la carga excesiva.

Después de haber obtenido la carga térmica tomando en cuenta todos los parámetros se procederá a la selección de los demás elementos que conforman un sistema de refrigeración, elementos como el condensador, evaporador y la válvula de expansión que son los principales se seleccionara mediante tablas o por propia experiencia del frigorista esto para cargas que no superen las 2 toneladas de refrigeración.

## ***2.4 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN***

Luego de indagar entre los sistemas, existentes de refrigeración y aire acondicionado por compresión de vapor o refrigeración mecánica se obtiene que el teorema utilizado en todos los casos es el ciclo de Carnot porque es un proceso reversible y eficiente, las diferencias radican por los tamaños de instalaciones, entonces se puede asimilar la semejanza entre ellos:

- El ciclo de Carnot
- La utilización de un fluido como refrigerante
- Propósitos de funcionamiento
- Aplicaciones

Cada uno de estos ítem tienen referencias en los sistemas de refrigeración industriales domésticos comerciales y de aire acondicionado, por ellos es necesario obtener una carga térmica, ya que en la selección de los elementos es muy importante conocer los rangos de trabajo, de acuerdo a ello se puede seleccionar el fluido frigorígeno capaz de realizar este trabajo.

El estudio de las características físicas de los fluidos frigorígenos que se emplean actualmente en la refrigeración comercial y doméstica ayuda a interpretar mejor la refrigeración en sí, un fluido frigorígeno perfecto debe presentar las condiciones siguientes:

- Calor latente de vaporización muy elevado.
- Punto de ebullición, a la presión atmosférica, lo suficientemente bajo habida cuenta de las condiciones de funcionamiento deseadas (temperatura de evaporación).
- Una baja relación de compresión, es decir, una pequeña relación entre las presiones de compresión y de aspiración.
- Bajo volumen específico del vapor saturado que haga posible la utilización de un compresor y de tuberías de dimensiones reducidas.
- Temperatura crítica muy alta.
- No debe actuar sobre el lubricante empleado en combinación con el fluido.

- Composición química estable dentro de las condiciones de funcionamiento de la máquina frigorífica.
- No debe actuar sobre las partes metálicas que componen el circuito (como, por ejemplo, el amoníaco que ataca el cobre). Tampoco sobre las juntas.
- No debe ser inflamable ni explosivo en contacto con el aire.
- No debe perjudicar la salud del personal.
- Tampoco debe actuar sobre los productos que se conservan.
- Debe ser inodoro o con un olor débil que no sea desagradable.
- Fugas que sean fáciles de detectar y de localizar por medios visuales.
- Ninguna afinidad con la constitución de la atmósfera.
- Ser de un coste poco elevado y de fácil aprovisionamiento.
- Ninguna acción sobre la capa de ozono.

Al conocer el teorema en el que se basa la refrigeración mecánica, y su lógica de funcionamiento con lo que el grupo de investigación aplica cada uno de los conocimientos y relaciones semejantes para el diseño y selección de los elementos que conforman el módulo didáctico de refrigeración.

En las entrevistas realizadas a los docentes y estudiantes acerca de la importancia de la refrigeración y aire acondicionado, mencionan que es de suma importancia los conocimientos sobre el tema, por lo tanto el grupo de investigación adopta los siguientes parámetros para la selección del mejor sistema de refrigeración, además de su didáctica.

- Ciclo de Carnot
- Refrigeración mecánica
- La utilización de un fluido

- Aplicación
- Ciclo de Carnot por ser uno de los sistemas reversibles y eficientes, además por ser uno de los más utilizados en la industria ecuatoriana (lácteos, alimenticia, florícola, etc.)
- La refrigeración Mecánica es una de las formas de generar transferencia de calor más económica que existe en el mercado, además por la existencia de todos los elementos para su construcción en el Ecuador.
- En este tipo de sistemas el elemento principal es el fluido el que ayuda a la transferencia de calor de un lugar a otro, y la existencia de una infinidad de fluidos utilizado en estos sistemas.
- Una de las cosas más importantes en los sistemas de refrigeración es la aplicación, del mismo ya que de eso depende la selección de los elementos, el fluido, la capacidad, las dimensiones y su eficiencia.

Por ello en el diseño del sistema de refrigeración se utiliza un sistema de fluido R134a por su eficiencia, su no toxicidad, por no ser inflamable por su punto de ebullición, etc. La compresión de vapor para que los elementos utilizados sean similares a los existentes en el mercado actual, evitar problemas en su adquisición. Un sistema completamente adaptado con varios intercambiadores de calor los cuales permitan la interacción del estudiante con la herramienta de trabajo.

De la misma manera la capacidad del sistema es domiciliario por razón de tamaño de los elementos, capacidades innecesarias si es un sistema didáctico para estudiantes, pero además cuenta con todos los elementos básicos y complementarios de cualquier sistema domiciliario, comercial, industrial, y de aire acondicionado, tomando como referencia al agua para todos los cálculos y selección de los elementos que se realizan mediante la obtención de la carga térmica y la utilización de ábacos o tablas de referencia.

## ***2.5 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS***

Para la realizar el presente trabajo de investigación se planteó la siguiente hipótesis:

“Se diseñara y construirá un Módulo Didáctico de refrigeración para prácticas de laboratorio en la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, junto a ello se lograra que los estudiantes de dicha carrera mediante la manipulación, obtengan nuevos conocimientos prácticos”.

## **CAPITULO III**

### **PROPUESTA FACTIBLE**

#### ***3.1 OBJETIVO GENERAL:***

- Diseñar y construir un Módulo Didáctico de refrigeración, mediante el cálculo de dimensionamiento y acondicionamiento físico del prototipo, para prácticas académicas que fortalecerá los conocimientos de la refrigeración.

### 3.1.1 Desarrollo técnico de la propuesta

| <b>PROPUESTA FACTIBLE</b>                               |  |  |
|---|--|--|
| <b>DESARROLLO TÉCNICO</b>                               | <b>ANÁLISIS</b>  | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
| Calculo de la carga térmica                             | Es importante obtener el cálculo de la carga térmica según el trabajo que va a realizar la máquina, en este caso en particular para el módulo de refrigeración de la carga térmica no es contante.             | Calor Sensible<br>Calor latente de congelación<br>Calor sensible por debajo del punto de congelación |
| Diseño del módulo de refrigeración                      | El diseño del sistema de refrigeración es didáctico por lo que: la forma de trabajo del intercambiador de calor puede ser: variado dependiendo de los casos. De igual manera la manipulación de los elementos. | Herramienta que permita al estudiante la interacción con el equipo y los sistemas.                   |
| Selección de elementos para el sistema de refrigeración | Cada elementos en el sistema es de acuerdo a la capacidad obtenida   | Calculo de la carga térmica,   |
| Construcción del bastidor                               | El bastidor está constituido de un tubo negro de 1*1.2 el del bastidor es sostener a toda la parte física del sistema.   | El bastidor sostiene a toda la parte física del sistema.   |
| Preparación de la tubería de cobre                      | La tubería es de cobre por ser un buen conductor térmico   | Preparada según el diseño propuesto.   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| Ubicación de elementos y accesorios                             | Cada uno de los elementos son ubicados según el diseño propuesto para que se cumpla el ciclo de refrigeración. | Elementos anexos del sistema, protección, seguridad, mantenimiento |
| Instalación del sistema eléctrico                               | Sistema automático por controlador   | Aplicación de tecnología   |
| Pruebas de funcionamiento del módulo didáctico de refrigeración | La puesta en marcha permite la calibración del sistema   | Corrección de fallas de funcionamiento                             |
| Ejercicios propuestos   | Cada ejercicio propuesto es de acuerdo al funcionamiento del elemento  | Aplicación de conocimientos  |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### *3.1.1. Cálculos de la carga térmica.*

#### **CÁMARA DE HIELO**

- T ambiente 22 °C
- T inicial de la cámara 15 °C
- T final de la cámara -20 °C
- Capacidad de 20 lt de agua
- Peso del producto = 20 kg
- Humedad relativa

Para la determinación de la carga térmica se tomara los siguientes aspectos:

- Calor sensible arriba de la carga térmica
- Calor latente de congelación
- Calor sensible por debajo del punto de congelación

#### *3.1.1.1.1 Calor Sensible Arriba De La Carga Térmica*

$$Q = W * C * (T_1 - T_2)$$

**DÓNDE:**

**Q**= calor a extenderse

**W**= peso del producto (Agua= 20 Kg)

C= calor específico por encima del punto de congelación ( $1000 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb} \cdot ^\circ\text{F}}$ )

T 1= temperatura inicial (288.150 °K)

T 2= temperatura final (273.15 °K)

$$T^\circ\text{K} = T^\circ\text{C} + 273.15$$

$$T^\circ\text{K} = 15^\circ\text{C} + 273.15 = 288.150^\circ\text{K}.$$

$$T^\circ\text{K} = 0^\circ\text{C} + 273.15 = 273.15^\circ\text{K}.$$

C= calor específico por encima de la congelación  $C = 1000 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb} \cdot ^\circ\text{F}}$

|          |          |          |            |
|----------|----------|----------|------------|
| 1000 BTU | 1.055 KJ | 1 Lb.    | 1 °F       |
| Lb. °F   | 1 BTU    | 0.453 Kg | 255.927 °K |

$$C = \frac{1,055 \text{ KJ}}{115.935 \text{ Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$C = 9.1 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$Q = W * C * (T_1 - T_2)$$

$$Q = 20 \text{ Kg} * 9.1 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * (288.150^\circ\text{K} - 273.15^\circ\text{K})$$

$$Q = 182.000 \frac{\text{KJ}}{^\circ\text{K}} * (288.150^\circ\text{K} - 273.15^\circ\text{K})$$

$$Q = 2,730.000 \text{ KJ}$$

### 3.1.1.1.2 Calor latente de congelación

$$Q = W * h_{if}$$

**DÓNDE:**

**Q**= calor a extenderse

**W**= peso del producto (Agua= 20 Kg)

**h<sub>if</sub>** = calor latente de fusión ( $333.152 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$ )

$$143,05 \text{ BTU} \quad 1.055 \text{ KJ} \quad 1 \text{ Lb.}$$

$$\text{Lb.} \quad 1 \text{ BTU} \quad 0.453 \text{ Kg}$$

$$h_{if} = 333.152 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q = 20 \text{ Kg} * 333.152 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q = 6,663.040 \text{ KJ.}$$

### 3.1.1.1.3 Calor sensible por debajo del punto de congelación

$$Q = W * C_i * (T_c - T_3)$$

**DÓNDE:**

**Q**= calor a extenderse

**W**= peso del producto (Agua= 20 Kg)

**C<sub>i</sub>**= calor específico por debajo del punto de congelación ( $4.22 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$ )

**T<sub>c</sub>**= temperatura congelación (273.15 °K)

**T<sub>3</sub>**= temperatura final (253.150 °K)

**T°K** = T°C + 273.15

**T°K** = -20 °C + 273.15 = 253.150 °K.

$$Q = 20 \text{ Kg} * 4.22 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} * (273.15 \text{ °K} - 253.150 \text{ °K})$$

$$Q = 1,688.000 \text{ KJ}$$

### 3.1.1.1.4 Carga total

**Q<sub>T</sub>**= Calor sensible arriba de la carga térmica+ Calor latente de congelación + Calor sensible por debajo del punto de congelación

$$Q_T = 2,730.000 \text{ KJ} + 6,663.040 \text{ KJ} + 1,688.000 \text{ KJ}$$

$$Q_T = 11,081.040 \text{ KJ}$$

### 3.1.1.1.5 Carga por hora

$$Q_H = \frac{Q_T}{H_T}$$

**DÓNDE:**

$Q_H$  = carga por hora (?)

$Q_T$  = carga total (11,081.040 KJ)

$H_T$  = hora de trabajo (16 H)

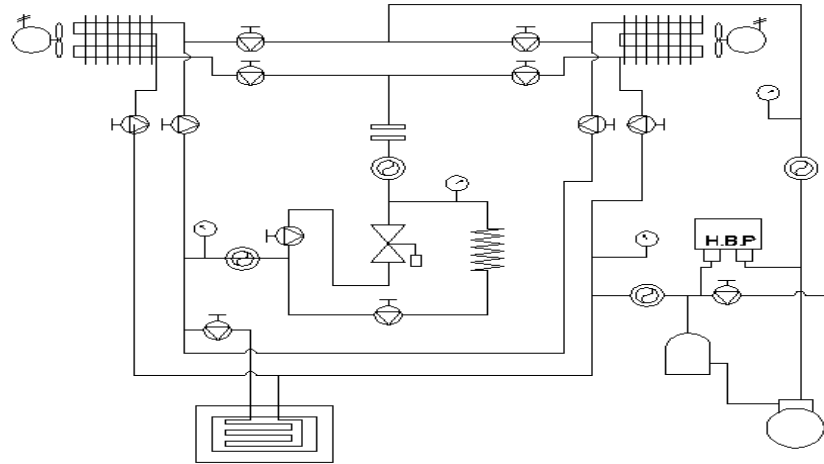
$$Q_H = \frac{11,081.040 \text{ KJ}}{16 \text{ H}}$$

$$Q_H = 692.565 \text{ KJ / H}$$

### 3.1.1.2. Diseño del módulo didáctico de refrigeración.

Después de haber obtenido la carga térmica se procede a hallar un diseño del módulo que sea didáctico para los Estudiantes manipulable y eficiente.

**Figura 3.1** Modulo didáctico de refrigeración



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### 3.1.1.3 Selección de los elementos para el módulo didáctico de refrigeración.

Luego del diseño y conocer los elementos a utilizar se procedió a seleccionar mediante la carga térmica y tablas rápidas para los frigoristas.

**Tabla 3.1** Elementos de módulo de refrigeración

| <b>ELEMENTOS PARA EL MODULO DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN</b> |                             |                 |
|--|-----------------------------|-----------------|
| <b>ELEMENTOS</b>   | <b>CAPACIDAD / POTENCIA</b> | <b>CANTIDAD</b> |
| INTERCAMBIADOR DE CALOR                                    | 3/8 hp                      | 3               |
| COMPRESOR HERMÉTICO  | 3/8 hp, 110 V               | 1               |
| TUBO CAPILAR   | 0.9                         | 2.50 m          |
| VÁLVULA TERMOSTÁTICA                                       | 3/8 hp                      | 1               |
| FILTRO SECANTE   | 1.5 ton , 3/8               | 1               |
| ACUMULADOR DE SUCCIÓN                                      | 5/8                         | 1               |
| VISORES O MIRILLAS   | 3/8                         | 4               |
| MANÓMETROS DE BAJA   | 250 psi                     | 2               |
| MANÓMETROS DE ALTA   | 500psi                      | 2               |
| VÁLVULAS MANUALES  | –                           | 12              |

|                           |           |    |
|---------------------------|-----------|----|
| VENTILADORES              | 18W, 110V | 2  |
| PRESÓSTATO DE ALTA Y BAJA | -         | 1  |
| AISLADOR TÉRMICO          | 3/8       | 6m |
| TERMÓMETROS               | -         | 3  |
| REFRIGERANTE              | R134 a    | 1  |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***3.1.1.4 Construcción del bastidor para el modulo didáctico de refrigeración.***

**Tabla 3.2** Materiales de construcción

| <b>MATERIAL</b>                   | <b>DIMENSIONES</b> | <b>CANTIDAD</b> |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------|
| Tubo cuadrado                     | 1*0.9m             | 2               |
| Plancha de aglomerado cara blanca | 9mm                | 1               |
| Remaches                          | 3/16               | 35              |
| Tornillos                         |                    |                 |

**Fuente:** Grupo investigación

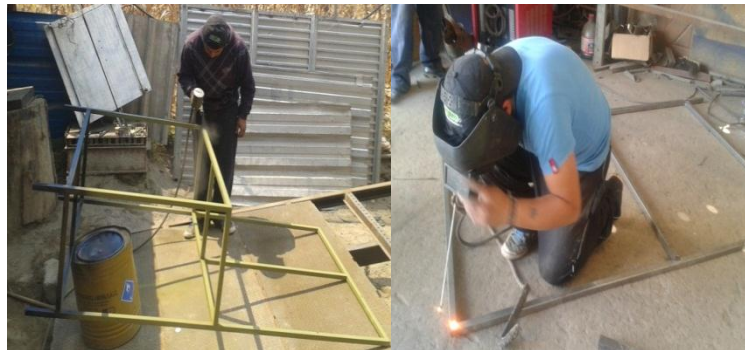
**Realizado por:** Grupo de investigación

Una vez realizado el diseño de el modulo didáctico de refrigeración y de acuerdo a los materiales a utilizar para la construcción se procede al dimensionamiento del bastidor en donde son la siguiente:

- Dimensionamiento frontal: alto: 1 m, ancho: 1,2 m
- Dimensionamiento transversal: alto: 2 m, ancho: 1,2 m
- Dimensionamiento base: alto lateral: 0.55 m, ancho: 1,2 m

Para la construcción del bastidor, se inició con el corte del tubo cuadrado de 1\*0.9 mm de las medidas antes mencionadas; Luego se procedió armar de forma cuadrangular utilizando las herramientas necesarias como son; suelda eléctrica, electrodo, amoladora. Compresor, etc.

**Figura 3.2** Construcción del bastidor



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

Para la ubicación de los elementos en el módulo didáctico de refrigeración se adquiere una plancha de 0.9 mm (aglomerado), que fue dimensionado y cortado previo al montaje de las siguientes medidas:

- Dimensionamiento frontal: alto: 1 m, ancho: 1,2 m
- Dimensionamiento transversal: alto: 2 m, ancho: 1,2 m

- Dimensionamiento base: alto lateral: 0.55 m, ancho: 1,2 m

Para el ensamblaje de las planchas de aglomerado en el bastidor se utilizó remaches 3/16 ubicándolos respectivamente en el margen del bastidor.

**Figura 3.3** Colocación de planchas de aglomerado



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### *3.1.1.5 Preparación de la tubería de cobre según el diseño.*

**Tabla N 3.3** Materiales utilizados para la preparación de la tubería de cobre.

| <b>MATERIAL</b> | <b>DIMENSIONES</b> | <b>CANTIDAD</b> |
|-----------------|--------------------|-----------------|
| Kit frigorista  | -                  | 1               |
| lija            | 240                | 2               |

|            |        |   |
|------------|--------|---|
| Flexómetro | metros | 3 |
| cañería    | rollo  | 1 |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

Los sistemas de refrigeración tradicionales usan cañería de diversos materiales para transportar el fluido refrigerante, el grupo de investigación ha tomado en cuenta para el diseño del módulo didáctico de refrigeración la cañería de cobre 3/8 ver anexo 12.

Para el ensamblaje de cada uno de los elementos en el módulo didáctico de refrigeración del diseño fue necesaria la utilización de un rollo de cañería el cual cuenta con 15 m.

**Figura 3.4** Corte de tubería



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

Según la ubicación de cada uno de los elementos y de acuerdo al plano se procede a cortar y doblar tomando en cuenta las uniones de cañería de cobre son soldadas y las conexiones a los elementos son abocados, ajustados y remachado con la respectiva tuerca para evitar fugas.

#### ***3.1.1.5.1 Avocación y Remachado***

Para el proceso de abocado y remachado se procedió a utilizar un kit de refrigeración en el cual consta de varios abocadares, los cuales permiten expandir el extremo de la cañería de acuerdo a la necesidad y diámetro, para algunos elementos fue necesario utilizar reducciones.

**Figura 3.5** Avocado

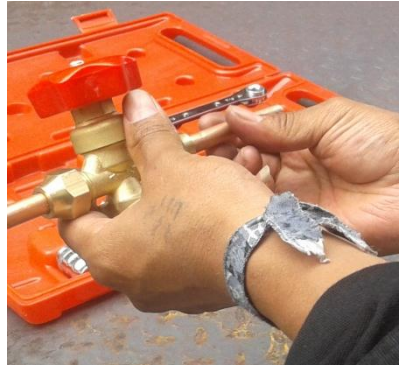


**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

Para remachar y evitar las fugas se procedió a enroscar la tuerca en el elemento hasta el punto de sujeción total con la ayuda de un sellante roscable y así evitar fugas.

**Figura 3.6** Remachado



**Fuente:** Grupo de Investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***3.1.1.6 Ubicación de elementos y accesorios en el módulo didáctico de refrigeración.***

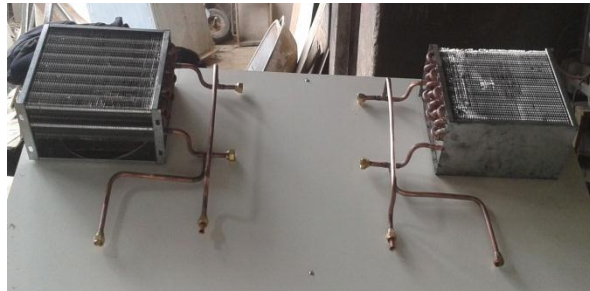
De acuerdo al diseño del módulo didáctico de refrigeración se procede a ubicar los elementos de la siguiente manera:

#### ***3.1.1.6.1 Intercambiadores de calor***

Para proporcionar un módulo didáctico de refrigeración para los estudiantes se toma en cuenta trabajar con tres intercambiadores de calor, dos de ellos ubicados en el medio ambiente y el otro aislado.

Par la ubicación de los dos intercambiadores de calor que se encuentran en el medio ambiente se procedió a medir y ubicar con la mayor distancia de separación posible entre los dos en el módulo didáctico de refrigeración, para sujetar los intercambiadores de calor al tablero de aglomerado se procedió a perforar un orificio y con tornillos 3/16 anteponiendo arandelas.

**Figura 3.7** Ubicación de intercambiadores de calor



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

El intercambiador tres al igual que los demás es sujetado bajo del módulo para hacer un aislamiento isotérmico es necesario aislar de forma térmicamente al medio ambiente con un recubrimiento metálico aislado con fibra de virio una distancia de 4 cm y así mantener la temperatura deseada, también proporcionar en parte inferior una bandeja para la recolección de agua.

**Figura 3.8** Ubicación de cámara de hielo



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***3.1.1.6.2 Filtro secante***

Como todo módulo didáctico de refrigeración uno de los principales elementos es el filtro secante es muy poroso, y por lo tanto, tiene una superficie muy grande expuesta al flujo y es en estos poros donde de una manera mecánica se atrapa y se retiene la humedad, en un sistema de refrigeración conviene más usar un filtro secante que remuevan la humedad por el proceso de adsorción. Por eso el filtro secante debe de estar ubicado después del condensado del fluido refrigerante y antes de la válvula de expansión para evitar la presencia de humedad en el sistema y así evitar taponamientos en las válvulas de expansión.

**Figura 3.9** Ubicación del filtro



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***3.1.1.6.3 Ubicación de las válvulas de expansión***

#### ***3.1.1.6.3.1 Tubo capilar***

Para la dimensión del tubo capilar requerido es seleccionado de acuerdo a la capacidad del módulo didáctico de refrigeración. Por eso de acuerdo a nuestro diseño se ha seleccionado un tubo capilar de diámetro interior de 0.9 mm con una longitud total de 2.50 m, el cual para la ubicación fue enrollado en un tubo redondo de 5 cm de diámetro así garantizando su forma de trabajar y facilitar la ubicación de este elemento ver anexo 11.

**Figura 3.10** Ubicación del serpentín



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### ***3.1.1.6.3.2 Válvula termostática***

**Figura 3.11** Ubicación de la válvula termostática



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

Para la ubicación de este elemento se tomó en cuenta la entrada y salida del fluido además para las válvulas de expansión se les debe colocar en el centro del módulo y para cumplir con la didáctica alado del tubo capilar y así entender el funcionamiento de cada uno de ellas ver anexos 9-10.

#### ***3.1.1.6.4 Ubicación de válvulas manuales.***

Para el modulo didáctico de refrigeración las válvulas manuales se usan para la restricción o paso del refrigerante con el fin de poder manipular por completo el modulo didáctico de refrigeración el cual costa de doce válvulas manuales ubicadas de acuerdo al diseño establecido para el sistema de refrigeración.

**Figura 3.12** Ubicación de válvulas manuales



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### 3.1.1.6.5 Ubicación de mirillas (visores)

Las mirillas, elementos que ayudan a entender el funcionamiento de un sistema de refrigeración, elementos que permiten la visualización del estado en que se encuentra el fluido refrigerante, para el modulo didáctico de refrigeración se ha ubicado cuatro mirillas, dos en la parte de alta presión y dos en la parte de baja presión. El fin de las mirillas es de poder observar cada uno de los estados del refrigerante en el módulo didáctico de refrigeración.

**Figura 3.13** Ubicación de mirillas



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

- Visor N.-1 está ubicado en la línea de compresión para observar la salida del fluido del compresor.
- Visor N.-2 está ubicado después del condensador, filtro y antes de las válvulas de expansión con el fin de observar el cambio de estado del fluido refrigerante.
- Visor N.-3 está ubicado después de las válvulas de expansión para observar el fluido refrigeración de cada una de ellas.

- Visor N.-4 está ubicado antes del acumulador de refrigerante para observar el estado de entrada a la línea de succión.

### ***3.1.1.6.6 Ubicación de manómetros***

Estos elementos nos permiten la visualización de las presiones del sistema y los cambios que presentan el fluido al pasar por cada uno de los elementos.

El modulo didáctico de refrigeración consta de cuatro manómetros dos de ellos ubicados en la de alta presión y los otros dos ubicados en la de baja presión cada uno de estos están ubicados juntos a los visores.

**Figura 3.14** Ubicación de manómetros



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***3.1.1.6.7 Acumulador de refrigerante (succión)***

Este elemento se lo ubica en la línea de baja presión y junto al compresor para evitar que recorra fluido en estado líquido al compresor, también acumula refrigerante y estabiliza el sistema de refrigeración.

**Figura 3.15** Ubicación de acumulador de succión



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

### ***3.1.1.6.8 Ubicación del compresor hermético***

Para la ubicación del compresor hermético se tomó en cuenta la línea de succión y la línea de compresión según el diseño, la ubicación del acumulador de refrigerante y del presóstato de alta y de baja presión estos elementos van conectados directamente al compresor hermético.

**Figura 3.16** Ubicación del compresor



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### ***3.1.1.6.9 Ubicación del presóstato de alta y baja.***

Este es un elemento de seguridad que protege al compresor y al sistema de presiones demasiadas bajas o demasiadas altas, la ubicación de este elemento se procedió a realizar en la parte superior del compresor hermético el presóstato de alta conectado a la línea de compresión con el fin de controlar al compresor y el presóstato de baja conectado a la línea de succión con el fin de controlar esta línea. Al pasar el punto de referencia ubicados por el usuario envía una señal al sistema de control apaga al compresor evitando el daño de el mismo ver anexo 13.

**Figura 3.17** Ubicación de presostato de alta y baja



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### ***3.1.1.6.10 Ubicación de los ventiladores.***

**Figura 3.18** Ubicación de ventiladores



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

Los ventiladores están ubicados detrás del intercambiador 1 y 2 con el fin de intercambiar calor con el medio ambiente ver anexo 8.

#### **3.2.1.1.11 Suelda:**

Para la unión de cada uno de los elementos con la cañería de cobre se ha utilizado la suelda autógena que consta de dos gases (carburo, oxígeno). Se ha elegido por comodidad eficiencia y economía, la misma q sirve para soldar este tipo de cañería con barrilla de cobre, se realizara este proceso para cada unión.

**Figura 3.19** Equipo de suelda



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

Para la línea de baja presión antes de soldar se toma en cuenta la introducción de la tubería dentro de un aislante térmico el cual impide la transferencia térmica del ambiente con la cañería ya que el cobre es un buen conductor térmico.

### ***3.1.1.7 Diseño e instalación del sistema eléctrico***

**Tabla 3.4** Materiales utilizados para el sistema eléctrico.

| <b>MATERIAL</b>                       | <b>DIMENSIONES</b> | <b>CANTIDAD</b> |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Contactares                           | 220 V              | 4               |
| Luz piloto                            | 110 V              | 6               |
| Interruptor termo magnético bi fasico | 220 V              | 1               |
| Controlador de temperatura            | 110 V              | 1               |
| Pulsadores                            | 110 V              | 6               |
| Voltímetro                            | 9 V                | 1               |
| Amperímetro                           | 9 A                | 1               |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### ***3.1.1.7.1 Ubicación del tablero de control***

Para el control y manipulación del módulo didáctico de refrigeración se ha ubicado un tablero el cual costa de un controlador digital MT-RiPLUS el cual permite tener un control total del congelamiento y desescarche de todo el sistema de refrigeración.

Para el control de la potencia del arrancado del motor y de los ventiladores se realizó por control de contactores de igual manera para el sistema de seguridad de presión.

**Figura 3.20** Ubicación del tablero de control



**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

## **4 RECURSOS Y PRESUPUESTOS.**

### **4.1. RECURSOS.**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizaran los siguientes recursos:

#### **4.1.1 HUMANOS.**

**Tabla 4.1** Presupuestos humanos

| <b>NOMBRE</b>       | <b>CANTIDAD</b> |
|---------------------|-----------------|
| Tesistas            | 2               |
| Director de Tesis   | 1               |
| Asesores            | 1               |
| Auxiliares de Campo | 2               |
| <b>TOTAL:</b>       | <b>6</b>        |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### **4.1.2 MATERIALES DE OFICINA.**

**Tabla 4.2** Desglose de presupuestos materiales de oficina.

| <b>NOMBRE</b>                  | <b>CANTIDAD</b> | <b>VALOR<br/>UNITARIO</b> | <b>VALOR<br/>TOTAL</b> |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Impresiones                    | 2000            | 0,04                      | 80                     |
| Anillados.                     | 8               | 3                         | 24                     |
| Empastados.                    | 3               | 10                        | 30                     |
| Copias                         | 1000            | 0,02                      | 20                     |
| Cartuchos de impresora.        | 2               | 24                        | 48                     |
| Resmas de papel bond A4. 75gr. | 2               | 5                         | 10                     |
| Otros.                         | 0               | 0                         | 0                      |
|                                |                 | <b>TOTAL:</b>             | 212                    |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### **4.1.3 MATERIALES TECNOLÓGICOS.**

**Tabla 4.3** Desglose de presupuestos materiales tecnológicos.

| <b>NOMBRE</b>                        | <b>CANTIDAD</b> | <b>VALOR<br/>UNITARIO</b> | <b>VALOR<br/>TOTAL</b> |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Uso computador con<br>Windows XP (h) | 100             | 0,8                       | 80                     |

|                                  |     |              |     |
|----------------------------------|-----|--------------|-----|
| Memory Flash.                    | 2   | 15           | 30  |
| Uso internet.(h)                 | 100 | 0,8          | 80  |
| Capacitación grupo investigador. | 2   | 50           | 100 |
| Impresora Láser.                 | 720 | 0,1          | 72  |
|                                  |     | <b>TOTAL</b> | 362 |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### **4.1.4 MATERIALES DE TALLER.**

**Tabla 4.4** Desglose de presupuestos materiales de taller.

| <b>NOMBRE</b>                 | <b>CANTIDAD</b> | <b>VALOR UNITARIO</b> | <b>VALOR TOTAL</b> |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Triplex                       | 1               | 35                    | 35                 |
| Tubo cuadrado reforzado 1*1.5 | 3               | 12                    | 36                 |
| Tubo de cobre 1/2 (Rollo)     | 1               | 80                    | 80                 |
| Tubo de cobre 3/4 (1/2 Rollo) | 1               | 50                    | 50                 |
| Refrigerante                  | 4               | 10                    | 40                 |
| Compresor                     | 1               | 195                   | 195                |
| Condensador                   | 2               | 100                   | 200                |
| Evaporador                    | 1               | 50                    | 50                 |
| Manómetros                    | 5               | 10                    | 50                 |
| Presostato                    | 1               | 90                    | 90                 |
| Termostato Digital            | 1               | 60                    | 60                 |
| Oxigeno                       | 1               | 40                    | 40                 |

|                               |    |     |      |
|-------------------------------|----|-----|------|
| Válvulas                      | 10 | 12  | 120  |
| Filtros                       | 1  | 15  | 15   |
| Quit para soldar              | 1  | 20  | 20   |
| Voltímetro                    | 1  | 10  | 10   |
| Amperímetro                   | 1  | 10  | 10   |
| Acumulador de succión         | 1  | 120 | 120  |
| Cortar tubos                  | 1  | 5   | 5    |
| Quit de Herramientas manuales | 1  | 50  | 50   |
| TOTAL:                        |    |     | 1276 |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

## ***4.2 PRESUPUESTO.***

### ***4.2.1 COSTOS DIRECTOS.***

**Tabla 4.5 Costos directos**

| <b>DESCRIPCIÓN</b> | <b>TOTAL</b> |
|--------------------|--------------|
| Oficina            | 212,         |
| Tecnológico        | 362          |
| Taller             | 1,276        |
| <b>TOTAL</b>       | <b>3522</b>  |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### **4.2.2 COSTOS INDIRECTOS.**

**Tabla 4.6 Costos indirectos**

| DESCRIPCIÓN       | TOTAL      |
|-------------------|------------|
| Alimentación      | 250        |
| Transporte        | 100        |
| Auxiliar de campo | 200        |
| <b>TOTAL:</b>     | <b>550</b> |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

#### **4.2.3 COSTO TOTAL DEL PROYECTO.**

**Tabla 4.7 Costos total del proyecto**

| DESCRIPCIÓN       | TOTAL       |
|-------------------|-------------|
| Costos directos   | 1850        |
| Costos indirectos | 550         |
| <b>TOTAL:</b>     | <b>2400</b> |

**Fuente:** Grupo de investigación

**Realizado por:** Grupo de investigación

## CONCLUSIONES.

- Se podría decir que nuestro objetivo principal el de diseñar y construir un módulo didáctico de refrigeración para la universidad técnica de Cotopaxi se ha culminado con el éxito deseado.
- El módulo didáctico de refrigeración es muy amplio. El estudiante podrá aplicar de forma práctica todo lo aprendido teóricamente, donde conseguirá aclarar sus dudas y adquirir experiencia técnica.
- El modulo didáctico de refrigeración está basado en el ciclo de Carnot. Aplicando la forma de trabajo de refrigeración por compresión de vapor.
- El modulo didáctico de refrigeración cuenta con una guía de prácticas donde podrá el estudiante identificar y manipular cada uno de los elementos en el banco de prácticas permitiéndole familiarizarse con el sistema de refrigeración aplicado:
- El modulo didáctico de refrigeración podemos decir que va tener un rango de trabajo con una presión entre de baja y de alta
- Los fluidos refrigerantes cuentan con una lista muy amplia y se diferencian entre ellos por sus relaciones de presión-temperatura, por sus rendimientos de calor sensible (producción de frio).
- Para la elección de la cámara de hielo se tomó en cuenta una referente a los cálculos ya que es muy difícil encontrar en el mercado una cama de hielo de nuestras características.
- El modulo didáctico de refrigeración es una máquina de producción de frio a compresión está compuesta con los siguientes elementos: compresor, condensador, evaporador, un capilar para la expansión o válvula de expansión termostática.

- Para la distribución de cada uno de los elementos se tomó en cuenta nuestro diseño con la disponibilidad de espacio existente, instalando de una mejor manera que ayudara a la manipulación del sistema.
- Todos los aparatos frigoríficos pueden tener problemas de funcionamiento por razones diversas: defectos de algún componente, malas determinaciones, mal mantenimiento, malos conceptos de instalación y uso.
- Un fluido se comporta de manera distinta, según su estado actual y su forma transitoria. Todos estos valores dependen de la relación de presión-temperatura de cada fluido, de forma singular y específica.

## RECOMENDACIONES.

- Es recomendable que para la conexión avellanada de la tubería con acoples metálicos debe de ser hecho de forma correcta si se desean uniones herméticas, por ello es necesario la utilización de herramientas especiales y de la práctica necesaria.
- Para la unión de la tubería del refrigerante con calor (soldadura) se recomienda, encontrar la flama adecuada que ayudara a la fundición de las barras de cobre con la tubería de refrigerante a ser unidas y use anteojos de seguridad.
- Se recomienda no soldar con la soldadura más común que es la mezcla de estaño y de plomo, porque no está recomendado para trabajos de refrigeración, este tipo de soldadura es más utilizada para sistemas de calefacción.
- Se Debe realizar un buen acompañamiento de tubería con las tuercas para evitar que existan fugas en el sistema.
- En caso de tomar en cuenta como una práctica la cargar del sistema, se recomienda realizar correctamente el vacío del sistema de refrigeración para así no tener ningún inconveniente en el momento de comprobar la carga de gas.
- Se recomienda para el mantenimiento o cambio de la válvula de bulbo o válvula de expansión termostática, tomar muy en cuenta el recorrido del fluido por la válvula e identificar la entrada, salida del fluido refrigerante y así pueda trabajar correctamente el sistema.
- Se recomienda tomar muy en cuenta las presiones de los manómetros tanto como de baja y de alta en el momento de arrancar el sistema.

- Se recomienda para la programación del termostato digital informarse correctamente para configurar el control de apertura del contacto del módulo didáctico de refrigeración en un rango de temperatura que establezcamos.
- Observar por medio de las mirillas la trayectoria del fluido refrigerante, ya que esto determinara el estado y la forma de trabajo del fluido dentro del sistema de refrigeración.
- Se recomienda que para la selección de cambio de trabajo en el módulo didáctico de refrigeración se debe apagar el proceso para poder iniciar con el otro proceso.
- Antes de realizar las prácticas en el módulo didáctico de refrigeración se recomienda la revisión de las posibles fugas, parámetros de temperaturas, instalaciones eléctricas, estado del refrigerante para que sea correcto el funcionamiento del módulo didáctico de refrigeración.
- Se recomienda que para cualquier falla encontrada en el módulo didáctico de refrigeración, deberá ser analizado minuciosamente según los planos de control o de mando del sistema de refrigeración.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

### ***BIBLIOGRAFÍA CITADA***

- American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE),
- CARNUCER, Arrollo, Aire Acondicionado 5ta Edición, 2002, (Pág.: 11-63):
- CENGEL, Yanus y BOLES Michaela, Termodinámica 4ta edición, 2004, (Pág. 548-569):
- FAIRES, Termodinamica 4ta educion,2002:

### ***BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA***

- Manual de refrigeración,(2007) Juan Manuel franco lijo, editorial reverté.
- Técnicas de refrigeración,(2008) Luis Jutglar y Ángel I. Mirand, editorial técnicas
- Técnicas de refrigeración y aire acondicionado, (2010)sexta edición, mARCOMBo S.A
- Aire acondicionado,(2008) quinta edición, Enrique Carnicer Arroyo, editorial paraninfo.
- Manual de aire acondicionado y calefacción , (2010)cf muller, editorial alfaomega s.a
- Aire acondicionado y refrigeración,(1998) roger a. Fischer y ken chernoff, editorial Mc grawill
- Instalaciones frigoríficas, (1993)pj rapin, mARCOMBo S.A
- Refrigeración comercial,(2008) dick wirz, editorial paraninfo.
- P.J. Rapin, Instalaciones Frigoríficas, Tomo 2, Marcombo, Barcelona, 1986 nos menciona que:

- CARNUCER, Arrollo, Aire Acondicionado 5ta Edición, 2002, (Pág.: 11-63):
- FAIRES, Termodinamica 4ta educion,2002:
- CENGEL, Yanus y BOLES Michaela, Termodinámica 4ta edición, 2004, (Pág. 548-569):
- WARREN Marsh y THOMAS Olivo. Principios de refrigeración. México.
- DOSSAT Roy. Principios de refrigeración. México. Compañía Editorial Continental. S.A. 2000
- TRATADO GENERAL DE REFRIGERACIÓN. Centro Regional de Ayuda
- ROGER Luis. Manual de refrigeración. Barcelona. Editorial Sintesis.
- CINTERFOR. Mecánico de refrigeración. Colecciones básicas Cinterfor.
- CARRIER INTERNACIONAL LIMITED. Impreso en EE.UU. 1998
- SENA PUBLICACIONES. Refrigeración y climatización. Dirección

### ***LITOGRAFÍA***

- [http://www.google.com.ec/#hl=es&q=modulo&tbs=dfn:1&tbo=u&sa=X&ei=P2eYUPLGEoma8gTq7IHwCQ&ved=0CBsQkQ4&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.r\\_qf.&fp=beac41d89eb66a4a&bpcl=37189454&biw=1280&bih=656](http://www.google.com.ec/#hl=es&q=modulo&tbs=dfn:1&tbo=u&sa=X&ei=P2eYUPLGEoma8gTq7IHwCQ&ved=0CBsQkQ4&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.&fp=beac41d89eb66a4a&bpcl=37189454&biw=1280&bih=656)
- <http://es.scribd.com/doc/18938772/BUENAS-PRACTICAS-DE-LABORATORIO>
- <http://www.slideshare.net/ydanw/que-es-un-modulo-educativo>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_frigor%C3%ADfico](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_frigor%C3%ADfico)
- <http://casanchi.com/fis/conceptostermo01.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos15/transf-calor/transf-calor.shtml>  
<http://www.monografias.com/trabajos15/transf-calor/transf-calor.shtml>
- En la página de internet <http://www.preparatoriaabierta.com.mx/fisica-2/fisica2-fasc3.php>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Refrigeraci%C3%B3n> nos dice que
- <http://usuarios.multimania.es/yxtzbldz85/newpage.html> nos dice:

- <http://casanchi.com/fis/conceptostermo01.htm>
- En la página <http://www.wordreference.com/definicion/calor>
- <http://www.caloryfrio.com/200712282796/aire-acondicionado/bomba-de-calor-reversible/sistemas-de-refrigeracion.html>.