

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA CLIMATIZADA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA CALIBRAR Y CERTIFICAR INSTRUMENTOS DE PRECISIÓN COMANDADA Y MONITOREADA POR PC

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTROMECAÁNICA**

AUTORES:

PABLO RICARDO BENAVIDES RAMOS

SANTIAGO JAVIER CARRASCO SOLÍS

Latacunga, Octubre del 2010

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Pablo Ricardo Benavides Ramos y Santiago Javier Carrasco Solís.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA CLIMATIZADA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA CALIBRAR Y CERTIFICAR INSTRUMENTOS DE PRECISIÓN COMANDADA Y MONITOREADA POR PC”, ha sido desarrollada en base a una investigación exhausta, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que consten al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Octubre del 2010.

Pablo Ricardo Benavides Ramos

1714291265

Santiago Javier Carrasco Solís

1804154563

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Pablo Ricardo Benavides Ramos y Santiago Javier Carrasco Solís.

Autorizamos a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA CLIMATIZADA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA CALIBRAR Y CERTIFICAR INSTRUMENTOS DE PRECISIÓN COMANDADA Y MONITOREADA POR PC”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Octubre del 2010.

Pablo Ricardo Benavides Ramos

1714291265

Santiago Javier Carrasco Solís

1804154563

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por los señores, Pablo Ricardo Benavides Ramos y Santiago Javier Carrasco Solís, previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico respectivamente.

Latacunga, Octubre del 2010.

Ing. Fausto Acuña

Ing. Wilson Trávez

El presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por:

BENAVIDES RAMOS PABLO RICARDO
JAVIER
CI: No.- 1714291265

CARRASCO SOLÍS SANTIAGO
CI: No.- 1804154563

Ing. Mario Jiménez
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar
SECRETARIO ACADÉMICO

Dedicatoria

*“La suerte del hombre, no está en tener fortuna,
sino, en ser afortunado”.*

Logrando culminar un objetivo más en mi vida, este trabajo, y toda mi carrera, quiero dedicar, a mis padres Vicente y María Elena, que han sido mi principal apoyo e incondicional muestra de amor y respeto durante toda mi existencia y son quienes más quiero en mi vida, agradeciéndoles de todo corazón por confiar en mí, por estar pendientes a cada instante y por todo el esfuerzo realizado, esperando no haberles defraudado.

A mi abuelita Margarita, por haberse preocupado de mi bienestar en el inicio de mi carrera, siendo una muestra de lucha y esfuerzo constante.

A mis hermanas Rocío, Lupe y a mi hermano Rolando, quienes fueron mi guía, mi fuente de superación y apoyo, mi comprensión y rivalidad, con todo respeto les dedico esta nueva meta de mi vida.

*“He aprendido, que todos quieren vivir en la cima de la montaña,
pero toda la felicidad, pasa mientras la escalas”.*

“He aprendido, que se necesita gozar del viaje, y no pensar solo en la meta”.

Santiago Javier

Agradecimiento

A la Escuela Politécnica del Ejército Extensión – Latacunga por contribuir e impulsar al desarrollo profesional y humano de las nuevas generaciones, a los profesores de la institución, que gracias a los conocimientos impartidos en las aulas durante mis estudios, he podido desarrollarme como persona en el campo intelectual, espiritual y profesional. Al director y codirector de tesis Ing. Fausto Acuña e Ing. Wilson Trávez, por su apoyo incondicional, llevando a cabo con éxito la culminación del proyecto.

Al Ing. Guillermo Armendáriz, Gerente de TERMOINGENIERÍA, al Ing. Diego Almeida de la INEN, Ing. Marco Valencia de HONEYWELL e Ing. Marco Quinga, por la ayuda brindada para la realización de la tesis.

Mis más sinceros agradecimientos a mis tías, Martha y Gina Solís, al igual que a mi prima Paulina Gallardo y a la Flia. Benavides Ramos, por acogerme en sus hogares durante mi período de estudios y culminación de este proyecto, esperando no haberles incomodado en ningún momento, gracias por brindarme su apoyo y preocupación.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos Pablo, Javier, Raúl, Diego y a Evelyn, a quienes siempre admire su sencillez, sabiduría, alegría e inteligencia, al compartir momentos importantes y que con solidaridad me apoyaron en los momentos difíciles de mi vida politécnica, de manera directa o indirectamente hicieron posible la culminación de este proyecto.

Santiago Javier

Dedicatoria

Dedico este proyecto de tesis a mis padres Pablo y Martha, y a mi hermano David, que gracias a su sacrificio he logrado la realización de este proyecto de tesis.

Pablo Ricardo

Agradecimiento

Agradezco, a todas la personas que me apoyaron en el transcurso de mis estudios en la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, en especial a mis amigos Javier, Raúl, Diego, Santiago y Estefanía.

También agradezco a los ingenieros Fausto Acuña y Wilson Trávez, Director y Codirector del presente proyecto de tesis respectivamente.

Finalmente agradezco al Ing. Guillermo Armendáriz, gerente de la empresa TERMOINGENIERÍA por ayudarnos en este proyecto de tesis.

Pablo Ricardo

RESUMEN

Las crecientes exigencias del mercado y de los potenciales consumidores hacen que las empresas estén siempre buscando nuevas formas de comprobar la calidad y excelencia de sus productos. Es por ello que las compañías invierten en el constante mejoramiento en sus controles de precisión y en la conquista de certificaciones que comprueben y garanticen los estándares de calidad.

Este tipo de aplicaciones son muy amplias especialmente en la industria, pero no existen las suficientes compañías con equipos que permitan certificar y calibrar los instrumentos, por lo que las empresas incluso recurren a certificadores internacionales para estos fines.

El planteamiento del proyecto lo realizó la empresa TERMOINGENIERÍA situada en el norte de la ciudad de Quito, dedicada al suministro e instalación de sistemas de refrigeración, aire acondicionado, ventilación doméstica e industrial, que requiere una cámara climatizada que permita controlar humedad y temperatura para calibrar instrumentos.

Para el desarrollo de éste proyecto, se diseñará los sistemas de refrigeración, calefacción, y humidificación seleccionando los elementos con disponibilidad en el mercado, así también el controlador de temperatura y humedad, que nos permita el monitoreo de la cámara climatizada, mediante una adecuada interfaz de comunicación con el computador. Para lo cual tenemos como datos iniciales de diseño:

Lugar de Aplicación: Planta de la Empresa TERMOINGENIERÍA, sector Carcelén Alto – Quito.

Rangos requeridos para la cámara climatizada:

Temperatura: 10 a 40°C.

Humedad: 40 a 90%HR

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	- 1 -
GENERALIDADES Y FUNDAMENTO TEÓRICO.....	- 1 -
1.1.- GENERALIDADES	- 1 -
1.1.1.- ANTECEDENTES	- 1 -
1.1.2.- OBJETIVOS	- 1 -
1.1.3.- IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.....	- 2 -
1.1.4.- METAS	- 2 -
1.1.5.- METODOLOGÍA.....	- 3 -
1.2.- MARCO TEÓRICO.....	- 3 -
1.2.1.- FUNDAMENTOS.....	- 3 -
1.3.- CÁMARA CLIMATIZADA	- 20 -
1.3.1.- INTRODUCCIÓN.....	- 20 -
1.4.- SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	- 23 -
1.4.1.- CONSIDERACIONES GENERALES.....	- 23 -
1.4.2.- REFRIGERACION MECÁNICA.....	- 23 -
1.4.3.- GASES REFRIGERANTES	- 27 -
1.4.4.- FILTRO DE AIRE	- 35 -
1.5.- SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN.....	- 36 -
1.5.1.- HUMEDAD RELATIVA	- 36 -
1.5.2.- HUMIDIFICACIÓN.....	- 36 -
1.5.3.- HUMIDIFICADORES.....	- 36 -
1.6.- SISTEMA DE CALEFACCIÓN.....	- 40 -
1.6.1.- CALEFACCIÓN ELÉCTRICA	- 40 -
1.6.2.- CALEFACCIÓN POR GAS	- 41 -
1.6.3.- CALEFACCIÓN POR GASÓLEO	- 42 -
1.7.- CALIBRACIÓN	- 42 -
1.7.1.- TERMINOLOGÍA	- 43 -
1.7.2.- CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	- 46 -
1.7.3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	- 47 -
1.8.- CERTIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN	- 50 -
1.8.1.- INFORMACIÓN GENERAL.....	- 50 -
1.8.2.- INFORMACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	- 51 -
1.8.3.- RESULTADOS DE MEDICIÓN	- 51 -
1.9.- NORMAS ASHRAE.....	- 51 -
1.9.1.- NORMAS ASHRAE PARA REFRIGERACIÓN	- 52 -
1.9.2.- NORMAS ASHRAE PARA CALEFACCIÓN	- 62 -

1.9.3.-	NORMAS ASHRAE PARA HUMIDIFICACIÓN	- 63 -
1.10.-	MONITOREO	- 65 -
1.10.1.-	SISTEMAS SCADA	- 65 -
1.10.2.-	RED ETHERNET	- 70 -
1.10.3.-	INTERFAZ RS – 485.....	- 76 -
<u>CAPÍTULO II.....</u>		- 82 -
<u>DISEÑO Y SELECCIÓN</u>		- 82 -
2.1.-	DISEÑO DE LA CÁMARA TÉRMICA.....	- 82 -
2.1.1.-	ANÁLISIS DE LAS DIMENSIONES	- 82 -
2.2.-	SELECCIÓN DEL TIPO DE AISLAMIENTO	- 83 -
2.2.1.-	CARACTERÍSTICAS PARA LA SELECCIÓN.....	- 83 -
A.-	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.....	- 83 -
B.-	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA	- 84 -
C.-	CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA E INSTALACIÓN	- 84 -
D.-	CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD.....	- 85 -
2.3.-	DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN DE LA CÁMARA	- 89 -
2.4.-	DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN.....	- 89 -
2.4.1.-	CÁLCULO DE LA CARGA DE CALEFACCIÓN POR TRANSMISIÓN- 89 -	
2.4.1.1.-	CÁLCULO DE LA CARGA DE CALEFACCIÓN POR TRANSMISIÓN DE LAS PAREDES DE POLIURETANO q	- 89 -
2.4.2.-	CARGA POR INFILTRACIÓN DE AIRE.....	- 94 -
2.4.3.-	CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN	- 95 -
2.4.4.-	SELECCIÓN DEL TIPO DE CALEFACCIÓN.....	- 95 -
2.5.-	DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	- 95 -
2.5.1.-	CÁLCULO CARGA DE REFRIGERACIÓN POR TRANSMISIÓN.....	- 95 -
2.5.2.-	CARGA DEL PRODUCTO.....	- 97 -
2.5.3.-	CARGA INTERNA	- 98 -
2.5.4.-	CARGA POR INFILTRACIÓN DE AIRE.....	- 99 -
2.5.5.-	SELECCIÓN Y CÁLCULO DE CARGA EQUIPO RELACIONADO ...	- 99 -
2.5.6.-	CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN	- 100 -
2.5.7.-	SELECCIÓN DEL GAS REFRIGERANTE	- 100 -
2.5.8.-	SELECCIÓN DEL COMPRESOR, EVAPORADOR, CONDENSADOR, VÁLVULA DE EXPANSIÓN.	- 102 -
2.6.-	DISEÑO DEL SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN.....	- 113 -
2.6.1.-	CÁLCULO DE LA CARGA DE HUMIDIFICACIÓN.....	- 113 -
2.7.-	SELECCIÓN DEL CONTROLADOR.....	- 114 -
2.7.1.-	SELECCIÓN DE LA INTERFAZ	- 115 -
2.8.-	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	- 115 -

2.8.1.- CÁLCULO DE CARGA PARA DIMENSIONAMIENTO DE CONTACTORES Y RELÉ	- 116 -
2.8.2.- SELECCIÓN DE CONTACTORES Y RELÉ	- 118 -
2.8.3.- CÁLCULO DEL CONDUCTOR.....	- 119 -
2.8.4.- CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN TÉRMICA	- 121 -

CAPÍTULO III..... - 122 -

CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y OPERACIÓN - 122 -

3.1.- CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA CLIMATIZADA.....	- 122 -
3.1.1.- CONSTRUCCIÓN DE LA CAJA TÉRMICA	- 122 -
3.1.2.- CONSTRUCCIÓN EQUIPO AIRE ACONDICIONADO	- 127 -
3.1.2.1.- PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR TUBERÍAS.....	- 128 -
3.1.3.- CONSTRUCCIÓN BASE SOPORTE.....	- 133 -
3.2.- MONTAJE DE LA CÁMARA CLIMATIZADA.....	- 133 -
3.2.1.- INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	- 134 -
3.2.2.- PROGRAMACIÓN DE LOS CONTROLADORES.....	- 136 -
3.3.- OPERACIÓN DE LA CÁMARA CLIMATIZADA	- 138 -
3.3.1- PARTES DE LA CÁMARA CLIMATIZADA.....	- 139 -
1. EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO.....	- 140 -
2. CAJA TÉRMICA.....	- 141 -
3. BASE SOPORTE Y HUMIDIFICADOR	- 142 -
4. CAJA CIRCUITOS ELÉCTRICOS	- 143 -
5. CAJA CONTROLADORES.....	- 143 -
3.3.2- CONFIGURACIÓN CONTROLADOR MT531Ri – PLUS	- 144 -
3.3.2.1- DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS	- 145 -
3.3.3- CONFIGURACIÓN INTERFAZ CONV32.....	- 150 -
3.3.3.1- DESCRIPCIÓN	- 150 -
3.4.- ANÁLISIS DE COSTOS INVERTIDOS EN EL PROYECTO	- 151 -

CAPÍTULO IV - 154 -

ENSAYOS Y MANTENIMIENTO..... - 154 -

4.1.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	- 154 -
4.1.1.- PRUEBA DE ENCENDIDO – APAGADO DE LOS ELEMENTOS	- 154 -
4.1.1.1.- RESULTADOS	- 155 -
4.1.2.- PRUEBAS EN TEMPERATURAS MÁXIMA, MÍNIMA Y MEDIA	- 156 -
4.1.2.1.- PRUEBA A 10°C.....	- 156 -
4.1.2.1.1.- RESULTADOS	- 156 -

4.1.2.2.- PRUEBA A 25°C.....	- 158 -
4.1.2.2.1- RESULTADOS	- 158 -
4.1.2.3.- PRUEBA A 40°C.....	- 159 -
4.1.2.3.1.- RESULTADOS	- 159 -
4.1.2.4.- ANÁLISIS DE LAS CURVAS RESULTANTES.....	- 161 -
4.1.2.5- RELACIÓN TEMPERATURA HUMEDAD	- 161 -
4.1.3.- PRUEBAS DE CALIBRACIÓN A INSTRUMENTOS	- 162 -
4.2.- MANUAL DE MANTENIMIENTO	- 175 -
4.2.1.- COMPRESOR.....	- 175 -
4.2.2.- FILTRO DE ENTRADA DE AIRE	- 176 -
4.2.3.- VENTILADOR DEL CONDENSADOR Y VENTILADOR DEL EVAPORADOR.....	- 177 -
4.2.4.- LA PÉRDIDA DE REFRIGERANTE	- 177 -
4.2.5.- SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LA CÁMARA CLIMATIZADA.....	- 177 -
4.3.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	- 180 -
4.3.1.- COMPRESOR DE REFRIGERACIÓN.....	- 180 -
4.3.2.- FILTRO DE AIRE	- 180 -
4.3.3.- SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	- 180 -
4.3.4.- CONDENSADOR	- 180 -
4.3.5.- EVAPORADOR	- 181 -
4.3.6.- RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	- 181 -
4.3.7.- HUMIDIFICADOR.....	- 181 -
4.3.8.- TABLERO ELÉCTRICO	- 181 -
4.4.1.- EQUIPO DE SEGURIDAD.....	- 182 -
4.4.2.- TAREAS DE ALTO RIESGO	- 182 -
4.4.3.- RIESGOS PARA LA SALUD.....	- 182 -
4.4.4.- RECOMENDACIONES ADICIONALES.....	- 183 -
4.4.5.- SITUACIONES DE RIESGO.....	- 183 -
<u>CAPÍTULO V</u>	<u>- 184 -</u>
<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</u>	<u>- 184 -</u>
5.1.- CONCLUSIONES	- 184 -
5.2.- RECOMENDACIONES	- 185 -
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>- 187 -</u>

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1	Escalas Termométricas.	- 4 -
TABLA 1.2	Clasificación de los refrigerantes.	- 33 -
TABLA 1.3	Refrigerantes en Ecuador y sustitución ASHRAE.	- 34 -
TABLA 1.4	Comparación de resultados del termómetro de resistencias de platino	- 49 -
TABLA 1.5	Conductividad térmica de aislamientos.	- 54 -
TABLA 1.6	Compensación del Efecto Solar.	- 54 -
TABLA 1.7	Ganancia de Calor debido a motores eléctricos comunes.....	- 58 -
TABLA 1.8	Relación de calor sensible <i>RS</i> para infiltración por puertas a espacios refrigerados.....	- 60 -
TABLA 1.9	Comparación entre interfaz RS 232 y RS 485.....	- 79 -
TABLA 2.1	Conductividad térmica de aislamientos	- 84 -
TABLA 2.2	Comparación de Materiales aislantes. (FAO, El uso del hielo en pequeñas embarcaciones de pesca)	- 85 -
TABLA 2.3	Características térmicas del acrílico	- 87 -
TABLA 2.4	Carga total de calefacción.	- 95 -
TABLA 2.5	Carga total de refrigeración.	- 100 -
TABLA 2.6	Temperaturas gases refrigerantes a presión atmosférica.....	- 100 -
TABLA 2.7	Guía gases refrigerantes y aplicaciones.....	- 101 -
TABLA 2.8	Disposición salidas de los controladores.....	- 116 -
TABLA 2.9	Cargas polo1 contactor de refrigeración.....	- 117 -
TABLA 2.10	Cargas polo 2 contactor de refrigeración.....	- 117 -
TABLA 2.11	Cargas polo 1 contactor de calefacción.....	- 117 -
TABLA 2.12	Cargas polo 2 contactor de calefacción.....	- 117 -
TABLA 2.13	Cargas contacto abierto relé de humidificación.....	- 118 -
TABLA 3.1	Parámetros de los controladores.....	- 137 -
TABLA 3.2.-	Análisis de costos del proyecto	- 152 -
TABLA 4.1	Corrientes y voltajes a 10°C	- 157 -
TABLA 4.2	Corrientes y voltajes a 25°C	- 159 -
TABLA 4.3	Corrientes y voltajes a 40°C	- 160 -
TABLA 4.4	Relación temperatura humedad	- 161 -
TABLA 4.5	Mediciones a 23°C (EXTECH).....	- 165 -
TABLA 4.6	Mediciones a 22.5°C (EXTECH).....	- 166 -
TABLA 4.7	Mediciones a 22°C (EXTECH).....	- 167 -
TABLA 4.8	Comparación de resultados del higo-termómetro.....	- 168 -
TABLA 4.9	Mediciones a 23°C (MASTECH).....	- 171 -
TABLA 4.10	Mediciones a 22.5°C (MASTECH).....	- 172 -
TABLA 4.11	Mediciones a 22°C (MASTECH).....	- 173 -
TABLA 4.12	Comparación de resultados del MASTECH.....	- 175 -

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 Escalas Termométricas.....	- 5 -
FIGURA 1.2 Esquema superpuesto sistema de refrigeración y un gráfico de Mollier.	- 24 -
FIGURA 1.3 (A) Corte en sección de un humidificador de derivación, mostrando el flujo de aire desde la cámara impelente a través del soporte, hacia el retorno. (B) Instalaciones comunes.....	- 37 -
FIGURA 1.4 Humidificador de montaje bajo conducto.....	- 38 -
FIGURA 1.6 Humidificador autocontenido.	- 40 -
FIGURA 1.7 Calefacción por resistencia eléctrica.	- 41 -
FIGURA 1.8 Calefacción por gas.....	- 41 -
FIGURA 1.9 Caldera de gasóleo de convección forzada.....	- 42 -
FIGURA 1.10 Tolerancia e Incertidumbre.....	- 45 -
FIGURA 1.11 Ganancia de calor sensible por intercambio de aire por aberturas de puerta continuas con flujo establecido.	- 60 -
FIGURA 1.12 Representación del Sistema SCADA.	- 66 -
FIGURA 1.13 Sistema SCADA.	- 68 -
FIGURA 1.14 Especificaciones de cableado.	- 71 -
FIGURA 1.15 Conector RJ-45.	- 72 -
FIGURA 1.16 Ethernet – implementación de LAN.	- 73 -
FIGURA 1.17 Recomendaciones de conectividad Ethernet en un modelo de red jerárquico.....	- 73 -
FIGURA 1.18 Conexiones de cable directo	- 74 -
FIGURA 1.19 Determinación de cuándo se debe usar un cable directo.....	- 75 -
FIGURA 1.20 Determinación de cuándo se debe usar cable cruzado.....	- 75 -
FIGURA 1.21 Transmisión RS 485 sin balanceo de líneas.	- 77 -
FIGURA 1.22 Comunicación RS 485 tipo Half Duplex.....	- 80 -
FIGURA 1.23 Comunicación RS 485 tipo Full Duplex.	- 81 -
FIGURA 1.24 Topología Maestro – Esclavo.	- 81 -
FIGURA 2.1 Relación caída de presión y temperatura equivalente R-134a-	110
-	
FIGURA 2.2 Ábaco para evaluar pérdidas de carga dinámicas en tuberías de 10m de longitud de límite máximo.	- 111 -
FIGURA 3.1 Panel cortado	- 122 -
FIGURA 3.2 Armado cámara.....	- 123 -
FIGURA 3.3 Robustez de la cámara.....	- 123 -
FIGURA 3.4 Marco puerta	- 124 -
FIGURA 3.5 Agujeros de recirculación	- 124 -
FIGURA 3.6 Disposición lámpara fluorescente.....	- 125 -
FIGURA 3.7 Instalación tubería de cobre	- 125 -

FIGURA 3.8	Instalación de rejillas de soporte del instrumento.	- 126 -
FIGURA 3.9	Puerta de acrílico y mangas	- 126 -
FIGURA 3.10	Doblado de partes de aluminio	- 127 -
FIGURA 3.11	Disposición de equipos aire acondicionado	- 128 -
FIGURA 3.12	Instalación tubería de cobre.	- 129 -
FIGURA 3.13	Fijación de tapas.	- 130 -
FIGURA 3.14	Carga del refrigerante.	- 132 -
FIGURA 3.15	Colocación del filtro	- 132 -
FIGURA 3.16	Base soporte	- 133 -
FIGURA 3.17	Montaje cámara climatizada	- 134 -
FIGURA 3.18	Disposición elementos eléctricos	- 134 -
FIGURA 3.19	Disposición sensores de humedad y temperatura	- 135 -
FIGURA 3.20	Ubicación controladores	- 135 -
FIGURA 3.21	Conexiones	- 136 -
FIGURA 3.22	Partes de la cámara climatizada	- 139 -
FIGURA 3.23	Disposición de elementos equipo de aire acondicionado.	- 140 -
FIGURA 3.24	Disposición de elementos caja térmica.	- 141 -
FIGURA 3.25	Disposición de elementos del humidificador	- 142 -
FIGURA 3.26	Disposición de elementos de la caja eléctrica	- 143 -
FIGURA 3.27	Disposición de elementos de los controladores	- 144 -
FIGURA 3.28	Partes controlador MT531Ri – Plus	- 144 -
FIGURA 3.29	Convertor CONV32 RS485 – USB	- 150 -
FIGURA 4.1	Variación de temperatura a 22.5°C	- 155 -
FIGURA 4.2	Variación de humedad a 70%HR	- 156 -
FIGURA 4.3	Variación humedad y temperatura a 10°C	- 157 -
FIGURA 4.4	Variación humedad y temperatura a 25°C	- 158 -
FIGURA 4.5	Variación humedad y temperatura a 40°C	- 160 -
FIGURA 4.6	Variación humedad y temperatura a 10°C, 25°C y a 40°C	- 162 -
FIGURA 4.7	Campana de Gauss a 23°C (EXTECH)	- 165 -
FIGURA 4.8	Campana de Gauss a 22.5°C (EXTECH)	- 166 -
FIGURA 4.9	Campana de Gauss a 22°C (EXTECH)	- 167 -
FIGURA 4.10	Campana de Gauss a 23°C (MASTECH)	- 172 -
FIGURA 4.11	Campana de Gauss a 22.5°C (MASTECH)	- 173 -
FIGURA 4.12	Campana de Gauss a 22°C (MASTECH)	- 174 -

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS.....	- 190 -
ANEXO 1.1 EJEMPLO DE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	- 191 -
ANEXO 1.2 CONDICIONES DE DISEÑO PARA CIUDADES PRINCIPALES ASHRAE	- 193 -
ANEXO 1.3 PLANOS.....	- 195 -
ANEXO 2.1 PANELES POLIURETANO FRIGOWALL	- 196 -
ANEXO 2.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN MÍNIMOS RECOMENDADOS .	- 198 -
ANEXO 2.3 CARACTERÍSTICAS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES ...	- 200 -
ANEXO 2.4 RESISTENCIA ELÉCTRICA WATLOW	- 201 -
ANEXO 2.5 SELECCIÓN TIPO DE VENTILADOR ASHRAE	- 204 -
ANEXO 2.6 VENTILADOR McLEAN	- 207 -
ANEXO 2.7 DIAGRAMA DE MOLLIER R – 134a	- 210 -
ANEXO 2.8 SELECCIÓN DEL COMPRESOR TECUMSEH	- 212 -
ANEXO 2.9 SELECCIÓN DEL EVAPORADOR.....	- 215 -
ANEXO 2.10 SELECCIÓN DEL TUBO CAPILAR.....	- 216 -
ANEXO 2.11 SELECCIÓN VÁLVULA BYPASS	- 218 -
ANEXO 2.12 SELECCIÓN FILTRO	- 220 -
ANEXO 2.13 SELECCIÓN UNIDAD CONDENSADORA	- 222 -
ANEXO 2.14 SELECCIÓN HUMIDIFICADOR	- 223 -
ANEXO 2.15 SELECCIÓN CONTROLADOR.....	- 225 -
ANEXO 2.16 CERTIFICADO CONTROLADOR	- 229 -
ANEXO 2.17 CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL Y FUERZA.....	- 235 -
ANEXO 2.18 CONTACTOR CUTLER HAMMER.....	- 236 -
ANEXO 2.19 RELÉ MARS.....	- 238 -
ANEXO 2.20 CAPACIDADES DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS AWG.....	- 240 -
ANEXO 2.21 INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO E-T-A.....	- 242 -
ANEXO 3.1 CIRCUITO REFRIGERACIÓN	- 245 -
ANEXO 3.2 CONEXIÓN CARGA DE REFRIGERANTE.....	- 246 -
ANEXO 4.1 PRUEBA CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTO EXTECH.....	- 247 -
ANEXO 4.2 PRUEBA CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTO MASTECH....	- 249 -
ANEXO 4.3 MANUAL DE USUARIO	- 251 -

CAPÍTULO I

GENERALIDADES Y FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1.- GENERALIDADES

1.1.1.- ANTECEDENTES

Las crecientes exigencias del mercado y de los potenciales consumidores hacen que las empresas estén siempre buscando nuevas formas de comprobar la calidad y excelencia de sus productos. Es por ello que las compañías invierten en el constante mejoramiento en sus controles de precisión y en la conquista de certificaciones que comprueben y garanticen los estándares de calidad.

Este tipo de aplicaciones son muy amplias especialmente en la industria, pero no existen las suficientes compañías con equipos que permitan certificar y calibrar los instrumentos, por lo que las empresas incluso recurren a certificadores internacionales para estos fines.

1.1.2.- OBJETIVOS

1.1.2.1.- OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una cámara climatizada de temperatura y humedad para calibrar y certificar instrumentos de precisión comandada y monitoreada por PC.

1.1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir una cámara que permita calibrar y certificar fácilmente instrumentos de medición de temperatura y humedad con una precisión de ± 0.5 °C y 3% HR.
- Diseñar y construir el sistema de refrigeración de la cámara climatizada.

- Diseñar y construir el sistema de calefacción de la cámara climatizada.
- Diseñar y construir el sistema de humidificación de la cámara climatizada.
- Seleccionar e implementar un controlador para el monitoreo, configuración y almacenamiento de datos de temperatura y humedad relativa.
- Determinar procedimientos de calibración de instrumentos mediante normas.
- Determinar procedimientos de certificación de instrumentos.

1.1.3.- IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

Todas las Industrias que tienen un nivel alto de certificación, necesariamente tienen que tener patrones y controles exactos para medir los parámetros de los procesos y es uno de los rubros que puede elevar los costos de producción; es por eso la importancia de hacer más accesible y generalizar su aplicación, ya que de esta manera mejoraría notablemente la calidad de los productos.

1.1.4.- METAS

- Construir una cámara de una capacidad volumétrica adecuada para los instrumentos de temperatura y humedad a calibrar o certificar, que a su vez permita la distribución adecuada de los distintos sistemas que componen la cámara climatizada.
- Diseñar y construir los sistemas de refrigeración, calefacción y humidificación, capaces de lograr los valores de temperatura en un rango de 10 a 40°C y humedad relativa en un rango de 40 a 90%HR.
- Seleccionar un controlador adecuado para el manejo de la temperatura y humedad relativa dentro de la cámara climatizada.
- Seleccionar una interfaz adecuada para la comunicación con el controlador.
- Interpretar las normas para la calibración de instrumentos de temperatura y humedad.

1.1.5.- METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto, se realizará la recopilación de información que requiere la empresa para el desarrollo de la cámara climatizada. Se procede a diseñar los sistemas de refrigeración, calefacción, y humidificación, seleccionando los elementos con disponibilidad en el mercado, así como también el controlador de temperatura y humedad.

Implementar el diseño y los elementos seleccionados con una interfaz de comunicación al PC que permita controlar y monitorear la cámara.

Al finalizar la construcción y montaje de la misma, se realizarán las pruebas respectivas para constatar el correcto funcionamiento y verificar que cumpla con todas las funciones previstas para lo cual se empleará el método prueba ensayo.

Realización de un manual para el correcto funcionamiento de la cámara y un instructivo de seguridad para el usuario.

1.2.- MARCO TEÓRICO

1.2.1.- FUNDAMENTOS

1.2.1.1.- TEMPERATURA

La temperatura de un cuerpo es su estado relativo de calor o frío. Para la medida de la temperatura se debe hacer uso de una propiedad física medible que varíe con aquella.

El instrumento utilizado para la medición de temperatura se denomina termómetro, en el cual se emplean diversas propiedades de materiales que varían con la temperatura.

La temperatura no depende del número de partículas en un objeto por lo tanto no depende de su tamaño; así la temperatura de un litro de agua hirviendo es la misma que la temperatura de dos litros de agua hirviendo, a pesar de que la segunda es más grande y tenga más moléculas de agua que la primera.

1.2.1.1.1.- ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Se ha definido dos escalas de temperatura, una en el Sistema Internacional, cuya unidad es el grado Centígrado [°C] y la otra en el Sistema Inglés, en el cual la unidad es el grado Fahrenheit [°F].

Ambas se basan en la selección de dos temperaturas de referencia, llamados puntos fijos: el punto de fusión del hielo [mezcla de agua saturada de aire y hielo] y el punto de ebullición del agua, ambos a la presión de una atmósfera.

Existe una tercera escala cuyo punto cero coincide con el cero absoluto y tiene sus equivalencias en la escala Centígrada y Fahrenheit. Estas escalas se denominan absolutas. La escala centígrada absoluta se denomina también Kelvin y la escala Fahrenheit absoluta se denomina Rankin. Los puntos fijos de temperatura de las escalas se encuentran en la tabla a continuación.

Escala absoluta	Temperatura de fusión del hielo	Temperatura de ebullición del agua
Kelvin	273 °K	373 °K
Rankin	492 °R	672 °R
Centígrados	0 °C	100 °C
Fahrenheit	32 °F	212 °F

TABLA 1.1 Escalas Termométricas

La diferencia de temperatura entre los puntos fijos de cada escala se puede observar en la siguiente figura.

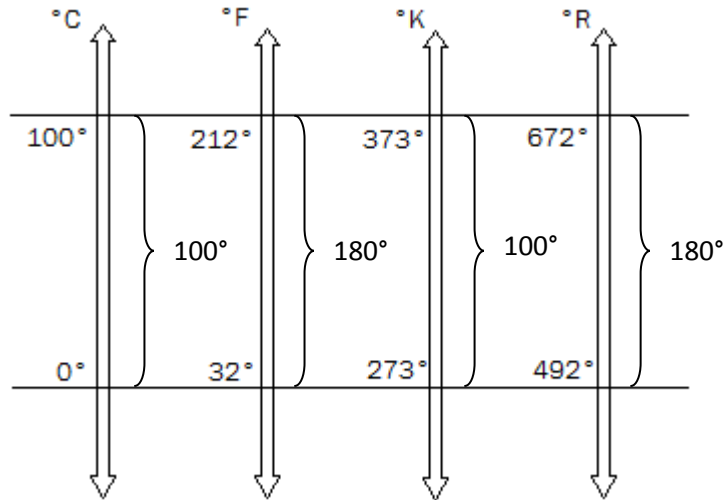


FIGURA 1.1 Escalas Termométricas

La equivalencia existente entre las escalas de temperatura, nace a partir de su diferencia entre sus puntos fijos y el inicio de la escala, de la siguiente manera:

Equivalencia entre grados Centígrados y Fahrenheit:

Con una regla de tres:

100°C --- 180°F

1°C --- t_F

$$t_F = \frac{1^\circ C \times 180^\circ F}{100^\circ C} = \frac{9}{5}^\circ F$$

Por lo tanto $1^\circ C = 9/5^\circ F$ pero la escala de Fahrenheit inicia en la división 32, a diferencia que la escala centígrada inicia en la división 0 obteniendo:

$$t_F = \frac{9}{5}t_C + (32 - 0)$$

Para convertir una temperatura expresada °F en una escala en su valor correspondiente en °C o viceversa, se recurre a las siguientes fórmulas:

$$t_F = \frac{9}{5}t_C + 32 \quad (1.1)$$

Y su inversa:

$$t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32) \quad (1.2)$$

Equivalencia entre grados Centígrados y Kelvin:

Con una regla de tres:

100°C --- 100°K

1°C --- t_k

$$t_K = \frac{1^\circ C \times 100^\circ K}{100^\circ C} = 1^\circ K$$

Por lo tanto 1°C = °K pero la escala de grados Kelvin inicia en la división 273, a diferencia que la escala centígrada inicia en la división 0 obteniendo:

$$t_K = ^\circ C + (273 - 0)$$

Para convertir una temperatura expresada °C en una escala en su valor correspondiente en °K se recurre a la siguiente fórmula:

$$T_K(\text{Kelvin}) = 273 + t_C \quad (1.3)$$

Equivalencia entre grados Fahrenheit y Rankin:

Con una regla de tres:

180°F --- 180°R

1°F --- t_R

$$t_R = \frac{1^\circ F \times 180^\circ R}{180^\circ F} = 1^\circ R$$

Por lo tanto 1°F = °R pero la escala de Fahrenheit inicia en la división 32, a diferencia que la escala Rankin inicia en la división 492 obteniendo:

$$t_R = 1^\circ F + (492 - 32)$$

Para convertir una temperatura expresada °F en una escala en su valor correspondiente en °R se recurre a la siguiente fórmula:

$$T_R(\text{Rankin}) = 460 + t_F \quad (1.4)$$

1.2.1.2.- ENERGÍA

Un cuerpo posee energía cuando es capaz de hacer trabajo mecánico mientras realiza un cambio de estado. La unidad de energía térmica es el Joule [J], la Kilocaloría [kcal], y British Thermal Unit [Btu]; para la energía eléctrica es el Kilovatio hora [Kwh].

1.2.1.2.1.- ENERGÍA CINÉTICA

Es la energía que posee un cuerpo debido a su movimiento esta se puede definir como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde el reposo a la velocidad que posee.

Ejemplo:

El movimiento de un auto al recorrer cierta distancia. La energía cinética es el trabajo que necesitó el auto a partir de su velocidad inicial hasta su velocidad final.

1.2.1.2.2.- ENERGÍA POTENCIAL

Es la energía almacenada de un sistema debido a su posición o configuración, puede pensarse como la medida de trabajo que un sistema puede entregar.

Ejemplo:

Un avión antes de despegar tiene una energía potencial con respecto al suelo de cero y a pleno vuelo una energía potencial mayor a cero respecto a la misma referencia.

1.2.1.2.3.- ENERGÍA INTERNA

Es la suma de las energías de todas las moléculas en un sistema en forma de calor y trabajo, también se la conoce simplemente como energía almacenada.

Ejemplo:

Cuando se comprime el aire por una bomba de bicicleta, se calienta cuando empujamos el pistón hacia abajo aunque también podría calentarse colocándolo en un horno. En el primer caso se calienta el aire realizando

trabajo y en el segundo por flujo calorífico procedente de un cuerpo más caliente.

1.2.1.2.4.- EQUIVALENTE MECÁNICO DEL CALOR

La energía en forma mecánica se mide en ergios (erg), Julios (J), kilográmetros (kgm), o libras-pie; la energía en forma térmica se mide en caloría (cal), Kilocaloría (Kcal) o Btu¹. Se define la kilocaloría como 1/860 Kw-h, luego, por definición:

$$1 \text{ cal} = 4,18605 \text{ julios}$$

$$1 \text{ kilocaloría} = 4186,05 \text{ julio} = 427,1 \text{ kgm}$$

$$1 \text{ Btu} = 778.26 \text{ libras-pie}$$

1.2.1.3.- TRABAJO

Se lo representa por la letra [**W**], es el resultado de aplicar una fuerza sobre un objeto y obtener movimiento en el sentido de la fuerza aplicada.

1.2.1.4.- CALOR

Se lo representa generalmente por la letra [**Q**]. Es energía en transición desde un sistema hacia otro únicamente por su diferencia de temperatura entre ellos.

A continuación se citan las siguientes unidades: la caloría-kilogramo (MKS²), la caloría-gramo (CGS³) y Btu (Sistema Técnico de Unidades).

¹ BTU: Unidad de energía inglesa abreviada por sus siglas en inglés British Thermal Unit.

² MKS: Sistema MKS, tomado de sus unidades fundamentales Metro, Kilogramo, Segundo.

³ CGS: Sistema CGS, tomado de sus unidades fundamentales Centímetro, Gramo, Segundo.

- Una caloría-kilogramo o kilocaloría es la cantidad de calor que ha de suministrarse a un kilogramo de agua para elevar su temperatura en un grado centígrado.
- Una caloría-gramo es la cantidad de calor que ha de suministrarse a un gramo de agua para elevar su temperatura en un grado centígrado.
- Un Btu es la cantidad de calor que ha de suministrarse a una libra de agua para elevar su temperatura en un grado Fahrenheit.

$$1\text{Btu} = 0,252 \text{ kcal} = 252 \text{ cal}$$

1.2.1.5.- TERMODINÁMICA

“Es una rama de las ciencias físicas que estudia los diversos fenómenos de la energía y las propiedades relacionadas de la materia, especialmente las leyes de transformación de calor en otras formas de energía y viceversa.” **(Faires, Termodinámica, 1994)**

La termodinámica estudia cuestiones eminentemente prácticas. Considera un sistema perfectamente definido, el cual es obligado a actuar directamente sobre el medio exterior y realizar mediante la generación de fuerzas que producen movimientos, una acción útil.

1.2.1.5.1.- PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

"La variación de la energía interna de una sustancia no depende de la manera en que se efectúe el cambio [la trayectoria del trabajo] por el cual se haya logrado esa variación". **(Faires, Termodinámica, 1994)**

Es el principio fundamental en que se basa la refrigeración y en la práctica significa que es imposible crear o destruir energía, también enunciado como: "nada se pierde, nada se gana, todo se transforma".

a.- TRABAJO Y CALOR EN SISTEMA CERRADO

Se consideran dos estados posibles [U1] y [U2] de energía interna de una sustancia (un gas refrigerante), definidos por: una presión, una temperatura y un volumen, p_1, t_1, v_1 y p_2, t_2, v_2 ; confinada en un sistema cerrado, compuesto de dos serpentines [A] y [B], separados por un compresor y un orificio de restricción del flujo, conectados a ambos de manera que la sustancia pase del serpentín [A] al [B] por el compresor y del [B] al [A] por el orificio, cerrando un circuito; para que haya un cambio desde uno de estos estados, [U1] al otro, [U2] hay que realizar un trabajo [W] sobre él, para lo cual se emplea un compresor, enviando la sustancia hacia el serpentín [B], donde adopta la condición de estado definida por p_2, t_2, v_2 .

Posteriormente se lo devuelve al estado inicial [U1], permitiéndole perder presión hasta el valor inicial haciéndole pasar por el orificio desde el serpentín [B] al serpentín [A], donde alcanza el estado definido por p_1, t_1, v_1 . La expansión del gas produce un efecto refrigerante que necesita absorber calor [Q].

En el proceso descrito ha pasado de una condición de estado a otra mediante el aporte de trabajo mecánico [W] y ha vuelto a la condición de estado primitiva, no por vía de trabajo mecánico, sino por absorción de calor [Q]. Se puede hacer la siguiente afirmación, expresada en forma matemática: **(Puebla, 1996)**

$$U_2 - U_1 = Q - W \quad (1.5)$$

Despejando [Q]:

$$Q = U_2 - U_1 + W \quad (1.6)$$

Referirse al gráfico de la **FIGURA 1.2**.

1.2.1.5.2.- SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

El segundo principio de la termodinámica establece que “es imposible construir un motor o máquina térmica tal que, funcionando periódicamente, no produzca otro efecto que el de tomar calor de un foco calorífico y convertir íntegramente este calor en trabajo”. **(Faires, Termodinámica, 1994)**

Aplicado a máquinas frigoríficas, las cuales pueden ser consideradas como motores térmicos funcionando en sentido inverso, se establece un enunciado aplicable a estas: “es imposible construir una máquina frigorífica que, funcionando periódicamente (según un ciclo), no produzca otro efecto que transmitir calor de un cuerpo frío a otro caliente.”

Una máquina frigorífica toma calor [Q1] a baja temperatura, el compresor suministra trabajo mecánico [W] y la suma de ambos se expulsa al exterior en forma de calor [Q2] a temperatura más alta. Del primer principio, esto se expresa:

$$Q_2 = Q_1 + W \quad (1.7)$$

Esto significa que el serpentín que se emplea para enfriar el gas (el condensador) debe manejar (entregar al medio externo de intercambio (aire o agua) la suma del trabajo realizado por el compresor, además del calor extraído de la máquina frigorífica.

La búsqueda de la eficiencia es una meta principal en refrigeración y para medirla se define la relación entre trabajo consumido [W] y calor extraído [Q1], como:

$$\text{Eficiencia} = Q_1/W \quad (1.8)$$

Y como $W = Q_2 - Q_1$, la expresión para la eficiencia térmica queda:

$$\text{Eficiencia} = Q_1/Q_2 - Q_1 \quad (1.9)$$

Refiérase al gráfico de la **FIGURA 1.2**.

El coeficiente de desempeño se usa para definir la eficiencia de un compresor. Se lo expresa como la relación entre la cantidad de calor que el compresor puede absorber, bajo condiciones de funcionamiento normalizadas, y la potencia eléctrica suministrada a este para tal fin. Las unidades empleadas son: [Btu/Wh] o Kcal/kwh].

A mayor capacidad de un compresor, aumenta este valor por cuanto los componentes intrínsecos que consumen energía, tales como fricción, pérdidas de carga, etc. son proporcionalmente menores, así, en pequeños compresores empleados en refrigeración doméstica este valor es del orden de 4 ~ 5 Btu/Wh, en tanto que en compresores de mayores capacidades, estos valores son típicamente de 10 ~12 Btu/Wh. **(Puebla, 1996)**.

a.- CALOR ESPECÍFICO

Es numéricamente igual a la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia para incrementar su temperatura en un grado.

Las sustancias difieren entre sí en la cantidad de calor necesaria para producir una elevación determinada de temperatura sobre una masa dada.

Si suministramos a un cuerpo una cantidad de calor, que llamaremos Q, que le produce una elevación t de su temperatura, llamamos capacidad calorífica de ese cuerpo a la relación Q/ t y se expresa ordinariamente en calorías por grado centígrado [cal/°C] o en British Thermal Units por grado Fahrenheit [Btu/F].

Para obtener una cifra que caracterice a la sustancia de que está hecho un cuerpo, se define la capacidad calorífica específica, o abreviadamente calor específico, a la capacidad calorífica por unidad de masa de esa sustancia y lo denominamos $c = \text{capacidad calorífica/masa} = Q/ t/m = Q/ t.m$

El calor específico de una sustancia puede considerarse constante a temperaturas ordinarias y en intervalos no demasiado grandes. A temperaturas muy bajas, próximas al cero absoluto, todos los calores específicos disminuyen, y para ciertas sustancias se aproximan a cero.

b.- CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN

Es el calor en BTU [Kcal] requerido para llevar 1 libra [1 kilogramo] de un fluido, de estado líquido a gaseoso en estado de saturación a presión constante. Este valor desciende inversamente con el cambio de presión. La temperatura se mantiene constante durante todo el proceso de cambio.

c.- CALOR LATENTE DE FUSIÓN

Es el calor necesario en BTU [Kcal] necesario para cambiar 1 libra [1kilogramo] de una sustancia de estado sólido a líquido. La temperatura se mantiene constante durante el proceso.

1.2.1.6.- ENERGÍA TÉRMICA - FORMAS DE TRANSMISIÓN

La energía térmica se puede transmitir como calor de tres maneras:

1.2.1.6.1.- RADIACIÓN

Es la transmisión de energía cinética interna en forma de emisión de ondas electromagnéticas de un cuerpo a otro (no necesita medio sólido ni fluido).

Todos los cuerpos radian calor. Si dos cuerpos estuvieran totalmente aislados en un vacío con respecto a cualquier otro cuerpo, pero no entre sí el cuerpo más frío radiaría calor al más caliente y recíprocamente.

Ejemplo:

El calor emitido por el sol que llega al planeta Tierra y calienta su superficie.

1.2.1.6.2.- CONDUCCIÓN

La conducción es el método más directo de transmisión del calor. Se produce cuando dos partes de un cuerpo, o dos cuerpos en contacto directo, se encuentran a distinta temperatura. Entonces el calor pasa de la parte más caliente a la más fría, hasta que la temperatura se hace homogénea.

Para aumentar la transmisión de calor por conducción se puede aumentar la superficie de contacto entre la parte fría y la caliente, o elevar la diferencia de temperaturas entre estas.

Ejemplo:

Una olla expuesta a una llama caliente el contenido en su interior.

1.2.1.6.3.- CONVECCIÓN

La transmisión por convección se da en líquidos y gases. En el aire se produce por ser menos denso el aire caliente que el frío y, por lo tanto, más ligero. Por ello, el aire caliente tiende a subir, siendo reemplazado por aire frío en las zonas inferiores.

El mecanismo anterior se denomina convección natural, y es válido para evacuar pequeñas cantidades de calor. Para mejorar el rendimiento se suele utilizar la convección forzada, que consiste en acelerar el movimiento natural del aire por medio de un ventilador.

Ejemplo:

Al abrir la puerta de un frigorífico el aire del exterior que es más caliente reemplaza al aire contenido en el interior que es más frío.

1.2.1.7.- PROPIEDADES DE LOS GASES

Para comprender bien un sistema de refrigeración es necesario conocer las propiedades fundamentales de los gases refrigerantes empleados.

Las propiedades de presión, temperatura y volumen se dan por conocidos. Otras propiedades termodinámicas definidas son:

a.- ENERGÍA INTERNA

Está identificada como U y se expresa en BTU/libra, o Kcal/kg. Es producida por el movimiento y configuración de las moléculas, los átomos y las partículas subatómicas.

La parte de energía producida por el movimiento de las moléculas es llamada energía sensible interna y se mide con el termómetro y la energía producida por la configuración de los átomos en las moléculas es denominado calor latente y no se puede medir con termómetro.

Ejemplo:

El movimiento de las moléculas del gas monoatómico He.

b.- ENTALPÍA

Está identificada como h y se expresa en BTU/libra, o Kcal/kg. Es el resultado de la suma de la energía interna U y el calor equivalente al trabajo hecho sobre el sistema en caso de haber flujo. En estado estacionario es igual al calor total contenido o Q .

Ejemplo:

En una reacción química a presión constante, el cambio de entalpía del sistema es el calor absorbido o desprendido en la reacción.

c.- ENTROPÍA

Está identificada como S y se expresa en BTU/°F*libra o Kcal/°C*kg. El cambio de entropía es igual al cambio de contenido de calor dividido por la temperatura absoluta T. La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos.

Ejemplo:

Se tiene dos envases de un litro de capacidad que contienen, respectivamente, pintura blanca y pintura negra. Con una cucharita, se toma pintura blanca, se vierte en el recipiente de pintura negra y se mezcla. Luego se toma con la misma cucharita pintura negra, se vierte en el recipiente de pintura blanca y se mezcla. Se repite el proceso hasta que se tiene dos litros de pintura gris, que no se pueden reconvertir en un litro de pintura blanca y otro de pintura negra. La entropía del conjunto ha ido en aumento hasta llegar a un máximo cuando los colores de ambos recipientes son sensiblemente iguales.

1.2.1.7.1.- CAMBIO DE ESTADO DE LOS GASES

Los cambios termodinámicos de un estado a otro tienen lugar de varias maneras, que se denominan procesos:

• ADIABÁTICO

Cuando en un sistema no intercambia calor con su entorno. En climatización los procesos humidificación (aporte de vapor de agua) son adiabáticos, puesto que no hay transferencia de calor, a pesar de que se consiga variar la temperatura del aire y su humedad relativa.

$$PV^r = \text{constante} \quad (1.10)$$

Donde:

P= presión del gas

V= volumen que ocupa el gas

r = calor específico del gas

Ejemplo:

El proceso de expansión de un gas comprimido es adiabático debido a que la expansión del gas se efectúa muy rápidamente.

• ISOTÉRMICO

El cambio se efectúa a temperatura constante durante todo el proceso. La compresión o expansión de un gas ideal en contacto con un termostato es un ejemplo de proceso isotérmico y la variación de su energía interna es 0.

$$Q = W \quad (1.11)$$

Donde:

Q = Calor

W= Trabajo

Ejemplo:

La expansión isotérmica de un gas ideal puede llevarse a cabo colocando el gas en contacto térmico con otro sistema de capacidad calorífica muy grande y a la misma temperatura que el gas; este otro sistema se conoce como foco caliente.

De esta manera el calor se transfiere muy lentamente, permitiendo que el gas se expanda realizando trabajo. Como la energía interna de un gas ideal sólo depende de la temperatura y ésta permanece constante en la expansión isotérmica, el calor tomado del foco es igual al trabajo realizado por el gas.

• ISOENTRÓPICO

El cambio se efectúa a entropía constante. La entropía también es constante en los procesos adiabáticos reversibles, en consecuencia se puede considerar que el proceso isoentrópico y el adiabático reversible son lo mismo.

$$\delta Q \leq TdS \quad (1.12)$$

Donde:

δQ = Cantidad de energía que gana el sistema por calentamiento.

T = Temperatura en el sistema.

dS = Cambio en la entropía.

Ejemplo:

La compresión de un gas en un ciclo ideal de refrigeración es isoentrópico, es un proceso adiabático reversible.

• POLITRÓPICO

Es un cambio de estado en el que varía todas las propiedades (presión, volumen, temperatura, entropía, entalpía, etc.). También en este proceso existe transmisión o transferencia de calor y para su análisis se lo considera a este proceso como internamente reversible.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^n \quad (1.13)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{n-1} \quad (1.14)$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{n-1}{n}} \quad (1.15)$$

Donde:

P = Presión.

T = Temperatura.

V = Volumen.

n = Exponente politrópico.

Ejemplo:

Los compresores tienden a operar según un comportamiento politrópico.
(Cruz Carlos, Termodinámica técnica, 2009)

1.3.- CÁMARA CLIMATIZADA

1.3.1.- INTRODUCCIÓN

Las cámaras de ensayos también conocidas como cámaras climatizadas o de estabilidad de Temperatura/Humedad tienen cabida en numerosos sectores de investigación e industria tales como: materiales, electrónica, biología, construcción, medicina, etc. Ofrecen una precisión y fiabilidad adecuada para la aplicación deseada, con dimensiones útiles desde pocos litros a espacios visitables por personas.

1.3.1.1.- DEFINICIÓN

La cámara climatizada, está formada por una estructura susceptible de ser cerrada herméticamente y capaz de resistir una cierta diferencia de presiones entre el interior y el exterior, siendo sus componentes principales una compuerta de acceso, medios para humedecer y acondicionar el aire en el interior de la cámara, sensores, controladores de temperatura y humedad, comandados por computador o algún elemento en base a microprocesadores, capaz de establecer a voluntad condiciones estables de temperatura y humedad relativa.

Uno de los usos de estas cámaras es el de proporcionar diferentes condiciones de humedad y temperatura para la calibración de higo-termómetros, con el fin de tener un patrón de medida confiable en el instrumento de medición.

El reto al diseñar y construir es definir el tamaño óptimo requerido para los proyectos actuales o futuros.

Muchos equipos cumplen con los estándares de la ICH⁴, pero hay muchos estilos distintos de cámaras en el mercado y es todo un reto decidir cuál es el más adecuado para sus necesidades.

1.3.1.2.- CRITERIO DE DESEMPEÑO DE LA CÁMARA

Los cuartos de humedad, cuartos ambientales, cuartos de ambiente controlado, cuartos de pruebas, o cualquier otro nombre con los que los pueda encontrar tienen en común su capacidad de controlar la temperatura y/o la humedad en un área específica.

Su tamaño puede variar dependiendo de las opciones de control de temperatura y humedad. El control de temperatura se lleva a cabo ya sea agregando calor o usando refrigeración para enfriar. La mayoría de los equipos que se comercializan no usan clorofluorocarbonos para enfriar (CFC), lo que significa que el fabricante cumple con la ley US Clean Air Act que evita el uso de refrigerantes que dañan la capa de ozono como el R11 y el R12.

El control de humedad se realiza agregando o removiendo humedad de la cámara. El método apropiado dependerá de los requerimientos de la aplicación. Hay varias formas de incrementar la humedad como espray, atomizadores y generadores de vapor. Para aplicaciones que requieren altos niveles de humedad, el costo de la cámara puede incrementarse proporcionalmente. Las cámaras con control de humedad también requieren una fuente de agua purificada.

Los ventiladores, en conjunto con el movimiento mecánico de aire en la cámara, ya sea vertical u horizontal, aseguran el rendimiento óptimo de la cámara. Para reducir la condensación por humedad en la puerta de la cámara muchos fabricantes incluyen una puerta que se calienta para evitar el empañamiento.

⁴ ICH: Conferencia internacional en armonización, por sus siglas en inglés: International Conference on Harmonization.

Aunque la temperatura y la humedad son dos parámetros que requieren componentes específicos, hay otros accesorios que permiten realizar las pruebas de forma más eficiente.

Los fabricantes varían mucho en cuanto a lo que consideran equipo estándar o adicional. Muchos incluyen registradoras de nivel, alarmas, puertos RS232 para computadoras, controladores, puertos de acceso, contactos eléctricos internos y otros.

1.3.1.2.1.- ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

- Homogeneidad de la temperatura y humedad

Nos indica que en las posiciones donde fueron colocados los sensores de temperatura y/o humedad no existen diferencias significativas en estas variables, así este análisis contribuye, a que la calificación de desempeño de la cámara climática o cuarto de estabilidad sea más completa.

- Distribución de la temperatura y humedad

Este tipo de análisis nos permite encontrar y localizar los puntos fríos o calientes dentro de la cámara climática o cuarto de estabilidad, esta información es muy útil al momento de colocar el medicamento ya que el acomodo del mismo, buscará la optimización del proceso de estabilidad.

- Estabilidad de la temperatura y humedad

Finalmente este análisis nos permite demostrar que la cámara climática es capaz de mantener la temperatura y humedad durante periodos de tiempo prolongado, información de vital importancia en un estudio de estabilidad.

- Incertidumbre

No es posible emitir el valor de una medición en forma absoluta, porque el proceso de medición no lo permite y porque las variables que participan no muestran valores absolutos. Por ello es imprescindible asignar a cada medición

un intervalo o conjunto de valores, del cual se asegure que el valor de la medición forma parte del conjunto. Al intervalo o conjunto anteriormente señalado se le conoce como incertidumbre de medición.

1.4.- SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

1.4.1.- CONSIDERACIONES GENERALES

La refrigeración es una técnica que se ha desarrollado con el transcurso del tiempo y el avance de la civilización.

Al igual que la mayoría de las ciencias y técnicas, ha sido el resultado de las necesidades que la misma sociedad va creando a medida que avanzan los inventos en diferentes campos.

Las aplicaciones de la refrigeración son muy numerosas, siendo unas de las más comunes la conservación de alimentos, acondicionamiento ambiental (tanto de temperatura como de humedad), enfriamiento de equipos y últimamente en los desarrollos tecnológicos de avanzada en el área de los ordenadores.

1.4.2.- REFRIGERACIÓN MECÁNICA

Se define la refrigeración mecánica como aquella que incluye componentes fabricados por el hombre y que forman parte de un sistema, o bien cerrado (cíclico), o abierto, los cuales operan en arreglo a ciertas leyes físicas que gobiernan el proceso de refrigeración.

Así, disponemos de sistemas cerrados de refrigeración mediante el uso de refrigerantes halogenados como los CFC, HCFC, HFC y otros (sistemas de absorción: de amoníaco, de bromuro de litio, entre los más usuales); máquinas de aire en sistemas abiertos o cerrados (muy ineficientes); equipos de enfriamiento de baja capacidad (hasta 1 tonelada de refrigerante) que usan el efecto Peltier o efecto termoeléctrico.

Otros sistemas refrigerantes a base de propano o butano y para refrigeración de muy baja temperatura se utilizan CO₂.

La refrigeración mecánica se usa actualmente en acondicionamiento de aire para el confort así como congelación, almacenamiento, proceso, transporte y exhibición de productos perecederos.

1.4.2.1.- CICLO MECÁNICO DE REFRIGERACIÓN

En el gráfico siguiente, se superponen un esquema de un sistema de refrigeración y un gráfico de Mollier para destacar la correlación que existe entre ambos cuando se identifican los procesos que se llevan a cabo en cada uno de los cuatro componentes principales de un sistema de refrigeración con los puntos característicos que identifican cada uno de los pasos en el diagrama de Mollier.

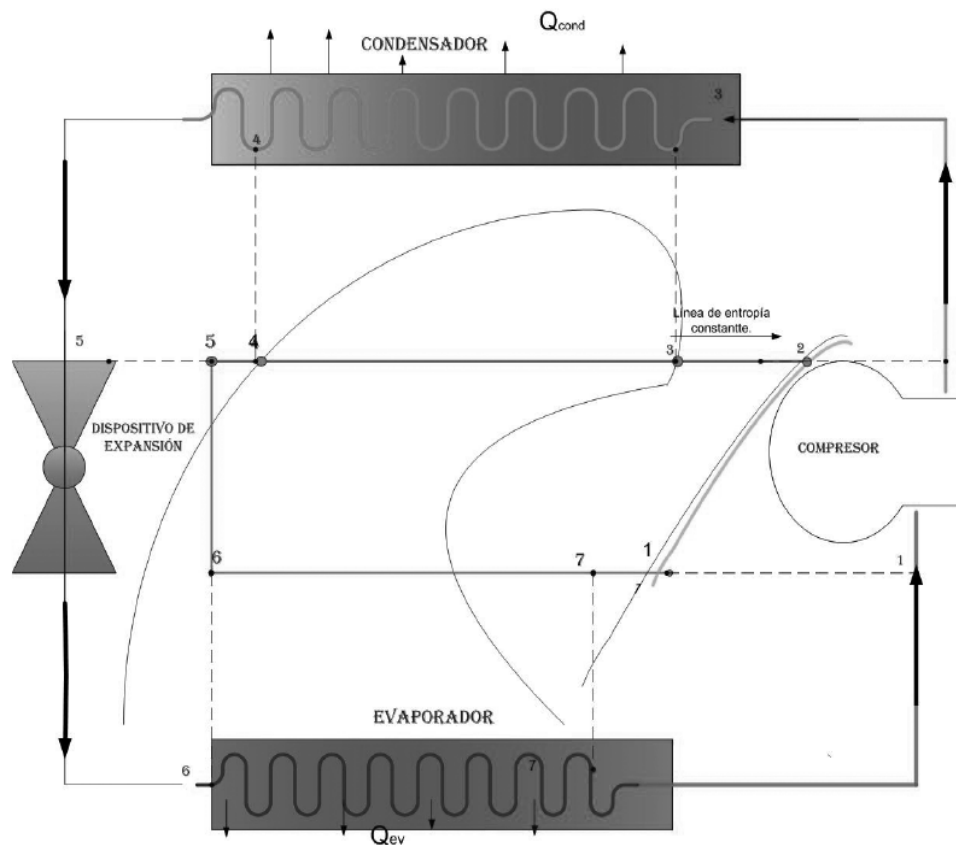


FIGURA 1.2 Esquema superpuesto sistema de refrigeración y un gráfico de Mollier

El ciclo se trata de un proceso cerrado en el cual no hay pérdida de materia y todas las condiciones se repiten indefinidamente.

Dentro del ciclo de refrigeración y basado en la presión de operación se puede dividir el sistema en dos partes:

- **Lado de alta presión:** parte del sistema que está bajo la presión del condensador.
- **Lado de baja presión:** parte del sistema que está bajo la presión del evaporador.

El proceso básico del ciclo consta de cuatro elementos.

1.4.2.1.1.- LADO DE ALTA PRESIÓN

Compresor: (1-2) comprime el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso a entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión (ligeramente por debajo de la presión de evaporación) a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado.

Condensador: (3-4) extrae el calor del refrigerante por medios naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido; su diseño debe garantizar el cumplimiento de este proceso, de lo contrario se presentarán problemas de funcionamiento.

Para condensadores enfriados por aire, puede decirse que la temperatura del refrigerante en un condensador debe estar 19°C por encima de la temperatura promedio del aire alrededor de este (temperatura del condensador = temperatura ambiente + 19°C). **(TOTALINE, 2008)**

Dispositivo de expansión: (5-6) es el elemento que estrangula el flujo del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. Puede ser una válvula de expansión o un tubo de diámetro muy pequeño en relación a su longitud [capilar].

1.4.2.1.2.- LADO DE BAJA PRESIÓN

Evaporador: (6-7) suministra calor al vapor del refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar.

El evaporador debe ser calculado para que garantice la evaporación total del refrigerante y producir un ligero sobrecalentamiento del gas antes de salir de él, evitando el peligroso efecto de entrada de líquido al compresor, que puede observarse como presencia de escarcha en la succión, lo cual prácticamente representa una condición que tarde o temprano provocará su falla.

Cumpliendo el ciclo, el sistema se cierra nuevamente al succionar el refrigerante el compresor en condiciones de gas sobrecalentado.

1.4.2.1.3.- OTROS DISPOSITIVOS

Adicionalmente, usualmente se insertan a ambos lados de presión (Alta/Baja) en el sistema, con fines de seguridad y de control, varios dispositivos como son:

Filtro secador: su propósito es retener la humedad residual contenida en el refrigerante y al mismo tiempo filtrar las partículas sólidas tanto de metales como cualquier otro material que circule en el sistema. Normalmente se coloca después del condensador y antes de la entrada del sistema de expansión del líquido. La selección del tamaño adecuado es importante para que retenga toda la humedad remanente, después de una buena limpieza y evacuación del sistema.

Visor de líquido: su propósito es el de supervisar el estado del refrigerante (líquido) antes de entrar al dispositivo de expansión. Al mismo tiempo permite ver el grado de sequedad del refrigerante.

Separador de aceite: como su nombre lo indica, retiene el exceso de aceite que es bombeado por el compresor con el gas como consecuencia de su miscibilidad y desde allí lo retorna al compresor directamente, sin que circule por el resto del circuito de refrigeración. Solo se lo emplea en sistemas de ciertas dimensiones.

Existen otros dispositivos que han sido desarrollados para mejorar la eficiencia del ciclo de refrigeración, tanto en la capacidad de enfriamiento (subenfriamiento), como en el funcionamiento (control de ecualización); o para proteger el compresor como es el caso de los presóstatos de alta y baja que bloquean el arranque del compresor bajo condiciones de presiones en exceso o en defecto del rango permitido de operación segura, e impiden que el compresor trabaje en sobrecarga o en vacío y los filtros de limpieza colocados en la línea de succión del compresor en aquellos casos en que se sospeche que el sistema pueda tener vestigios no detectados de contaminantes.

1.4.3.- GASES REFRIGERANTES

Los refrigerantes son los fluidos de transporte que conducen la energía calorífica desde el nivel a baja temperatura [evaporador] al nivel a alta temperatura [condensador], donde pueden ceder su calor.

Los atributos que deben considerarse en los sistemas de compresión de vapor son:

- El punto de ebullición normal.
- El punto de condensación normal.

Ambos deben encontrarse a temperaturas y presiones manejables y seguras para reducir los riesgos de entrada de aire al sistema.

Adicionalmente, el punto crítico debe ser lo más alto posible para hacer más eficiente el proceso de evaporación.

Las propiedades térmicas deseadas en los refrigerantes son:

- Presiones convenientes de evaporación y condensación,
- Alta temperatura crítica y baja temperatura de congelamiento,
- Alto calor latente de evaporación y alto calor específico del vapor,
- Baja viscosidad y alta conductividad térmica de la película.

Otras propiedades deseables son:

- Bajo costo.
- Químicamente inerte bajo las condiciones de operación.
- Químicamente inerte con los materiales con que esté construido el sistema de refrigeración.
- Bajo riesgo de explosión solo o al contacto con el aire.
- Baja toxicidad y potencial de provocar irritación.
- Debe ser compatible y parcialmente miscible con el aceite utilizado en el sistema.
- Las fugas deben ser detectadas fácilmente.

- No debe atacar el medio ambiente ni actuar como agente catalizador que deteriore el equilibrio ecológico.

1.4.3.1.- TIPOS DE GASES REFRIGERANTES Y NOMENCLATURA

1.4.3.1.1.- REFRIGERANTES HALOGENADOS

Llamados así por contener en su estructura molecular átomos de cloro, flúor o ambos.

Sustituyeron a la mayor parte de los refrigerantes, tales como el amoníaco [NH₃], el anhídrido carbónico [CO₂], El dióxido de azufre [SO₂], el cloruro de metilo [CICH₃], el dicloroetano [C₂H₄Cl₂], cuando su aplicación cumplía los requerimientos del diseño del equipo, tanto en temperaturas como presiones.

Son químicamente estables, de baja toxicidad, con características térmicas muy buenas y hasta los años 70 fueron considerados ideales para la refrigeración; cuando las investigaciones sobre el daño a la capa de ozono, los hicieron sospechosos de participar en el proceso de degradación del ozono estratosférico que protege al planeta contra la radiación UV B⁵ proveniente del sol. Hoy en día esas hipótesis han sido científicamente comprobadas.

Son derivados halogenados de los hidrocarburos, muy estables a nivel troposférico, pero que se descomponen en la estratósfera como resultado de la acción combinada de la baja temperatura y la radiación ultravioleta (especialmente en el casquete polar antártico).

Los refrigerantes basados en hidrocarburos halogenados se designan con una letra "R" seguida de tres números que indican:

- " El primero, el número de átomos de carbono menos 1.
- " El segundo, el número de átomos de hidrógeno más 1.
- " El tercero, el número de átomos de flúor.

⁵ UV B: Radiación ultra violeta de onda media, debido a su longitud que va de 280 a 320mm

Los refrigerantes halogenados más comunes son clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos e hidrofluorocarbonos.

1.4.3.1.2.- CLOROFLUOROCARBONOS [CFC]

R12 (CFC12), nomenclatura científica: diclorodifluorometano [CF_2Cl_2], fue sintetizado en 1928 por científicos de una transnacional automotriz iniciando su producción en 1936. Fue ampliamente utilizado en casi todos los equipos de refrigeración doméstica y aire acondicionado de vehículos. Aún es muy popular en los servicios de reparación y justamente por lo extensivo de su empleo, los instructores y técnicos deben cerciorarse de que los participantes en los talleres de capacitación sobre BPR⁶ asimilen los conocimientos necesarios para evitar descargar voluntariamente al aire los refrigerantes puros o contaminados de los equipos en servicio o mantenimiento.

Su Potencial de Agotamiento del Ozono [PAO] es igual a 1 para el Protocolo de Montreal, valor igual al del CFC11, que fuera establecido como referencia para la medición relativa de todas las SAO. Otras entidades consideran que el valor es 0,82.

Otros CFC, igualmente importantes por su uso en la industria son: CFC11, CFC113, CFC114, CFC115; todos ellos con elevado PAO (entre 0.8 y 1), con características de Vida Media Atmosférica [VMA] tan alta como 50 años de permanencia para el CFC11, 102 años para el CFC12 y 85 años para el CFC113.

Estos gases han sido utilizados como espumantes, propelentes de aerosoles, limpiadores en electricidad y otras muchas aplicaciones.

1.4.3.1.3.- HIDROCLOROFLUOROCARBONOS [HCFC]

R22 (HCFC22), nomenclatura científica: monoclorodifluorometano [CHClF_2], Se comenzó a fabricar en 1936, tiene un potencial de destrucción del ozono

⁶ BPR: Reingeniería de procesos.

[PAO] de 0,055. Es utilizado en sustitución del amoníaco, especialmente en aire acondicionado y refrigeración comercial.

Su bajo PAO, 18 veces menor al CFC12 y seis veces menor al R502 (0,32), ha hecho que se le considere para sustituirlos en ocasiones cuando sea posible su aplicación como refrigerante de transición, pero también dejará de fabricarse a partir del 1º de enero de 2014 en la Unión Europea y el 1º de enero de 2040 en los países firmantes del Protocolo de Montreal amparados en el Artículo 5.

1.4.3.1.4.- MEZCLAS

Pueden contener dos o más refrigerantes y pueden ser zeotrópicas o azeotrópicas.

a.- MEZCLAS ZEOTRÓPICAS

Se identifican por un número de tres cifras que comienza con la cifra "4", seguido de una letra para diferenciar diversas proporciones de mezcla de las mismas sustancias químicas, como por ejemplo: R401A, R401B.

Están formadas por dos o más sustancias simples o puras, que al mezclarse en las cantidades preestablecidas generan una nueva sustancia la cual tiene temperaturas de ebullición y condensación variables. Para estas mezclas se definen el punto de burbuja como la temperatura a la cual se inicia la evaporación y el punto de rocío como la temperatura a la cual se inicia la condensación. También se requieren definir otras características como el Fraccionamiento, que es el cambio en la composición de la mezcla cuando ésta cambia de líquido a vapor (evaporación) o de vapor a líquido (condensación), y el deslizamiento de la temperatura, que es el cambio de temperatura durante la evaporación debido al fraccionamiento de la mezcla. Estas mezclas aceptan lubricantes minerales, Alquilbenceno o polioléster, según los casos, facilitando enormemente el retrofit; ejemplos: R404A, R407A, R407B, R407C, R410A, R410B.

Las mezclas zeotrópicas deben ser cargadas en su fase de líquido en razón de la tendencia de fraccionamiento en estado de reposo. Cuando se requiere

cargar en estado de vapor, debe recurrirse a emplear un dispositivo intermedio de trasvase.

b.- MEZCLAS AZEOTRÓPICAS

Se identifican por un número de tres cifras que comienza con la cifra "5", como por ejemplo: R502, R500, R503. Están formadas por dos o más sustancias simples o puras que tienen un punto de ebullición constante y se comportan como una sustancia pura (ver cuadro de refrigerantes), logrando con ellas características distintas de las sustancias que las componen, pero mejores.

1.4.3.1.5.- HIDROCARBUROS Y COMPUESTOS INORGÁNICOS

Basados en hidrocarburos saturados o insaturados, los cuales pueden ser usados como refrigerantes solos o en mezclas. Ejemplo: etano, propano, isobutano, propileno y sustancias inorgánicas naturales.

Las sustancias inorgánicas naturales han sido conocidas y su utilización se redujo con la aparición de las sustancias halogenadas.

a.- HIDROCARBUROS (HC)

Fueron usados por décadas como refrigerantes en grandes plantas industriales (refinerías de petróleo, petroquímica) así como en pequeños sistemas de baja temperatura. Son compatibles con el cobre y los aceites minerales, tienen buenas propiedades como refrigerantes y algunos son excelentes alternativas para sustituir el CFC12 y el FC134a. Su impacto ambiental es casi nulo comparado con los CFC, los HCFC y los HFC.

PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS

Comparados con los halocarburos (CFC, HCFC y HFC), los hidrocarburos usados como refrigerantes se distinguen por las siguientes características:

- Calor latente de vaporización mayor.
- Densidad menor. (Un sistema que originalmente empleara CFC12 usaría el mismo volumen de una mezcla 50/50 (% en volumen) de isobutano/propano, pero sólo pesaría el 41% de la carga de CFC12.

• **Inflamabilidad:** los hidrocarburos son inflamables mezclados con aire, cuando la proporción está dentro de ciertos límites de inflamabilidad inferior [LFL (Lower Flamability Level)], y superior [UFL (Upper Flamability Level)]. Esa proporción varía para cada hidrocarburo o para cada mezcla de hidrocarburos. Un 1,93% de la mezcla de isobutano/propano en el aire [LFL] es equivalente a 35 gr/m³, en tanto que un 9.1% en el aire [UFL] es equivalente a 165 g/m³.

b.- COMPUESTOS INORGÁNICOS

Incluyen gases simples como el oxígeno [O₂], nitrógeno [N₂], y compuestos inorgánicos como el anhídrido carbónico o dióxido de carbono [CO₂] R744, agua [H₂O], amoníaco [NH₃] R717, y otros.

Nº Refrigerante	Nombre	Composición química	Aplicaciones
COMPUESTOS INORGÁNICOS			
R717	Amoníaco	NH ₃	Refrigeración industrial.
R718	Agua	H ₂ O	Refrigeración industrial.
R744	Dióxido de carbono	CO ₂	Refrigeración industrial.
COMPUESTOS ORGÁNICOS			
Hidrocarburos			
R170	Etano	CH ₃ CH ₃	Refrigeración industrial. Sistemas en cascada.
R290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	Mezclas, enfriadores industriales, A/A pequeños.
R600a	Isobutano	CH(CH ₃) ₂ CH ₃	Refrigeración doméstica. Inflamable
Hidrocarburos Halogenados			
Clorofluorocarbonos (CFC)			
R11	Triclorofluorometano	CCl ₃ F	Chillers de baja presión, espumado.
R12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	Refr. Doméstica, A/A vehículos.
R115	Cloropentafluoroetano	C ₂ F ₅ Cl	Baja temperatura. Efecto invernadero alto.
Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)			
R22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	A/A, Bombas de calor, refrigeración comercial e industrial.
R141b	1,1 dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CCl ₂ F	Espumado, solvente.
R142b	1-cloro-1,1-difluoroetano	CH ₃ CClF ₂	Alta temperatura. Inflamable.
Hidrofluorocarbonos (HFC)			
R32	Difluorometano	CH ₂ F ₂	Baja temperatura, inflamable.
R125	Pentafluoroetano	CHF ₂ CF ₃	Efecto invernadero alto, baja y media temperatura.
R134a	1,1,1,2- tetrafluoroetano	CH ₂ FCF ₃	Refrigeración doméstica y comercial, A/A vehículos, transporte refrigerado.
R143a	1,1,1-trifluoroetano	CH ₃ CF ₃	Acelera el desgaste de compresor. Inflamable.
R152a	1,1-difluoroetano	CH ₃ CHF ₂	Inflamable.
Mezclas Azeotrópicas			
R502	HCFC+CFC	R22/R115 (48.8/51.2)	Refrigeración comercial baja temperatura, refrigerante de equipos móviles
R507	HFC+HFC	R125/R143a (50/50)	Reemplaza al R502, gabinetes de supermercados, temperaturas baja y media.
Mezclas Zeotrópicas			
R404A	HFC+HFC+HFC	R125/R143a/R134a (44/52/4)	Máquinas para hielo, reemplaza al R502, retrofit R502.
R407C	HFC+HFC+HFC	R32/R125/R134a (23/25/52)	Reemplaza al R22 en A/A, bombas de calor, refrigeración comercial e industrial, retrofit R22.
R410A	HFC+HFC	R32/R125 (50/50)	A/A, Bombas de calor, refrigeración comercial e industrial.
Isobutano/Propano	HC+HC	R600a/R290 (50/50)	Reemplazo R12 "drop in". Inflamable.

TABLA 1.2 Clasificación de los refrigerantes

Los refrigerantes más actuales y utilizados en el Ecuador se pueden apreciar en la tabla a continuación. (Cortesía de Honeywell Ecuador).

n°ASHRAE	Nombre comercial	Tipo	Sustituye a	Lubricante [®]	Aplicaciones	Comentarios
R-507 (125/143a)	AZ-50 507	Azeótropo	R-502 R-22	Poliéster	Equipos nuevos y equipos reconvertidos	Muy afín a R-502. Mayor rendimiento que R-404A. Mayor rendimiento que R-22 a bajas temperaturas.
R-404A (125/143a/134a)	404A	Mezcla (deslizamiento bajo) HFC	R-502 R-22	Poliéster	Equipos nuevos y equipos reconvertidos	Muy afín a R-502. Mayor rendimiento que R-22 a bajas temperaturas.
R-402A (22/125/290)	HP80	Mezcla (deslizamiento bajo)	R-502	Alquilbenceno o poliéster	Equipos reconvertidos	Mayor presión de descarga que R-502.
R-402B (22/125/290)	HP81	Mezcla (deslizamiento bajo)	R-502	Alquilbenceno o poliéster	Máquinas de hielo	Mayor presión de descarga que R-502.
R-408A (22/125/143a)	408A	Mezcla (deslizamiento bajo)	R-502	Alquilbenceno o poliéster	Equipos reconvertidos	Mayor presión de descarga que R-502.
R-508A (23/116)	508A	Azeótropo	R-13 R-503	Poliéster	Equipos nuevos y equipos reconvertidos	

n°ASHRAE	Nombre comercial	Tipo	Sustituye a	Lubricante [®]	Aplicaciones	Comentarios
R-401A (22/152a/124)	401A	Mezcla (deslizamiento moderado) HCFC/HFC	R-12 R-500	Alquilbenceno, poliéster o aceite mineral en muchos casos.	Equipos reconvertidos [®] Equipos reconvertidos incluyendo sistemas de aire acondicionado y deshumectadores	No hace falta cambiar el aceite para temperatura de evaporador superior a -7°C.
R-409A (229/124/142b)	409A	Mezcla (deslizamiento alto) HCFC	R-12	Alquilbenceno, poliéster o aceite mineral en algunos casos.	Retrofits [®]	Mayor capacidad que R-12. En la mayoría de los casos, no se recomienda cambiar el aceite para temperatura de evaporador superior a -29°C.
R-123	123	Fluido puro	R-11	Alquilbenceno o aceite mineral	Enfriadores centrífugos	Menor capacidad que R-11. Con modificaciones, rendimiento equivalente a R-11.
R-134a	134a	Fluido puro	R-12	Poliéster	Equipos nuevos y equipos reconvertidos	Muy afín a R-12.
		Fluido puro	R-22	Poliéster	Equipos nuevos	Menor capacidad que R-22. Se necesita un equipo más grande.
R-410A (125/32)	AZ-20 410A	Mezcla azeotrópica	R-22	Poliéster	Equipos nuevos	Mayor rendimiento que R-22. Se necesita rediseñar el equipo.
R-407C (125/32/134a)	407C	Mezcla (deslizamiento alto) HFC	R-22	Poliéster	Equipos nuevos y equipos reconvertidos	Menor rendimiento que R-22. Capacidad afín a R-22.

TABLA 1.3 Refrigerantes en Ecuador y sustitución ASHRAE

1.4.4.- FILTRO DE AIRE

El filtro es un dispositivo que retiene una parte de las impurezas del aire, esta retención de las impurezas se lleva a cabo dependiendo del tipo de filtro.

1.4.4.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS

Los filtros se clasifican según su forma de actuar.

- Filtros de tipo seco:

Están constituidos por un entramado que retiene las partículas de polvo. La acción filtrante se ejerce por medio del entramado que constituye el cuerpo del filtro constituido de fibras de celulosa, de vidrio o de otros materiales de carácter sintético, el rendimiento suele ser más elevado que el viscoso pero su capacidad de carga es menor.

- Filtros de tipo viscoso:

El cuerpo del filtro está tratado con un líquido viscoso, las partículas quedan atrapadas en este medio. El aire cuando atraviesa el filtro es subdividido en múltiples filetes de forma que las partículas más pesadas son proyectadas contra el medio filtrante quedando impregnadas.

- Filtro electrostático:

El principio se basa en cargar positivamente las partículas indeseables y atraparlos mediante unos electrodos negativos.

El campo electrostático tiene un potencial de unos 12000 V, para el aire acondicionado se utiliza la carga positiva con el fin de evitar que se forme ozono.

- Filtros especiales:

Para eliminar los malos olores se utilizan filtros que contienen carbón activo para la esterilización del aire, usado en hospitales, laboratorios ya que solo se utiliza para cuando se puedan reproducir los agentes patógenos.

1.5.- SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN

1.5.1.- HUMEDAD RELATIVA

Es la cantidad de humedad presente en el aire, entendida como el porcentaje de humedad que contiene el aire en comparación con la capacidad del aire para retener la humedad. Cuando se afirma que la humedad relativa de un cierto ambiente es del 50%, lo que estamos queriendo decir es que cada metro cúbico de aire está conteniendo la mitad (50%) de la humedad que podría ser capaz de retener. La humedad relativa del aire disminuye a medida que aumenta la temperatura ya que el aire puede retener tanta más humedad cuanto mayor sea su temperatura. Cuando se calienta un metro cúbico de aire del exterior, a -5°C y con humedad relativa del 50%, hasta a temperatura de la habitación (20°C), la humedad relativa del aire así calentando se reduce considerablemente.

1.5.2.- HUMIDIFICACIÓN

En la actualidad existen muchos equipos eficientes y eficaces destinados a producir un aumento de la humedad en el aire por evaporación, a estos equipos se los llama humidificadores.

El proceso de evaporación puede acelerarse utilizando energía o calor o haciendo que el aire pase sobre grandes superficies de agua. Se puede incrementar la superficie de agua expuesta al aire extendiéndola sobre almohadillas o pulverizándola.

1.5.3.- HUMIDIFICADORES

Los humidificadores de evaporación funcionan por el principio de extender la humedad sobre una superficie denominada soporte o exponiendo éste aire seco, lo que suele llevarse a cabo obligando al aire a que pase a través o alrededor del soporte y a que absorba la humedad del soporte en forma de vapor de agua. Existen varios tipos de humidificadores de evaporación.

1.5.3.1.- HUMIDIFICADOR DE DERIVACIÓN

El humidificador de derivación utiliza la diferencia de presión existente en una caldera entre su lado de suministro al ambiente (caliente) y su lado de retorno (frío). El equipo se puede instalar en la cámara impelente⁷ o la canalización de suministro, o bien en la cámara impelente o la canalización de retorno. En cualquier caso, hay que derivar un conducto que vaya desde la cámara impelente o canalización en el que se instale el humidificador hasta la otra cámara impelente o canalización; si se instala en la canalización de suministro, debe salir de él un conducto que vaya hasta el retorno de aire frío como muestra la figura b.1.

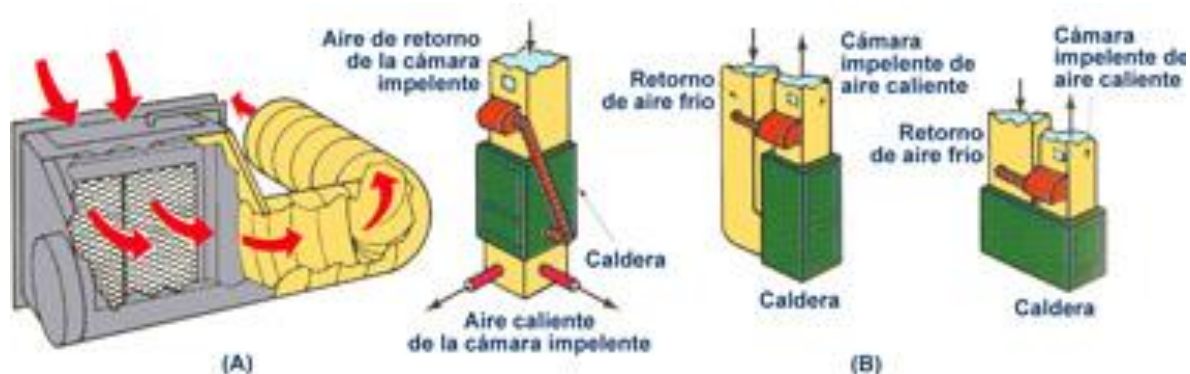


FIGURA 1.3 (A) Corte en sección de un humidificador de derivación, mostrando el flujo de aire desde la cámara impelente a través del soporte, hacia el retorno. (B) Instalaciones comunes

La diferencia de presión entre ambas cámaras impelentes obliga a una cierta cantidad de aire a pasar, a través del humidificador, hacia el conducto de suministro y, de ahí, hacia toda la casa.

1.5.3.2.- HUMIDIFICADOR DE MONTAJE EN CÁMARA IMPELENTE

El humidificador de montaje en cámara impelente se instala en el suministro o en la cámara de retorno de aire. El ventilador de la caldera es el que se

⁷ Cámara impelente: Cámara en la cual se mezcla el aire.

encarga de hacer que el aire pase a través del soporte del humidificador, de donde absorbe la humedad, siendo luego distribuido por todo el espacio acondicionado.

1.5.3.3.- HUMIDIFICADOR DE MONTAJE BAJO CONDUCTO

El humidificador de montaje bajo conducto se instala en la parte inferior del suministro de aire, de manera que el soporte se extienda hacia el interior del conducto y el aire de la corriente absorba la humedad suministrada por el soporte.

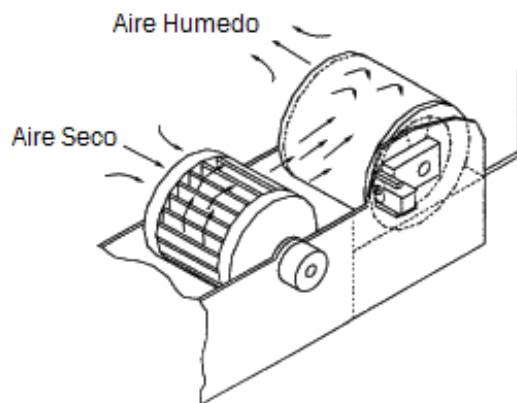


FIGURA 1.4 Humidificador de montaje bajo conducto

1.5.3.4.- HUMIDIFICADORES DE PULVERIZACIÓN

Los humidificadores de pulverización descargan pequeñas gotas de agua (una niebla) en el aire, donde se evaporan muy rápidamente, ya sea hacia la canalización de suministro, ya sea directamente en el ambiente acondicionado. Existen dos tipos de humidificador, según que utilicen una tobera nebulizadora o una bomba centrífuga pero no deben realizarse con aguas duras, debido a que su elevado contenido mineral (cal, hierro, etc.) pueden abandonar el vapor de agua en forma de polvo y distribuirse por todo el edificio. El humidificador de

tobera nebulizadora lanza una niebla de agua, a través del agujero de una tobera, hacia la corriente de aire de la canalización, desde donde se distribuye por todo el ambiente acondicionado.

El humidificador centrífugo de pulverización utiliza un impelente o lanzador para lanzar el agua hacia la canalización, obligándola a que forme pequeñas gotas y a que se evapore en la corriente de aire.

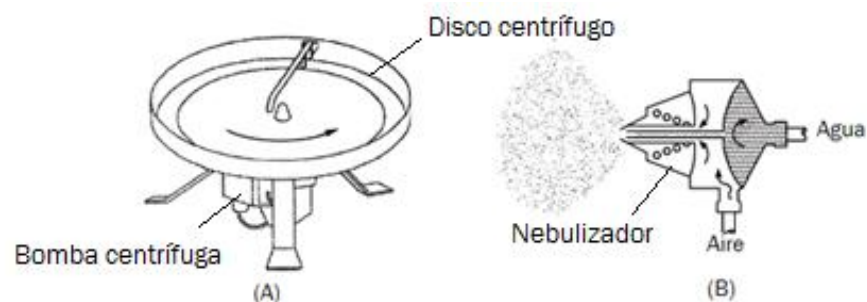


FIGURA 1.5 (A) Humidificador centrífugo, (B) de tobera nebulizadora

1.5.3.5.- HUMIDIFICADORES AUTOCONTENIDOS

El equipo de calefacción de muchos hogares y empresas carece de canalizaciones a través de las que se distribuya aire caliente. Los sistemas de calefacción por agua caliente, los equipos de suelo electrónicos o los calefactores compactos carecen de conducciones de aire.

En aquellos sistemas es preciso utilizar un humidificador autocontenido. Los procesos que rigen en un equipo de esta clase son, en general, los mismos con los que funcionan las calderas de aire caliente de convección forzada.

Puede que estas unidades integrales incluyan un dispositivo calentador eléctrico para calentar el agua o puede que el agua se distribuya sobre un soporte de evaporación. La unidad debe incluir, asimismo, un ventilador o impulsor, destinado a la distribución de la humedad por toda la habitación o zona.

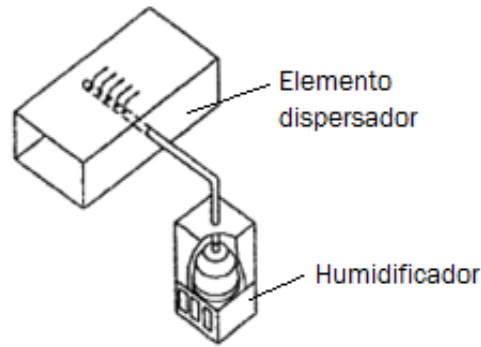


FIGURA 1.6 Humidificador autocontenido

1.6.- SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Un sistema de calefacción permite elevar la temperatura de determinado espacio en relación a la temperatura ambiental exterior. Existen varias formas de generar calor ya sea por resistencias eléctricas, gas, gasóleo, etc.

1.6.1.- CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

Se obtiene mediante la conversión de energía eléctrica en calor. Este proceso se lleva a cabo introduciendo una determinada resistencia de un material particular en un circuito eléctrico, la misma que dispone de relativamente pocos electrones libres, de modo que no conduce la electricidad fácilmente y genera calor en ella. Uno de los materiales utilizados es una aleación conocida como níquel-cromo.

El precio de compra de los sistemas de calefacción eléctrica suele ser inferior al de otros sistemas. Su instalación y mantenimiento suele ser también menos costosa, lo que hace que los sistemas de calefacción eléctrica sean atractivos para muchos compradores potenciales.

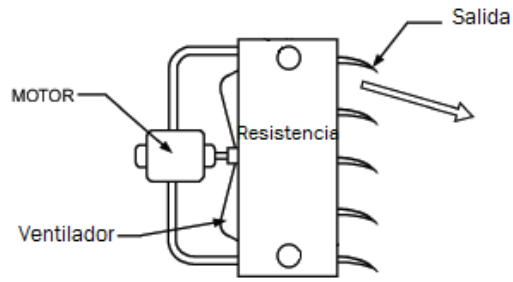


FIGURA 1.7 Calefacción por resistencia eléctrica

1.6.2.- CALEFACCIÓN POR GAS

1.6.2.1.- CALDERAS DE COMBUSTIÓN DE GAS DE CONVECCIÓN FORZADA

Las calderas de combustión de gas de convección forzada constan de un sistema de producción de calor de un sistema de distribución de aire caliente. El sistema de producción de calor incluye el distribuidor, los reguladores, los quemadores, el cambiador de calor de aire caliente consta del impulsor que mueve el aire por todo el sistema de conducciones y del sistema de conducciones en sí. El distribuidor y los reguladores conducen el gas hasta los quemadores, en los que se generan los gases de combustión. Estos fluyen hacia el cambiador de calor, donde se calienta el aire dentro y alrededor del cambiador. El sistema de ventilación permite que los gases de salida se dispersen en la atmósfera. El impulsor distribuye el aire caliente, a través de las conducciones, hacia las áreas en las que se necesita la calefacción.

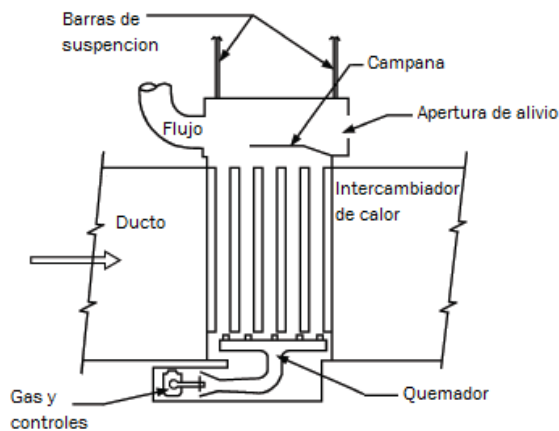


FIGURA 1.8 Calefacción por gas

1.6.3.- CALEFACCIÓN POR GASÓLEO

1.6.3.1.- CALDERAS DE GASÓLEO DE CONVECCIÓN FORZADA DE AIRE CALIENTE

En la caldera de gasóleo de convección forzada de aire caliente, se identifican dos sistemas principales: un sistema de producción de calor y un sistema de distribución del calor. El sistema de producción de calor consta del quemador de gasóleo, de los componentes de suministro del combustible. De la cámara de combustión y del cambiador de calor. El sistema de distribución del calor consta de ventilador impulsor, que mueve el aire a través de las conducciones, y de otros componentes relacionados con él.

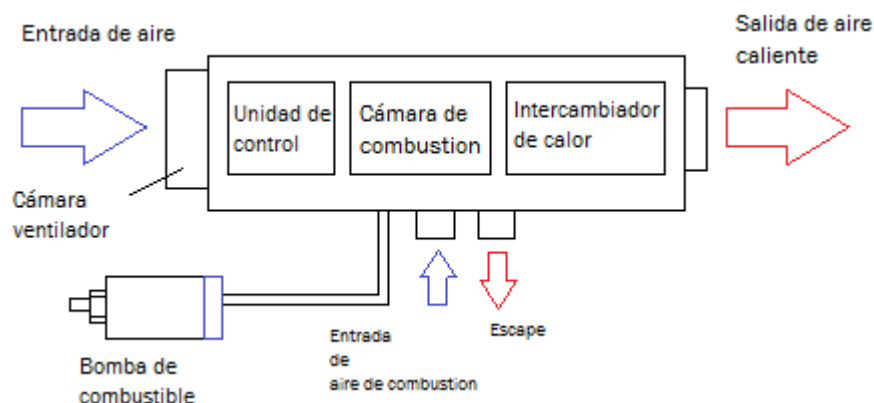


FIGURA 1.9 Caldera de gasóleo de convección forzada

1.7.- CALIBRACIÓN

Es la operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores de la magnitud y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

1.7.1.- TERMINOLOGÍA

1.7.1.1.- INCERTIDUMBRE

Se define como “una estimación unida al resultado de un ensayo que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se afirma que está el valor verdadero”. Esta definición tiene poca aplicación práctica ya que el “valor verdadero” no puede conocerse. Esto ha hecho que el Vocabulario de Metrología Internacional, VIM [BIPM, 1993], evite el término “valor verdadero” en su nueva definición y defina la incertidumbre como “un parámetro, asociado al resultado de una medida que caracteriza el intervalo de valores que puede ser razonablemente atribuidos al mensurando⁸”. En esta definición el mensurando indica: “la propiedad sujeta a medida”.

1.7.1.2.- EXACTITUD

Se define como “la proximidad en la concordancia entre un resultado y el valor de referencia aceptado”. El término exactitud implica una combinación de componentes aleatorios y un error sistemático o sesgo. Por tanto, la exactitud se expresa como suma de dos términos: la precisión y la veracidad.

1.7.1.3.- PRECISIÓN

Se define como “el grado de concordancia entre ensayos independientes obtenidos bajo unas condiciones estipuladas”. Estas condiciones dependen de los factores que se varíen entre cada uno de los ensayos. Por ejemplo, algunos de los factores que se pueden variar son: el laboratorio, el analista, el equipo, la calibración del equipo, los reactivos y el día en que se hace el ensayo.

Las dos medidas de precisión extremas son la reproducibilidad (que proporciona la mayor variabilidad ya que los ensayos se obtienen por diferentes

⁸ Mesurando: Magnitud que se desea medir o magnitud sujeta a medición.

laboratorios) y la repetitividad (que proporciona la menor variabilidad ya que los ensayos se obtienen en intervalos cortos de tiempo sin variar ningún factor).

1.7.1.4.- VERACIDAD

Grado de coincidencia entre el valor medio obtenido de una gran serie de resultados y un valor aceptado como referencia, viene expresada usualmente en términos de sesgo, definiéndose éste entre el valor medio medido obtenido y un valor aceptado como referencia.

1.7.1.5.- ERROR

Se define el error como “la diferencia entre el resultado obtenido y el valor verdadero del mensurando”. La incertidumbre y el error están relacionados entre sí ya que la incertidumbre debe considerar todas las posibles fuentes de error del proceso de medida. De todas formas, hay importantes diferencias entre ambos conceptos.

Por otro lado, el error cometido al analizar varias veces una muestra con un método analítico no es siempre el mismo ya que los errores aleatorios hacen que el error cometido en cada uno de los análisis sea diferente. Sin embargo, la incertidumbre de todos los resultados obtenidos al analizar esa muestra es siempre la misma ya que se utiliza el mismo método analítico. Por tanto, si la incertidumbre se ha calculado para un método analítico y un tipo de muestra determinado, todas las muestras de ese tipo que se analicen con ese método tendrán la misma incertidumbre pero no tienen por qué tener el mismo error asociado.

1.7.1.6.- TOLERANCIA

Es el intervalo de valores en el que debe encontrarse una magnitud para que se acepte como válida, lo que determina la aprobación o el rechazo del mesurando, según sus valores queden dentro o fuera de ese intervalo. La **FIGURA 1.10** muestra cuatro situaciones que pueden ocurrir cuando se quiere

comprobar si el resultado (estimación + incertidumbre asociada) está dentro o no de la tolerancia.

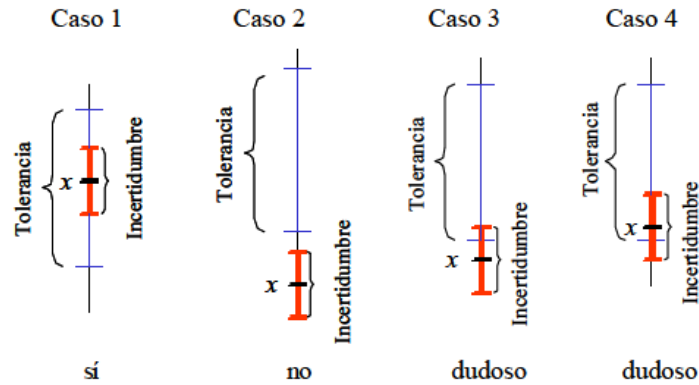


FIGURA 1.10 Tolerancia e Incertidumbre

En el caso 1 el producto es válido ya que tanto la estimación del valor como su incertidumbre están dentro de la tolerancia. En el caso 2 el producto es claramente no válido porque ni la estimación ni su incertidumbre están dentro de la tolerancia.

Pero, ¿qué podemos afirmar en el tercer caso? La estimación del valor está fuera de la tolerancia pero hay una parte de la incertidumbre que está dentro de la tolerancia. Por tanto, el resultado es dudoso.

En el caso 4 el resultado también sería dudoso ya que aunque la estimación está dentro de la tolerancia, hay parte de la incertidumbre que cae fuera de la tolerancia. Normalmente, en estos dos últimos casos se rechazaría el producto.

1.7.1.7.- MAGNITUD

Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia.

1.7.1.8.- UNIDAD DE MEDIDA

Magnitud escalar real, definida y adoptada por convenio, con la que se puede comparar cualquier otra magnitud de la misma naturaleza para expresar la relación entre ambas mediante un número.

1.7.2.- CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

1.7.2.1.- LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE UNA CALIBRACIÓN

Los factores que determinan la calidad de una calibración son:

- **Precisión de la medida**

Se estima a partir de la repetitividad y la reproductibilidad de las medidas. La repetitividad se evalúa a través del cálculo de la desviación estándar relativa (RSD%) de la medida de los patrones de calibrado. En la práctica puede ocurrir que la repetitividad para los patrones sea más pequeña que para las muestras, por lo que será necesario fabricar patrones similares a las muestras o agregar el análisis a las mismas.

- **Exactitud de los patrones**

El valor de concentración o masa asignado a cada patrón trae aparejado un error pequeño si es preparado a partir de reactivos puros (grado analítico) con estequiometría bien definida. Este error en general se desprecia, frente al error en las medidas de las señales producidas por el instrumento.

- **Validez de la calibración**

Generalmente es el factor más importante. Cuando se calibra un instrumento se debe tener una razonable certeza de que éste responderá de igual manera a los patrones así como a las muestras, aunque estas

tengan una matriz relativamente diferente. Si estas diferencias son muy grandes, pueden llegar a invalidar el proceso de calibración. Es necesario estar completamente seguro de que el calibrado es válido antes de utilizarlo para obtener el valor de concentración de muestras incógnita. En caso contrario, pueden cometerse serios errores en la determinación.

1.7.3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Para realizar una calibración de tipo industrial los pasos a seguir son los siguientes:

1. Conocer el intervalo a calibrar deseado

Es necesario que se corrobore que el equipo es capaz de cubrir el intervalo de calibración del instrumento bajo prueba (UUT por sus siglas en inglés).

2. Analizar incertidumbres

Las incertidumbres más relevantes a tomar en cuenta, para el cálculo de la incertidumbre del instrumento a calibrar, es la del sensor de referencia (cuya incertidumbre se encuentra en su certificado de calibración) y la incertidumbre de referencia con la ITS-90⁹.

3. Definir puntos de medición

Dividir de manera equidistante en temperatura el intervalo de calibración.

4. Llevar a cabo las mediciones

Se programa la fuente de temperatura a cada uno de los distintos puntos de medición, una vez que la fuente de temperatura es estable se toman lecturas del termómetro de referencia y del termómetro o termómetros a calibrar. Se recomienda que se tomen varias lecturas en cada punto con lo que se mejora la incertidumbre.

⁹ ITS-90: Por sus siglas en inglés International Temperature Scale of 1990; EIT-90 por sus siglas en español: Escala Internacional de temperatura de 1990.

El valor aceptado de confiabilidad es del 95%, con un factor de cobertura “k” entre 2.2 y 2.5, lo que corresponde según la ITS-90 a 6 o más mediciones.

5. Realizar cálculos

Una vez tomadas las mediciones se llevan a cabo el cálculo de la media, varianza, desviación, incertidumbre y error.

6. Elaborar informe de calibración

En el informe de calibración quedan plasmados los resultados finales de la calibración.

1.7.3.1.- EJEMPLO

Un termómetro de resistencia de platino, con una resolución de 0.01°C, es recibido de la ACME Thermometer Company. Y requiere una calibración entre -20°C y 180°C, el termómetro es usado para calibrar termómetros de mercurio.

Paso 1: Recopilación de datos

Un archivo es abierto con el número de orden de trabajo. Este archivo contiene la dirección del cliente, nombre del cliente, una copia de la orden, una descripción completa del termómetro incluyendo el fabricante, tipo y número de serie, y el rango de temperatura requerido. El archivo es continuamente actualizado para poder realizar un record, los resultados de la calibración y una copia del certificado si es necesaria. En este caso, el termómetro es de resistencia de platino con un indicador electrónico de lectura directa, con un rango especificado del fabricante de -50°C a 200°C.

Paso 2: Inspección visual general

El termómetro es desempacado, e inspeccionado al recibirlo. Se constata el estado del equipo. El termómetro es conectado y prendido para constatar su funcionamiento.

Paso 3: Condicionamiento y ajuste

Aunque el manual de operación para estos termómetros incluyen instrucciones para el reseteo del punto de congelamiento, rango y linealidad, inmediatamente antes de la calibración, no es llevado a cabo debido a que el cliente menciona que el instrumento no va a ser reseteado a menos que el punto de congelación presente un error mayor a 0.05°C .

Paso 4: Chequeo General

El instrumento es inspeccionado por abolladuras, rasguños, daño en los leds, conectores, sócalos, cables, etc. La unidad electrónica parece estar en buen estado. La condición general del instrumento es considerada por su edad y uso, indica que el instrumento se encuentra en buen estado.

Paso 5: Comparación

Los puntos de comparación son distribuidos en el rango de calibración que el cliente requiere.

Reading no.	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Reading ($^{\circ}\text{C}$)	Correction ($^{\circ}\text{C}$)	Residual errors ($^{\circ}\text{C}$)
1	-19.9504	-19.96	0.00	+0.0096
2	-7.4467	-7.46	+0.01	+0.0033
3	5.0430	5.045	0.00	-0.0020
4	17.5320	17.535	0.00	-0.0030
5	30.0153	30.015	0.00	+0.0003
6	42.4994	42.50	0.00	-0.0006
7	54.9758	54.975	-0.01	+0.0108
8	67.5422	67.55	-0.01	+0.0022
9	80.0084	80.005	-0.01	+0.0034
10	92.4734	92.49	-0.01	-0.0066
11	104.9527	104.97	-0.02	+0.0027
12	117.4225	117.44	-0.02	+0.0025
13	129.8958	129.915	-0.02	+0.0008
14	142.3688	142.39	-0.01	-0.0062
15	154.8518	154.86	-0.01	+0.0018
16	167.3067	167.305	0.00	+0.0017
17	179.7642	179.755	+0.01	-0.0008
18	0.0000	0.00	0.00	0.0000
19	0.0000	0.005	0.00	-0.0050

TABLA 1.4 Comparación de resultados del termómetro de resistencias de platino

Paso 6: Análisis

Las lecturas y temperaturas recogidas en las primeras 3 columnas de la tablas son ahora analizadas. La corrección calculada para cada punto de calibración es aproximada al 0.01°C más cercano. Los errores residuales en las lecturas corregidas, son enlistados en la 5ta columna.

Paso 7: Incertidumbre

La incertidumbre en la lectura del termómetro de referencia es encontrada en el certificado de calibración en 0.002°C y un nivel de confianza del 95%.

Paso 8: Completar los registros

El desempeño del termómetro es revisado antes de emitir el certificado.

El certificado es emitido como en el **ANEXO 1.1**

1.8.- CERTIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN

La certificación de una calibración debe contener varios requerimientos que describan todo el proceso de calibración y sus resultados.

1.8.1.- INFORMACIÓN GENERAL

Identificación del Laboratorio de Calibración, identificación del certificado (número de calibración, fecha de expedición, número de páginas), firma(s) de persona(s) autorizada(s).

Identificación del cliente.

Identificación del instrumento calibrado, información del instrumento (fabricante, tipo de instrumento, lugar de instalación).

1.8.2.- INFORMACIÓN ACERCA DEL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Fecha de las mediciones, lugar de calibración y lugar de instalación del instrumento, en caso de que estos sean diferentes.

Información acerca del instrumento (ajuste realizado, cualquier anomalía del funcionamiento, ajustes del programa de cómputo (software) si esto es relevante para la calibración, etc.).

Referencia a, o descripción del procedimiento aplicado, en caso de que este no sea obvio en el certificado, (tiempo de estabilización observado entre cargas y/o lecturas).

Acuerdos con el cliente (sobre el alcance de calibración limitado, especificaciones metrológicas para las cuales se ha declarado conformidad).

1.8.3.- RESULTADOS DE MEDICIÓN

Debe incluir la lectura de temperatura, el error y la incertidumbre calculados.

1.9.- NORMAS ASHRAE

Las normas ASHRAE¹⁰ son escritas por sus miembros alrededor del mundo expertos en los ámbitos de la calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración.

Sus miembros son personas que en todo el mundo comparten ideas, identifican necesidades, apoyan la investigación, y escriben los estándares de la industria para realizar pruebas y prácticas. Con la finalidad de mantener ambientes interiores seguros y productivos, protegiendo y preservando el aire libre para las generaciones venideras.

¹⁰ ASHRAE: Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado, por sus siglas en inglés American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

1.9.1.- NORMAS ASHRAE PARA REFRIGERACIÓN

1.9.1.1.- CALCULO DE CARGA

Para mantener fría una cámara y todo lo que está contenido en ella, es necesario extraer el calor inicial y después el que pueda ir entrando en la cámara, por bien aislada que esté.

La carga total incluye (1) carga de transmisión, la cual es el calor transferido en el espacio de refrigeración a través de su superficie; (2) carga del producto, la cual es calor removido y producido por productos introducidos y q se mantienen en el espacio refrigerado; (3) carga interna, la cual es calor producido por fuentes internas (luces, motores eléctricos, y personas trabajando en el espacio); (4) carga de aire de infiltración, la cual es la ganancia de calor asociado con el aire que entra en el espacio refrigerado; y (5) carga de equipo afín.

Los cuatro primeros segmentos de carga constituyen la carga de calor neto para la cual el sistema de refrigeración va a ser provisto; el quinto segmento consiste en toda la ganancia de calor creado por el equipo de refrigeración.

Así, el calor neto mas la carga de calor del equipo es la carga total de refrigeración para la cual el compresor debe ser seleccionado.

1.9.1.1.1.- CARGA DE TRANSMISIÓN

El calor es transmitido a través de paredes, piso, y techo es calculado en estado estable.

$$q = UA\Delta t \quad (1.16)$$

Donde:

q = ganancia de calor.

A = área exterior de la sección, m^2 .

Δt = diferencia entre la temperatura del aire exterior y la temperatura del aire en el espacio refrigerado.

El coeficiente global de transferencia de calor U de la pared, piso, o techo puede ser calculado por la siguiente ecuación:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (1.17)$$

Donde:

U = coeficiente global de transferencia de calor, $W/(m^2.K)$.

x = espesor de la pared, m .

k = conductividad térmica del material, $W/(m.K)$.

h_i = conductividad de la superficie interna, $W/(m^2.K)$.

h_o = conductividad de la superficie externa, $W/(m^2.K)$.

Un valor de 1.6 para h_i y h_o es frecuentemente utilizado cuando la superficie está expuesta a un aire tranquilo y un valor de 6 cuando existen vientos de 25 km/h.

El factor U de una pared compuesta de superficies de materiales planos y paralelos 1, 2, y 3 esta dado por la siguiente ecuación.

$$U = \frac{1}{\frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3}} \quad (1.18)$$

La conductividad térmica de varios aislamientos de almacenamiento en frío se figuran en la siguiente tabla:

Insulation	Thermal Conductivity <i>k</i> , W/(m · K)
Polyurethane board (R-11 expanded)	0.023 to 0.026
Polyisocyanurate, cellular (R-141b expanded)	0.027
Polystyrene, extruded (R-142b)	0.035
Polystyrene, expanded (R-142b)	0.037
Corkboard ^b	0.043
Foam glass ^c	0.044

^aValues are for a mean temperature of 24°C, and insulation is aged 180 days.
^bSeldom used insulation. Data is only for reference.
^cVirtually no effects from aging.

TABLA 1.5 Conductividad térmica de aislamientos. Cortesía ASHRAE 2006

Las superficies metálicas de paneles prefabricados o aislados tienen un efecto insignificante en el rendimiento térmico y no es necesario ser considerados en el cálculo del factor *U*.

En la mayoría de los casos, la diferencia de temperatura Δt se puede ajustar para compensar el efecto solar sobre la carga de calor. Los valores en la siguiente tabla se aplicarán durante un período de 24 horas, y se agregan a la temperatura ambiente cuando se calcula la ganancia de calor de la pared.

Typical Surface Types	East Wall, K	South Wall, K	West Wall, K	Flat Roof, K
<i>Dark-colored surfaces</i>				
Slate roofing	5	3	5	11
Tar roofing				
Black paint				
<i>Medium-colored surfaces</i>				
Unpainted wood	4	3	4	9
Brick				
Red tile				
Dark cement				
Red, gray, or green paint				
<i>Light-colored surfaces</i>				
White stone	3	2	3	5
Light colored cement				
White paint				

Notes: Add to the normal temperature difference for heat leakage calculations to compensate for sun effect. Do not use for air-conditioning design.

TABLA 1.6 Compensación del Efecto Solar. Cortesía ASHRAE 2006

El la ganancia de calor latente debido a la transmisión de humedad a través de paredes, pisos, y techos de las modernas instalaciones de refrigeración es insignificante.

a.- CÁLCULO DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA Δt

Δt = Diferencia entre la temperatura del aire exterior y la temperatura del aire interior del espacio refrigerado.

La temperatura del aire exterior es un dato del **ANEXO 1.2**

Se toma en cuenta el criterio de diseño de las ASHRAE de temperaturas de aire libre para grandes ciudades, donde los valores de 0.4% deben ser utilizados.

1.9.1.2.- CÁLCULO DE ANCHO DE PARED x :

En la práctica, el cálculo de los espesores de los aislantes se realiza de la siguiente manera:

$$x = \frac{\Delta t \times k}{Q} \quad (1.19)$$

k = dado en la tabla de conductividad térmica de aislamientos de almacenamiento en frío.

Q = un número de 8 a 10 donde 8 es más eficiente y 10 menos eficiente.

(Referirse al complemento de la ASHRAE 90.1 CODE).

1.9.1.3.- CARGA DEL PRODUCTO

Las cargas de refrigeración de los productos introducidos para mantenerse en el espacio refrigerado son (1) calor que debe eliminarse para llevar los

productos a la temperatura de almacenamiento y (2) el calor generado por productos (principalmente frutas y vegetales) en almacenamiento. La cantidad de calor que se quita se puede calcular de la siguiente manera:

a.- El calor removido para enfriar la temperatura inicial, por encima de la temperatura de congelación:

$$Q_1 = mc_1(t_1 - t_2) \quad (1.20)$$

b.- El calor removido para enfriar la temperatura del punto de congelación inicial del producto:

$$Q_2 = mc_1(t_1 - t_f) \quad (1.21)$$

c.- El calor eliminado de los productos congelados:

$$Q_3 = mh_{if} \quad (1.22)$$

d.- El calor removido para enfriar desde el punto de congelación a la temperatura final por debajo del punto de congelación:

$$Q_4 = mc_2(t_f - t_3) \quad (1.23)$$

Donde:

Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 = calor eliminado (kJ).

m = masa del product (kg).

c_1 = calor específico del producto por encima de cero, kJ / (kg · K).

t_1 = temperatura inicial del producto por encima de la congelación, ° C.

t_2 = temperatura más baja del producto por encima de cero, ° C.

t_f = la temperatura de congelación del producto, ° C.

h_{if} = calor latente de fusión del producto, kJ / kg.

c_2 = calor específico del producto bajo cero, kJ / (kg · K).

t_3 = temperatura final del producto por debajo de cero, ° C.

La capacidad de refrigeración requerida para los productos introducidos en el almacenamiento, se determina por el tiempo asignado para eliminar el calor y se asume que el producto esté bien expuesto para eliminar el calor en ese tiempo. El cálculo es:

$$q = \frac{Q_2 + Q_3 + Q_4}{3600n} \quad (1.24)$$

Donde:

q = carga de enfriamiento promedio, kW.

n = tiempo asignado, h.

La ecuación anterior sólo se aplica a la entrada uniforme del producto en almacenamiento.

La carga de refrigeración creada por carga no uniforme de un producto caliente puede ser mucho mayor en un corto período.

El calor latente de fusión puede ser calculado multiplicando el contenido en agua del producto (expresadas como un decimal) por el calor latente de fusión del agua, que es 334 kJ/kg. La mayoría de alimentos se congela entre -3 y -0,5 ° C.

1.9.1.4.- CARGA INTERNA

1.9.1.4.1.- EQUIPO ELÉCTRICO:

Toda la energía eléctrica que se disipa en el espacio refrigerado (luces, motores, calentadores y otros equipos) debe incluirse en la carga de calor interno.

El calor equivalente de motores eléctricos se muestra en la siguiente tabla.

Motor Rated, kW	Motor Type	Nominal rpm	Full Load Motor Efficiency, %	A	B	C
				Motor in, Driven Equipment in, W	Motor out, Driven Equipment in, W	Motor in, Driven Equipment out, W
0.04	Shaded pole	1500	35	105	35	70
0.06			35	170	59	110
0.09			35	264	94	173
0.12			35	340	117	233
0.19	Split phase	1750	54	346	188	158
0.25			56	439	246	194
0.37			60	621	372	249
0.56			72	776	557	217
0.75	3-Phase	1750	75	993	747	249
1.1			77	1453	1119	334
1.5			79	1887	1491	396
2.2			81	2763	2238	525
3.7			82	4541	3721	817
5.6			84	6651	5596	1066
7.5			85	8760	7178	1315
11.2			86	13 009	11 192	1820
14.9			87	17 140	14 913	2230
18.6			88	21 184	18 635	2545
22.4			89	25 110	22 370	2765
30			89	33 401	29 885	3690
37			89	41 900	37 210	4600
45			89	50 395	44 829	5538
56			90	62 115	55 962	6210
75			90	82 918	74 719	8290
93	90	103 430	93 172	10 342		
110	91	123 060	111 925	11 075		
150	91	163 785	149 135	14 738		
190	91	204 805	186 346	18 430		

TABLA 1.7 Ganancia de Calor debido a motores eléctricos comunes.

Cortesía ASHRAE 2006

1.9.1.5.- CARGA POR INFILTRACIÓN DE AIRE

La ganancia de calor por infiltración de aire y cargas asociadas de equipo pueden ascender a más de la mitad de la carga total de refrigeración.

1.9.1.5.1.- INFILTRACIÓN POR INTERCAMBIO DE AIRE

La infiltración más frecuente se debe a las diferencias de densidad del aire en los cuartos. En un caso típico donde la masa de aire fluye al interior es igual a la masa de aire que fluye al exterior menos cualquier humedad condensada, el cuarto debe estar sellado excepto al momento de abrirlo.

Si el cuarto frío no está sellado, el aire puede fluir directamente a través de la puerta.

La ganancia de calor a través de puertas de intercambio de aire es como es la siguiente:

$$q = 0.577WH^{1.5} \left(\frac{Q_s}{A} \right) \left(\frac{1}{R_s} \right) \quad (1.25)$$

Donde:

q = Carga sensible y latente de calor, kW .

$\frac{Q_s}{A}$ = Carga de calor sensible de infiltración de aire por metro cuadrado de la puerta abierta, kW/m^2 .

W = Ancho de la puerta.

R_s = Relación de calor sensible de ganancia de calor de aire infiltrado.

E = Eficacia del dispositivo de protección de puerta.

El valor de $\frac{Q_s}{A}$ se obtiene de la siguiente figura:

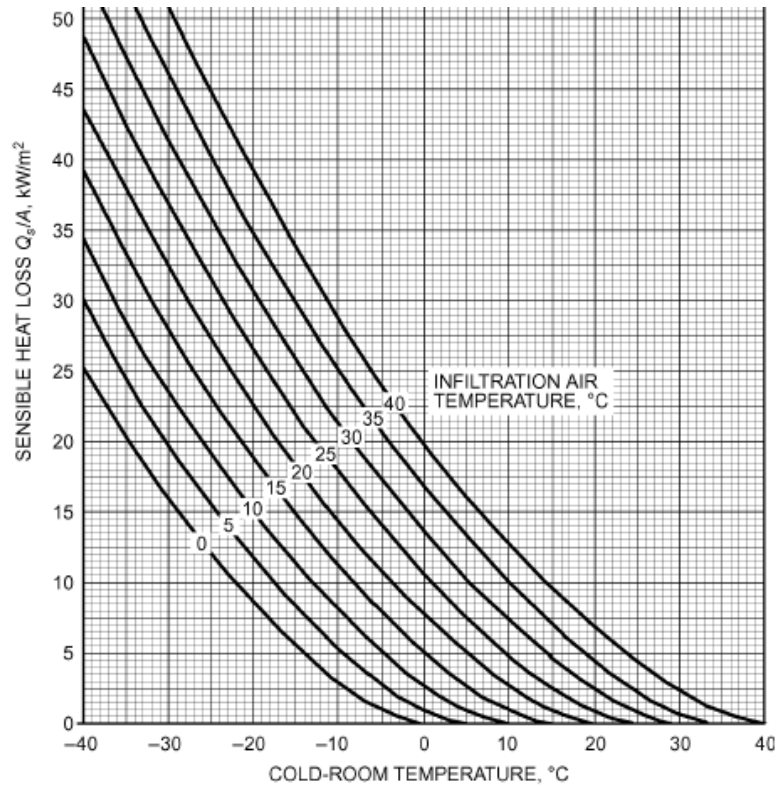


FIGURA 1.11 Ganancia de calor sensible por intercambio de aire por aberturas de puerta continuas con flujo establecido. Cortesía ASHRAE 2006

El valor de R_S se obtiene de la siguiente tabla:

Outdoor Cond.			Cold Space at 90% rh Dry-Bulb Temperature, °C									
DB °C	WB °C	rh, %	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15
30	19.7	30	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.73	0.77	0.87	—
	21.8	40	0.71	0.69	0.68	0.66	0.65	0.63	0.63	0.64	0.68	0.83
	23.9	50	0.66	0.64	0.62	0.60	0.59	0.57	0.56	0.55	0.56	0.62
	25.8	60	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.48	0.49
35	19.0	20	0.80	0.79	0.78	0.77	0.77	0.77	0.79	0.84	0.96	—
	21.6	30	0.72	0.71	0.69	0.68	0.67	0.66	0.67	0.68	0.72	0.86
	24.0	40	0.66	0.64	0.63	0.61	0.59	0.58	0.57	0.57	0.58	0.63
	26.3	50	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.52	0.50	0.49	0.48	0.50
40	28.3	60	0.56	0.54	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42	0.41
	20.7	20	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.73	0.75	0.82	0.98
	23.6	30	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.60	0.61	0.62	0.68
	26.2	40	0.61	0.59	0.58	0.56	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.52
	28.6	50	0.55	0.54	0.52	0.50	0.48	0.47	0.45	0.43	0.42	0.42

TABLA 1.8 Relación de calor sensible R_S para infiltración por puertas a espacios refrigerados. Cortesía ASHRAE 2006

1.9.1.6.- CÁLCULO DE CARGA POR EQUIPO RELACIONADO

Las ganancias de calor asociadas con la operación del equipo de refrigeración consisten esencialmente en lo siguiente:

- El calor del motor del ventilador cuando es usado la circulación por aire forzado.
- Recalentamiento cuando el control de humedad es parte del enfriamiento.
- El calor de descongelamiento cuando el serpentín de refrigeración opera a bajas temperaturas de congelamiento y debe ser descongelado periódicamente.

Los equivalentes de calor de motores eléctricos de ventiladores pueden ser calculados con las siguientes fórmulas.

A= Motor y ventilador en el flujo de aire entrante o dentro de la cámara:

$$q = P_{out}/n \quad (1.26)$$

B= Motor fuera del flujo de aire o fuera del cuarto. El ventilador en el flujo de aire entrante o en el cuarto:

$$q = P_{out} \quad (1.27)$$

C= Motor en el cuarto. El ventilador en el flujo de aire de salida.

$$q = \left(\frac{1}{n} - 1\right) \times P_{out} \quad (1.28)$$

Donde:

q = Ganancia de calor.

n = Eficiencia.

P_{out} = Potencia de salida.

1.9.1.7.- FACTOR DE SEGURIDAD

En general, la carga calculada se incrementa en un factor de 10% a permitir que las posibles discrepancias entre los criterios de diseño y operación real. Este factor se debe seleccionar en consulta con el manual de instalaciones del usuario y debe ser aplicado de forma individual a los cuatro primeros segmentos de carga de calor.

Un factor por separado, debe añadirse a la parte de la bobina de descongelación

de la carga del equipo para aplicaciones de congeladores que utilizan en superficies secas las bobinas de refrigeración. Sin embargo, hay pocos datos disponibles para predecir el calor a ganar de descongelación de la bobina.

La naturaleza de la acumulación de escarcha en los serpentines de enfriamiento también afecta el funcionamiento de la unidad de enfriamiento y, por tanto, la carga de refrigeración.

1.9.2.- NORMAS ASHRAE PARA CALEFACCIÓN

La carga de calor de diseño típicamente asume una única temperatura exterior, sin ganancia de calor debido al efecto solar o fuentes internas. Así, la carga de calor es determinada por la transferencia de calor a través del aislamiento más el calor requerido por la infiltración de aire.

1.9.2.1.- CÁLCULO DE LA GANANCIA DE CALOR POR TRANSMISIÓN DE LAS PAREDES DE POLIURETANO Y ACRÍLICO q :

El cálculo se lo realiza de la misma manera que en el capítulo 1.9.1.1.1.- CARGA DE TRANSMISIÓN por refrigeración.

La temperatura del aire exterior para diseño de calefacción es un dato del **ANEXO 1.2.**

1.9.2.1.1.- CARGA POR INFILTRACIÓN DE AIRE

La ganancia de calor por infiltración de aire y cargas asociadas de equipo pueden ascender a más de la mitad de la carga total de calefacción.

a.- INFILTRACIÓN POR INTERCAMBIO DE AIRE

La infiltración más frecuente se debe a las diferencias de densidad del aire en los cuartos. En un caso típico donde la masa de aire fluye al interior es igual a la masa de aire que fluye al exterior menos cualquier humedad condensada, el cuarto debe estar sellado excepto al momento de abrirlo. Si el cuarto frío no está sellado, el aire puede fluir directamente a través de la puerta.

La ganancia de calor a través de puertas de intercambio de aire para calefacción es la siguiente:

$$q_{rh} = 1.23 \times Q \times (t_h - t_r) \quad (1.29)$$

q_{rh} = Carga por intercambio de aire, kW

t_h = Temperatura exterior, °C

t_r = Temperatura de diseño de la cámara, °C

Q = Caudal de aire, $\frac{L}{s}$

$$Q = \frac{\text{Volumen interno cámara}}{3600} \quad (1.30)$$

1.9.3.- NORMAS ASHRAE PARA HUMIDIFICACIÓN

1.9.3.1.- CÁLCULO DE CARGA

La carga de humidificación depende principalmente en el índice de infiltración natural del espacio a ser humidificado o a la cantidad de aire exterior introducida por medios mecánicos. Otras fuentes de ganancia o pérdida de

humedad deben ser consideradas. La carga de humidificación H puede ser calculada por las siguientes ecuaciones:

- Para sistemas de ventilación con infiltración natural.

$$H = \rho VR(W_i - W_o) - S + L \quad (1.31)$$

- Para sistemas de ventilación mecánica que tengan una cantidad de aire exterior fija.

$$H = 3.6\rho Q_o(W_i - W_o) - S + L \quad (1.32)$$

- Para sistemas mecánicos que tengan una cantidad variable de aire exterior.

$$H = 3.6\rho Q_t(W_i - W_o)\left(\frac{t_i - t_m}{t_i - t_o}\right) - S + L \quad (1.33)$$

Donde:

H = carga de humidificación, kg de agua/hora.

V = volumen de espacio a ser humidificado.

R = índice de infiltración, cambios de aire por hora.

Q_o = cantidad de flujo volumétrico de aire exterior, L/s.

Q_t = cantidad total de flujo volumétrico de aire (aire exterior más el retorno de aire), L/s.

t_i = temperatura interna de diseño, °C.

t_m = temperatura de aire mezclado, °C.

t_o = temperatura de diseño exterior, °C.

W_i = índice de humedad a condiciones de diseño interior, kg de agua/kg de aire seco.

W_o = índice de humedad a condiciones de diseño exterior, kg de agua/kg de aire seco.

S = contribución de fuentes de humedad internas, kg de agua/h.

L = otras pérdidas de vapor, kg de agua/h.

ρ = densidad del aire al nivel del mar, $1.20 \frac{kg}{m^3}$.

1.10.- MONITOREO

1.10.1.- SISTEMAS SCADA

1.10.1.1.- DEFINICIÓN

SCADA viene de las siglas: "*Supervisory Control And Data Acquisition*", es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor. Se trata de un sistema que permite controlar y / o supervisar una planta o proceso por medio de una estación central (generalmente una PC) que hace de Master (llamada también estación maestra o unidad terminal maestra (MTU) y una o varias unidades cercanas o remotas (generalmente RTUs) por medio de las cuales se hace el control/ adquisición de datos hacia / desde el campo.

La supervisión significa que un operador humano es el que al final tiene la última decisión sobre operaciones, generalmente críticas, de una planta industrial.

Para manejar esta arquitectura generalmente se recurre a un paquete de software especializado (Intouch, Lookout, Labview, etc.), que funciona en la computadora central, por medio del cual se desarrolla una o varias "pantallas" que actúan como una interfaz gráfica entre el hombre y la máquina (HMI) o un proceso.

De esta forma es posible controlar al proceso en forma automática, o supervisarlo por medio de acciones ingresadas por el operador en la computadora. Además, estos paquetes tienen opciones que permiten proveer a un nivel superior administrativo toda la información que se genera en el proceso productivo.



FIGURA 1.12 Representación del Sistema SCADA.

1.10.1.2.- NIVEL DE GESTIÓN

Se encarga de integrar los niveles inferiores a una estructura organizada y jerárquica. Las máquinas en este nivel sirven de enlace entre el proceso productivo y el área de gestión, en la cual se requiere información sobre ventas, tiempos de producción, repuestos en bodega, etc. Emplean redes tipo LAN y WAN que funcionan bajo protocolos como Ethernet, por dar un ejemplo.

1.10.1.3.- NIVEL DE CONTROL

Se encarga de enlazar y controlar los distintos procesos, líneas de producción de una planta industrial. A este nivel se sitúan los PLCs de gran desempeño y poder, así como computadoras destinadas a diseño, control de calidad,

programación. Suelen emplear redes tipo LAN que funcionan bajo el protocolo Ethernet.

1.10.1.4.- NIVEL DE CAMPO Y PROCESO

Aquí se realiza la integración de la información generada y requerida por los procesos de campo automáticos y controlados que utilizan PLCs y Controladores, multiplexores de Entrada / Salida (I/O), controladores PID, etc., conectados en sub – redes. Aquí es frecuente encontrar uno o varios autómatas modulares, actuando como maestros. En este nivel se emplean los buses o redes industriales de campo que funcionan bajo protocolos como Fieldbus, Profibus, por mencionar algunos.

1.10.1.5.- NIVEL DE I/O

Es el nivel más próximo a las variables físicas de la planta. Aquí se hallan los sensores (transmisores) y actuadores encargados de medir y controlar los procesos productivos, respectivamente. Basados en la información que se recoge en este nivel, aplicaciones de control toman las decisiones necesarias que garanticen una correcta automatización y supervisión. En este nivel se emplean protocolos como: Seriplex, Hart, CanBus, etc.

1.10.1.6.- ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS SCADA

En los sistemas SCADA usualmente existe una computadora central que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar sus procesos.

La comunicación a nivel de campo se realiza mediante redes de campo que, funcionan bajo protocolos de campo tales como: HART o MODBUS.

Las redes administrativas trabajan, por otro lado, en la forma de redes LAN que se adhieren a sus propios protocolos, siendo las redes Ethernet las más populares. Esto significa que en alguna parte deben conectarse ambas redes físicamente y lógicamente y para esto debe haber traductores de protocolos de comunicación que les posibilite entenderse.

Los programas y el hardware que se necesita para lograr esta arquitectura de trabajo es lo que constituyen el sistema SCADA (**FIGURA 1.13**).

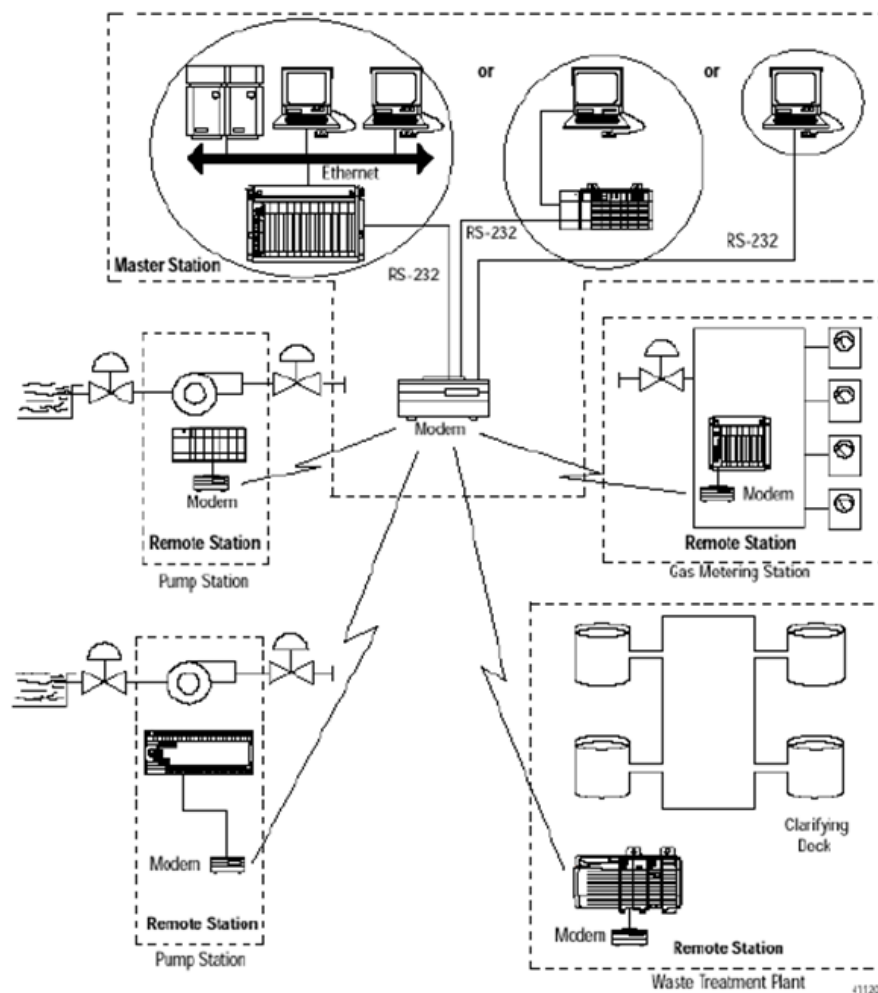


FIGURA 1.13 Sistema SCADA.

1.10.1.7.- NECESIDAD DE UN SISTEMA SCADA

- Que el número de variables del proceso que se necesita monitorear sea alto.
- El proceso debe tener transmisores y actuadores geográficamente distribuidos. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o, en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- Que exista la necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
- Que los beneficios obtenidos en el proceso a ser controlado justifiquen la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse en aumento de la producción, de la confiabilidad, de los niveles de seguridad, etc.
- La complejidad del proceso requiere que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se podría optar por un Sistema de Control Automático, el cual puede constituir o ser parte de un Sistema de Control Distribuido, que contaría con PLCs, Controladores o una combinación de ellos.

1.10.1.8.- FUNCIONES DE UN SISTEMA SCADA

- Automatización: Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, desde los equipos de campo: estados de dispositivos, magnitud de variables. Según su programa, podrá ejecutar acciones de control en forma automática, incluyendo el disparo de alarmas, etc.
- Supervisión: Por medio de la HMI mostrar y / o alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta

(eventos). Basados en los datos enviados, el operador podrá iniciar acciones de control, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.

- Manejo de alarmas: Disparar alarmas en forma automática para que el usuario pueda ejecutar acciones de control que controlen las situaciones anómalas que las generaron.

- Generación de reportes: Basadas en la información obtenida por el sistema es posible generar: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

1.10.2.- RED ETHERNET

1.10.2.1.- INTRODUCCIÓN

Es la capa física más popular la tecnología LAN usada actualmente. Ethernet es popular porque permite un buen equilibrio entre velocidad costo y facilidad de instalación.

La norma Ethernet fue definida por el instituto de ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) como estándar como IEEE Standard 802.3.

Adhiriendo a la norma de IEEE, los equipos y protocolos de red pueden inter-operar eficazmente.

1.10.2.2.- MEDIOS FÍSICOS Y CONECTORES

Los estándares de Ethernet e IEEE 802.3 (CSMA/CD) definen una topología de bus para LAN que opera a una tasa de señalización de 10 megabits (Mbps).

1.10.2.2.1.- 10BASE2

Conocido como Thinnet. Permite segmentos de red de hasta 185 metros sobre cable coaxial para interconectar o encadenar dispositivos.

1.10.2.2.2.- 10BASE5

Conocido como Thicknet. Permite segmentos de red de hasta 500 metros sobre grandes cables coaxiales con dispositivos en el cable para recibir señales.

1.10.2.2.3.- 10BaseT

Transporta señales Ethernet hasta 100 metros de distancia en cable de par trenzado económico hasta un concentrador centralizado denominado hub.

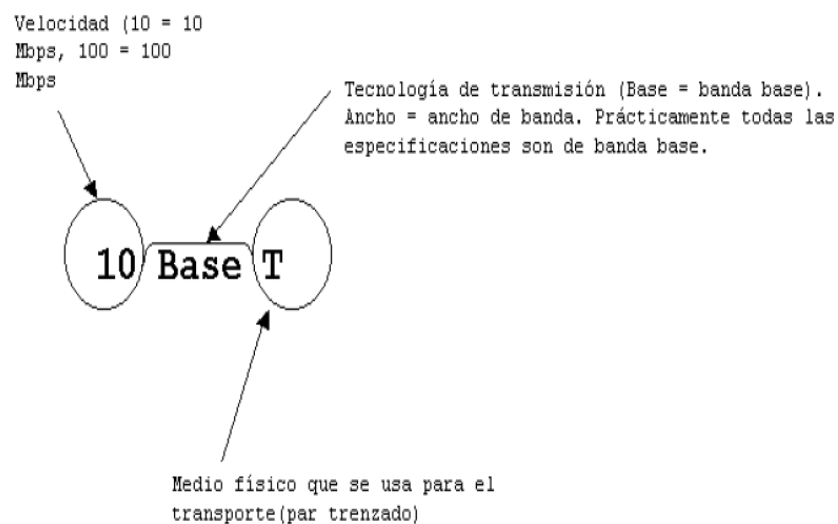


FIGURA 1.14 Especificaciones de cableado.

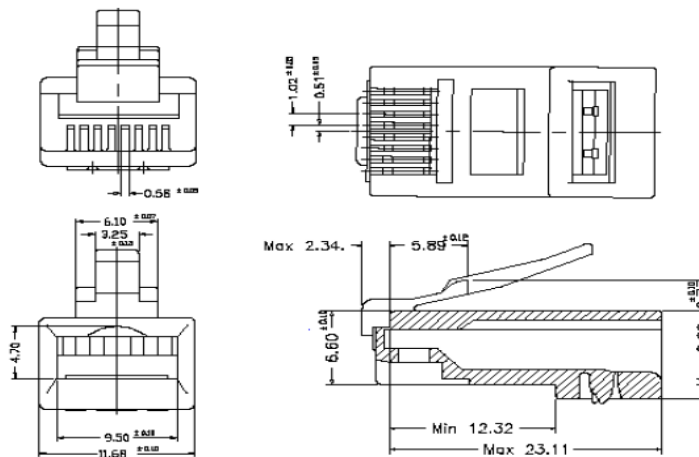


FIGURA 1.15 Conector RJ-45.

1.10.2.3.- CABLEADO DE LA LAN

La interconexión de dispositivos de red tienen lugar a través de un cableado estructurado de la red de área local (LAN) y la red de área amplia (WAN).

En el cableado de una LAN se examinan los siguientes elementos:

- Implementación de la capa física de la LAN.
- Situación de Ethernet en el campus.
- Comparación de los requisitos de medios para Ethernet.
- Distinción entre conectores.
- Implementación de UTP.
- Cableado del campus.

1.10.2.4.- IMPLEMENTACIONES DE LA CAPA FÍSICA

El cableado de la LAN tiene lugar en la Capa 1 del modelo de referencia OSI. Hay muchas topologías que soportan LAN y muchos tipos de medios físicos diferentes.

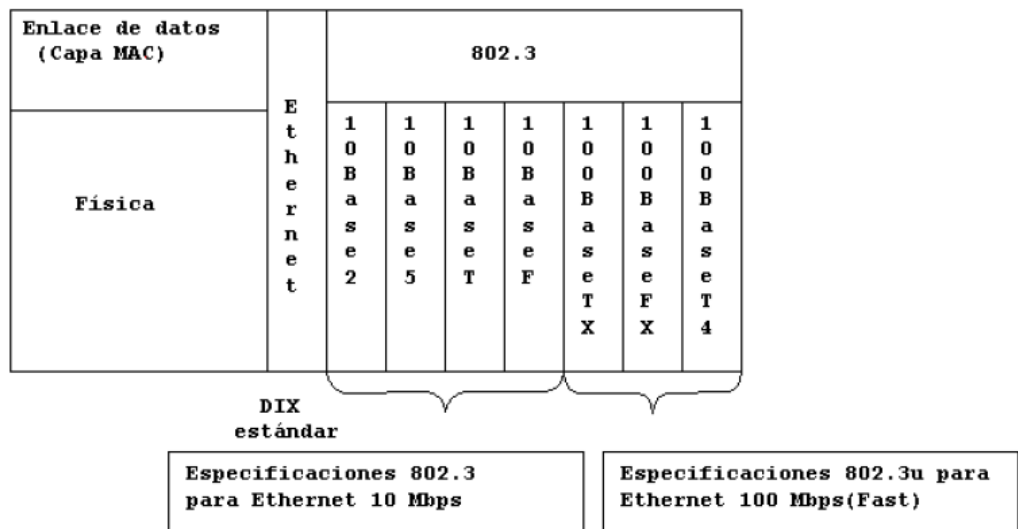


FIGURA 1.16 Ethernet – implementación de LAN.

	Situación Ethernet 10BaseT	Situación Fast Ethernet
Capa de acceso	Proporciona conectividad entre el dispositivo de usuario final y el switch de acceso.	Ofrece acceso al servidor a 100Mbps a PC de alto rendimiento y puestos de trabajo.
Capa de distribución	No suele usarse en esta capa.	Proporciona conectividad entre las capas de acceso y distribución. Proporciona conectividad desde la capa de distribución hasta la capa principal. Proporciona conectividad desde el bloque del servidor hasta la capa principal
Capa principal	No suele usarse en esta capa.	Proporciona conectividad interswitch.

FIGURA 1.17 Recomendaciones de conectividad Ethernet en un modelo de red jerárquico.

1.10.2.5.- CABLE DIRECTO

Un cable directo mantiene las conexiones de pin a través de todo su recorrido. En consecuencia, el cable conectado al pin 1 debe ser el mismo en ambos extremos del cable.

La **FIGURA 1.18** muestra que los conectores Rj-45 en ambos extremos presentan todos los hilos en el mismo orden.

Si se sostienen los dos extremos RJ-45 de un cable uno al lado de otro en la misma orientación, se verán todos los cables de color(o hileras de pin) en cada extremo del conector. Si el orden de los cables de color es el mismo en los dos extremos, se trata de un cable directo.

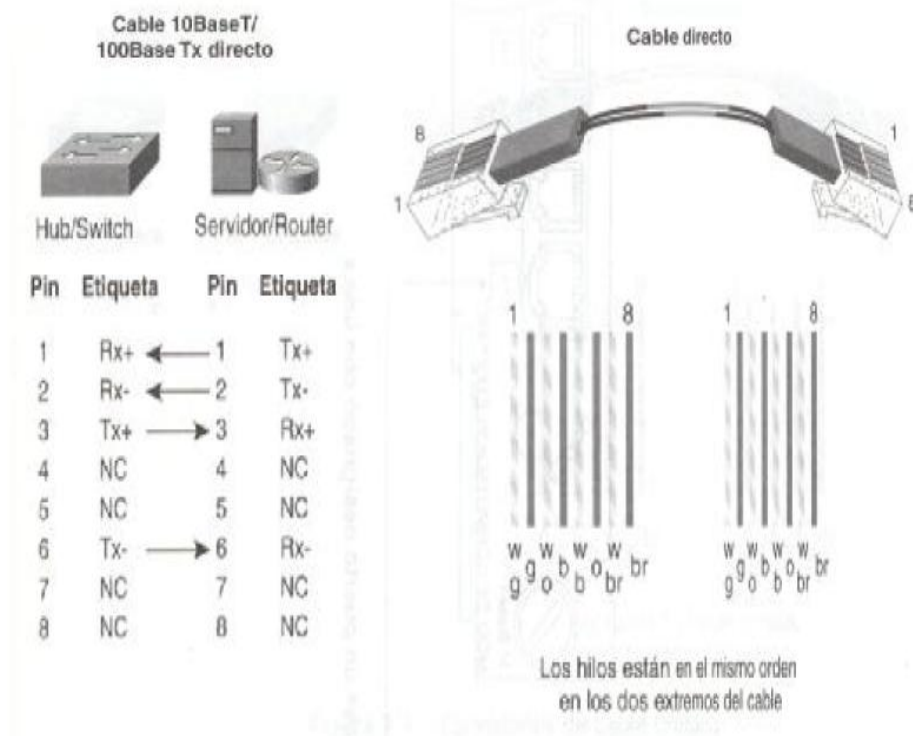


FIGURA 1.18 Conexiones de cable directo



FIGURA 1.19 Determinación de cuándo se debe usar un cable directo.

Se utiliza cables directos para conectar dispositivos como PC o routers a dispositivos como hubs o switches. La **FIGURA 1.19** muestra las guías de conexión cuando se usan cables directos.

1.10.2.6.- CABLE CRUZADO

Un cable cruzado invierte los pares críticos para conseguir una correcta alineación, transmisión y recepción de señales en dispositivos con tales conectores. Los conectores RJ-45 en ambos extremos poseen algunos de los hilos en el extremo del cable, cruzados con patillas (pins) diferentes en el otro extremo. Concretamente, en el caso particular de Ethernet, el pin 1 de un lado debe conectarse al pin 3 del otro extremo. Además el pin 2 de un extremo debe estar conectado al pin 6 del extremo opuesto.

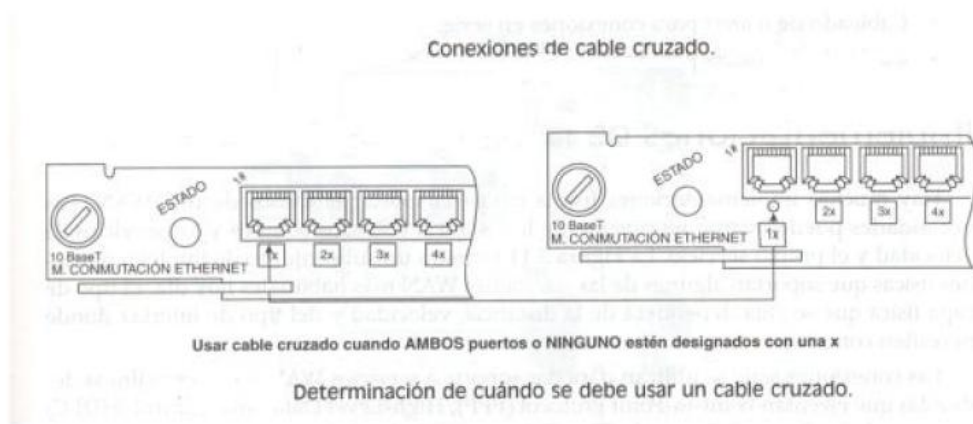


FIGURA 1.20 Determinación de cuándo se debe usar cable cruzado.

Los cables cruzados se utilizan para conectar dispositivos similares, por ejemplo, switch con switch, switch con hub, hub con hub, router con router, o PC con PC.

1.10.3.- INTERFAZ RS – 485

1.10.3.1.- INTRODUCCIÓN

El alcance de la RS-232 es apenas de 15 m, un valor muy reducido para aplicaciones industriales reales. Es por esto que se creó el estándar RS-485.

Cuando se necesita transmitir a largas distancias o con más altas velocidades que RS-232, RS-485 es la solución.

Utilizando enlaces con RS-485 no hay limitación á conectar tan solo dos dispositivos.

Dependiendo de la distancia, velocidad de transmisión y los circuitos integrados que utilicemos, se pueden conectar hasta 32 nodos con un simple par de cables.

1.10.3.2.- VENTAJAS DE LA INTERFAZ RS – 485

- La ventaja de las líneas balanceadas es su inmunidad al ruido.
- Bajo costo: Los Circuitos Integrados para trasmitir y recibir son baratos y solo requieren una fuente de +5V para poder generar una diferencia mínima de 1.5v entre las salidas diferenciales.
- Capacidad de interconexión: RS-485 es una interface multi-enlace con la capacidad de poder tener múltiples transmisores y receptores.
- Longitud de Enlace: En un enlace RS-485 puede tener hasta 1200m de longitud, comparado con RS-232 que tiene 15m.

- Rapidez: La razón de bits puede ser tan alta como 10 Mega bits/segundo.

1.10.3.3.- BALANCEO Y DESBALANCEO DE LÍNEAS

La razón por la que RS-485 puede transmitir a largas distancias, es porque utiliza el balanceo de líneas. Cada señal tiene dedicados un par de cables, sobre uno de ellos se encontrará un voltaje y en el otro se estará su complemento, de esta forma, el receptor responde a la diferencia entre voltajes.

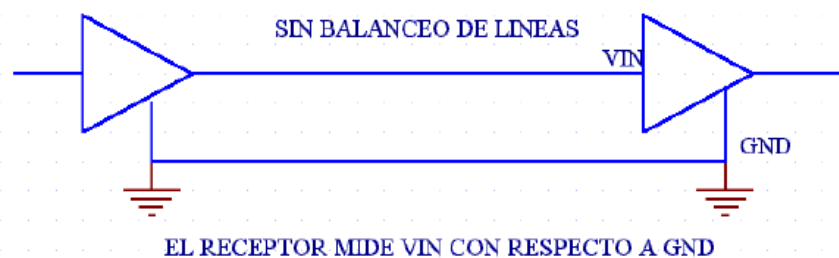


FIGURA 1.21 Transmisión RS 485 sin balanceo de líneas.

En cuanto a las líneas balanceadas la TIA/EIA-485 designa a estas dos líneas como A y B. En el controlador TX, una entrada alta TTL causa que la línea A sea más positiva (+) que la línea B, mientras que un bajo en lógica TTL causa que la línea B sea más positiva (+) que la línea A. Por otra parte en el controlador de recepción RX, si la entrada A es más positiva que la entrada B, la salida lógica TTL será "1" y si la entrada B es más (+) que la entrada A, la salida lógica TTL será un "0".

1.10.3.4.- REQUERIMIENTOS DE VOLTAJE

Las interfaces típicas RS-485 utilizan una fuente de +5 Volts, pero los niveles lógicos de los transmisores y receptores no operan a niveles estándares de +5V o voltajes lógicos CMOS. Para una salida válida, la diferencia entre las salidas A y B debe ser al menos +1.5V. Si la interface está perfectamente

balanceada, las salidas estarán desfasadas igualmente a un medio de la fuente de Voltaje.

En el receptor RS-485, la diferencia de voltaje entre las entradas A y B necesita ser 0.2V. si A es al menos 0.2V más positiva que B, el receptor ve un 1 lógico y si B es al menos 0.2v más positivo que A, el receptor ve un 0 lógico. Si la diferencia entre A y B es menor a 0.2v, el nivel lógico es indefinido. Si esto ocurre habría un error en la transmisión y recepción de la información.

La diferencia entre los requerimientos del Transmisor y el Receptor pueden tener un margen de ruido de 1.3V.

La señal diferencial puede atenuarse o tener picos de largo como de 1.3v, y aun así el receptor vera el nivel lógico correcto. El margen de ruido es menor que el de un enlace RS-232, no hay que olvidar que RS-485 maneja señales diferenciales y que cancela la mayoría del ruido a través de su enlace.

El total de corriente utilizada por un enlace RS-485 puede variar debido a la impedancia de los componentes, incluyendo los Transmisores, Receptores, cables y la terminación de los componentes.

Una baja impedancia a la salida del Transmisor y una baja impedancia en los cables, facilitan los cambios de nivel y asegura que el receptor vea la señal, no importa cuán larga sea la línea de transmisión.

Una alta impedancia en el receptor decrementa la corriente en el enlace e incrementa la vida de la fuentes de voltaje.

La terminación de los componentes, cuando se utiliza tiene una gran efecto sobre la corriente en el enlace. Muchos enlaces con RS-485 tiene una resistencia de 120 ohms a través de las líneas A y B en cada extremo de la línea. Por lo tanto cada, enlace tiene dos terminales.

1.10.3.5.- COMPARACIÓN ENTRE INTERFAZ RS – 232 Y RS – 485

	RS-422	RS-485
Modo de operación	Diferencial	Diferencial
No. Permitido Tx y Rx	1 Tx. 10 Rx	32 Tx 32 Rx
Máxima longitud del cable	4000ft	4000ft
Máxima tasa de datos	10 Mbps	10Mps
Mínimo rango salida driver	±2V	±1,5V
Máximo rango salida driver	±5V	±5V
Máxima corriente c.c.	150mA	250mA
impedancia de carga Tx	100	54
Sensibilidad entrada Rx	±200mV	±200mV
Máxima resistencia ent. Rx	4k	12k
Rango volt. Entrada Rx	±7V	-7V a +12V
Uno lógico Rx	>200mV	>200mV
Cero lógico Rx	<200mV	<200mV

TABLA 1.9 Comparación entre interfaz RS 232 y RS 485.

1.10.3.6.- COMUNICACIÓN RS – 485 EN MODO HALF DUPLEX

El término Half Duplex en un sistema de comunicación se refiere, a que solamente en un tiempo determinado, el sistema puede transmitir o recibir información, sin embargo no lo puede hacer al mismo tiempo. En muchos enlaces del tipo RS-485 se comparte el BUS.

Como se puede observar existe una línea de control, la cual habilita a los controladores en un solo sentido.

Por lo tanto, se debe tener cuidado de no transmitir y recibir al mismo tiempo, ya que se podría crear una superposición de información. La siguiente figura muestra el esquema de una comunicación RS-485 en Modo Half Duplex.

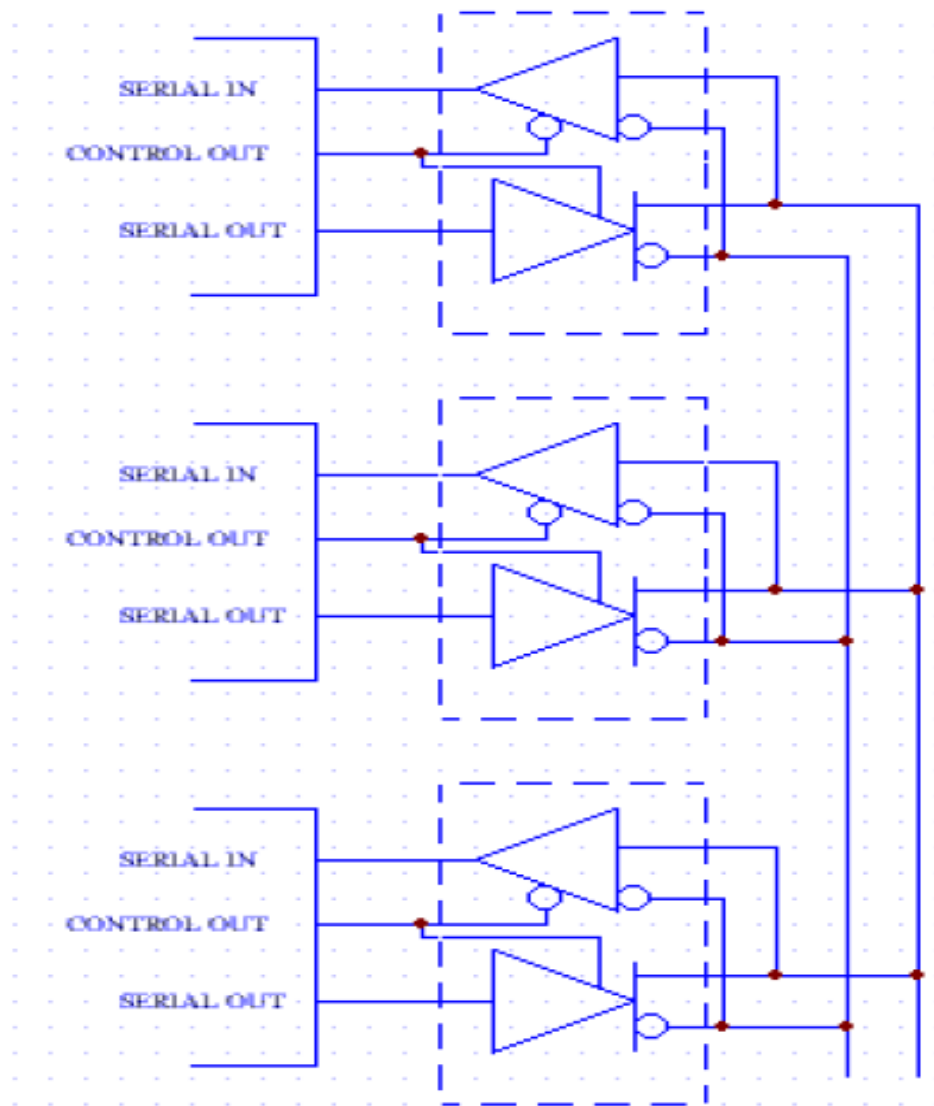


FIGURA 1.22 Comunicación RS 485 tipo Half Duplex

1.10.3.7.- COMUNICACIÓN RS – 485 EN MODO FULL DUPLEX

El término Full Duplex se refiere a que un sistema puede transmitir y recibir información al simultáneamente. Bajo este concepto la interface RS-485 está diseñada para sistemas multipunto, esto significa que los enlaces pueden llegar a tener más de un transmisor y receptor, ya que cada dirección o sea Transmisión y Recepción tienen su propia ruta. La siguiente figura muestra lo anteriormente dicho.

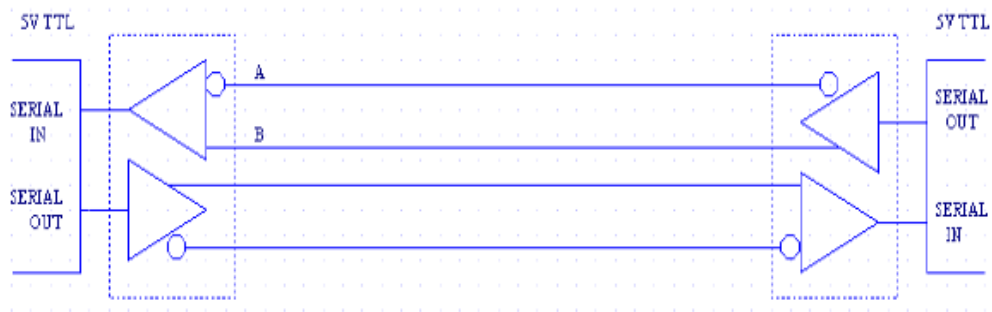


FIGURA 1.23 Comunicación RS 485 tipo Full Duplex.

En la siguiente figura se muestra cómo es posible utilizar la comunicación Full Duplex con múltiples nodos transmisores y receptores.

En este arreglo del tipo maestro / esclavo, se pondrá como ejemplo que el nodo 1 es el maestro, por lo tanto tiene el control de la red y el asigna el permiso para transmitir. Un par de cables están conectados del nodo transmisor Maestro a todos los controladores receptores esclavos.

En el otro sentido, un par de cables conectan a todos los esclavos al receptor del Maestro. Todos los esclavos deben leer lo que el maestro envía, pero solo uno va a poder responder y lo hace a través de los cables opuestos.

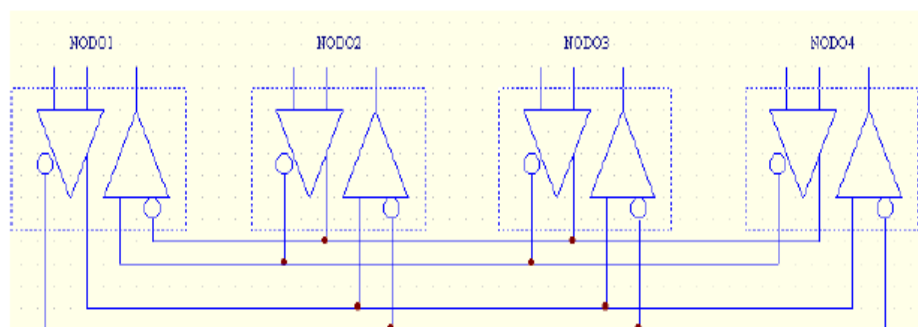


FIGURA 1.24 Topología Maestro – Esclavo.

CAPÍTULO II

DISEÑO Y SELECCIÓN

2.1.- DISEÑO DE LA CÁMARA TÉRMICA

Las condiciones técnicas para el presente proyecto fueron planteadas por la empresa TERMOINGENIERÍA situada en el norte de la ciudad de Quito, dedicada al suministro e instalación de sistemas de refrigeración, aire acondicionado, ventilación doméstica e industrial, distribuidor de la marca brasileña FULL GAUGE; requiere una cámara climatizada que permita controlar humedad y temperatura para calibrar instrumentos. Para lo cual tenemos como datos iniciales de diseño:

Lugar de Aplicación: Planta de la Empresa TERMOINGENIERÍA, sector Carcelén Alto – Quito.

Rangos requeridos para la cámara climatizada:

Temperatura: 10 a 40°C.

Humedad: 40 a 90%HR.

Las mediciones serán realizadas a instrumentos como: termómetros e higrómetros.

La cámara deberá contar con los medios que permitan una adecuada visualización y manipulación de los instrumentos en su interior.

Es necesaria la implementación de los controladores de la marca FULL GAUGE, para dar a conocer sus productos a nivel nacional.

2.1.1.- ANÁLISIS DE LAS DIMENSIONES

Para el diseño de la cámara climatizada deben considerarse siguientes puntos:

Dimensiones de los instrumentos a calibrar.

Iluminación adecuada al proceso a desarrollarse en la cámara climatizada.

Espacio necesario para operaciones internas. Manipulación de instrumentos.

Visualización del proceso.

Altura promedio para la maniobra por parte del operario.

Tipo de aislamiento.

Condiciones Ambientales.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente y comparando el proceso con otras cámaras de uso en laboratorios. Se optó por un diseño similar a dichas cámaras en lo referente a espacio de manipulación.

Por motivo de visualización y aislamiento en la parte frontal se utilizará acrílico, debido a que presenta características física adecuadas al proceso.

Para una mejor manipulación y por motivo de pérdidas en el proceso, se optó por incluir mangas que permiten el fácil acceso al instrumento.

Referirse al **ANEXO 1.3**

2.2.- SELECCIÓN DEL TIPO DE AISLAMIENTO

2.2.1.- CARACTERÍSTICAS PARA LA SELECCIÓN

El tipo de aislamiento se selecciona según las siguientes características:

a.- Conductividad térmica

Los mejores materiales aislantes serán los que tengan una conductividad térmica más baja, dado que tendrá un menor coeficiente global de transmisión de calor, con lo que se necesitará menos material aislante. El gas seco en reposo es uno de los mejores materiales aislantes. Las propiedades termoaislantes de los aislantes comerciales están determinadas por la cantidad de gas que contiene el material aislante y por el número de bolsas de gas. Así, cuanto mayor sea el número de células (en las que el gas puede mantenerse

en reposo) y menor sea su tamaño, menor será la conductividad térmica del material aislante en cuestión.

Estas células no deberán estar comunicadas entre sí, ya que dicha comunicación permitiría la transmisión de calor por convección.

Insulation	Thermal Conductivity <i>k</i> , W/(m · K)
Polyurethane board (R-11 expanded)	0.023 to 0.026
Polyisocyanurate, cellular (R-141b expanded)	0.027
Polystyrene, extruded (R-142b)	0.035
Polystyrene, expanded (R-142b)	0.037
Corkboard ^b	0.043
Foam glass ^c	0.044

TABLA 2.1 Conductividad térmica de aislamientos (ASHRAE 2009 Cap. 13)

b.- Permeabilidad al vapor de agua

Los mejores materiales aislantes serán los que tengan una permeabilidad al vapor de agua muy baja, de modo que la absorción de agua sea despreciable y se reduzcan al mínimo la condensación y la corrosión.

c.- Características de resistencia e instalación

El material aislante deberá ser resistente al agua, a los disolventes y a las sustancias químicas.

Deberá ser duradero y no perder su eficacia aislante rápidamente. Deberá permitir el uso de una amplia gama de adhesivos para su instalación. Deberá ser fácil de instalar, pesar poco y ser fácil de manipular. Deberá poderse instalar con instrumentos corrientes. Deberá ser económico, tanto en términos de la inversión inicial como en su rentabilidad a largo plazo.

No deberá generar ni absorber olores. No deberá verse afectado por hongos o mohos ni atraer parásitos. Deberá tener unas dimensiones estables, de manera que no se desmorone ni apelmace.

d.- Características de seguridad

El material aislante deberá estar clasificado como no inflamable y no explosivo. Si llegara a arder, los productos de su combustión no deberán constituir un peligro por su toxicidad.

2.2.1.1.- COMPARACIÓN DE MATERIALES AISLANTES

Material aislante	Valor de R por pulgada (2,54 cm)	Ventajas	Inconvenientes
Poliuretano, en plancha	6,25	Muy buena R; puede usarse con resinas de fibra de vidrio	No siempre es fácil de obtener; relativamente caro
Poliuretano, rociado	7,0	Muy buena R; puede usarse con resinas de fibra de vidrio; aplicación sencilla con equipo de rociado	No siempre es fácil de obtener; caro; exige equipo especial de rociado
Poliuretano, vertido (mezcla química de dos componentes)	7,0	Muy buena R; puede usarse con resinas de fibra de vidrio; aplicación relativamente sencilla	No siempre es fácil de obtener; caro; los volúmenes deben calcularse muy cuidadosamente
Poliestireno, en láminas (lisas), nombre comercial «Styrofoam»	5,0	Fácilmente disponible, de bajo costo, R razonable	No puede usarse con resinas de fibra de vidrio, a no ser que se proteja; se daña fácilmente
Poliestireno, expandido in situ y en perlas moldeadas expandidas. Conocido como Isopor, Polypor, etc.	3,75 a 4,0	Valores de R razonables, menor costo que las láminas de superficie lisa	No puede usarse con resinas de fibra de vidrio, a no ser que se proteja; se daña fácilmente
Plancha de corcho	3,33	Disponible en muchos mercados; costo razonable; puede recubrirse con fibra de vidrio	R menor que la del poliuretano para espumas de estireno
Rollos de lana de fibra de vidrio	3,3	Bajo costo; instalación fácil	Absorbe agua u otros líquidos con facilidad, y pierde capacidad aislante al mojarse
Rollos de lana mineral	3,7	Ídem	Ídem
Virutas de madera	2,2	Fácilmente disponible; bajo costo	Absorbe humedad y su R se reduce al mojarse; se descompone
Serrín	2,44	Fácilmente disponible; bajo costo	Absorbe humedad y su R se reduce al mojarse; se compacta por efecto de las vibraciones
Paja		Fácilmente disponible; bajo costo	Absorbe humedad y su R se reduce al mojarse; alberga insectos, etc.
Espacio de aire	1,0 aprox.	Costo nulo	Es necesario sellarlo completamente para evitar la circulación de aire que ocasiona la infiltración de calor

TABLA 2.2 Comparación de Materiales aislantes. (FAO, El uso del hielo en pequeñas embarcaciones de pesca)

2.2.1.2.- CRITERIO DE SELECCIÓN AISLAMIENTO DE PAREDES

Según las características de los diferentes tipos de aislamientos, el más adecuado y disponible en el mercado es el poliuretano, que es utilizado en cuartos fríos y cámaras frigoríficas. La marca de mayor rentabilidad en el mercado es Frigowall.

Ver **ANEXO 2.1.**

2.2.1.3.- DIMENSIONAMIENTO DEL AISLAMIENTO DE PAREDES

Para el dimensionamiento del espesor del panel está dado por la fórmula 1.19 del capítulo 1.9.1.2.- del cálculo del ancho de pared.

La temperatura del aire exterior es un dato del **ANEXO 1.2**, el valor seleccionado es 21.9°C de temperatura de bulbo seco para enfriamiento, correspondiente a la ciudad de Quito. Se toma en cuenta el criterio de diseño de las ASHRAE de temperaturas de aire libre para grandes ciudades, donde los valores de 0.4% deben ser utilizados.

$$x = \frac{\Delta t \times k}{Q}$$

Δt Es la diferencia de la temperatura exterior y la interna de la cámara.

Por lo tanto:

$$\Delta t = (21.9 - 10)^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 11.9^\circ\text{C}$$

$k = 0.026$ (TABLA 2.1)

$Q =$ un número de 8 a 10 donde 8 es más eficiente y 10 menos eficiente.

Se reemplaza los datos en la fórmula.

$$x = \frac{11.9 \times 0.026}{8}$$

$$x = 0.038\text{m}$$

El espesor de panel a seleccionar es de 4cm que se encuentra en el mercado al cual se añade un factor de seguridad de 1.5, por lo que, obtenemos un espesor de panel de 6cm que se halla en el mercado en la marca Frigowall.

2.2.1.4.- CRITERIO DE SELECCIÓN AISLAMIENTO DE LA PUERTA

El aislante seleccionado para la puerta es el acrílico, que procede del ácido acrílico y de la polimerización de éste, es duro, resistente, transparente, de excelentes propiedades ópticas con alto índice de refracción, buena resistencia al envejecimiento y a la intemperie. Su resistencia a la rotura es siete veces superior a la del cristal a igualdad de espesores, por lo que resulta más resistente a los golpes. Es un material ligero.

PROPIEDADES TERMICAS	Norma	Unidad	Colada	Extrusión
Coefficiente de dilatación lineal 0...50°C	DIN 53752-A	1/K mm/m°C	0.07	0.07
Conductividad térmica	DIN 52612	W/mK	0.19	0.19
Coefficiente transmisión term. 1 mm de espesor	DIN 4701	W/m ² K	5.8	5.8
Coefficiente transmisión term. 3 mm de espesor	DIN 4701	W/m ² K	5.6	5.6
Coefficiente transmisión term. 5 mm de espesor	DIN 4701	W/m ² K	5.3	5.3
Coefficiente transmisión term. 10 mm de espesor	DIN 4701	W/m ² K	4.4	4.4
Calor específico	-	J/g K	1.47	1.47
Temperatura aprox. de moldeo (temp.horno)	-	°C	160...175	150...160
Temperatura máxima en superficie (radiador IR)	-	°C	200	180
Temperatura permanente máxima de servicio	-	°C	80	70
Temperatura de reconstrucción	-	°C	>80	>80
Temperatura de ignición	DIN 51794	°C	425	430
Comportamiento al fuego (espesor >1,5 mm)	DIN 4102	-	B2	B2

TABLA 2.3 Características térmicas del acrílico (Cortesía de: <http://www.scribd.com/doc/14975800/Manual-de-do-Acrylic>)

2.2.1.5.- DIMENSIONAMIENTO DEL AISLAMIENTO DE LA PUERTA

Para el dimensionamiento del espesor del panel está dado por la fórmula 1.19 del capítulo 1.9.1.2.- del cálculo del ancho de pared.

La temperatura del aire exterior es un dato del **ANEXO 1.2**, el valor seleccionado es 21.9°C de temperatura de bulbo seco para enfriamiento, correspondiente a la ciudad de Quito. Se toma en cuenta el criterio de diseño de las ASHRAE de temperaturas de aire libre para grandes ciudades, donde los valores de 0.4% deben ser utilizados.

$$x = \frac{\Delta t \times k}{Q}$$

Δt Es la diferencia de la temperatura exterior y la interna de la cámara.

Por lo tanto:

$$\Delta t = (21.9 - 10)^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 11.9^\circ\text{C}$$

$k = 0.19$ (Tabla propiedades térmicas del acrílico)

$Q =$ Un número de 8 a 10 donde 8 es más eficiente y 10 menos eficiente.

$$x = \frac{11.9 \times 0.19}{8}$$

$$x = 0.2826m$$

$$x = 28.2cm$$

El espesor de acrílico calculado es de 28 cm, la dimensión máxima de fabricación y de venta en el mercado es de 6mm. La diferencia es debido a que el acrílico es un mal aislante térmico, pero será seleccionado debido a sus características de maleabilidad y visibilidad, la carga por transferencia de calor a través de paredes que pueda ocasionar su reducido espesor será corregida con la carga de refrigeración. Cabe recalcar que este espesor es utilizado en cámaras de fabricación extranjera (Cámaras electro-tech systems, inc.).

2.3.- DISEÑO Y SELECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN DE LA CÁMARA

Según el libro el ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión:

$$E(\text{lux}) = \frac{\text{Flujo luminoso } \phi (\text{lumen})}{\text{Superficie } S (\text{m}^2)}$$

Los lúmenes necesarios para salas de dibujo de 1000 lúmenes, ya que se asemeja a la aplicación, dato dado en el **ANEXO 2.2**

Despejando el flujo luminoso se tiene:

$$\phi = E \times S$$

$$\phi = 1000 \times (0.681 \times 0.581)$$

$$\phi = 395.661 \text{ lúmenes}$$

$$\phi \approx 400 \text{ lúmenes}$$

Del **ANEXO 2.3** se considera una lámpara fluorescente de 600 lúmenes, corresponde a 15W y 43.8 mm de longitud.

2.4.- DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN

2.4.1.- CÁLCULO DE LA CARGA DE CALEFACCIÓN POR TRANSMISIÓN

2.4.1.1.- CÁLCULO DE LA CARGA DE CALEFACCIÓN POR TRANSMISIÓN DE LAS PAREDES DE POLIURETANO q

Para determinar la carga transmitida a través de las paredes refiérase a las formulas del capítulo 1.9.2.1.

$$q = UA\Delta t \quad (1.16)$$

Δt = Diferencia entre la temperatura de diseño entre el exterior y el interior de la cámara.

La temperatura del aire exterior para diseño de calefacción es un dato del **ANEXO 1.2.**

El valor seleccionado es 6.8°C de temperatura de bulbo seco para calefacción, correspondiente a la ciudad de Quito. Se toma en cuenta el criterio de diseño de las ASHRAE de temperaturas de aire libre para grandes ciudades, donde los valores de 99.6% deben ser utilizados.

Por lo tanto:

$$\Delta t = (40 - 6.8)^\circ C$$

$$\Delta t = 33.2^\circ C$$

Cálculo del factor U para paredes de poliuretano:

$$x=0.06m$$

$$k = 0.026 \text{ (TABLA 2.1)}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (1.17)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.6} + \frac{0.06}{0.026} + \frac{1}{1.6}}$$

$$U = 0.281$$

$$U \approx 0.28$$

Cálculo áreas:

Referirse al **ANEXO 1.3. PLANO 1.02.**

Área techo

$$A_1 = b \times h$$

$$A_1 = (681 \times 500) mm^2$$

$$A_1 = 0.341 m^2$$

Área piso

$$A_2 = b \times h$$

$$A_2 = (681 \times 581) \text{mm}^2$$

$$A_2 = 0.396 \text{m}^2$$

Área pared posterior

$$A_3 = b \times h$$

$$A_3 = (609 \times 681) \text{mm}^2$$

$$A_3 = 0.415 \text{m}^2$$

Área paredes laterales

$$A_4 = \left[\frac{(B + b) \times h}{2} \right] \times 2$$

$$A_4 = \left[\frac{(581 + 500) \times 609}{2} \right] \text{mm}^2 \times 2$$

$$A_4 = 0.658 \text{m}^2$$

Área total

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A = (0.341 + 0.396 + 0.415 + 0.658) \text{m}^2$$

$$A = 1.81 \text{m}^2$$

Reemplazando los valores en la fórmula de ganancia de calor

$$q = UA\Delta t \quad (1.16)$$

$$q = 0.28 \times 1.81 \times 33.2 \text{W}$$

$$q = 16.83 \text{W}$$

2.4.1.2.- CÁLCULO DE LA CARGA DE CALEFACCIÓN POR TRANSMISIÓN DE LA PUERTA ACRÍLICA q

Cálculo del factor U para puerta acrílica:

$$k_{acrílico}=0.19W/(mK) \quad (\text{TABLA 2.3})$$

$$x_{1acrílico}=0.006m$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (1.17)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.6} + \frac{0.006}{0.19} + \frac{1}{1.6}}$$

$$U = 0.78$$

U de las arandelas

$$x_{2acrílico}=0.018m$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.6} + \frac{0.018}{0.19} + \frac{1}{1.6}}$$

$$U = 0.74$$

Cálculo áreas:

Referirse al **ANEXO 1.3 PLANO 1.02.01.**

Área puerta acrílica espesor 6mm:

$$A_1 = (b \times h) - [(\pi(r_1)^2 - \pi(r_2)^2)]$$

$$A_1 = (683mm \times 615mm) - [(\pi(104mm)^2 - \pi(75mm)^2)]$$

$$A_1 = 0.4m^2$$

Área arandelas puerta acrílica espesor 18mm:

$$A_2 = [\pi(r_1)^2 - \pi(r_2)^2]$$

$$A_2 = (\pi(104\text{mm})^2 - \pi(75\text{mm})^2)$$

$$A_2 = 0.0163\text{m}^2$$

Reemplazando los valores en la fórmula de ganancia de calor para puerta acrílica de 6mm.

$$q_1 = U \times A \times \Delta t \quad (1.16)$$

$$q_1 = 0.78 \times 0.4 \times 33.2\text{W}$$

$$q_1 = 10.36\text{W}$$

Reemplazando los valores en la fórmula de ganancia de calor para arandelas puerta acrílica de 18mm

$$q_2 = U \times A \times \Delta t \quad (1.16)$$

$$q_2 = 0.74 \times 0.0163 \times 33.2\text{W}$$

$$q_2 = 0.4\text{W}$$

$$q_t = q_1 + q_2$$

$$q_t = 10.36\text{W} + 0.4\text{W}$$

$$q_t = 10.76\text{W}$$

2.4.1.3.- CÁLCULO DE LA CARGA DE CALEFACCIÓN POR TRANSMISIÓN

q

Corresponde a la suma de las cargas totales.

$$q = q_{\text{poliuretano}} + q_{\text{acrílico}}$$

$$q = 16.83\text{W} + 10.76\text{W}$$

$$q = 27.59W$$

$$q \approx 27.6W$$

2.4.2.- CARGA POR INFILTRACIÓN DE AIRE

Para determinar la ganancia de calor a la infiltración de aire referirse al capítulo 1.9.2.1.1.

$$q_{rh} = 1.23 \times Q \times (t_h - t_r) \quad (1.28)$$

t_h =Temperatura de la interna máxima de la cámara.

t_r =Temperatura exterior de diseño de calefacción.

Volumen interno cámara = 213.7L

Ver **ANEXO 1.3. PLANO 1.02.01.**

$$Q = \frac{\text{Volumen interno cámara}}{3600} \quad (1.29)$$

$$Q = \frac{213.7}{3600}$$

$$Q = 0.0594 \frac{L}{s}$$

Reemplazando:

$$q_{rh} = 1.23 \times 0.0594 \times (40 - 6.8)$$

$$q_{rh} = 2.4256kW$$

2.4.3.- CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN

SUMARIO DE CARGAS	CARGA, Kw
Carga de Transmisión	0.0276
Carga Producto	-
Carga Interna	-
Carga por infiltración de aire	2.4256
Carga por equipo relacionado	-
Total	2.4532
Total más 10% (Factor de seguridad)	2.69852

TABLA 2.4 Carga total de calefacción.

2.4.4.- SELECCIÓN DEL TIPO DE CALEFACCIÓN

La calefacción por resistencia eléctrica es comúnmente utilizada en sistemas aire acondicionado, para lo cual se seleccionará una resistencia que satisfaga la carga total de calefacción.

La resistencia seleccionada es del tipo plancha delgada industrial de la marca Watlow tipo 6 constituida con un área de calentamiento de 4"x12.25" cuya densidad de vatios es de 55W/in² por lo tanto la potencia es de $P = 2695W$ que satisface el requerimiento de carga de calefacción.

Las características de dicha resistencia eléctrica están dadas en el **ANEXO 2.4**

2.5.- DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

2.5.1.- CÁLCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN POR TRANSMISIÓN

Para determinar el calor transmitido a través de las paredes refiérase a las formulas del capítulo 1.9.1.1.1.

$$q = UA\Delta t \quad (1.16)$$

El valor seleccionado es 21.9°C de temperatura de bulbo seco para enfriamiento, correspondiente a la ciudad de Quito. Se toma en cuenta el criterio de diseño de las ASHRAE de temperaturas de aire libre para grandes ciudades, donde los valores de 0.4% deben ser utilizados.

Por lo tanto

$$\Delta t = (21.9 - 10)^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 11.9^\circ\text{C}$$

2.5.1.1.- CÁLCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN POR TRANSMISIÓN DE LAS PAREDES DE POLIURETANO q

Reemplazando los valores en la fórmula de ganancia de calor

$A = 1.81\text{m}^2$ (previamente calculado en el diseño de calefacción).

$U = 0.28$ (previamente calculado en el diseño de calefacción)

$$q = UA\Delta t \quad (1.16)$$

$$q = 0.28 \times 1.81 \times 11.9$$

$$q = 6.03\text{W}$$

2.5.1.2.- CÁLCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN POR TRANSMISIÓN DE LA PUERTA ACRÍLICA q

Reemplazando los valores en la fórmula de ganancia de calor para puerta acrílica de 6mm

$A = 0.4\text{m}^2$ (previamente calculado en el diseño de calefacción).

$U = 0.78$ (previamente calculado en el diseño de calefacción)

$$q_1 = U \times A \times \Delta t$$

$$q_1 = 0.78 \times 0.4 \times 11.9$$

$$q_1 = 3.713\text{W}$$

Reemplazando los valores en la fórmula de ganancia de calor para arandelas puerta acrílica de 18mm

$A = 0.0163\text{m}^2$ (previamente calculado en el diseño de calefacción).

$U = 0.74$ (previamente calculado en el diseño de calefacción)

$$q_2 = U \times A \times \Delta t$$

$$q_2 = 0.74 \times 0.0163 \times 11.9$$

$$q_2 = 0.144W$$

$$q_t = q_1 + q_2$$

$$q_t = 3.713W + 0.144W$$

$$q_t = 3.857W$$

2.5.1.3.- CÁLCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN POR TRANSMISIÓN q:

Corresponde a la suma de las cargas totales.

$$q = q_{\text{poliuretano}} + q_{\text{acrilico}}$$

$$q = 6.03W + 3.857W$$

$$q = 9.887W$$

$$q \approx 10W$$

2.5.2.- CARGA DEL PRODUCTO

No existe ya que estas pérdidas tan solo afectan a frutas y verduras.

2.5.3.- CARGA INTERNA

2.5.3.1. CÁLCULO CARGA INTERNA DEBIDO ILUMINACIÓN:

Remítase a la fórmula de q_{el} (carga de calor) y F_{sa} (factor de subsidio especial) **ASHRAE FUNDAMENTALS 2009 18.3, 18.4.**

$P_{reactor} = 23$ (Potencia necesaria del reactor ver **ANEXO 2.3**)

$W = 15W$ (Potencia nominal de la lámpara)

$F_{ul} = 1$ (Factor de uso, generalmente 1)

$$F_{sa} = \frac{P_{reactor}}{W} \quad (2.1)$$

$$F_{sa} = \frac{23}{15}$$

$$F_{sa} = 1.53$$

$$q_{el} = W \times F_{ul} \times F_{sa} \quad (2.2)$$

$$q_{el} = 15W \times 1 \times 1.53$$

$$q_{el} = 23W$$

2.5.3.2.- CÁLCULO CARGA INTERNA DEBIDO A RESISTENCIA ELÉCTRICA

Referirse a la fórmula de q (carga) enciclopedia de la climatización – refrigeración (CEAC), capítulo 4 cálculo de las necesidades frigoríficas. Página 78.

$P_n = 2695W$

$$q = P_n \quad (2.3)$$

$$q = 2695W$$

$$q = 2695W$$

2.5.4.- CARGA POR INFILTRACIÓN DE AIRE

Para determinar la ganancia de calor por infiltración de aire refiérase a las formulas del capítulo 1.9.1.5.

$$q = 0.577WH^{1.5} \left(\frac{Q_s}{A} \right) \left(\frac{1}{R_s} \right) \quad (1.25)$$

Para las dimensiones de la puerta de la cámara refiérase al **ANEXO 1.3 PLANO 1.02.01.**

$$W = 0.683 \text{ m.}$$

$$H = 0.615 \text{ m.}$$

Temperatura interna mínima de la cámara = 10°C.

Temperatura externa de la cámara= 21.9°C.

$$\frac{Q_s}{A} = 3 \frac{kW}{m^2} \text{ (Obtenido en la FIGURA 1.11).}$$

$R_s = 0.68$ (Obtenido de la **TABLA 1.8**).

$$q = 0.577WH^{1.5} \left(\frac{Q_s}{A} \right) \left(\frac{1}{R_s} \right)$$

$$q = 0.577 \times 0.683 \times 0.615^{1.5} \times 3 \times \frac{1}{0.68}$$

$$q = 0.83kW$$

$$q = 838.54W$$

2.5.5.- SELECCIÓN Y CÁLCULO DE CARGA POR EQUIPO RELACIONADO

Los tipos de ventiladores y sus aplicaciones se muestran en el **ANEXO 2.5**, los ventiladores utilizados en aire acondicionado son centrífugos de fabricación compacta y pueden ser instalados en cualquier posición. Su selección se encuentra en el **ANEXO 2.6**.

$$q = P_{out} \quad (1.26)$$

$$P_{out} = 250W$$

2.5.6.- CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN

SUMARIO DE CARGAS	CARGA, Kw
Carga de Transmisión más 20%	0.012
Carga Producto	0
Carga Interna	0.023 + 2.695
Carga por infiltración de aire	0.83854
Carga por equipo relacionado	0.250
Total	3.819
Total más 10% (Factor de seguridad)	4.2

TABLA 2.5 Carga total de refrigeración.

2.5.7.- SELECCIÓN DEL GAS REFRIGERANTE

Hay tres temperaturas que son importantes para un refrigerante y que deben ser consideradas al hacer la selección. Estas son: la de ebullición, la crítica y la de congelación. Que se aprecian en la siguiente tabla comparativa.

REFRIG. N°	TEMPERATURAS EN °C		
	EBULLICION	CRITICA	CONGELACION
12	-29.8	112	-158
22	-40.7	96	-160
30	40.6	216.1	-97
123	27.9	---	-107
134a	-26.5	101.1	-103
170	-88.6	32.3	-172
502	-45.4	82.2	---
507	-46.7	71	---
717	-33.3	132.9	-78
718	100	374.5	0

**TABLA 2.6 Temperaturas gases refrigerantes a presión atmosférica.
Cortesía de TOTALINE**

El punto de ebullición del refrigerante debe ser bajo para que aún operando a presiones positivas, se pueda tener una temperatura baja en el evaporador. Otra temperatura a considerar cuando se selecciona un refrigerante, es la temperatura crítica, sobre todo para el diseño del condensador, ya que ningún vapor se condensa a una temperatura mayor de la crítica, aunque la presión sea muy grande. En el caso de condensadores enfriados por aire, es conveniente que el refrigerante tenga una temperatura crítica mayor de 55°C. Por otra parte, la temperatura de congelación de un refrigerante, debe ser más baja que la temperatura del evaporador. Por su aplicación a continuación se detalla una guía de los gases refrigerantes.

REFRIG. ANTERIOR	REFRIGERANTE SUBSTITUTO				LUBRICANTE	APLICACION TIPICA
	NÓ. DE ASHRAE	NOMBRE COMERCIAL	FABRICANTE	TIPO		
R-11	R-123	Suva Centri-LP	DuPont	Compuesto Puro	Alquil Benceno o Aceite Mineral	*Enfriadores de Agua con Compresores Centrífugos.
		Genetrón 123	Quimobásicos			
		Forane-123	Elf Atochem			
R-12	R-134a	Suva Cold MP	DuPont	Compuesto Puro	Poliol Ester	*Equipos Nuevos y Reacondicionamientos. *Refrigeración Doméstica y Comercial (Temp. de Evaporación arriba de -7 °C). *Aire Acond. Residencial y Comercial.
		Genetrón 134a	Quimobásicos			
		Forane 134a	Elf Atochem			
		Klea 134a	ICI			
	R-401A	Suva MP39	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (arriba de -23 °C). *Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (abajo de -23 °C). *Transportes Refrigerados.
			Genetrón MP39			
		Suva MP66	DuPont			
			Genetrón MP66			
R-409A	Genetrón 409A	Quimobásicos				
	FX-56	Elf Atochem				
R-13	Sin	Suva 95	DuPont	Mezcla Azeot.	Poliol Ester	*Muy Baja Temperatura
R-22	R-410A	Genetrón AZ-20	Quimobásicos	Mezclas Azeotrópicas	Poliol Ester	*Sistemas Unitarios de Aire Acondicionado.
	R-410B	Suva 9100	DuPont		Poliol Ester	
	R-407C	Suva 9000	DuPont	Mezcla Zeotrópica (Blend)	Poliol Ester	*Aire Acondicionado Residencial y Comercial. *Bombas de Calor. (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).
		Genetrón 407C	Quimobásicos			
		Klea 66	ICI			
	R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja).
R-502	R-402A	Suva HP80	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Principalmente en Reacondicionamientos).
		Genetrón HP80	Quimobásicos			
	R-402B	Suva HP81	DuPont		Alquil Benceno	*Máquinas de Hielo y Otros Equipos Compactos.
	R-404A	Suva HP-62	DuPont		Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).
		Genetrón 404A	Quimobásicos			
		FX-70	Elf Atochem			
	R-407A	Klea 60	ICI		Poliol Ester	
	R-408A	FX-10	Elf Atochem		Alquil Benceno	
R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester		

TABLA 2.7 Guía gases refrigerantes y aplicaciones. Cortesía de TOTATINE.

El refrigerante escogido fue el R-134a debido a que es un refrigerante HFC identificado químicamente como $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$, no es inflamable y posee niveles de toxicidad aceptables. Entre todos los sustitutos desarrollados el R-134a ha sido aceptado en un amplio rango de aplicaciones, entre ellas la de aire acondicionado puesto que su rendimiento termodinámico es equivalente al del R12. Además que posee una temperatura de ebullición relativamente baja (-26.5°C), su temperatura crítica (101.1°C) es superior a la temperatura de 55°C recomendada para condensadores de convección forzada y su temperatura de congelación (-103°C) es más baja que la temperatura del evaporador de la cámara (10°C).

2.5.8.- SELECCIÓN DEL COMPRESOR, EVAPORADOR, CONDENSADOR, VÁLVULA DE EXPANSIÓN.

Para este capítulo se debe tomar en cuenta los siguientes datos:

- La temperatura del refrigerante en el evaporador, es aproximadamente de 4 a 7°C más fría, que la del evaporador cuando está trabajando el compresor.
- La temperatura del refrigerante en un condensador enfriado por aire, está entre 17 y 19°C más caliente que la temperatura ambiente.

(Catálogo de TOTALINE Capítulo 12 refrigerantes, página 144.)

Por lo tanto la temperatura de evaporación del refrigerante T_0 será de 3°C que es la menor temperatura a la que va a trabajar el evaporador menos 7°C .

Y la temperatura de condensación del refrigerante T_k será de 41°C que es la temperatura ambiente más 19°C .

Sobre el diagrama Ph se trazaran los puntos correspondientes al ciclo tomando en cuenta las temperaturas de evaporación y condensación antes expuestas. Una vez situados dichos puntos se realizan las lecturas correspondientes a sus características de entalpia y volumen específico.

Referirse al diagrama en el **ANEXO 2.7.**

$$h_1 = 404 \text{ KJ/Kg} = 96.495 \text{ Kcal/Kg}$$

$$h_2 = 422 \text{ KJ/Kg} = 100.8 \text{ Kcal/Kg}$$

$$h_3 = h_4 = 255 \text{ KJ/Kg} = 60.907 \text{ Kcal/Kg}$$

$$V_e = 1/16 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Con dichos valores se procede a la aplicación paso a paso del modelo de cálculo obteniendo los siguientes resultados. **(Fórmulas obtenidas de “Enciclopedia de la Climatización – Refrigeración – CEAC”, páginas 204-208)**

1. Calor absorbido en el evaporador q_e

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (2.4)$$

$$q_e = 96.495 - 60.907$$

$$q_e = 35.588 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

2. Caudal másico m

$$m = \frac{P.\text{frigorífica}}{q_e} \quad (2.5)$$

La potencia frigorífica de la máquina NR en t horas de funcionamiento, habrá de ser mayor a la potencia Q total calculada en 24 horas de funcionamiento.

(Remítase al libro “Enciclopedia de la Climatización – Refrigeración – CEAC” página 66.)

Teniendo la relación:

$$NR = Q \frac{24}{t} \quad (2.6)$$

$$NR = 4.2 \frac{24}{6}$$

$$NR = 16.8KW$$

$$P.\text{frigorífica} = 16.8KW = 14445.48 \frac{kcal}{h}$$

Reemplazando

$$m = \frac{14445.48}{35.588}$$

$$m = 405.9 \frac{kg}{h}$$

3. Producción frigorífica volumétrica q_v

$$q_v = \frac{q_e}{V_e} \quad (2.7)$$

$$q_v = \frac{35.588}{1/16}$$

$$q_v = 569.408 \frac{Kcal}{m^3}$$

4. Caudal volumen o desplazamiento V

$$V = \frac{P.\text{frigorífica}}{q_v} \quad (2.8)$$

$$V = \frac{14445.48}{569.408}$$

$$V = 25.37 \frac{m^3}{h}$$

5. Trabajo específico de compresión q_w

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (2.9)$$

$$q_w = 100.8 - 96.495$$

$$q_w = 4.305 \frac{kcal}{kg}$$

6. Potencia del compresor P_c

$$P_c = m \times q_w \quad (2.10)$$

$$P_c = 405.9 \times 4.305$$

$$P_c = 1747.4 \frac{kcal}{h} = 6933.7 \frac{BTU}{h}$$

7. COP Frigorífico

$$COP = \frac{q_e}{q_w} \quad (2.11)$$

$$COP = \frac{35.588}{4.305}$$

$$COP = 8.27$$

8. Potencia frigorífica específica K_f

$$K_f = 860 \times COP \quad (2.12)$$

$$K_f = 860 \times 8.27$$

$$K_f = 7112.2 \frac{kcal}{(h.kW)}$$

9. Potencia indicada N_i

$$N_i = \frac{P.frigorifica}{K_f} \quad (2.13)$$

$$N_i = \frac{14445.48}{7112.2}$$

$$N_i = 2.03kW$$

10. Potencia en el condensador Q_c

$$Q_c = Q_{evap} + f \times N_i \quad (2.14)$$

Donde

$f = 860$, si la potencia se expresa en kW

$$Q_c = 1747.4 + 860 \times 2.03$$

$$Q_c = 1747.4 + 1745.8$$

$$Q_c = 3493.2 \frac{kcal}{h} = 13861.02 \frac{BTU}{h}$$

2.5.8.1.- SELECCIÓN DEL COMPRESOR

Una vez hecho el estudio teórico del compresor, el siguiente paso es elegir el modelo que mejor se adapte a los requerimientos de nuestra instalación.

Este proceso se debe realizar con ayuda de las tablas que elaboran los fabricantes donde se indican las características de todos los modelos de compresor que ellos construyen.

Se procede a elegir un compresor que tenga las siguientes características:

- i. Ser de alta - media temperatura: $T_0 = 3^\circ C$
- ii. Mueva un caudal másico de refrigerante: $m = 405.9 \frac{kg}{h}$
- iii. Con volumen barrido $V_b = 25.37 \text{ m}^3/h$.
- iv. Potencia del compresor $P_c = 6933.7 \text{ BTU/h}$

Según los datos obtenidos, el compresor disponible en el mercado tiene las características detalladas en el **ANEXO 2.8**

2.5.8.2.- SELECCIÓN DEL EVAPORADOR

El proceso de selección de un evaporador es complejo, ya que se debe tener en cuenta multitud de factores, algunos de los más importantes son los siguientes:

Sistema de circulación de aire:

Existen evaporadores de dos tipos, de circulación natural o convección natural y los de convección forzada.

Se elije el evaporador de **convección forzada**, debido que incorpora un ventilador que obliga a pasar el aire de la cámara a través de las aletas de su

batería. Esto permite que el intercambio de calor sea muy intenso, teniendo un rendimiento muy superior al de convección natural y un tamaño, a igualdad de potencia, mucho más compacto. La velocidad del aire dentro de la cámara es mayor.

Tipo de aplicación:

Es importante saber elegir el adecuado para nuestra instalación, esto permitirá que la distribución de las temperaturas sea homogénea y la velocidad de circulación del aire la correcta en todo el recinto refrigerado.

Para lo cual se ha elegido un evaporador con ventilador centrífugo.

Separación entre aletas:

La capa de escarcha formada sobre las aletas va aumentando de grosor con el paso del tiempo y si estas están muy juntas el evaporador quedará atascado de hielo muy rápido impidiendo la circulación de aire y con ello la transmisión de calor, siendo necesarios ciclos de desescarche muy frecuentes.

Debido a que la temperatura de evaporación es superior a 0°C (Temperatura en la que no es previsible la formación de escarcha), se puede recurrir a evaporadores con menor separación entre sus aletas (3 – 4 mm).

Sistema de desescarche:

En el caso de que el evaporador necesite descongelación, es preciso tener en cuenta un sistema de desescarche que se requiera utilizar. En este caso el sistema será la circulación de aire por el evaporador aplicable a cámaras pequeñas cuya temperatura de evaporación está cercana a 0°C.

El primer elemento de la instalación que se debe calcular y seleccionar es el compresor y hay que procurar que el evaporador tenga su misma potencia frigorífica. De lo contrario el sistema quedará desequilibrado y el funcionamiento de la instalación no será el más correcto.

Con la potencia del compresor seleccionado de 7600BTU equivalente a 1915.32 Kcal/h el evaporador disponible en el mercado tiene las características detalladas en el **ANEXO 2.9**.

El ventilador centrífugo del **ANEXO 2.5 – ANEXO 2.6** satisface el caudal de aire de recirculación de la cámara.

2.5.8.3.- SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE EXPANSIÓN

Todos los sistemas de enfriamiento por compresión (aire acondicionado o refrigeración) requieren un reductor de presión o de control de flujo del refrigerante del lado de alta al lado de baja presión.

El Tubo Capilar como elemento dosificador del flujo de refrigerante es muy popular, para los equipos compactos de aire acondicionado y refrigeración especialmente en equipos pequeños, arriba de 5 caballos de potencia se aumenta la carga de refrigerante y la capacidad del compresor, haciendo más difícil las aplicaciones con tubos capilares, y por lo tanto se recomienda que las aplicaciones sean menor de 5 HP, en refrigeración doméstica, aire acondicionado, congeladores, deshumidificadores, etc. tipo compacto o paquete. Su operación se basa en que la cantidad del flujo de refrigerante (masa) en estado líquido pasa con facilidad a través de un tubo de diámetro pequeño, en cambio cuando está en estado de vapor su restricción al pasar por el tubo es mayor, conecta la salida del refrigerante del condensador a la entrada del evaporador.

La selección del tubo capilar se la realiza de acuerdo al **ANEXO 2.10** a partir de datos de temperatura de evaporación (3°C) y temperatura ambiente de diseño (21.9°C).

2.5.8.3.1- SELECCIÓN DE VÁLVULA BY PASS

La función de la válvula de paso es evitar la congelación del evaporador, desvía la cantidad requerida de gas de la descarga al lado de baja para mantener la presión del evaporador mínima deseada. Es utilizada comúnmente en sistemas de aire acondicionado.

La válvula se selecciona según la mínima temperatura y presión de evaporación.

La válvula seleccionada se puede apreciar en el **ANEXO 2.11**.

2.5.8.3.2- SELECCIÓN DE FILTRO

El filtro colocado antes del tubo capilar lo protege contra basura que puede estar presente en el sistema. Si el sistema contiene humedad excesiva, entonces esta localización provee los mejores resultados para protección del elemento de expansión contra congelamientos.

El filtro es seleccionado a partir de las toneladas de refrigeración y tipo de refrigerante.

Las toneladas de refrigeración se calculan con la siguiente relación:

$$12000 \frac{BTU}{h} = 1 \text{ Tonelada de refrigeración}$$

Convirtiendo los 7600BTU/h del sistema de refrigeración a toneladas se obtiene:

$$\frac{7600BTU}{h} \times \frac{1 \text{ Tonelada de refrigeración}}{12000BTU/h} = 0.63 \text{ Toneladas}$$

El filtro seleccionado corresponde a una capacidad de 1/2 a 3/4 de tonelada para refrigerante 134a diseñado específicamente para sistemas con tubo capilar, se puede apreciar en el **ANEXO 2.12**.

2.5.8.4- SELECCIÓN DEL CONDENSADOR

El condensador es el elemento de la instalación cuya misión es que el fluido refrigerante pierda calor por intercambio térmico con un fluido refrigerador exterior y gracias a esto se produzca su condensación.

Debe tener el tamaño adecuado para ser capaz de eliminar el calor que capta el refrigerante en el evaporador así como el proceso de compresión. La potencia del condensador, por tanto será la suma de la potencia frigorífica evaporador o de la instalación y la potencia del motor del compresor. De lo

calculado en la fórmula 2.14 se tiene que la capacidad del condensador debe ser de 13861.02 BTU/h, la selección del condensador se debe hacer mediante los catálogos de los fabricantes, la Tecumseh recomienda unidades condensadoras a partir del modelo de compresor utilizado, el compresor seleccionado posteriormente corresponde al modelo AKA4476YXD cuyas características se detallan en el **ANEXO 2.8** por lo que el modelo de condensador correspondiente al compresor se encuentra en el **ANEXO 2.13**. Cuya capacidad es de 15000 BTU/h que satisface el cálculo realizado.

Al igual que en el evaporador el ventilador centrífugo del **ANEXO 2.5 – ANEXO 2.6** se utilizará para aumentar la eficiencia del sistema mediante la circulación de aire forzado en el condensador.

2.5.8.5- SELECCIÓN DE TUBERÍA

Es obvio que entre los diferentes elementos que configuran una instalación frigorífica no pueden faltar conductos o tuberías de circulación del refrigerante.

La tubería a utilizar es de cobre debido a que es la más utilizada en sistemas de refrigeración y aire acondicionado por su durabilidad, facilidad de instalación, es moldeable, dúctil, resistente a la corrosión, ligera y fácil de soldar. Se considera una pérdida admisible de presión equivalente de 0,5 a 1°C para los refrigerantes más habituales. Ésta pérdida comprende el rozamiento, elevación vertical de la tubería, accesorios, etc. En el gráfico de la **FIGURA 2.1** para el R-134a y con una temperatura de evaporación de 3°C se tiene una pérdida total de 0,13 bar aproximadamente en la horizontal de 1°C.

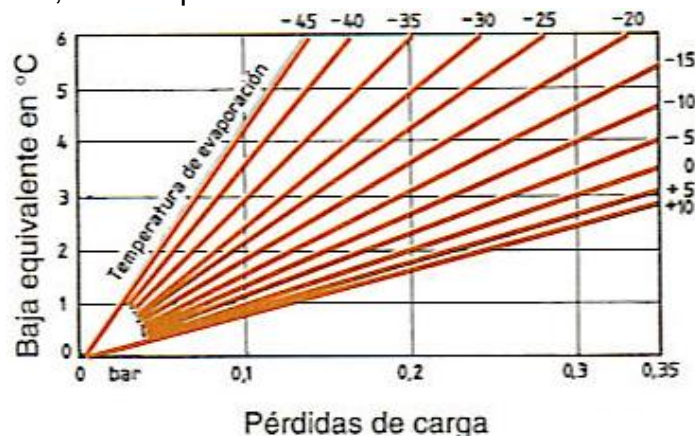


FIGURA 2.1 Relación caída de presión y temperatura equivalente R-134a

Como la potencia frigorífica del compresor es de 1747,4 Kcal/h, se utiliza el ábaco de la **FIGURA 2.2** para el cual el límite máximo dado es para 10 m de longitud

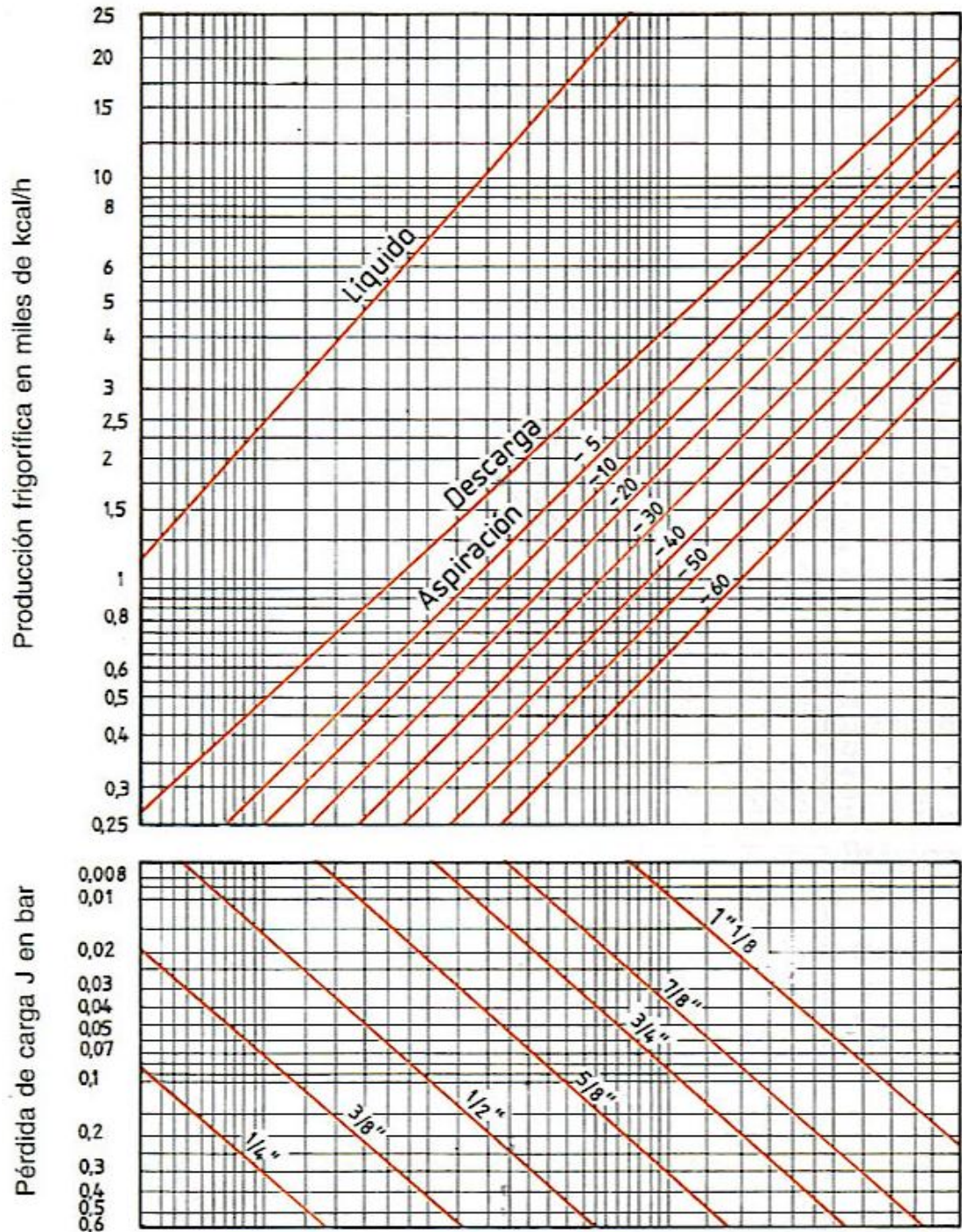


FIGURA 2.2 Ábaco para evaluar pérdidas de carga dinámicas en tuberías de 10m de longitud de límite máximo

La longitud aproximada para la tubería de aspiración y descarga son: 2.5 y 5 metros respectivamente.

La pérdida de carga J para la tubería de aspiración es:

$$J_{longitud} = \frac{\text{Pérdida equivalente} \times \text{longitud de tubería ábaco}}{\text{longitud horizontal de tubo}} \quad (2.15)$$

$$J_{longitud\ 2.5m} = \frac{0.13 \times 10}{2.5}$$

$$J_{longitud\ 2.5m} = 0.52\ bar$$

La pérdida de carga J para la tubería de descarga es:

$$J_{longitud} = \frac{\text{Pérdida equivalente} \times \text{longitud de tubería ábaco}}{\text{longitud horizontal de tubo}}$$

$$J_{longitud\ 5m} = \frac{0.13 \times 10}{5}$$

$$J_{longitud\ 5m} = 0.26\ bar$$

Trazando una recta horizontal por 1.747×10^3 kcal/h hasta cortar con la recta inclinada de $+3^\circ\text{C}$ y bajando verticalmente hasta interceptar a la recta horizontal trazada en pérdidas de carga correspondientes a la tubería de aspiración (0.52), y la tubería de descarga (0.26) se obtiene los siguientes diámetros:

Diámetro aspiración entre:

3/8" y 1/2"

Diámetro descarga entre:

1/2" y 5/8"

Por lo tanto el diámetro de la tubería a utilizar en la aspiración es de 3/8" y en la descarga de 1/2".

Las fórmulas, figuras y ábacos, fueron tomados de la **Enciclopedia de la climatización CEAC, refrigeración capítulo 13.**

2.5.8.6- SELECCIÓN DE SOLDADURA

Para aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración, se recomienda que el porcentaje mínimo de concentración de plata en la varilla de soldar sea del 15%. Mientras mayor sea este porcentaje se tendrá que calentar la tubería en menor proporción y existirá menor formación de hollín en la suelda, la marca Harris ofrece una línea exclusiva para soldaduras de cobre-cobre y cobre-bronce, la varilla para soldar Stay-Silv15 tiene una concentración del 15% de plata, 80% de cobre y 5% de fósforo. Esta aleación licúa y humecta perfectamente, con lo que se consigue que la aleación penetre totalmente en los espacios a unir, obteniendo por consiguiente una unión total y segura.

La plata aporta una gran elasticidad a la unión permitiendo una gran resistencia a la tracción y torsión además de resistencia a factores exógenos, permitiendo alargar la vida de la unión.

2.6.- DISEÑO DEL SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN

2.6.1.- CÁLCULO DE LA CARGA DE HUMIDIFICACIÓN

Para sistemas de ventilación con infiltración.

$$H = \rho VR(W_i - W_o) - S + L \quad (1.24)$$

ρ = densidad del aire al nivel del mar, $1.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$V = 0.2137\text{m}^3$ (Volumen interno de la cámara)

$R = 1$ (Índice de funcionamiento, generalmente 1)

$W_i = 80\%$ (Porcentaje máximo de humedad relativa dentro de la cámara)

$W_o = 49\%$ (Humedad relativa promedio ciudad de Quito, www.climamsn.com)

$S = \text{despreciable}$ (No existen otras fuentes de humedad)

$L = \text{despreciable}$ (La cámara es herméticamente sellada no hay pérdidas)

$$H = 1.20 \times 0.2137 \times 1 \times (80 - 49) - 0 + 0$$

$$H = 7.95 \text{kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

El humidificador seleccionado se detalla en la tabla del **ANEXO 2.14**.

La capacidad del humidificador es de 5 a 8 $\text{kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$, de tamaño mediano que satisface la necesidad de $7.95 \text{kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$ calculada.

2.7.- SELECCIÓN DEL CONTROLADOR

El controlador a seleccionar deberá tener salidas específicas para el mando de los sistemas de refrigeración, calefacción, humidificación y deshumidificación; se requiere de sensores de humedad y temperatura que operen en los rangos de: 10 a 40 °C en temperatura y 40 a 90% en humedad relativa además de permitir la comunicación con el computador.

De la gama de controladores de la marca Full Gauge el controlador cuyas características satisfacen los requerimientos en cuanto a entradas, salidas y aplicación, es el MT-531Ri plus, debido a que posee tres salidas una para control de temperatura, una para control de humedad, una auxiliar que puede operar como segunda etapa de control de temperatura, de humedad, alarma, o incluso como timer cíclico; además de poseer sensores de humedad y temperatura ensamblados en un único bulbo, disminuyendo el espacio de cableado de la instalación, tienen una precisión de 0.02°C y de 0.5% HR con rangos de temperatura de .10°C a 70°C y en humedad de 20 a 95%HR. También pertenece a la línea plus que ofrecen una conectividad con el computador mediante un software desarrollado por Full Gauge llamado Sitrad a través del cual monitorea, controla las variables y permite ver los históricos de dichas variables por medio de gráficos.

Las características del controlador seleccionado se encuentran en el **ANEXO 2.15**

El controlador será el elemento patrón para la calibración de los instrumentos por lo cual fue certificado en Brasil por los Laboratorios de Metrología de la Pontificia Universidad Católica de Rio Grande del Sur.

La certificación se encuentra detallada en el **ANEXO 2.16**.

2.7.1.- SELECCIÓN DE LA INTERFAZ

El controlador dispone de una comunicación serial RS-485 que por medio de una caja distribuidora se puede conectar varios controladores a la interfaz.

Se dispone de un convertidor CONV32 el cual permite la comunicación entre los controladores y la computadora, a través de la conversión de la señal estándar RS-485 de los controladores para el RS-232 o USB de la computadora.

Refiérase al **ANEXO 2.15**.

2.8.- DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Los sistemas que constituyen la cámara climatizada deben ser comandados mediante las salidas del controlador MT531Ri Plus, activados o desactivados mediante las lecturas de humedad y temperatura de su sensor.

Las funciones de las salidas de control son las siguientes:

- Salida de calefacción: energizará o desenergizará la resistencia eléctrica y el ventilador de recirculación de aire según se requiera.
- Salida de refrigeración: deberá prender o apagar el compresor con su elemento de arranque, a su vez el ventilador del condensador y el ventilador de recirculación de aire según sea necesario.
- Salida de humidificación: comandará la entrada o bloqueo de vapor hacia la cámara mediante válvulas solenoides a 12V DC para alcanzar los valores de humedad deseada.

- Salida de deshumidificación: deberá hacer funcionar o apagar el compresor con su elemento de arranque, a su vez el ventilador del condensador y el ventilador de recirculación de aire según sea necesario.

En el momento del arranque general de la máquina se energizará los controladores, lámpara fluorescente, resistencias en cortocircuito del humidificador y la fuente de 12V DC.

El humidificador dispone de una válvula de entrada de agua al tanque del humidificador de apertura y cierre mediante un circuito electrónico a 12V DC, además de una válvula de drenaje que podrá ser activada a cualquier momento para limpieza del tanque.

Las salidas de los controladores y función encargada se detallan en la siguiente tabla.

SALIDAS	CONTROLADOR 1	CONTROLADOR 2
Therm	Refrigeración	-
Humid	-	Humidificación
Aux	Calefacción	Deshumidificación

TABLA 2.8 Disposición salidas de los controladores

El circuito de control que comandará a todos los sistemas se encuentra en el **ANEXO 2.17.**

2.8.1.- CÁLCULO DE CARGA PARA DIMENSIONAMIENTO DE CONTACTORES Y RELÉ

2.8.1.1.- CARGAS DEL CONTACTOR DE REFRIGERACIÓN

En el polo 1 del contactor las cargas son:

ELEMENTO	LRA (A) (Corriente de	FLA (A) (Corriente de
Compresor	27.4	5.7
Ventilador compresor	2	1.8
Total	29.4	7.5

TABLA 2.9 Cargas polo1 contactor de refrigeración

En el polo 2 las cargas son:

ELEMENTO	LRA (A) (Corriente de	FLA (A) (Corriente de
Ventilador evaporador	2	1.8
Total	2	1.8

TABLA 2.10 Cargas polo 2 contactor de refrigeración

2.8.1.2.- CARGAS DEL CONTACTOR DE CALEFACCIÓN

En el polo 1 las cargas son:

ELEMENTO	LRA (A) (Corriente de	FLA (A) (Corriente de
Resistencia	-	3.7
Total	0	3.7

TABLA 2.11 Cargas polo 1 contactor de calefacción

En el polo 2 las cargas son:

ELEMENTO	LRA (A) (Corriente de	FLA (A) (Corriente de
Ventilador	2	1.8
Total	2	1.8

TABLA 2.12 Cargas polo 2 contactor de calefacción

2.8.1.3.- CARGAS DEL RELÉ DE HUMIDIFICACIÓN:

En el contacto normalmente abierto del relé las cargas son:

ELEMENTO	LRA (A) (Corriente de arranque)	FLA (A) (Corriente de funcionamiento)
Válvula solenoide 1	1.56	1.33
Total	1.56	1.33

TABLA 2.13 Cargas contacto normalmente abierto relé de humidificación

En el contacto normalmente cerrado del relé las cargas son:

ELEMENTO	LRA (A) (Corriente de arranque)	FLA (A) (Corriente de funcionamiento)
Válvula solenoide 2	1.56	1.33
Total	1.56	1.33

TABLA 2.14 Cargas contacto normalmente cerrado relé de humidificación

2.8.2.- SELECCIÓN DE CONTACTORES Y RELÉ

Las corrientes máximas de arranque (LRA) y de funcionamiento (FLA) calculados para los contactores son de 29.4 A y 7.5 A respectivamente, dentro de las marcas de contactores utilizadas en refrigeración, ventilación, calefacción y aire acondicionado se seleccionó el contactor del **ANEXO 2.18** de la marca Cutler-Hammer. Éste contactor posee una bobina de 120V AC, un FLA de 20 A y LRA de 120 A por polo y posee dos contactos abiertos necesarios para la aplicación.

Las corrientes máximas de arranque (LRA) y de funcionamiento (FLA) para el relé son de 1.56 A y 1.33 A respectivamente, dentro de las marcas de relés utilizadas en refrigeración, calefacción, aire acondicionado y ventilación, se seleccionó el relé del **ANEXO 2.19** de la marca MARS. Este relé posee una

bobina de 120V AC, un FLA de 6 A y LRA de 25 A por polo. Posee dos contactos abiertos y dos cerrados.

2.8.3.- CÁLCULO DEL CONDUCTOR

La selección del conductor para la alimentación general del equipo así como para cada uno de los elementos se la efectúa en base al criterio de selección por corrientes a plena carga. Para el circuito de alimentación de un elemento inductivo se debe aumentar un 25% a la carga, igualmente para lámparas fluorescentes.

Viene dada por la siguiente fórmula:

$$I_{Tot} = 1.25 \times I_{EI} + \sum I_{pc} \quad (2.16)$$

Donde:

I_{EI} : Corriente a plena carga del elemento mayor inductivo.

I_{pc} : Corriente a plena carga.

(Bratu, Instalaciones Eléctricas, 1992)

2.8.3.1.- CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE ALIMENTACIÓN

$$I_{Total} = 1.25 \times I_{EI} + \sum I_{pc}$$

$$I_{Tot} = 1.25 \times I_{compresor} + 2 \times I_{ventilador} + I_{resistencia} + I_{lámpara} + I_{humidificador} \\ + I_{fuente} + I_{transformador}$$

$$I_{Tot} = 1.25 \times 5.7 + 2 \times 1.8 + 3.7 + 0.13 + 2 + 0.36 + 0.2$$

$$I_{Tot} = 17.115A$$

El calibre del conductor seleccionado debido a la corriente resultante, a una temperatura de funcionamiento de 60°C corresponde al AWG 12. Refiérase al **ANEXO 2.20**.

2.8.3.1.1- CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE CADA ELEMENTO

COMPRESOR

$$I_{Total} = 1.25 \times I_{PC}$$

$$I_{Total} = 1.25 \times 5.7$$

$$I_{Total} = 7.125A$$

VENTILADORES

$$I_{Total} = 1.25 \times I_{PC}$$

$$I_{Total} = 1.25 \times 1.8$$

$$I_{Total} = 2.25A$$

RESISTENCIA ELÉCTRICA

$$I_{Total} = I_{PC}$$

$$I_{Total} = 3.7A$$

HUMIDIFICADOR

$$I_{Total} = I_{PC}$$

$$I_{Total} = 2A$$

LÁMPARA FLUORESCENTE

$$I_{Total} = 1.25 \times I_{PC}$$

$$I_{\text{TotAl}} = 1.25 \times 0.136$$

$$I_{\text{TotAl}} = 0.17$$

VÁLVULAS SOLENOIDES HUMIDIFICACIÓN

$$I_{\text{TotAl}} = 1.25 \times I_{\text{PC}}$$

$$I_{\text{TotAl}} = 1.25 \times 1.33$$

$$I_{\text{TotAl}} = 1.6625 \text{ A}$$

El calibre del conductor seleccionado para cada uno de los elementos es el AWG 14 debido a las corrientes resultantes y a que es el calibre mínimo para circuitos de fuerza y alumbrado a una temperatura de funcionamiento de 60°C. **Refiérase al ANEXO 2.20. (Bratu, Instalaciones Eléctricas, 1992).**

2.8.4.- CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN TÉRMICA

Para la carga total instalada de 17.11A, el tamaño comercial de la protección corresponde a uno de 20A, con lo cual queda protegido el conductor de alimentación. Las características del interruptor termomagnético y su curva de disparo se encuentra en el **ANEXO 2.21.**

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y OPERACIÓN

3.1.- CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA CLIMATIZADA

3.1.1.- CONSTRUCCIÓN DE LA CAJA TÉRMICA

La cámara está constituida por paneles de poliuretano cortados en ángulo de 45° que permite un mejor acople de las paredes de la cámara. Que son pegadas con silicón.

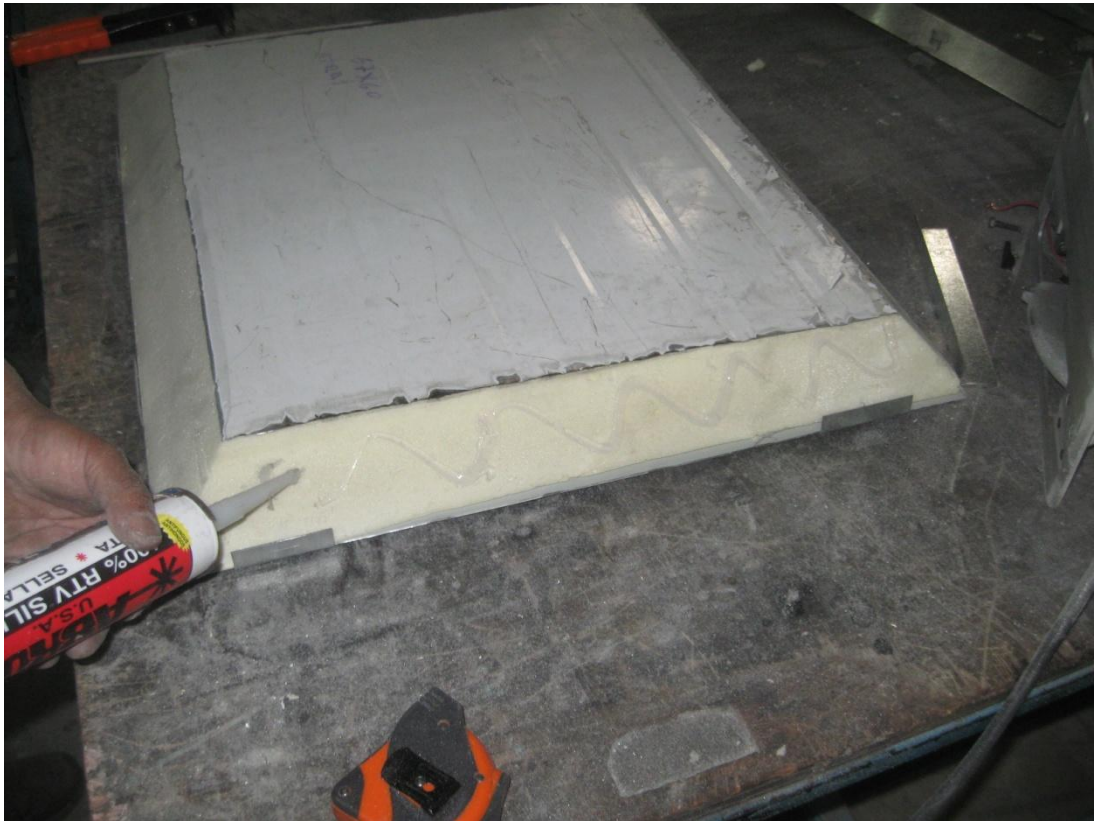


FIGURA 3.1 Panel cortado

Los paneles son fijados en sus respectivas posiciones armando la cámara.



FIGURA 3.2 Armado cámara

Para la fijación y robustez de la cámara se utiliza ángulo de aluminio de 1/2" x 3/4" en su parte interna como externa. Además de una bandeja de acero inoxidable en la parte inferior con un caída hacia el desagüe.



FIGURA 3.3 Robustez de la cámara

Con motivo de una mejor presentación el marco de la cámara es forrado con acero inoxidable.



FIGURA 3.4 Marco puerta

Se realizan los agujeros en la cámara para la recirculación de aire del equipo de aire acondicionado.

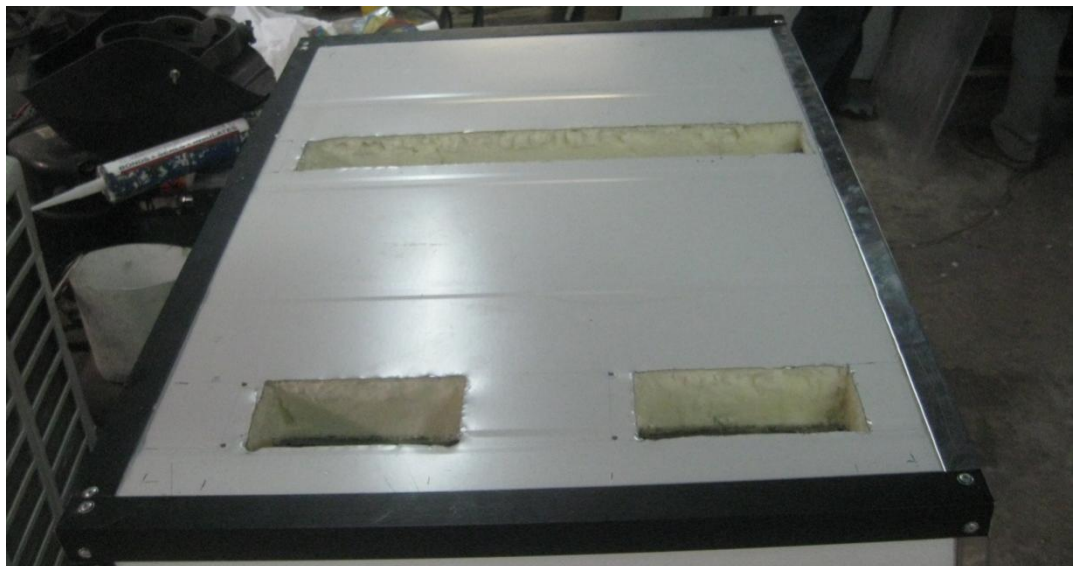


FIGURA 3.5 Agujeros de recirculación

Una lámpara fluorescente es fijada en el interior de la cámara en un lugar que permite iluminar su interior y a la vez no refleja la luz directamente hacia el operario.



FIGURA 3.6 Disposición lámpara fluorescente

Se instala la tubería de cobre de 1/2" para la dispersión del vapor del humidificador.



FIGURA 3.7 Instalación tubería de cobre

Se colocan rejillas como soporte del instrumento q también permiten la libre circulación del aire.



FIGURA 3.8 Instalación de rejillas de soporte del instrumento

La puerta de acrílico es forrada con acero inoxidable en su contorno para rigidizarla y fijada con bisagras a la cámara. Las mangas de lienzo son ubicadas en la puerta con arandelas del mismo material, también dispone de tapas aseguradas con pernos y mariposas para su fácil extracción.



FIGURA 3.9 Puerta de acrílico y mangas

3.1.2.- CONSTRUCCIÓN EQUIPO AIRE ACONDICIONADO

Las tapas de aluminio son cortadas y dobladas para el acople con los equipos de refrigeración y calefacción de acuerdo a las dimensiones del **ANEXO 1.3. PLANO 1.01.01.**



FIGURA 3.10 Doblado de partes de aluminio

Sobre la tapa base aseguramos el compresor, condensador, resistencia eléctrica, evaporador y ventiladores.

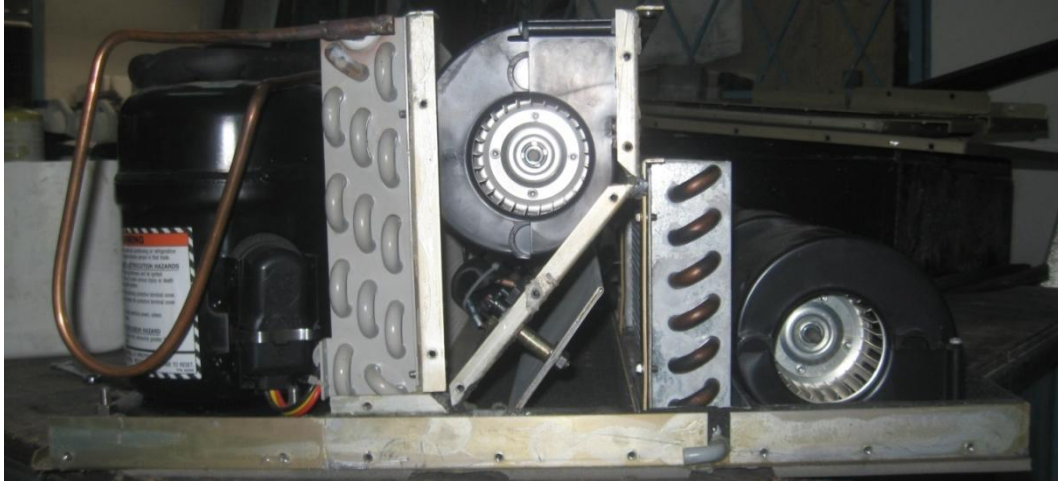


FIGURA 3.11 Disposición de equipos aire acondicionado

Se cortan y sueldan las tuberías de cobre de 3/8" en la línea de aspiración y de 1/2" en la línea de descarga según el circuito de refrigeración del ANEXO 3.1. La soldadura se la realiza con la varilla para soldar marca Harris Stay-Silv15 previamente seleccionada.

3.1.2.1.- PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR TUBERÍAS

Cortar la tubería a la longitud necesaria con el elemento de corte adecuado. Limpiar las rebabas con un movimiento axial con la ayuda de un escariador o lima.

Limpiar cualquier elemento extraño en la superficie e interior de la tubería como: polvo, grasa, etc. Se puede realizar con un cepillo de alambre o con una tela de esmeril.

Introducir el extremo del tubo en la conexión.

Regular la llama oxiacetilénica del soplete utilizando una llama "neutra". La llama neutra tiene un dardo interno bien definido color blanco azulado. Evitar una llama oxidante.

Calentar el tubo que es el macho manteniendo lo más alejado posible el soplete de la varilla de soldar. Dejar que la tubería derrita la varilla de soldar no el soplete.

Si se quiere levantar una soldadura calentar únicamente la tubería hembra, de esta manera se dilata y con la ayuda de una mordaza se puede liberar la junta con facilidad.

Es necesario colocar aislante térmico en las tuberías de aspiración para evitar el recalentamiento excesivo del fluido frigorífero y en las tuberías de líquidos para evitar la evaporación del refrigerante antes de llegar al evaporador.



FIGURA 3.12 Instalación tubería de cobre

Las tapas de la carcasa son hermetizadas con silicón y aseguradas en sus respectivas posiciones.



FIGURA 3.13 Fijación de tapas.

Se realiza la carga del refrigerante R-134a en el sistema de refrigeración. Siguiendo el siguiente procedimiento:

Realizar la conexión de conexión del juego de manómetros según se muestra en el **ANEXO 3.2**.

3.1.2.2.- Condiciones iniciales de las válvulas

Las válvulas de servicio están con sus tapones roscados metálicos puestos y con sus émbolos en la posición que bloquea la conexión de servicio [1] y totalmente abierta la conexión de las líneas de refrigerante a la succión y descarga del compresor, respectivamente.

El juego de manómetros de tres vías y dos válvulas, tiene sus mangueras conectadas y abiertas las válvulas de alta y baja presión.

3.1.2.3.- Procedimiento para conectar el juego de manómetros

1. Remueva los tapones de las conexiones de servicio, tanto en las válvulas de servicio en el compresor como en el tanque receptor.

2. Cerciórese de que las válvulas del juego de manómetros estén ambas abiertas (girando ambas en sentido anti horario).
3. Conecte las mangueras en los puntos de baja y alta del sistema y la manguera central a una bomba de vacío para extraer los GNC [gases no condensables] de las mangueras y el cuerpo del juego de manómetros.
4. Efectúe un vacío y cierre las válvulas del manómetro en sentido horario.
5. Verifique que la válvula de servicio [de una vía] que conecta el tanque recibidor con la línea de líquido del sistema esté abierta totalmente (debe estar totalmente girada en sentido anti horario).
6. Verifique que las válvulas del manómetro estén cerradas (girando el vástago en sentido horario).
7. Gire media vuelta en sentido horario las válvulas de servicio de succión y descarga, [lo cual las abre parcialmente y conecta el sistema al juego de manómetros].
8. Verifique las presiones de trabajo y ponga en marcha la máquina (en caso de que haya estado detenida).
9. Esté preparado para apagar la máquina en caso de observarse alguna condición que indique falla o alguna fuga en las conexiones de servicio efectuadas.
10. Al terminar la medición, cierre las válvulas de servicio de succión y descarga del sistema, retire las mangueras del sistema siguiendo el procedimiento descrito a continuación.

3.1.2.4.- Procedimiento para desconectar el juego de manómetros

1. Cierre totalmente (en sentido anti horario) la válvula de servicio ubicada en la línea de descarga.
2. Asegúrese de que el punto de conexión central del manómetro esté cerrado y luego abra ambas válvulas (alta y baja presión) en el juego de manómetros para reducir cualquier presión de descarga que pudiera haberse acumulado.
3. Cierre ambas válvulas (alta y baja presión) en el juego de manómetros.
4. Desconecte la manguera desde el juego de manómetros a la descarga, ponga en su sitio el tapón de la válvula de descarga.

5. Cierre totalmente (en sentido anti horario) la válvula de servicio ubicada en la línea de succión y desconecte la manguera.
6. Ponga en su sitio el tapón de la válvula de servicio de succión.
7. Verifique que no hayan quedado fugas en las válvulas.



FIGURA 3.14 Carga del refrigerante

Se coloca la tapa superior y se fija el filtro al equipo. El filtro es del tipo seco conformado por fibras sintéticas ayuda a retener las partículas de polvo que pueden ingresar y afectar el funcionamiento del equipo de aire acondicionado.



FIGURA 3.15 Colocación del filtro

3.1.3.- CONSTRUCCIÓN BASE SOPORTE

La base fue construida con ángulos de hierro de 1" x 3/4" y forrada con tol galvanizado, posee llantas para soporte y movilidad del conjunto cámara climatizada; en su interior se fija el equipo de humidificación seleccionado.



FIGURA 3.16 Base soporte

3.2.- MONTAJE DE LA CÁMARA CLIMATIZADA

La base está constituida de tal forma que únicamente deslizamos a su posición la caja térmica encima de esta. El equipo de aire acondicionado es montado sobre la caja térmica hermetizando con cinta rubatex (aislante térmico) y asegurado con tornillos. A la salida del humidificador se acopla dos válvulas solenoides con el fin de permitir o no el paso de vapor hacia la cámara.



FIGURA 3.17 Montaje cámara climatizada

3.2.1.- INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Desde la salida del equipo de aire acondicionado se utiliza canaletas para el cableado hacia los contactores que están situados en la base soporte.

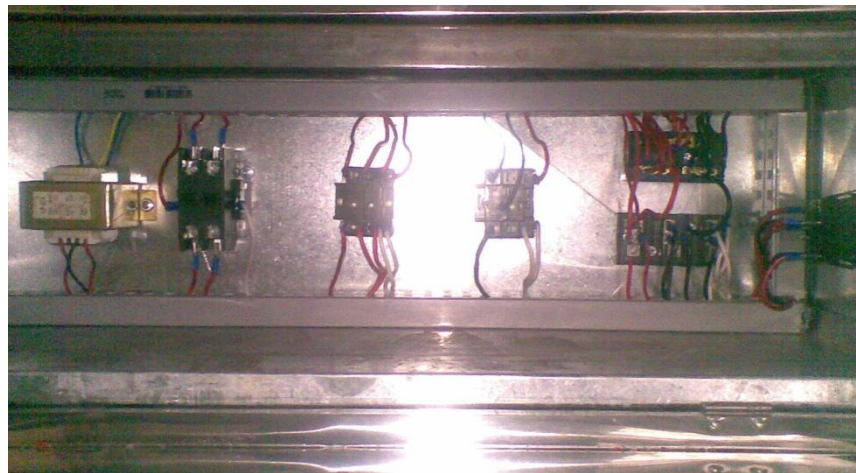


FIGURA 3.18 Disposición elementos eléctricos

Se realizan las conexiones según los diagramas de control y fuerza dispuestos en el **ANEXO 2.17**.

Se aseguran los sensores de humedad y temperatura en la parte superior de la caja térmica.

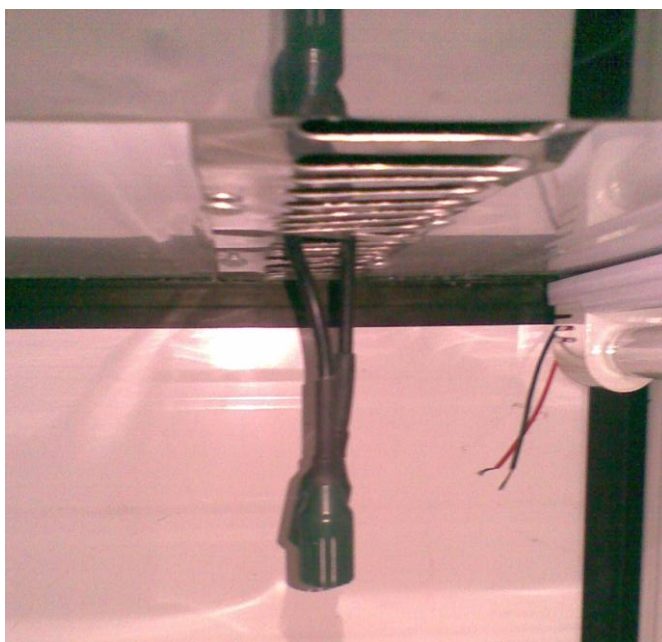


FIGURA 3.19 Disposición sensores de humedad y temperatura

Los controladores son sujetos en los zócalos en una pequeña caja acrílica ubicada alado de la caja térmica a una altura adecuada para una mejor visualización, junto con el conversor de señal.



FIGURA 3.20 Ubicación controladores

Se realiza las conexiones del equipo en general, pasando el cableado por canaleta, cuidando la estética.



FIGURA 3.21 Conexiones

3.2.2.- PROGRAMACIÓN DE LOS CONTROLADORES

Los controladores son programados en el primer arranque de la cámara climatizada y establecidas las asignaciones de las salidas de acuerdo a la **TABLA 2.8.**

Así como también son programadas todas las funciones del controlador detalladas en la **TABLA 3.1.**

Los rangos de cada una de las funciones de la tabla de parámetros del controlador están dispuestas en el **ANEXO 2.15.**

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN	CONT 1	CONTR 2
1	CÓDIGO DE ACCESO	123	123
2	MODO DE OPERACIÓN SALIDA THERM	0	0
3	MÍNIMO SETPOINT(THERM)	10	0
4	MÁXIMO SETPOINT(THERM)	40	0
5	HISTÉRESIS (THERM)	0.1	0
6	RETARDO MIN. ACTIVACIÓN (THERM)	0	0
7	MODO DE OPERACIÓN SALIDA HUMID	0	1
8	MÍNIMO SETPOINT(HUMID)	0	40
9	MÁXIMO SETPOINT(HUMID)	0	90
10	HISTÉRESIS (HUMID)	0	0,5
11	RETARDO MIN. ACTIVACIÓN (HUMID)	0	0
12	TIEMPO HUMID ACTIVADO	0	1
13	TIEMPO HUMID DESACTIVADO	0	10
14	OPERACIÓN SALIDA AUX	1	2
15	MÍNIMO SETPOIN (AUX)	9	40
16	MÁXIMO SETPOINT (AUX)	40	90
17	HISTÉRESIS (AUX)	0,2	0,5
18	RETARDO MÍNIMO ACTIVACIÓN (AUX)	0	0
19	TIEMPO AUX ACTIVADO	60	100
20	TIEMPO AUX DESACTIVADO	1	0
21	ALARMA TEMPERATURA AMBIENTE BAJA	8,9	0
22	ALARMA TEMPERATURA AMBIENTE ALTA	41,1	0
23	ALARMA HUMEDAD AMBIENTE BAJA	0	35
24	ALARMA HUMEDAD AMBIENTE ALTA	0	95
25	RETARDO MÍNIMO ACTIVACIÓN (AUX)	0	0
26	MODO OPERACIÓN BUZZER	1	1
27	ACTUACIÓN BUZZER TEMPERATURA INFERIOR	8,9	0
28	ACTUACIÓN BUZZER TEMPERATURA SUPERIOR	41,1	0
29	ACTUACIÓN BUZZER HUMEDAD INFERIOR	0	34,9
30	ACTUACIÓN BUZZER HUMEDAD SUPERIOR	0	95,1
31	TIEMPO BUZZER ACTIVADO	5	5
32	TIEMPO BUZZER DESACTIVADO	5	5
33	TIEMPO DE INHIBICIÓN BUZZER ENERGIZACIÓN	10	10
34	MODO VISUALIZACIÓN	1	2
35	CORRIMIENTO DE INDICACIÓN DE LA TEMPERATURA OFFSET	0	0
36	CORRIMIENTO DE INDICACIÓN DE LA HUMEDAD OFFSET	0	0
37	DIRECCIÓN DEL INSTRUMENTO EN LA RED RS-485	1	2

TABLA 3.1 Parámetros de los controladores

3.3.- OPERACIÓN DE LA CÁMARA CLIMATIZADA

La cámara climatizada controla un espacio de humedad y temperatura por medio de un controlador **MT 531Ri plus** y una computadora, tiene sistemas de refrigeración, calefacción, humidificación y deshumidificación que proporcionarán las condiciones necesarias específicas para realizar una calibración.

La cámara climatizada ofrece las siguientes características:

Control de temperatura comprendida entre 10°C y 40°C con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$.

Control de humedad relativa comprendida entre 40%HR y 90%HR con una precisión de 3%HR.

Capacidad volumétrica adecuada para los instrumentos de humedad y temperatura a calibrar.

Mando a través de computadora por cable USB y directamente desde el controlador.

Monitorea, configura y almacena datos de temperatura y humedad relativa en tiempo real.

Visualización y manipulación de los instrumentos en el interior de la cámara.

Muestra temperatura y humedad en el interior de la cámara.

Llenado automático del tanque del humidificador.

Purga manual del tanque del humidificador.

3.3.1- PARTES DE LA CÁMARA CLIMATIZADA

La cámara climatizada está constituida por los siguientes elementos:

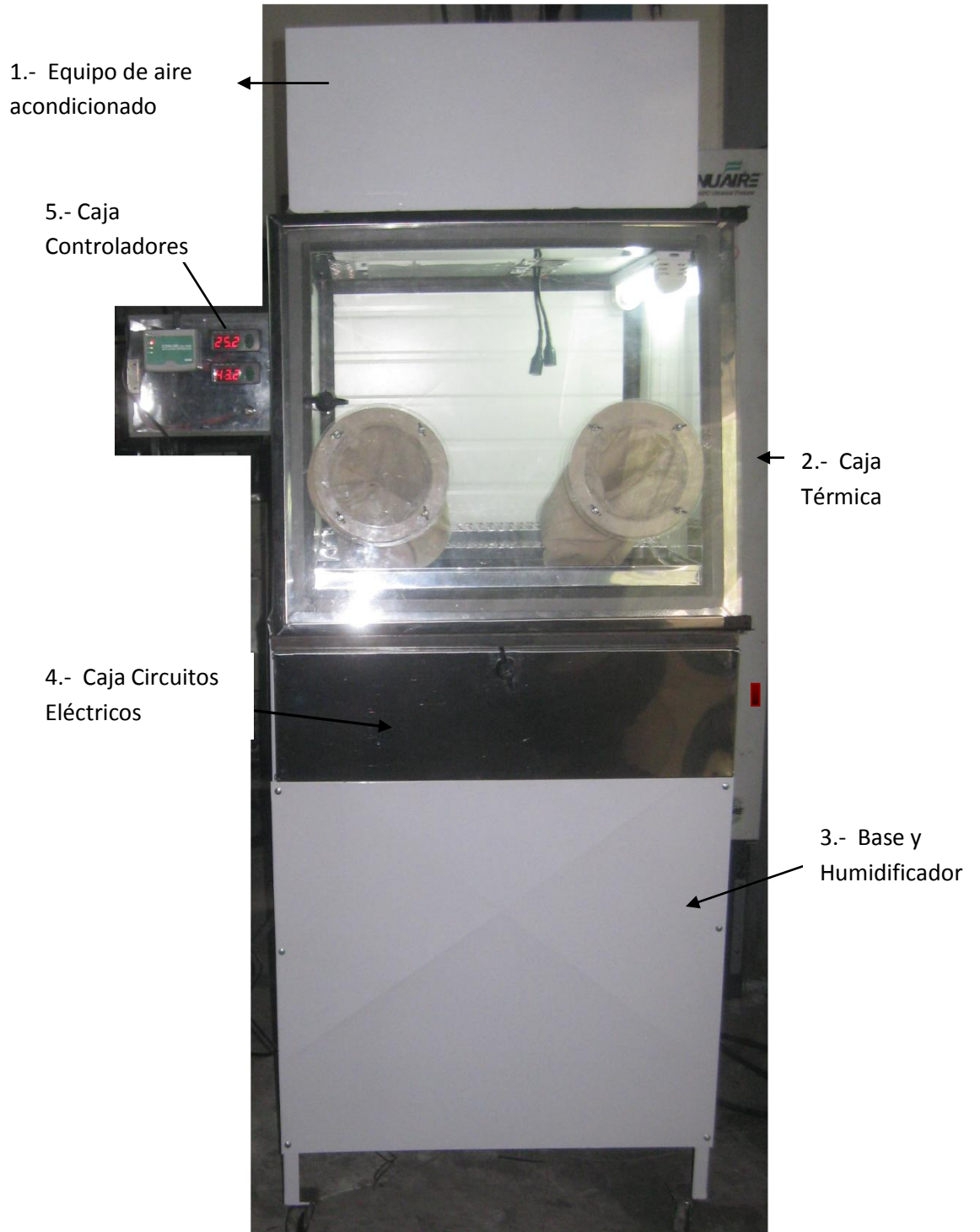


FIGURA 3.22 Partes de la cámara climatizada

A continuación se describe cada elemento:

1. Equipo de aire acondicionado

El equipo de aire acondicionado consta de los sistemas de calefacción y de refrigeración para la cámara climatizada.

Está comandado por el controlador 1, su control es On-Off opera cuando se requiere variar la temperatura en la cámara. El sistema de refrigeración actúa para bajar la temperatura y deshumidificar.

El sistema de calefacción permite subir la temperatura en el interior de la cámara climatizada.

La disposición de los elementos que lo conforman se aprecia en el gráfico a continuación.

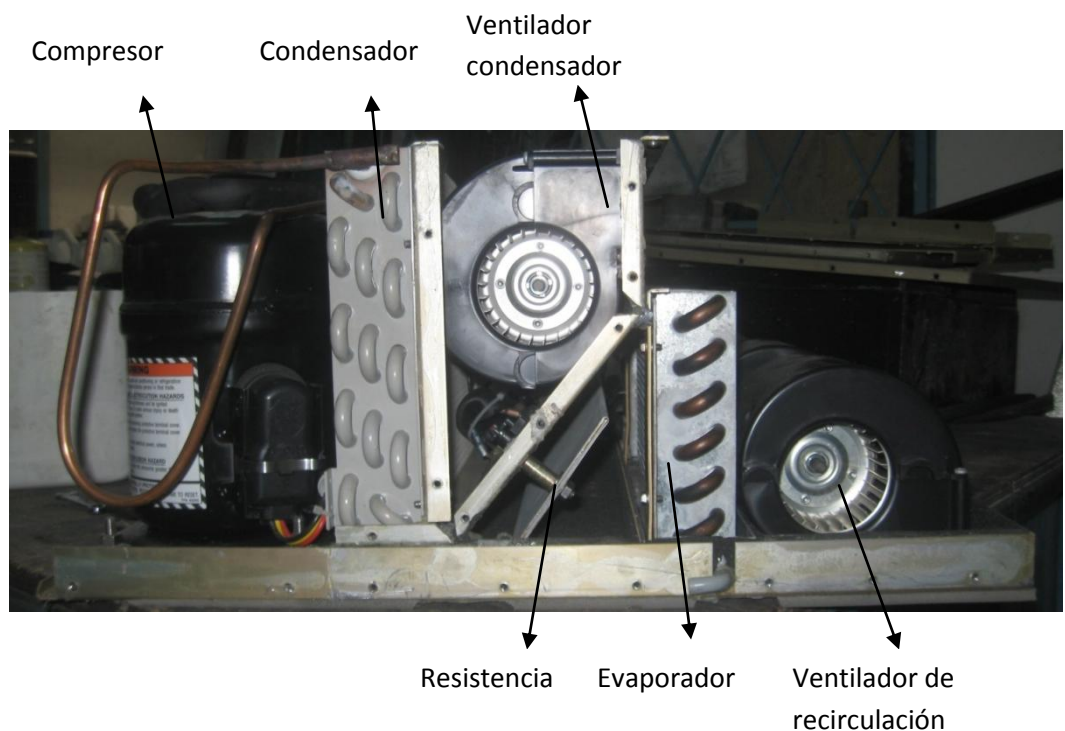


FIGURA 3.23 Disposición de elementos equipo de aire acondicionado

2. Caja térmica

Está conformada por paneles de poliuretano y una puerta de acrílico que aíslan térmicamente el interior de la cámara con su entorno. Los datos de temperatura y humedad son adquiridos mediante sensores colocados en la parte superior de la misma. Las mangas permiten la manipulación del instrumento a calibrar una vez que se haya cerrado la puerta acrílica.

Los elementos que componen la cámara se muestran a continuación:

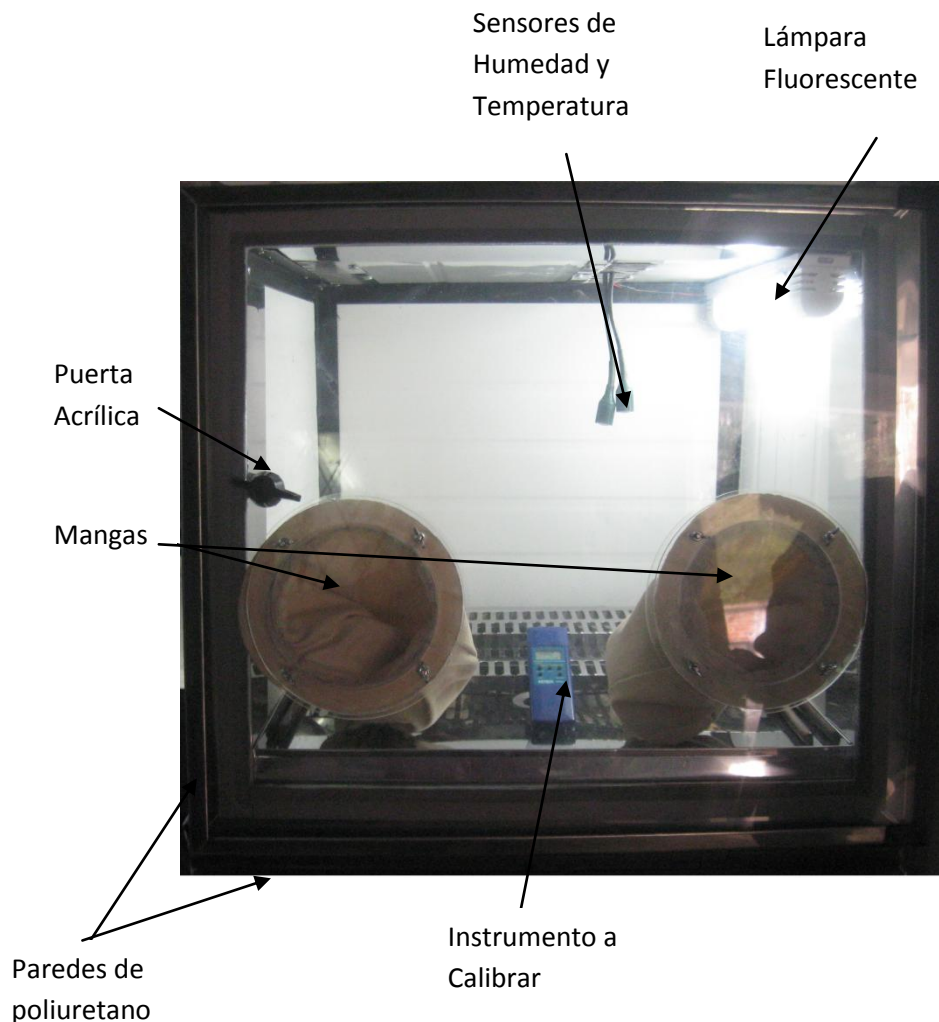


FIGURA 3.24 Disposición de elementos caja térmica

3. Base soporte y humidificador

El humidificador se encuentra en el interior de la base y se encarga de aumentar el porcentaje de humedad relativa en la cámara mediante vapor de agua, el agua en el tanque empieza a calentarse inmediatamente después que es encendida la cámara con el interruptor general para que en el momento que se requiera humidificar pueda hacerlo. El calentamiento del agua se produce mediante dos resistencias en el interior del tanque alimentadas a 220V.

Consta de una válvula de entrada de agua para el llenado del tanque y una válvula para el drenado del mismo.

A continuación se muestra los elementos que conforman el humidificador.

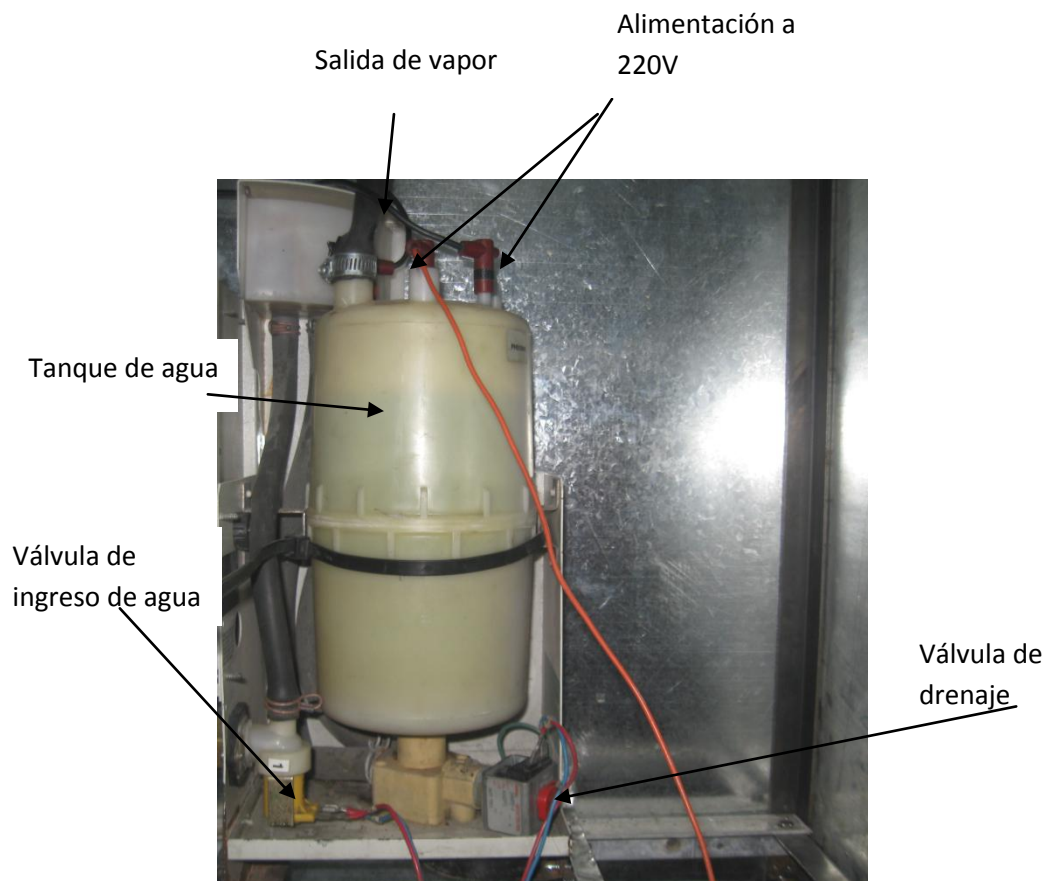


FIGURA 3.25 Disposición de elementos del humidificador

4. Caja circuitos eléctricos

Controla los sistemas de la cámara climatizada mediante dos contactores y un relé comandados mediante señales de los controladores. En la caja también consta el interruptor general, el interruptor de la válvula de drenaje, un transformador para la alimentación de las válvulas del humidificador, borneras y canaletas. Referirse al circuito del **ANEXO 2.17**.

A continuación se muestran los elementos de la caja eléctrica.

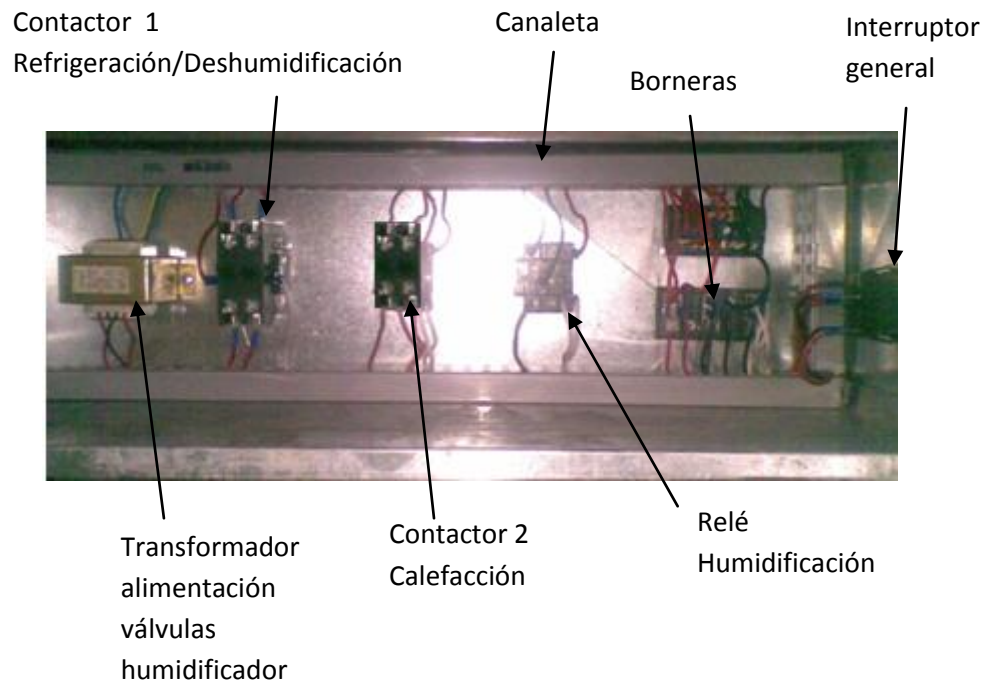


FIGURA 3.26 Disposición de elementos de la caja eléctrica

5. Caja controladores

En su tapa frontal se aseguran los controladores y el conversor, el controlador 1 comanda el sistema de refrigeración y calefacción mientras que el controlador 2 comanda el sistema de humidificación y deshumidificación. El conversor

permite la comunicación al computador por cable USB. Referirse al **ANEXO 2.17.**

La disposición de los elementos se detalla en el gráfico a continuación:

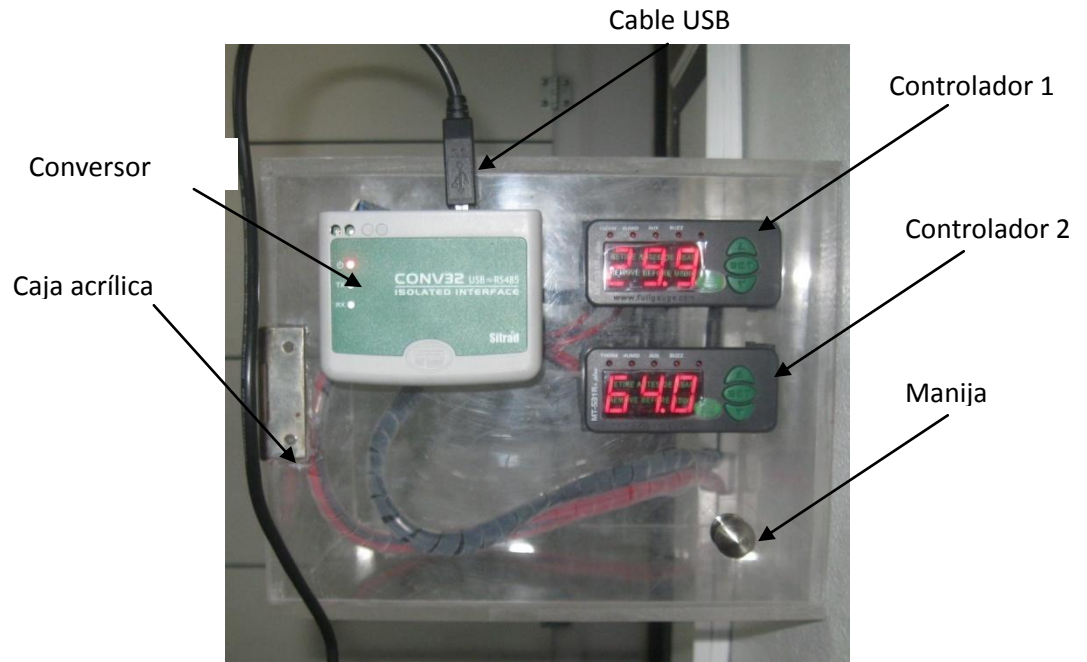


FIGURA 3.27 Disposición de elementos de los controladores

3.3.2- CONFIGURACIÓN CONTROLADOR MT531Ri – PLUS

Las partes del controlador se muestran a continuación.



FIGURA 3.28 Partes controlador MT531Ri – Plus

3.3.2.1- DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS

F01. Código de acceso: 123 (ciento veintitrés).

Es necesario cuando se desea alterar los parámetros de configuración. Para solamente visualizar los parámetros ajustados no es necesario ingresar este código.

F02. Modo de operación del termostato: (salida THERM).

- 0. Refrigeración
- 1. Calefacción

F03. Mínimo setpoint permitido al usuario final: (termostato).

Temperatura mínima ajustable al usuario final. (-10°C a 70°C)

F04. Máximo setpoint permitido al usuario final: (termostato).

Temperatura máxima ajustable al usuario final. (-10°C a 70°C). Bloqueo electrónico cuya finalidad es evitar, que por error, se regule el setpoint en temperaturas extremadamente altas o bajas de setpoint.

F05. Diferencial de control del termostato: (histéresis).

Es la diferencia de temperatura (histéresis) entre conectada y desconectada de la salida therm. (0 a 20°C)

F06. Retardo mínimo para activar la salida THERM.

Es el tiempo mínimo en que la salida THERM permanecerá desconectada, osea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida. (0 a 999 seg)

F07. Modo de operación de la salida HUMID: (humidistato).

Deshumidificación

Humidificación

F08. Mínimo setpoint permitido al usuario final.

Humedad mínima ajustable al usuario final. (0 a 100%HR)

F09. Máximo setpoint permitido al usuario final.

Humedad mínima ajustable al usuario final. (0 a 100%HR)

F10. Diferencial de control del humidistato. (histéresis).

Es la diferencia de humedad (histéresis) entre conectada y desconectada de la salida HUMID. (0 a 20%HR)

F11. Retardo mínimo para activar la salida HUMID.

Es el tiempo mínimo en que la salida HUMID permanecerá desconectada, osea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida. (0 a 99 seg)

F12. Tiempo de humidificación activada.

Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida HUMID permanecerá activada. (0 a 999seg)

F13. Tiempo de humidificación desactivada.

Esta función sirve para ajustar el tiempo en que la salida HUMID permanecerá desactivada. (0 a 999 seg).

Observación: Las funciones F12 y F13. Controlan una temporización cíclica (segundos) para la salida del humidistato. Esa temporización permite que el agua vaporizada tenga tiempo de convertirse en humedad relativa del aire. Para deshabilitar esa temporización, ajustar en 0 el valor de las mismas.

F14. Modo de operación de la salida AUX. (auxiliar)

0. Refrigeración
1. Calefacción
2. Deshumidificación

3. Humidificación
4. Alarma intra rango
5. Alarma extra rango

F15. Mínimo setpoint permitido al usuario final salida AUX. (0 a 100).

F16. Máximo setpoint permitido al usuario final salida AUX. (0 a 100).

Bloqueo electrónico cuya finalidad es evitar, que por error, se regule el setpoint en valores extremadamente altos o bajos de setpoint. Los límites dependerán del modo de operación de la salida AUX ajustada en la F14.

F17. Diferencia de control de la salida AUX. (Histéresis).

Es la diferencia de Humedad (histéresis) entre conectada y desconectada de la salida Auxiliar. Esta función depende del modo de operación de la salida AUX ajustada en F14.

F18. Retardo mínimo para activar la salida AUX.

Es el tiempo mínimo en que la salida HUMID permanecerá desconectada, osea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida. (0 a 999 seg). Ésta únicamente es válida cuando la salida AUX se configura en 0, 1, 2 o 3.

F19. Tiempo de salida AUX activada.

Esta función sirve para ajustar el tiempo en que la salida AUX permanecerá activada. (0 a 999 seg).

F20. Tiempo de salida AUX desactivada.

Esta función sirve para ajustar el tiempo en que la salida AUX permanecerá desactivada. (0 a 999 seg).

F21. Alarma de temperatura ambiente baja.

Temperatura para la activación de la alarma de la temperatura baja. (-10 a 70°C).

F22. Alarma de temperatura ambiente alta.

Temperatura para la activación de la alarma de la temperatura alta. (-10 a 70°C).

F23. Alarma de humedad ambiente baja.

Humedad para la activación de la alarma de la humedad baja. (0 a 100%HR).

F24. Alarma de humedad ambiente alta.

Humedad para la activación de la alarma de la humedad alta. (0 a 100%HR).

F25. Retardo mínimo para activar la salida AUX. (modo alarma)

Es el tiempo mínimo en que la salida AUX permanecerá desconectada, osea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida. Ésta es válida cuando la salida AUX, se configura en 4 o 5 en el modo de alarma F14.

F26. Modo de operación del Buzzer.

Alarma intra-rango

Alarma extra-rango

F27. Punto de actuación del Buzzer para la temperatura. (límite inferior).

Es el valor inferior de la temperatura para la actuación de la alarma del Buzzer según el modo de operación del F26 configurado. (-10 a 70°C)

F28. Punto de actuación del Buzzer para la temperatura. (límite superior).

Es el valor superior de la temperatura para la actuación de la alarma del Buzzer según el modo de operación del F26 configurado.

F29. Punto de actuación del Buzzer para la humedad. (límite inferior).

Es el valor inferior de la humedad para la actuación de la alarma del Buzzer según el modo de operación del F26 configurado. (0 a 100%HR),

F30. Punto de actuación del Buzzer para la humedad. (límite superior).

Es el valor superior de la humedad para la actuación de la alarma del Buzzer según el modo de operación del F26 configurado. (0 a 100%HR).

F31. Tiempo del Buzzer activado.

Es el tiempo que el Buzzer permanecerá conectado (ciclo activo). Para inhabilitar la alarma sonora ajustar el valor 0 para esta función. (0 a 999 seg)

F32. Tiempo del Buzzer desactivado.

Es el tiempo que el Buzzer permanecerá desconectado (ciclo inactivo). Para inhabilitar la alarma sonora ajustar el valor 0 para esta función. (0 a 999 seg)

F33. Tiempo de inhibición del Buzzer en la energización.

Es el tiempo en que el Buzzer permanecerá desactivado. Sirve para inhibir el Buzzer durante el tiempo que el sistema aun no alcanza la temperatura de trabajo.

F34. Modo de visualización.

Indicación alternada de temperatura y humedad.

Indicación solamente de temperatura.

Indicación solamente de humedad.

F35. Corrimiento de indicación de la temperatura. (offset)

Permite compensar eventuales errores en la lectura de la temperatura provenientes del cambio de sensor o alteración en el largo del cable. (-5 a 5°C).

F36. Corrimiento de indicación de la humedad. (offset)

Permite compensar eventuales errores en la lectura de la humedad provenientes del cambio de sensor o alteración en el largo del cable. (-20 a 20%HR).

F37. Dirección del instrumento en la red RS – 485.

Dirección del instrumento en la red para comunicación con el software SITRAD.
Observación: en una misma red no puede haber más de un instrumento con la misma dirección. (0-247).

En el **ANEXO 4.2** se detalla la operación manual y por computador de la cámara.

3.3.3- CONFIGURACIÓN INTERFAZ CONV32

Las partes del conversor se muestran a continuación.

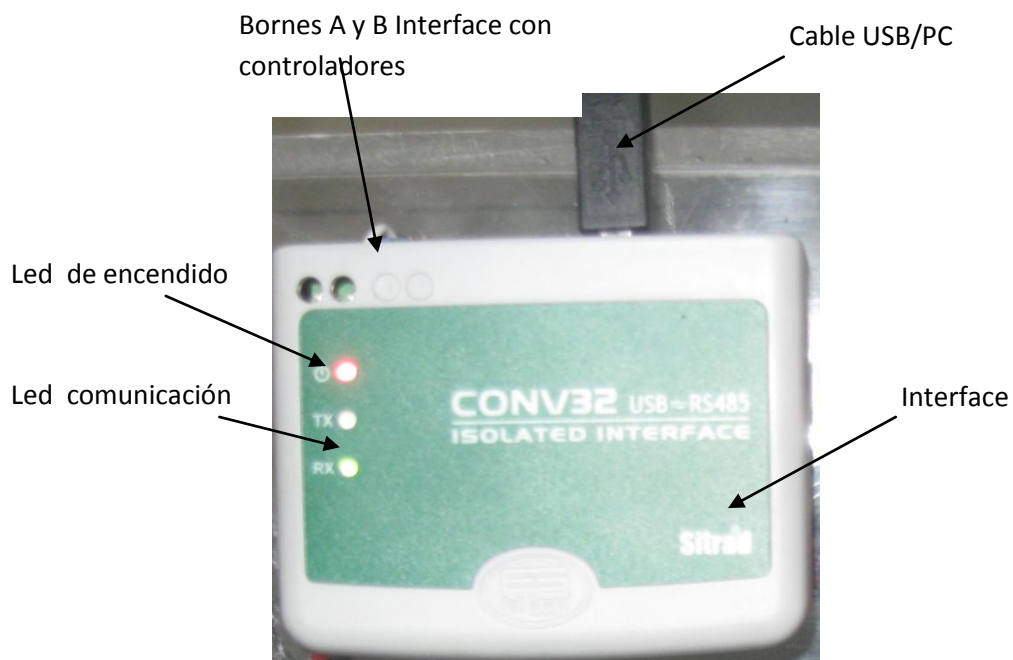


FIGURA 3.29 Conversor CONV32 RS485 – USB

3.3.3.1- DESCRIPCIÓN

La interface CONV32 de Full Gauge permite que los controladores Full Gauge con comunicación serial sean conectados a una PC que posea un puerto de comunicación USB para establecer el enlace con el software Sitrad. El esquema de conexión se encuentra en el **ANEXO 2.17**. La comunicación con el computador se detalla en el manual de usuario. **ANEXO 4.2**.

3.4.- ANÁLISIS DE COSTOS INVERTIDOS EN EL PROYECTO

En la tabla a continuación se detallan los costos de cada uno de los elementos utilizados en los sistemas que componen la cámara climatizada.

ÍTEM	DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
ELEMENTOS EQUIPO AIRE ACONDICIONADO				
1	Compresor	1	255	255
2	Evaporador	1	85	85
3	Condensador	1	126	126
4	Ventiladores	2	20	40
5	Filtro aceite	1	15	15
6	Refrigerante	1	110	110
7	Válvula by pass	1	30	30
8	Tubo capilar	1	25	25
9	Resistencia	1	50	50
10	Plancha aluminio	1	120	120
11	Tubería de cobre	10	1	10
12	Suelda Harris	10	1	10
			Subtotal	876
ELEMENTOS CÁMARA CLIMATIZADA				
13	Paneles poliuretano	5	40	200
14	Plancha de acrílico	1	76	76
15	Plancha de acero inoxidable	1	120	120
16	Angulo de Aluminio 1/2"	2	7	14
17	Perno M5	8	0,3	2,4
18	Mariposas M5	8	0,3	2,4
19	Mangas	2	10	20
20	Lámpara	1	5,4	5,4
21	Visagras	2	0,5	1
22	Felpa	1	1	1
23	Siliconas	4	4	16
24	Cinta doble faz	2	9	18
25	Elementos de grifería	1	25	25
			Subtotal	501,2
ELEMENTOS BASE SOPORTE				
26	Angulo de hierro 1/2"	3	7,5	22,5
27	Plancha de tol	1	80	80
28	Llantas	4	1,5	6
			Subtotal	108,5

ELEMENTOS HUMIDIFICADOR				
29	Humidificador	1	100	100
30	Válvulas Solenoides	2	20	40
31	Mangueras	2	15	30
			Subtotal	170
ELEMENTOS DE CONTROL				
32	Controladores	2	214	418
33	Interfaz de comunicación	1	68	68
			Subtotal	486

ELEMENTOS ELÉCTRICOS				
34	Cable 14	3	12	36
35	Cable 12	1	6	6
36	Transformador 120/12	1	10	10
37	Contactador	2	25	50
38	Relé	1	25	25
39	Canaletas	3	5	15
40	Borneras	2	3	6
			Subtotal	148
			Total	2289,7

TABLA 3.2.- Costos del proyecto

Actualmente en el Ecuador, en la ciudad de Quito, la institución que realiza calibraciones y certifica es la INEN, que posee una cámara de un costo que bordea los cien mil dólares americanos. A diferencia de la diseñada, la INEN presenta una apreciación mayor de dos cifras decimales y un mayor tamaño.

Cámaras de estabilidad para laboratorios, de procedencia mexicana de la marca MEMMERT, de similares características a la diseñada (10°C a 40°C de temperatura y 30% a 90% de Humedad relativa), cuesta nueve mil dólares más costos de importación.

A continuación se presenta un gráfico comparativo del costo de las cámaras.

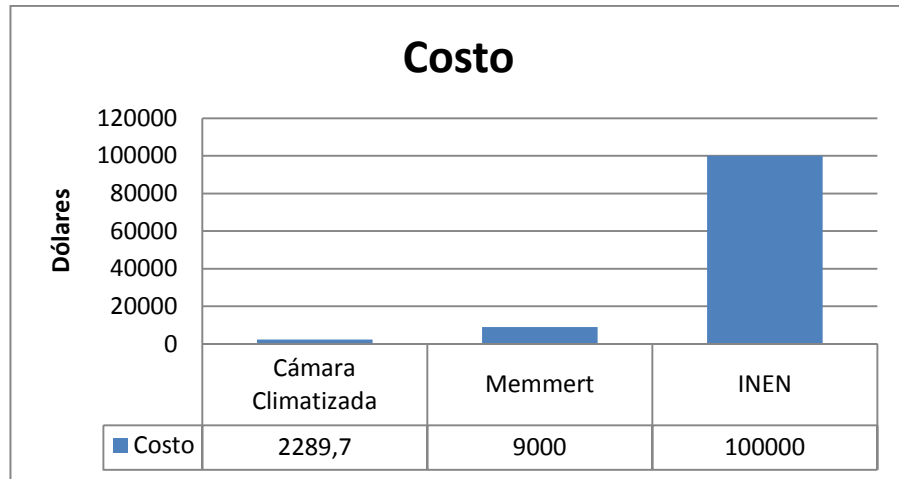


Figura 3.30 Costos de las cámaras climatizadas

CAPÍTULO IV

ENSAYOS Y MANTENIMIENTO

4.1.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA CLIMATIZADA

Se comprobará el desempeño de la cámara, realizando pruebas a los elementos que la componen y en diferentes condiciones de trabajo. Por último se realizarán pruebas de calibración a instrumentos, detallando el procedimiento a seguir. Para esto, se han considerado como partes primordiales del sistema a los siguientes elementos: Compresor, ventiladores, resistencia eléctrica, humidificador y controladores.

Para lo cual las pruebas a realizar son las siguientes:

- Prueba de encendido y apagado de los elementos.
- Prueba en temperaturas máxima, mínima y media.
- Pruebas de calibración a instrumentos.

4.1.1.- PRUEBA DE ENCENDIDO – APAGADO DE LOS ELEMENTOS

En esta prueba se observa el comportamiento de los elementos de la cámara, es decir, el funcionamiento del compresor, ventiladores, resistencia eléctrica (calefacción) y humidificador; así como también su apagado, comandado por los controladores y contactores.

Las condiciones iniciales en las que se realizó la prueba son las siguientes:

Condiciones ambientales:

Temperatura: 19.4°C, Humedad: 48.5%HR

Condiciones en el interior de la cámara:

Temperatura 17°C, humedad 50%HR.

La humedad llega a límites máximos en los primeros intervalos y sigue disminuyendo hasta estabilizarse en el rango previsto después de un tiempo. La curva obtenida en los primeros intervalos es la siguiente.

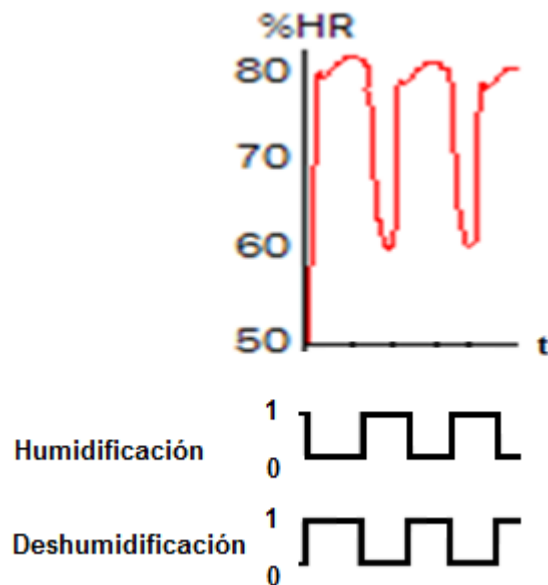


FIGURA 4.2 Variación de humedad a 70%HR

4.1.2.- PRUEBAS EN TEMPERATURAS MÁXIMA, MÍNIMA Y MEDIA

En esta prueba se obtendrá datos estadísticos de temperatura, humedad y se tomará lecturas de corrientes, se seteará la máquina para dar temperaturas de 10°C, 25°C y 40°C.

4.1.2.1.- PRUEBA A 10°C

El controlador1 en su salida Therm1 es configurado a 10.4°C y en la salida AUX1 es configurado a 9.6°C y con una histéresis de 0.1°C.

4.1.2.1.1.- RESULTADOS

Se obtiene el siguiente gráfico.

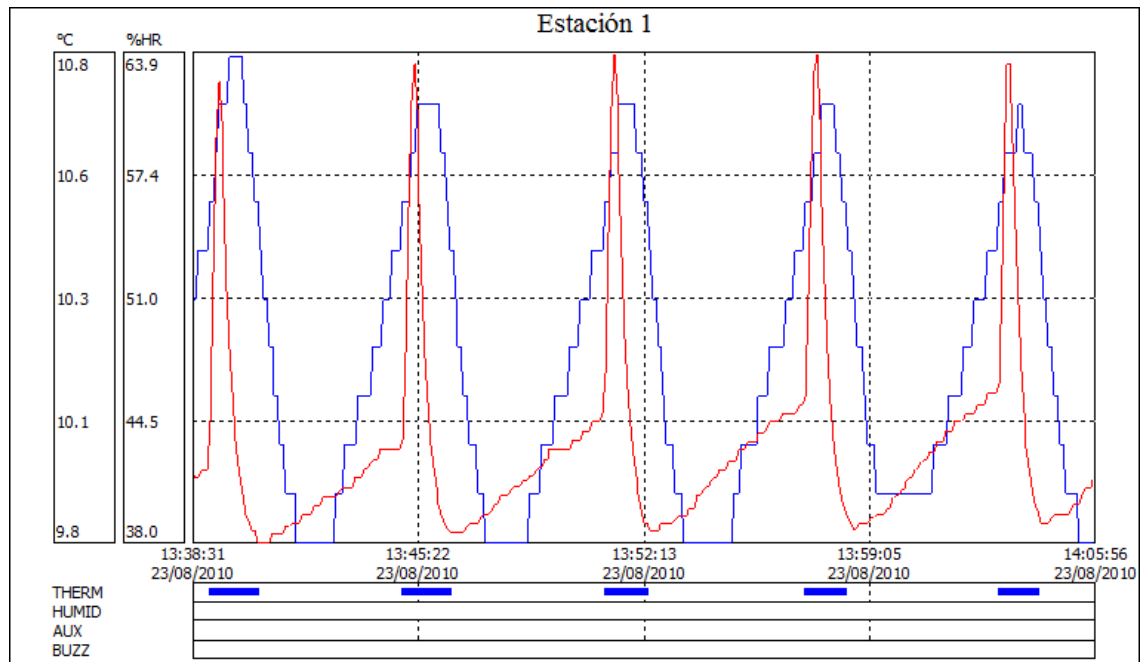


FIGURA 4.3 Variación humedad y temperatura a 10°C

El compresor arrancó en 10.5°C y se apagó en 10.4°C, en la calefacción entró a funcionar a los 9.5°C y se apagó al llegar a 9.6°C.

La temperatura tardó en estabilizarse 20 minutos aproximadamente con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$.

Los voltajes y corrientes obtenidos trabajando a esta temperatura fueron los siguientes:

ELEMENTO	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
COMPRESOR	207	5.2
RESISTENCIA	207	3.5
HUMIDIFICADOR	207	2

TABLA 4.1 Corrientes y voltajes a 10°C

El elemento que entra con mayor carga en baja temperatura es la resistencia por lo que su corriente será la máxima, la corriente del resultado de la prueba

(3.5A) es menor a la corriente máxima de funcionamiento (3.7A). Por lo que el equipo se encuentra trabajando en sus rangos normales de operación.

La corriente del compresor en funcionamiento (5.2A) se encuentra por debajo de la corriente máxima nominal (5.7A) permitida por el fabricante.

El voltaje de 207V se encuentra dentro del rango de trabajo del compresor que es de 187V a 253V.

4.1.2.2.- PRUEBA A 25°C

El controlador1 en su salida Therm1 es configurado a 25.4°C y en la salida AUX1 es configurado a 24.6°C y con una histéresis de 0.1°C.

4.1.2.2.1- RESULTADOS

Se obtiene el siguiente gráfico.

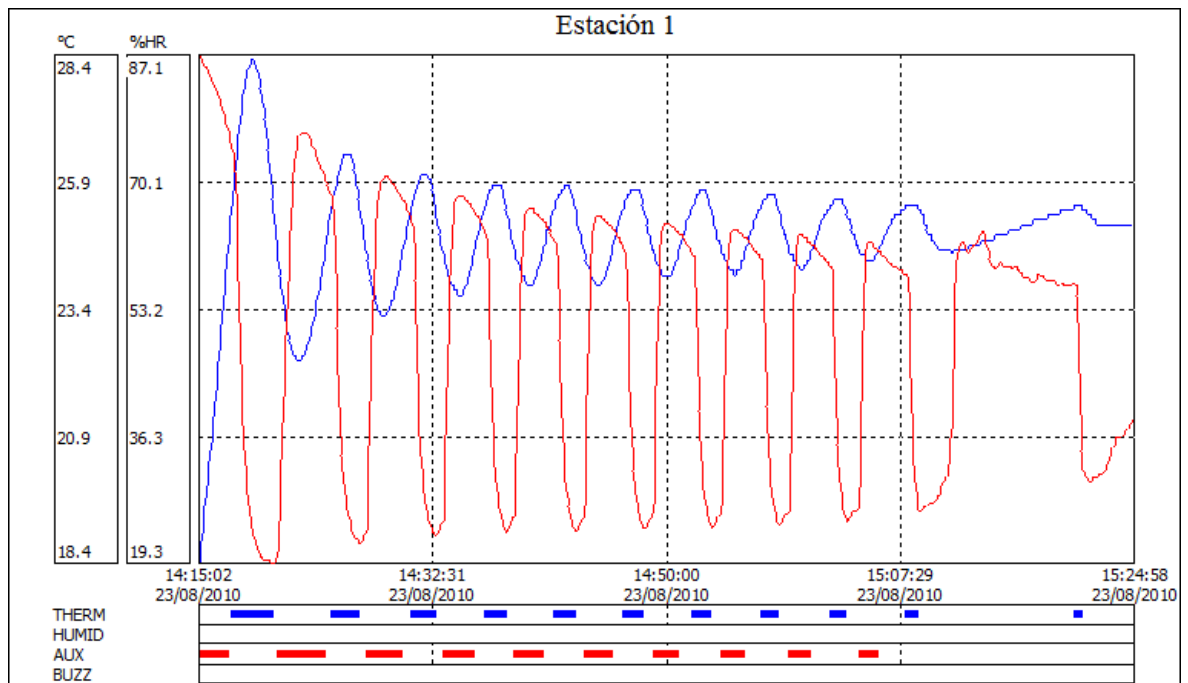


FIGURA 4.4 Variación humedad y temperatura a 25°C

El compresor arrancó en 25.5°C y se apagó en 25.4°C, en la calefacción entró a funcionar a los 24.5°C y se apagó al llegar a 24.6°C.

La temperatura tardó en estabilizarse 20 minutos aproximadamente con una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Los voltajes y corrientes obtenidos trabajando a esta temperatura fueron los siguientes:

ELEMENTO	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
COMPRESOR	207	5.2
RESISTENCIA	207	3.3
HUMIDIFICADOR	207	2

TABLA 4.2 Corrientes y voltajes a 25°C

La corriente de la resistencia en funcionamiento (3.3A) se encuentra por debajo de la corriente máxima nominal (3.7A) permitida por el fabricante.

La corriente del compresor en funcionamiento (5.2A) se encuentra por debajo de la corriente máxima nominal (5.7A) permitida por el fabricante.

El voltaje de 207V se encuentra dentro del rango de trabajo del compresor que es de 187V a 253V.

4.1.2.3.- PRUEBA A 40°C

El controlador1 en su salida Therm1 es configurado a 40.4°C y en la salida AUX1 es configurado a 39.6°C y con una histéresis de 0.1°C.

4.1.2.3.1.- RESULTADOS

Se obtiene el siguiente gráfico.

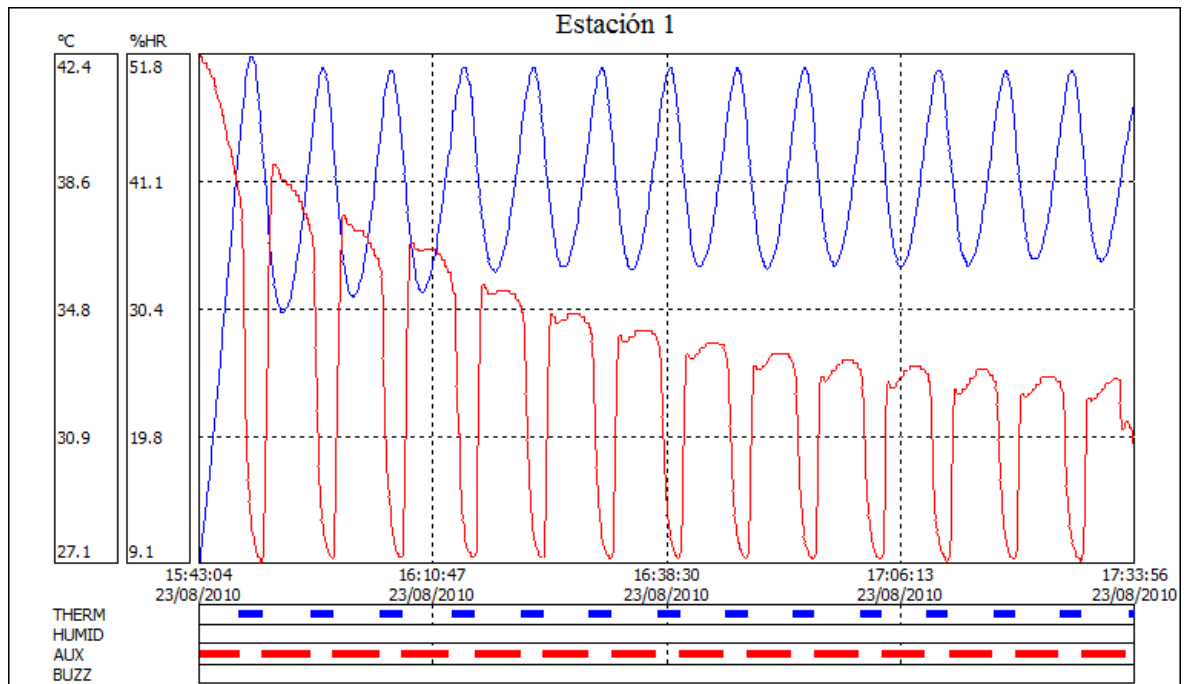


FIGURA 4.5 Variación humedad y temperatura a 40°C

El compresor arrancó en 40.5°C y se apagó en 40.4°C, en la calefacción entró a funcionar a los 39.5°C y se apagó al llegar a 39.6°C.

La temperatura tardó en estabilizarse 20 minutos aproximadamente con una precisión de $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

Los voltajes y corrientes obtenidos trabajando a esta temperatura fueron los siguientes:

ELEMENTO	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
COMPRESOR	207	5.3
RESISTENCIA	207	3.3
HUMIDIFICADOR	207	2

TABLA 4.3 Corrientes y voltajes a 40°C

El elemento que entra a trabajar con carga máxima es el compresor con una corriente de funcionamiento de 5.3A que se encuentra por debajo de la corriente máxima nominal de 5.7A permitida por el fabricante. La corriente de

la resistencia en funcionamiento (3.3A) se encuentra por debajo de la corriente máxima nominal (3.7A) permitida por el fabricante.

El voltaje de 207V se encuentra dentro del rango de trabajo del compresor que es de 187V a 253V.

4.1.2.4.- ANÁLISIS DE LAS CURVAS RESULTANTES

Las curvas de temperatura a 10°C y 25°C, indican que el desempeño de la cámara a estas temperaturas es muy bueno, debido a que llega a estabilizarse rápidamente en amplitudes cortas. El tiempo promedio de estabilización es de 20 minutos con un período de onda de 7 minutos.

La curva de temperatura a 40°C, indica que, a esta temperatura el desempeño de la cámara, es menor ya que tiene una mayor amplitud de onda oscilante y se estabiliza en una amplitud grande.

4.1.2.5- RELACIÓN TEMPERATURA HUMEDAD

Existe una relación entre la temperatura y la humedad relativa, a mayor temperatura, la humedad es menor, así mismo, a menor temperatura la humedad relativa es mayor. Así lo corrobora la enciclopedia CEAC de la Climatización y aire acondicionado, representando en la siguiente tabla:

Temperatura	Humedad Relativa
20°C	60%HR
25°C	50%HR
30°C	40%HR

TABLA 4.4 Relación temperatura humedad

En el gráfico a continuación se muestra la relación entre la humedad relativa y la temperatura dada en nuestra cámara, la cual fue regulada a 10°C, 25°C y a 40°C.

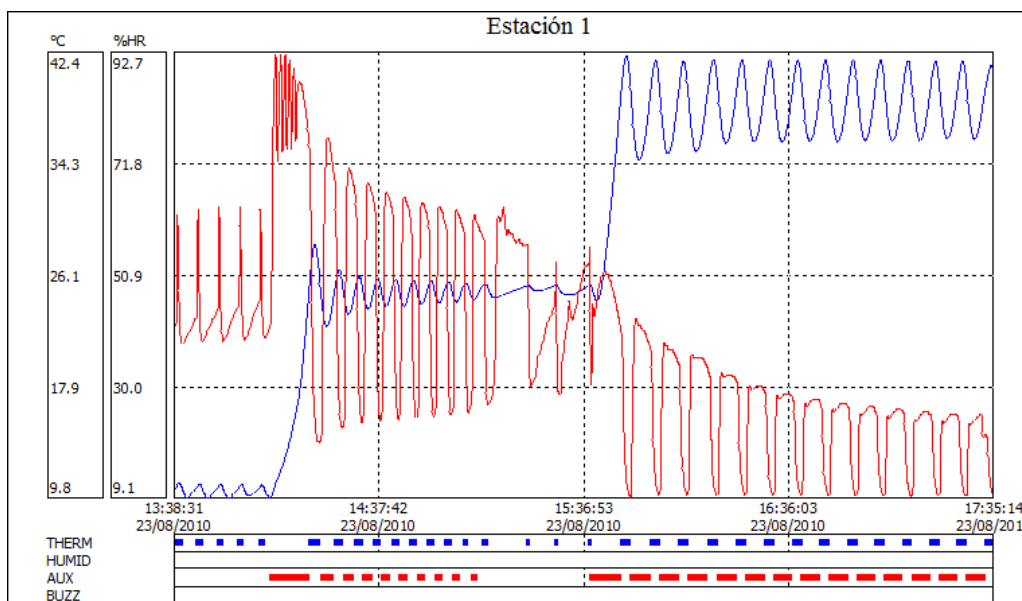


FIGURA 4.6 Variación humedad y temperatura a 10°C, 25°C y a 40°C

En la gráfica se observa que: a 10°C de temperatura de la cámara, la media de la humedad es de 51%HR; a 25°C presenta una humedad media de 47%HR y a 40°C se tiene una humedad media de 20%HR.

4.1.3.- PRUEBAS DE CALIBRACIÓN A INSTRUMENTOS

4.1.3.1.- PRUEBA DE CALIBRACIÓN DE HIGRO-TERMÓMETRO EXTECH

La prueba de calibración se la realizó a un Higo-termómetro¹¹, de marca Extech Instruments modelo 445900, con una resolución de 0.1°C y 0.1% HR.

Se realizará una calibración en el rango de temperatura comprendido entre 22°C a 23°C. Se desarrollan los pasos descritos en el Capítulo 1.7.3.1.

Paso 1: Recopilación de datos

Reporte No: 000-01

Cliente: Megafrío

Descripción del elemento: Higo-termómetro Extech Instruments modelo 445900

¹¹ Higo-termómetro: Instrumento que mide humedad y temperatura.

Fecha de calibración: 26 de Julio de 2010

Descripción: El Higro-termómetro será sometido a la cámara climatizada de la empresa para realizar su calibración en el rango de 22°C a 23°C.

Paso 2: Inspección general visual

El higro-termómetro fue encendido y parece funcionar correctamente.

Paso 3: Condicionamiento y ajuste

Este elemento tiene como característica la visualización de su medición de temperatura en °C y °F, por lo que es necesario seleccionar la apreciación en °C.

Paso 4: Chequeo general

El elemento presenta oxidación en sus contactos de batería. El higro-termómetro está en buen estado.

Paso 5: Comparación

Los puntos de comparación son realizados cada 0.5°C en el rango de calibración enunciado. Para obtener una confiabilidad del 95% se debe realizar mínimo 6 mediciones de temperatura en cada punto. Y luego se realiza el cálculo de la media con la siguiente fórmula:

$$\mu = \sum_{i=1}^N X_i \times P(X_i) \quad (4.1)$$

Donde:

μ = media.

N = número de mediciones.

X_i = Medida obtenida.

$P(X_i)$ = Es la probabilidad de obtener el resultado X_i .

El cálculo de la varianza se realiza con la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2 \times P(X_i) \quad (4.2)$$

Donde:

σ^2 = Varianza.

σ = Desviación estándar.

La incertidumbre de referencia con la ITS-90 está dada por la siguiente fórmula:

$$U_{ITS-90} = k \sqrt{1 + \frac{1}{N}} \times \sigma \quad (4.3)$$

Donde:

U_{ITS-90} = La incertidumbre de referencia con la ITS-90.

$k= 2.57$ (Factor de cobertura correspondiente al 95% de confiabilidad).

La incertidumbre total del instrumento calibrado está dada por la siguiente fórmula:

$$U_{Tot} = \sqrt{U_{ITS-90}^2 + U_{ref}^2} \quad (4.4)$$

Donde:

U_{Tot} = Incertidumbre del instrumento calibrado.

U_{ref} = Incertidumbre del instrumento patrón.

La campana de Gauss¹², está determinada por la fórmula de la distribución normal¹³ descrita a continuación:

¹² Campana de Gauss: Está dada por la ecuación de la Distribución Normal, lleva su nombre debido a Carl Friedrich Gauss (1777-1855).

$$f(X, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\times\pi}} e^{-\left(\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (4.5)$$

Nota: El punto máximo de la campana de Gauss se presenta cuando $X = \mu$.

Obteniendo los siguientes resultados:

- RESULTADOS A 23°C**

Temperatura cámara climatizada: 23 °C

Resultado x	Frecuencia f	f.x	Desviación x- μ	(x- μ)^2	f(x- μ)^2
21,6	1	21,6	-0,133	0,017689	0,017689
21,7	3	65,1	-0,033	0,001089	0,003267
21,8	1	21,8	0,067	0,004489	0,004489
21,9	1	21,9	0,167	0,027889	0,027889
total	6	130,4			0,053334

TABLA 4.5 Mediciones a 23°C (EXTECH)

Se obtienen los siguientes resultados:

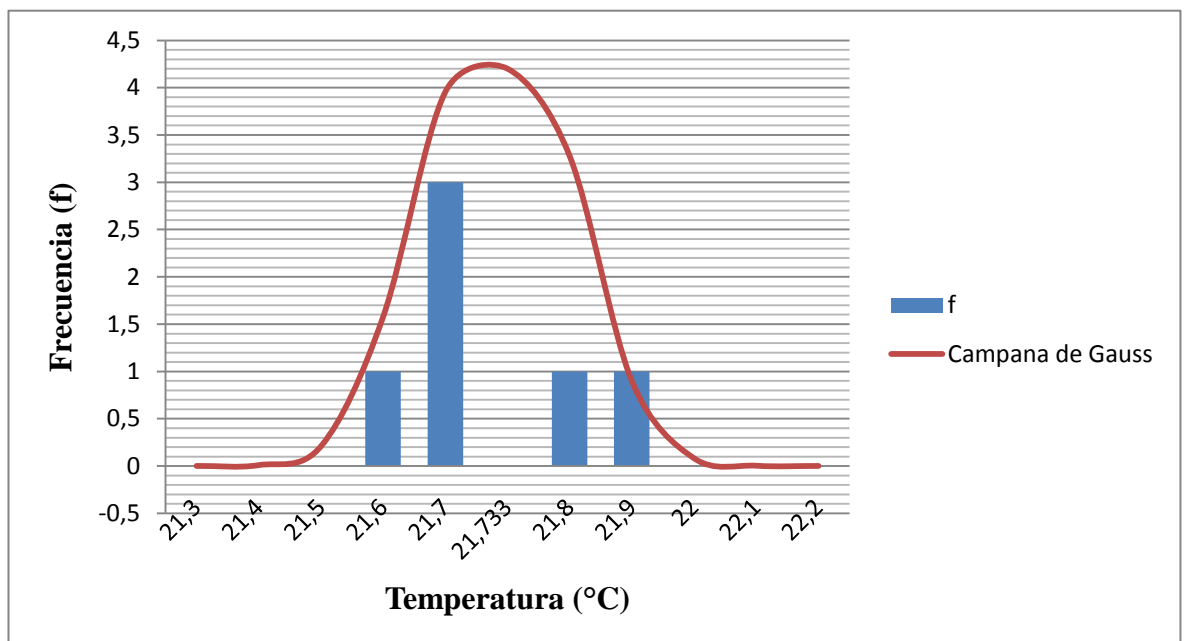


FIGURA 4.7 Campana de Gauss a 23°C (EXTECH)

¹³ Distribución Normal: Es la distribución de una variable, determinada por dos parámetros, su media y su desviación.

$k=$ 2,57 Factor de cobertura correspondiente al 95% de confiabilidad
 μ 21,733 Media
 σ^2 0,009 Varianza
 σ 0,095 Desviación
 $U_{ITS-90}=$ 0,264 Incertidumbre de la relación determinada con la ITS-90
 $E=$ 1,3 Error

• **RESULTADOS A 22.5°C**

Temperatura cámara climatizada: 22,5 °C

Resultado x	Frecuencia f	f.x	Desviación x- μ	(x- μ) ²	f(x- μ) ²
21,1	3	63,3	-0,1	0,01	0,03
21,2	1	21,2	0	0	0
21,3	1	21,3	0,1	0,01	0,01
21,4	1	21,4	0,2	0,04	0,04
total	6	127,2			0,08

TABLA 4.6 Mediciones a 22.5°C (EXTECH).

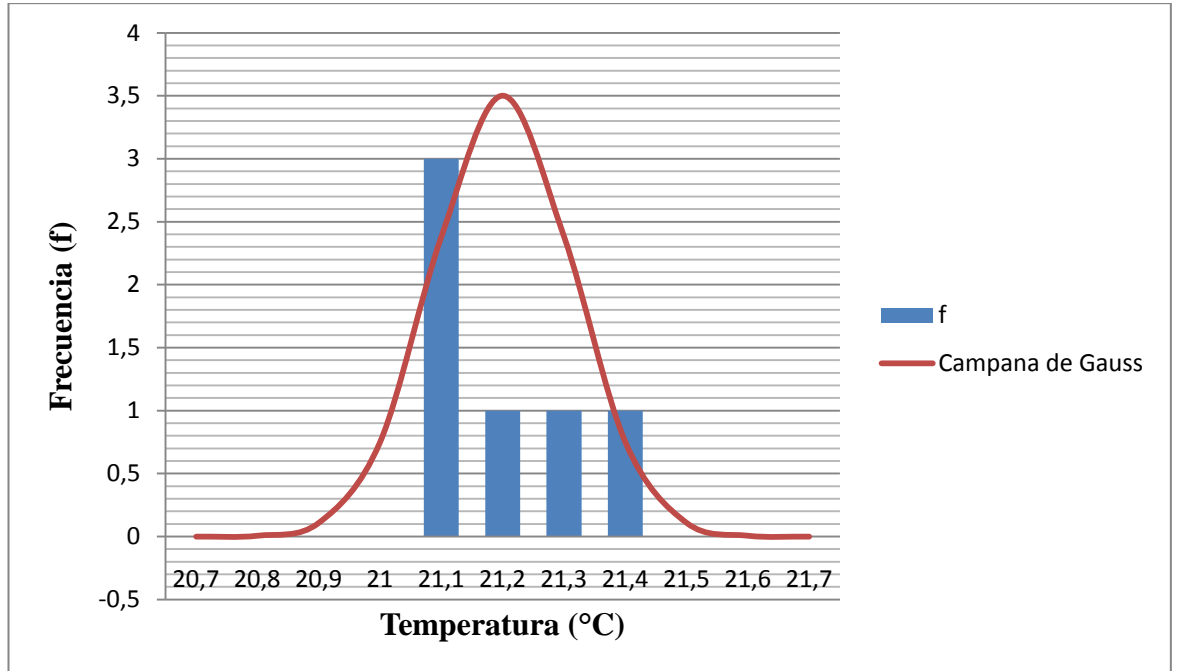


FIGURA 4.8 Campana de Gauss a 22.5°C (EXTECH).

Se obtienen los siguientes resultados:

k=	2,57	Factor de cobertura correspondiente al 95% de confiabilidad
μ	21,2	Media
σ^2	0,013	Varianza
σ	0,114	Desviación
U_{ITS-90}	0,316	Incertidumbre de la relación determinada con la ITS-90
E=	1,3	Error

• **RESULTADOS A 22°C**

Temperatura cámara climatizada:		22 °C			
resultado x	frecuencia f	f.x	desviación x-u	(x-u)^2	f(x-u)^2
20,6	4	82,4	-0,033	0,001089	0,004356
20,7	2	41,4	0,067	0,004489	0,008978
total	6	123,8			0,013334

TABLA 4.7 Mediciones a 22°C (EXTECH)

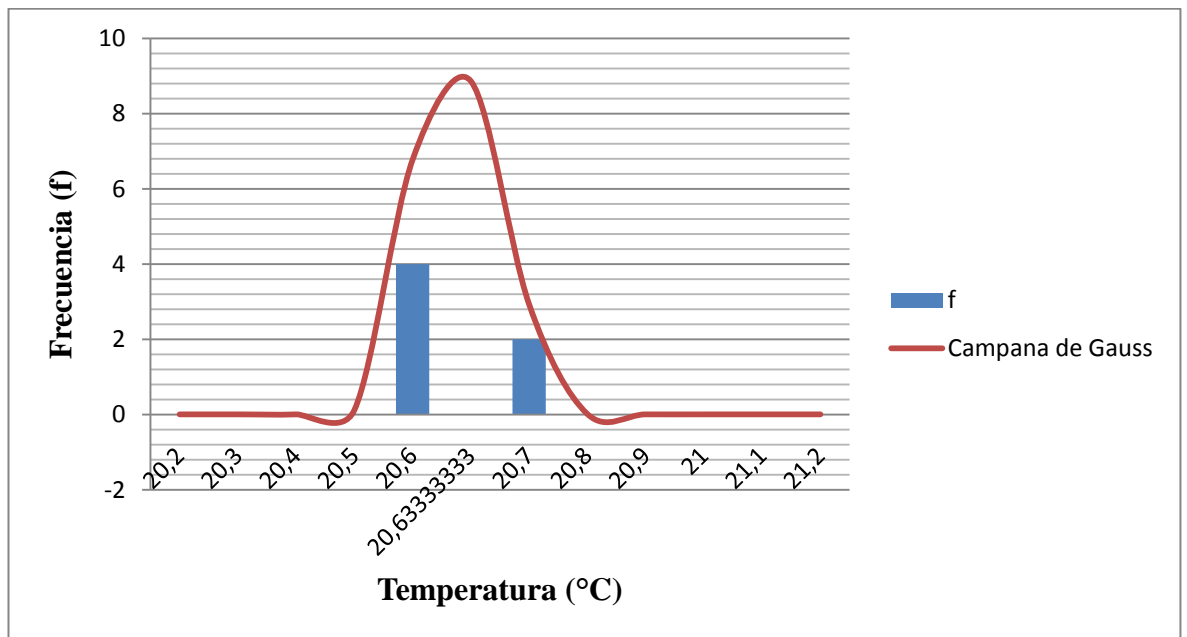


FIGURA 4.9 Campana de Gauss a 22°C (EXTECH)

Se obtienen los siguientes resultados:

k=	2,57	Factor de cobertura correspondiente al 95% de confiabilidad
μ	20,633	Media
σ^2	0,002	Varianza
σ	0,045	Desviación
U_{ITS-90}	0,125	Incertidumbre de la relación determinada con la ITS-90
E=	1,4	Error

Paso 6: Análisis

Las lecturas de la segunda columna correspondientes a la temperatura de la cámara son restadas de las lecturas de la tercera columna (media) y presentadas en la columna de error de la **TABLA 4.8**.

No. Mediciones	Temperatura cámara (°C)	Temperatura instrumento (°C)	Error (°C)
1	23	21.73	1.3
2	22.5	21.2	1.3
3	22	20.63	1.4

TABLA 4.8 Comparación de resultados del higo-termómetro

Paso 7: Incertidumbre

La incertidumbre que se emitirá en el certificado de calibración es de 0,38.

Paso 8: Completar los registros

El desempeño del higo-termómetro es revisado antes de emitir el certificado.

El certificado es emitido como se muestra en el **ANEXO 4.1**.

4.1.3.1.1.- ANÁLISIS DE LA CALIBRACIÓN

Los datos obtenidos en el procedimiento de calibración, se encuentran concentrados cerca a la media, por lo que las desviaciones son bajas, demostrando una alta confiabilidad en los datos obtenidos.

El instrumento presenta un error alto debido a que tiene considerable tiempo de uso y no ha tenido un buen trato.

4.1.3.2.- PRUEBA DE CALIBRACIÓN DE MULTÍMETRO 5 EN 1 MASTECH

La prueba de calibración se la realizó a un multímetro, de marca MASTECH 5 en 1, seleccionando la resolución de 0.1°C.

Se realizará una calibración en el rango de temperatura comprendido entre 22°C a 23°C. Se desarrollan los pasos descritos en el Capítulo 1.7.3.1.

Paso 1: Recopilación de datos

Reporte No: 000-02

Cliente: Ing. Fausto Acuña.

Descripción del elemento: MASTECH 5 en 1.

Fecha de calibración: 28 de Septiembre de 2010

Descripción: El instrumento será sometido a la cámara climatizada de la empresa para realizar su calibración en el rango de 22°C a 23°C.

Paso 2: Inspección general visual

El instrumento fue encendido y parece funcionar correctamente.

Paso 3: Condicionamiento y ajuste

La visualización de la medición de temperatura en el multímetro, está dada en °C; se selecciona la apreciación de 0,1°C.

Paso 4: Chequeo general

El instrumento presenta un buen estado.

Paso 5: Comparación

Los puntos de comparación son realizados cada 0.5°C en el rango de calibración enunciado. Para obtener una confiabilidad del 95% se debe realizar mínimo 6 mediciones de temperatura en cada punto. Y luego se realiza el cálculo de la media con la siguiente fórmula:

$$\mu = \sum_{i=1}^N X_i \times P(X_i) \quad (4.1)$$

Donde:

μ = media.

N = número de mediciones.

X_i = Medida obtenida.

$P(X_i)$ = Es la probabilidad de obtener el resultado X_i .

El cálculo de la varianza se realiza con la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2 \times P(X_i) \quad (4.2)$$

Donde:

σ^2 = Varianza.

σ = Desviación.

La incertidumbre de referencia con la ITS-90 está dada por la siguiente fórmula:

$$U_{ITS-90} = k \sqrt{1 + \frac{1}{N}} \times \sigma \quad (4.3)$$

Donde:

U_{ITS-90} = La incertidumbre de referencia con la ITS-90.

$k= 2.57$ (Factor de cobertura correspondiente al 95% de confiabilidad).

La incertidumbre total del instrumento calibrado está dada por la siguiente fórmula:

$$U_{Tot} = \sqrt{U_{ITS-90}^2 + U_{ref}^2} \quad (4.4)$$

Donde:

U_{Tot} = Incertidumbre del instrumento calibrado.

U_{ref} = Incertidumbre del instrumento patrón.

La campana de Gauss¹⁴, está determinada por la fórmula de la distribución normal¹⁵ descrita a continuación:

$$f(X, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\times\pi}} e^{-\left(\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (4.5)$$

Nota: El punto máximo de la campana de Gauss se presenta cuando $X = \mu$.

Obteniendo los siguientes resultados:

- **RESULTADOS A 23°C**

Temperatura cámara climatizada:			23 °C		
Resultado x	Frecuencia f	f.x	Desviación x- μ	(x- μ)^2	f(x- μ)^2
22,5	3	67,5	-0,05	0,0025	0,0075
22,6	3	67,8	0,05	0,0025	0,0075
total	6	135,3			0,015

TABLA 4.9 Mediciones a 23°C (MASTECH)

¹⁴ Campana de Gauss: Está dada por la ecuación de la Distribución Normal, lleva su nombre debido a Carl Friedrich Gauss (1777-1855).

¹⁵ Distribución Normal: Es la distribución de una variable, determinada por dos parámetros, su media y su desviación.

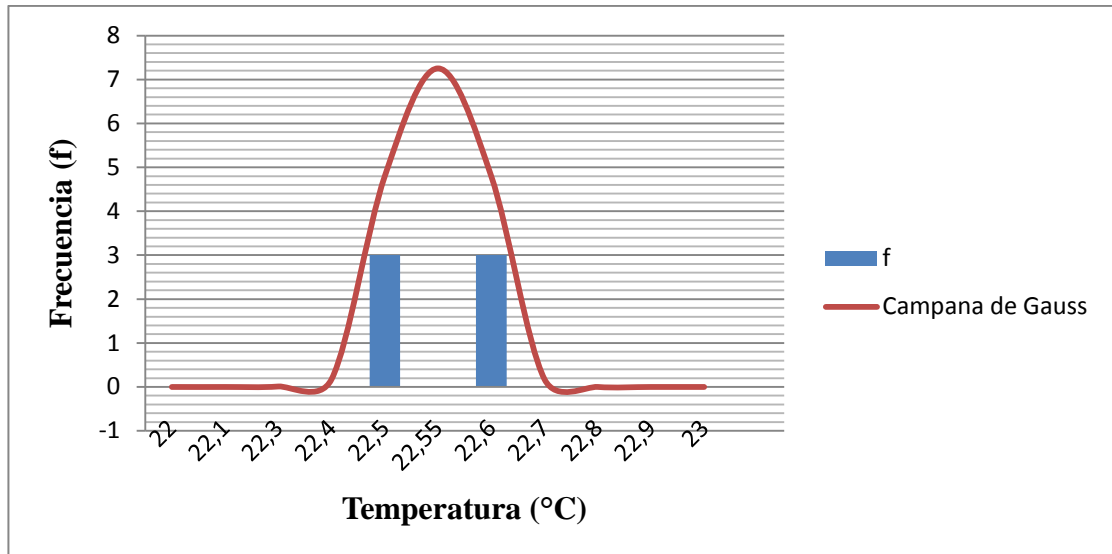


FIGURA 4.10 Campana de Gauss a 23°C (MASTECH)

Se obtienen los siguientes resultados:

k=	2,57	Factor de cobertura correspondiente al 95% de confiabilidad
μ	22,55	Media
σ^2	0,003	Varianza
σ	0,055	Desviación
U_{ITS-90}	0,153	Incertidumbre de la relación determinada con la ITS-90
E=	0,4	Error

• **RESULTADOS A 22.5°C**

Temperatura cámara climatizada:		22,5 °C			
Resultado x	Frecuencia f	f.x	desviación $x-\mu$	$(x-\mu)^2$	$f(x-\mu)^2$
22,1	3	66,3	-0,083	0,006889	0,020667
22,2	2	44,4	0,017	0,000289	0,000578
22,4	1	22,4	0,217	0,047089	0,047089
total	6	133,1			0,068334

TABLA 4.10 Mediciones a 22.5°C (MASTECH)

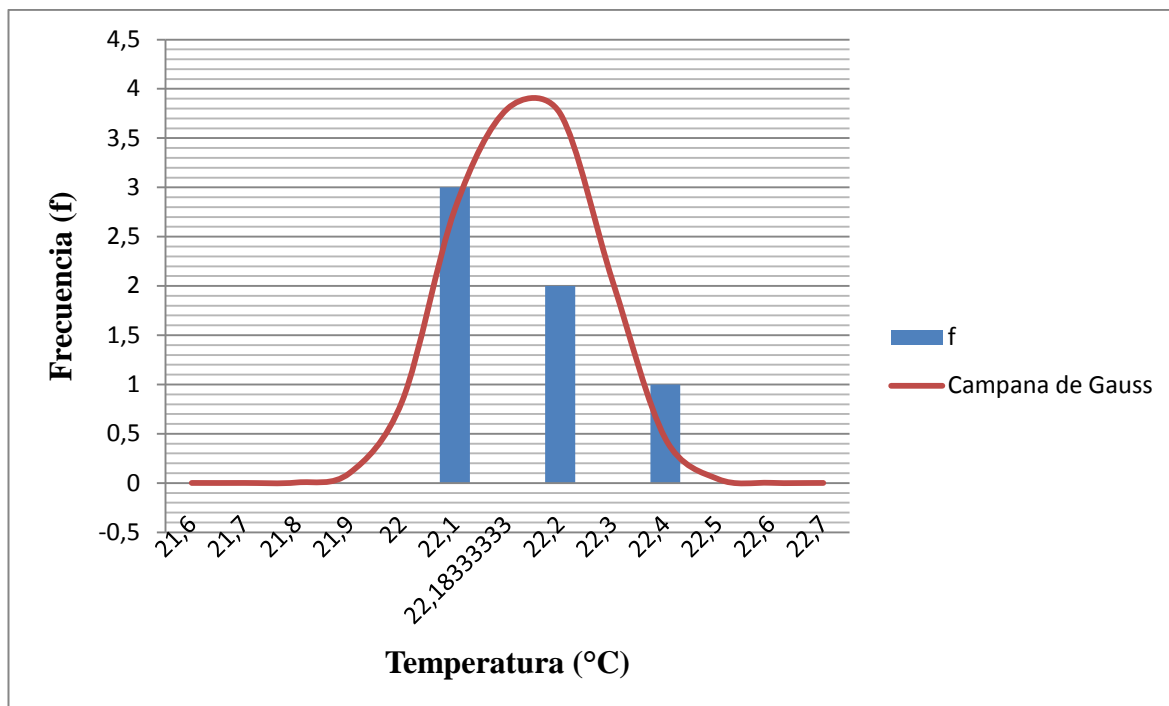


FIGURA 4.11 Campana de Gauss a 22.5°C (MASTECH)

Se obtienen los siguientes resultados:

k=	2,57	Factor de cobertura correspondiente al 95% de confiabilidad
μ	22,183	Media
σ^2	0,011	Varianza
σ	0,105	Desviación
U_{ITS-90}	0,291	Incertidumbre de la relación determinada con la ITS-90
E=	0,3	Error

• **RESULTADOS A 22°C**

Temperatura cámara climatizada:		22 °C			
Resultado x	Frecuencia f	f.x	Desviación $x-\mu$	$(x-\mu)^2$	$f(x-\mu)^2$
21,4	2	42,8	-0,067	0,004489	0,008978
21,5	4	86	0,033	0,001089	0,004356
total	6	128,8			0,013334

TABLA 4.11 Mediciones a 22°C (MASTECH)

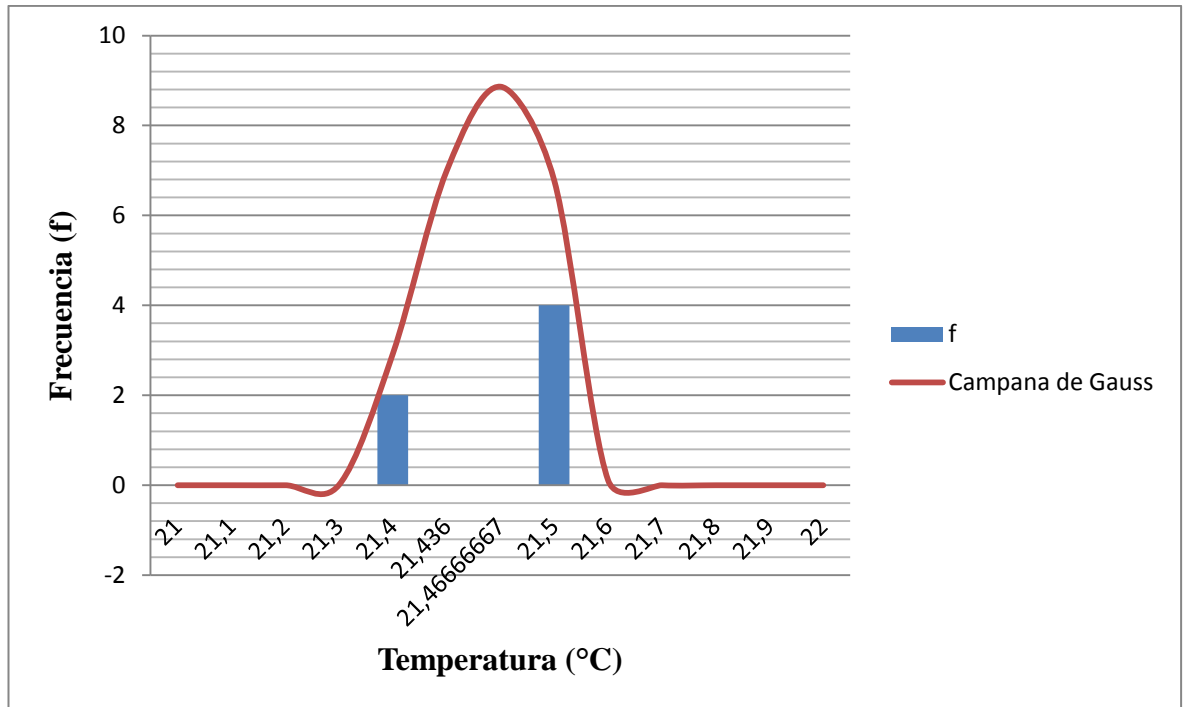


FIGURA 4.12 Campana de Gauss a 22°C (MASTECH)

Se obtienen los siguientes resultados:

$k=$	2,57	Factor de cobertura correspondiente al 95% de confiabilidad
μ	21,467	Media
σ^2	0,002	Varianza
σ	0,045	Desviación
U_{ITS-90}	0,125	Incertidumbre de la relación determinada con la ITS-90
$E=$	0,5	Error

Paso 6: Análisis

Las lecturas de la segunda columna correspondientes a la temperatura de la cámara son restadas de las lecturas de la tercera columna (media) y presentadas en la columna de error de la **TABLA 4.12**.

No. Mediciones	Temperatura cámara (°C)	Temperatura instrumento (°C)	Error (°C)
1	23	22,55	0,4
2	22.5	22,183	0,3
3	22	21,467	0,5

TABLA 4.12 Comparación de resultados del MASTECH

Paso 7: Incertidumbre

La incertidumbre que se emitirá en el certificado de calibración es de 0,36.

Paso 8: Completar los registros

El desempeño del instrumento MASTECH es revisado antes de emitir el certificado. El certificado es emitido como se muestra en el **ANEXO 4.2**.

4.1.3.2.1.- ANÁLISIS DE LA CALIBRACIÓN

Los datos obtenidos en el procedimiento de calibración, se encuentran concentrados cerca a la media, por lo que las desviaciones son bajas, demostrando una alta confiabilidad en los datos obtenidos.

El instrumento presenta un error bajo debido a que es nuevo.

4.2.- MANUAL DE MANTENIMIENTO

4.2.1.- COMPRESOR

El compresor no requiere mantenimiento. Está herméticamente sellado, debidamente lubricado de fábrica y debe proporcionar años de servicio funcionando satisfactoriamente. Si la carga del refrigerante se pierde, los

puertos (conexiones de acceso) de los lados de succión y descarga del compresor se proporcionan para recargar y controlar las presiones de succión y descarga.

4.2.2.- FILTRO DE ENTRADA DE AIRE

El mantenimiento adecuado del filtro de aire de entrada asegura el funcionamiento normal del equipo de aire acondicionado. Si el mantenimiento del filtro se retrasa o se ignora, la capacidad del funcionamiento del equipo se reducirá.

Si el funcionamiento del compresor comienza a fallar debido a un filtro sucio o tapado (el filtro conectado al serpentín del condensador), el compresor del equipo de aire acondicionado dejará de funcionar debido a la actuación del recorte de la sobrecarga térmica del interruptor situado en la carcasa del compresor. Tan pronto como la temperatura del compresor se ha reducido con una precisión de corte del interruptor en reseteo, el compresor se reiniciará automáticamente.

Sin embargo, la condición anteriormente citada se sigue realizando hasta que el filtro ha sido limpiado o reemplazado.

No haga funcionar el equipo durante largos períodos de tiempo sin el filtro. Las partículas de polvo, pelusas, etc, pueden conectar las aletas del serpentín del condensador, lo que dará la misma reacción que un filtro obstruido. El serpentín del condensador no es visible a través de la boca del filtro, por lo que debe protegerse con un filtro. Continuar con el funcionamiento en las condiciones anteriores puede dañar y acortar la vida del compresor. El equipo de aire acondicionado dispone de un filtro de entrada fácil de quitar para facilitar la limpieza necesaria. No debe haber razón para descuidar este mantenimiento necesario.

4.2.2.1.- INSTRUCCIONES DE LIMPIEZA

1. Lave el filtro con agua caliente desde el lado de escape hacia el lado de admisión. NO utilice sustancias cáusticas.
2. Después del lavado dejar que el filtro se drene.

4.2.3.- VENTILADOR DEL CONDENSADOR Y VENTILADOR DEL EVAPORADOR

Los ventiladores no necesitan mantenimiento. Todos los rodamientos, ejes, etc. están lubricados durante la fabricación para la vida del motor.

4.2.4.- LA PÉRDIDA DE REFRIGERANTE

Antes de recargar, asegúrese de que no haya fugas y que el sistema ha sido debidamente evacuado en un vacío profundo. Referirse al numeral 3.1.2.3.

4.2.5.- SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LA CÁMARA CLIMATIZADA

PASOS	SI	NO	SOLUCIÓN
1.- Compruebe los valores de voltaje de la placa de datos sean los mismos que la unidad de suministro de alimentación.			
2.- Encienda el equipo. Compruebe que el ventilador del evaporador se encienda al funcionar calefacción, refrigeración o deshumidificación. ¿Hay flujo de aire?	Continúe con el paso # 3.	Motor del ventilador atascado, dañado ó paletas obstruidas. Contactor 1 o 2 dañado o desconectado. Controlador 1 o 2 dañado o desconectado.	Reparar o reemplazar la parte defectuosa. Revisar conexiones.

<p>3.- Compruebe el flujo de aire del ventilador del condensador al funcionar refrigeración o deshumidificación. ¿Hay flujo de aire?</p>	<p>Continúe con el paso # 4.</p>	<p>Motor del ventilador atascado, dañado ó paletas obstruidas. Contactor 1 dañado o desconectado. Controlador 1 dañado o desconectado</p>	<p>Reparar o reemplazar la parte defectuosa. Revisar conexiones.</p>
<p>4.- Revise cuidadosamente el compresor, para la operación el motor debe causar una ligera vibración, y el exterior del compresor debe estar tibio.</p>	<p>Continúe con el paso # 5.</p>	<p>Control de temperatura defectuoso. Condensador defectuoso. Relé defectuoso (compresor).</p>	<p>Reparar o reemplazar la parte defectuosa.</p>
<p>5.- Compruebe las temperaturas del evaporador, aire de entrada y aire de salida. Si las temperaturas son las mismas:</p>	<p>Continúe con el paso #6.</p>	<p>Posible pérdida de refrigerante. Posibles válvulas defectuosas en el compresor.</p>	<p>Reparar o reemplazar la parte defectuosa.</p>
<p>6.- Compruebe el aumento de humedad relativa al funcionar el sistema de humidificación.</p>	<p>Fin.</p>	<p>Toma de agua cerrada. Filtro de agua tapado. Válvula de ingreso de agua al humidificador dañada. Daño del relé o desconexión. Daño del controlador 2.</p>	<p>Abrir el paso de agua. Limpiar el filtro. Cambiar o reparar la válvula de ingreso de agua al humidificador. Reparar o cambiar la parte defectuosa. Revisar conexiones.</p>

4.2.5.1.- SÍNTOMAS Y POSIBLES CAUSAS

SÍNTOMA	POSIBLE CAUSA
EL EQUIPO NO ENFRÍA	<p>Ventiladores no funcionan</p> <p>Compresor no funciona</p> <p>Compresor funciona pero tiene mal alguna válvula</p> <p>Pérdida de refrigerante</p> <p>Fugas en la válvula de paso</p> <p>Controlador 1 defectuoso</p> <p>Contactador 1 defectuoso</p>
EL EQUIPO NO CALIENTA	<p>Resistencia eléctrica desconectada.</p> <p>Controlador 1 defectuoso</p> <p>Contactador 2 defectuoso</p>
EL EQUIPO NO HUMIDIFICA	<p>Toma de agua cerrada.</p> <p>Filtro de agua tapado.</p> <p>Válvula de ingreso de agua al humidificador dañada.</p> <p>Daño del relé o desconexión.</p> <p>Daño del controlador 2.</p>
EL COMPRESOR INTENTA ARRANCAR PERO NO LO LOGRA.	<p>Baja tensión en la línea de arranque</p> <p>Motor del compresor atascado</p> <p>Relé de arranque defectuoso</p> <p>Relé de sobrecarga defectuoso</p> <p>Mal arranque del capacitor</p>
FUGA DE AGUA	<p>Drenaje desconectado</p> <p>Manguera de drenaje rota</p> <p>No está cerrada la precámara herméticamente</p> <p>Montaje de la junta dañada</p>

4.3.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este tipo de mantenimiento denominado preventivo (MP) tiene por finalidad de prever fallas imprevistas en los equipos por la falta de limpieza o ajuste de los mismos, así como de lograr un rendimiento eficiente de la máquina y tener un récord de funcionamiento logrando una mejor conservación y consecuentemente alargando la vida del equipo.

El MP comprende lo siguiente:

4.3.1.- COMPRESOR DE REFRIGERACIÓN

OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Inspección de pernos de anclaje.	Anual
Limpieza exterior del compresor.	Anual
Inspección de ruidos y vibraciones.	Anual

4.3.2.- FILTRO DE AIRE

OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Comprobación y limpieza del filtro.	Trimestral

4.3.3.- SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Inspección de fugas de refrigerante.	Anual
Verificación del sistema y su carga refrigerante.	Anual

4.3.4.- CONDENSADOR

OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Inspección del serpentín y limpieza.	Anual
Inspección del ventilador y su motor eléctrico	Anual
Inspección de fuga.	Anual
Inspección de pernos de anclaje, ajuste si es necesario.	Anual

4.3.5.- EVAPORADOR

OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Inspección del serpentín y limpieza.	Anual
Inspección de válvulas de expansión.	Anual
Inspección de ventiladores en motores eléctricos.	Anual
Inspección general, pruebas de fugas.	Anual

4.3.6.- RESISTENCIA ELÉCTRICA

OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Comprobación de funcionamiento. Inspección de conexión.	Anual

4.3.7.- HUMIDIFICADOR

OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Limpieza de filtro de entrada de agua.	Semestral
Limpieza de válvulas.	Semestral
Drenado total del tanque y limpieza.	Semestral

4.3.8.- TABLERO ELÉCTRICO

OPERACIÓN	PERIODICIDAD
Revisión de contactores y relés.	Semestral
Revisión de Circuito Integral.	Semestral
Limpieza y ajuste de todos los elementos.	Semestral
Inspección de cables.	Semestral
Cambio de cintas aislantes de empalmes si es necesario.	Semestral

4.4.- NORMAS DE SEGURIDAD

4.4.1.- EQUIPO DE SEGURIDAD

Durante las actividades laborales normales el operador de equipo o técnico de servicio debe disponer de, y emplear, equipo de protección personal adecuado y verificar su efectividad antes de emplearlo.

El equipo de protección personal debe ser empleado donde quiera que exista un riesgo, pero su uso no implica descartar la necesidad de adopción de prácticas seguras de trabajo, de tal manera que las prendas de protección personal constituyan tan solo una medida de precaución adicional, un refuerzo a la seguridad del operario, no su única defensa.

El operador deberá usar un mandil.

4.4.2.- TAREAS DE ALTO RIESGO

En casos que involucren interrupciones del servicio eléctrico, será necesario verificar que tales operaciones sean previamente autorizadas, particularmente si ello pudiese crear situaciones de riesgo a terceros en las áreas de trabajo. La evaluación previa de riesgos es un proceso que suele surgir naturalmente del sentido común y lo lógico es que su práctica se formalice de manera que la seguridad se convierta en un elemento clave de la práctica en el oficio de la refrigeración.

4.4.3.- RIESGOS PARA LA SALUD

Los principales riesgos para la salud, que se corren durante el empleo de gases refrigerantes son:

- a) Asfixia, debido a que los vapores son más pesados que el aire.
- b) Generación de vapores irritantes o tóxicos si se enciende una llama en presencia de vapores de refrigerante.
- c) Quemaduras por congelamiento causadas por contacto de alguna parte desprotegida del cuerpo con refrigerante líquido o en fase de evaporación.

4.4.4.- RECOMENDACIONES ADICIONALES

- En ocasiones puede ser necesario interrumpir la alimentación eléctrica de otros sistemas, además del equipo, así como otras potenciales fuentes de ignición en los casos en que corresponda.
- Las herramientas y equipos deben ser intrínsecamente seguros.
- El equipo eléctrico debe tener su aislamiento íntegro y estar aterrado (conectado a tierra) para prevenir la acumulación de carga estática.

4.4.5.- SITUACIONES DE RIESGO

Algunos refrigerantes se tornan combustibles cuando se los mezcla con aire a cierta presión. Tome precauciones cuando recupere refrigerantes de sistemas que hayan presentado fugas.

Los hidrocarburos son inflamables en aire en concentraciones a partir de valores tan bajos como 1,8% en volumen con respecto a éste. A partir de este punto, cualquier fuente de ignición, llamas, chispas por descarga de estática o arcos eléctricos pueden iniciar la reacción. En el caso de una fuga o derrame asegúrese de que las fuentes potenciales de ignición sean aisladas, retiradas o extinguidas inmediatamente, ventile el área exhaustivamente y prevenga a las personas que se encuentren en las cercanías, evitando desatar el pánico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

- Se ha diseñado y construido una cámara climatizada de temperatura y humedad, que tiene una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y 3%HR, para calibrar instrumentos, comandada y monitoreada por PC.
- Con la implementación de los sistemas de refrigeración, calefacción y humidificación, obtuvimos temperaturas en el interior de la cámara en el rango de 10°C a 40°C y con una humedad relativa de 40%HR al 90%HR.
- La selección e implementación de un controlador de la marca Full Gauge (MT 531Ri - plus), que permite el control y monitoreo de humedad y temperatura mediante la comunicación por PC.
- El procedimiento de calibración y certificación aplicado en el proyecto, está desarrollado de acuerdo a las recomendaciones dadas por la norma ITS – 90, para una confiabilidad del 95% en los resultados. Las instituciones poseen procesos de calibración y certificación propios y confidenciales.
- La cámara climatizada fue diseñada para trabajar en condiciones de humedad y temperatura de la ciudad de Quito; al variar la ubicación geográfica, se puede producir errores debido al cambio de las condiciones ambientales.
- Los mejores materiales aislantes serán los que tengan una conductividad térmica más baja, dado que tendrán un menor coeficiente

global de transmisión de calor, con lo que se necesitará menos material aislante. Las propiedades termoaislantes de los aislantes comerciales están determinadas por la cantidad de gas que contiene el material aislante y por el número de bolsas de gas. Así, cuanto mayor sea el número de células y menor sea su tamaño menor será la conductividad térmica del material aislante en cuestión.

- El diagrama de Mollier del refrigerante es un elemento fundamental para el diseño del sistema de refrigeración donde intervienen entalpías, entropías, presiones y temperaturas que permite dimensionar los elementos que intervienen en dicho sistema.
- El error que presentan los instrumentos calibrados, aumenta dependiendo del tiempo de uso y del trato dado a dicho elemento.
- Las desviaciones obtenidas de las calibraciones a los instrumentos, indican que los datos adquiridos no son muy dispersos; es decir, se encuentran cercanos a la media, lo cual demuestra, una alta confiabilidad en los datos medidos.

5.2.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda la aplicación normas en el diseño, debido a que juegan un papel principal para obtener el desempeño acorde a los parámetros deseados.
- Evitar que la cámara climatizada funcione mucho tiempo en temperaturas cercanas a 40°C debido a que baja su desempeño y disminuye la vida útil de sus elementos.

- Instalar la punta del sensor de humedad y temperatura hacia abajo, de lo contrario, puede ocurrir una acumulación de residuos o líquidos, dando un valor erróneo de la medida.
- Se recomienda la obtención de por lo menos seis mediciones en cada uno de los puntos de temperatura para mantener una confiabilidad del 95% en los resultados.
- Si se realiza una reubicación de la cámara climatizada se debe recalibrar los controladores ya que fue diseñada para funcionar bajo condiciones ambientales en la ciudad de Quito.
- Un buen aislante deberá ser duradero, permeable al vapor y no perder su eficacia aislante rápidamente. Deberá ser de fácil manipulación, no inflamable y no explosivo.
- El trabajo más exigente para un compresor es al momento del arranque, por lo que se recomienda procurar un funcionamiento estable o escoger un compresor apropiado para un funcionamiento intermitente.
- Es recomendable la calibración de los instrumentos anualmente, debido a que con el tiempo, se va depreciando su precisión.
- Seguir adecuadamente el procedimiento de calibración y realizar un mínimo de 6 medidas en cada punto de medición, para obtener una confiabilidad alta.

BIBLIOGRAFÍA

- ASHRAE – “ASHRAE Handbook Refrigeration” – ASHRAE Editor – 2006.
- ASHRAE – “ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment” – ASHRAE Editor – 2008
- ASHRAE – “ASHRAE Handbook Fundamentals” – ASHRAE Editor – 2009.
- WHITMAN William, William Jhonson - “Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado” - Primera edición – Thomson Editores Spain - 2000.
- BRATU, N. – “Instalaciones Eléctricas” – Segunda Edición – Alfa Omega – 1992.
- FAIRES, Virgil – “Termodinámica” – Limusa – 1994.
- PUEBLA, J. – “Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración” – Fondoin – 2000.
- DOSSAT, Roy J. – “Principios de Refrigeración” - Décimo primera edición -Compañía Editorial Continental S.A. - 1991.
- HERNANDEZ, Eduardo. – “Calefacción, Aire Acondicionado y Refrigeración” – Primera Edición – Limusa – 1990.
- ENRIQUEZ, Gilberto – “El ABC Del Alumbrado y de las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión” – Primera Edición – Limusa – 1987.
- MIRANDA, Angel – “ Nueva Enciclopedia de la Climatización, Aire Acondicionado” – Ediciones CEAC – 2000.

- RAMIREZ, Juan – “Enciclopedia de la Climatización, Refrigeración” – Ediciones CEAC – 1994.
- DE LA OLIVA, José – “Guía Práctica Selección de los Elementos de una Instalación Frigorífica” – Primera Edición – CSIF – 2009.
- INEN – “Código de Dibujo Técnico-Mecánico” – Tercera Edición – INEN – 1989.
- MALAVÉ, José – “Proyecto de Cámara para Pre Refrigeración de Limones de Exportación” – Tesis de Grado Escuela Superior Politécnica del Litoral – 2004.
- NICHOLAS, J. V. – “Traceable Temperatures” – Segunda Edición – Jhon Wiley and Sons LTD. – 2001.
- SIM. – “Guía Para la Calibración de Instrumentos” – Primera Edición – 2009.
- IBÁÑEZ, Pedro – “Dibujo Industrial Conjuntos y Despieces” – Thomson Editores Spain – 2000.

INTERNET

- <http://www.scribd.com/doc/14975800/Manual-de-do-Acrylic>
- <http://www.calaminon.com/poliestireno.html>
- <http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s00.htm#Contents>
- http://www.science.oas.org/oea_gtz/libros/metrologia/cap3_mesp.htm
- http://www.totaline.com.ar/site/uploads/file_7-2007118114423-0.pdf

- http://www.frigodesign.ru/sale/sporlan/DischargeBypassValves_Sporlan.pdf
- <http://www.fullgauge.com/es>
- <http://www.scribd.com/doc/30978214/11222966-Manenimiento-y-Reparacion-de-Sistemas-de-Refrigeracion>
- http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_sevilla/revista%20i+e/GUIA_PRACTICA_FRIGO.pdf
- <http://www.galco.com/scripts/cgiip.exe/wa/wcat/itemdtl.htm?pnum=C25BNB220A-CHGP>
- http://www.tecumsehcoolproducts.com/inside/tr_comp_performance_display.php?Model=AKA4476YXD&bom=AK169ET-038-J7
- <http://o1234guadalajara.mforos.com/1452070/7501561-simbologia-del-frio-electrica-calor-neumatic/>

ANEXOS

ANEXO 1.1

EJEMPLO DE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CALVIN, DEGRIES AND CO

1 TRACEABILITY PLACE, PO BOX 31-310, LOWER HUTT, NEW ZEALAND
TELEPHONE (64) 4 569 0000 FAX (64) 4 569 0003



CALIBRATION CERTIFICATE

Report No: T92-2002
Client: ACME Thermometer Co, 100 Celsius Avenue, P O Box 27-315, Wellington, New Zealand.
Description of Thermometer: An electronic platinum resistance thermometer, model RT200, manufactured by PEL, serial number 001, probe serial number SDL11.
Date of Calibration: 13 to 16 July 2000.
Method: The thermometer was compared with standard thermometers held by this laboratory. All measurements are traceable to the New Zealand National Standards. The temperature scale used is ITS-90.
Conditions: The probe was immersed to a minimum depth of 200 mm.

Results:

Thermometer Reading (°C)	Correction (°C)
-19.60	0.00
-7.46	+0.01
5.05	0.00
17.54	0.00
30.02	0.00
42.50	0.00
54.98	-0.01
67.55	-0.01
80.01	-0.01
92.49	-0.01
104.97	-0.02
117.44	-0.02
129.92	-0.02
142.39	-0.01
154.86	-0.01
167.31	0.00
179.76	+0.01
0 (ice point)	0.00

Note: Corrections are added to the reading to obtain the true temperature.
Accuracy: The uncertainty in the reference thermometer reading is 0.002 °C at the 95% confidence level.



Checked: _____
W Thomson

Signed: _____
R Hooke

This report may only be reproduced in full

page 1 of 1

ANEXO 1.2

CONDICIONES DE DISEÑO PARA CIUDADES PRINCIPALES ASHRAE CLIMATIC DESIGN INFORMATION

ANEXO 1.3

PLANOS

ANEXO 2.1

PANELES POLIURETANO FRIGOWALL



PANELES CON AISLACION EN POLIURETANO // Paneles muros y cielos interiores

FRIGOWALL

Soluciones para muros y cielos interiores

DESCRIPCIÓN

Panel de acero para cámaras y almacenamientos frigoríficos con un núcleo aislante de poliuretano rígido inyectado de alta densidad fabricado en un proceso de línea continua, con recubrimiento por ambos lados en lámina de acero galvanizado prepintado.



CARACTERÍSTICAS

Cara Exterior e Interior:

- > Material: Acero Prepintado Blanco, zinc a lam y acero inoxidable.
- > Espesor nominal: 0,4 mm., 0,5 mm., 0,6 mm. y 0,8 mm.
- > Acabado chapa Int: Tableado, micro v, liso o gofrado una cara.

Aislante:

- > Material: Lana de Roca, PUR y/o PIR poliuretano inyectado
- > Densidad Nominal: 38 +/- 2 Kg/m³ +/-
- > Espesores nominales: 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 y 150 mm.
- > Largo: Para fabricación de panel en espesores de chapa menores a \leq 0,5 mm., el largo máximo del panel es de 6 mts. Espesores de chapa mayor o igual \geq 0,5. Largo máximo 12 metros. Otros largos consulta previa dep. Técnico. Longitud mínima 2,5 mt.
- > Avance Util: Espesor \geq 150 mm., sólo PUR. 1000 mm.



> Fov. Etsac - 2000
Esta ficha reemplaza las emitidas con anterioridad.

Avenida Nueva Industria 200, Quilicura, Santiago
Teléfono: (562) 438 75 88 Fax: (562) 438 75 88
Email: info@metecno.cl | www.metecno.cl

meTecno

ANEXO 2.2

NIVELES DE
ILUMINACIÓN MÍNIMOS
RECOMENDADOS

ALMACENES	
Materiales Medianos-----	200
Materiales Pequeños-----	
ASCENSORES	
Cabina de Carga y Pasajeros-----	50
AUDITORIOS	
Actividades Sociales-----	50
Exposiciones-----	300
BANCOS	
Vestibulo, General-----	500
Cajas, Registro y Perforación de Tarjetas-----	1500
BAÑOS	
Iluminación General-----	100
BASQUETBOL	
Reglamentado-----	500
Recreativo-----	300
BIBLIOTECAS	
Sala de Lectura-----	700
Estantería-----	300
ESCUELAS	
Aulas-----	700
Salas de Dibujo-----	1000
GARAGES PARA VEHICULOS DE MOTOR	
Zonas de Estacionamiento-----	100
Zonas para Reparación-----	1000
GIMNASIOS	
Ejercicio General y Recreativo-----	500
Competencias y Concursos-----	500
HÓTELES	
Iluminación General en Baños, Recámaras y Recibidor--	100
Corredores, Ascensoras y Escaleras-----	200
Lectura y Areas de Trabajo-----	300

ANEXO 2.3

CARACTERÍSTICAS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES

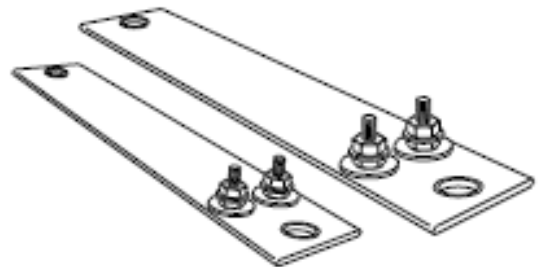
POTENCIA NOMINAL (WATTS)	POTENCIA NECESARIA PARA EL REACTOR (WATTS)	LONGITUD DEL TUBO MM	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	EFICIENCIA LUMINOSA (LUMEN / WATT)
15	23	438	600	36,0
20	29	590	1080	37,2
25	34	970	1500	44,1
30	40	895	2000	50,0
40	50	1200	2500	50,0
60	75	1500	4000	53,3

ANEXO 2.4

RESISTENCIA ELÉCTRICA WATLOW

M I C A S T R I P H E A T E R S

Economical and Reliable Source for Industrial Equipment



The Watlow mica strip heater is an economical and reliable source of heat for industrial equipment. A mere 15 mils (0.4 mm) thick mica insulator on both sides of the resistance element provides complete electrical insulation and offers little resistance to efficient heat flow. Plus mica withstands high voltage spikes, resists moisture and is inert to most chemicals. UL® component recognition is available for applications to 900°F (480°C) sheath temperature, file number E52951.

Performance Capabilities

- Sheath temperatures to 900°F (480°C) on zinc-coated units
- Sheath temperatures of 1200°F (650°C) on stainless steel units
- Watt densities to 55 W/in² (8.5 W/cm²)
- Maximum voltage 480V~(ac)

Applications

- Vulcanizing presses
- Sealing equipment
- Hot plates
- Hot stamping
- Dies and molds
- Thermofforming
- Tin melting
- Packaging equipment
- Food warming equipment

Features and Benefits

Low mass construction

- Heats up fast to provide quick response to control input

Flat resistance ribbon

- Heat is generated over a broad area; this design solution puts the heat source closer to the work

Rust-resistant, zinc-coated steel sheath

- Material gives the heater rigidity and improves emissivity

Optional stainless steel sheath

- Available for more corrosive atmosphere

Nickel-plated steel terminal posts

- Posts are securely riveted to ensure a positive, trouble-free connection to the resistance circuit

Computer-aided design engineering

- Design combination of ribbon gauge, total wattage and winding spacing maximizes heat transfer and life of the heater

Excellent dielectric strength guaranteed

- All incoming mica receives a quality control inspection

UL® is a registered trademark of Underwriter's Laboratories, Inc.

© 2001 Watlow Electric Manufacturing Company



12001 Lackland Road
St. Louis, Missouri 63146 USA
Phone: (314) 878-4600
FAX: (314) 878-6814
Internet: www.watlow.com
e-mail: info@watlow.com

FAX-1801-1100

M I C A S T R I P H E A T E R S

Terminations

Types 1 through 6, as illustrated, show the placement of terminals for Watlow mica strip heaters. However, please note Type 3 terminals are not available on stock units. Placement is specified in terms of length, width and center-to-center dimensions. These dimensions are as follows:

Length:

Min: Type 1, 2, 3: 2 Inches (50.8 mm)

Min: Type 4, 5, 6: $5\frac{1}{2}$ Inches (139.7 mm)

Max: 96^o Inches (2438.4 mm)

Tolerance: $\pm\frac{1}{4}$ Inch (1.6 mm)

Width:

Min: Type 1, 2, 4, 5: $\frac{1}{2}$ Inches (15.8 mm)

Min: Type 3, 6: $1\frac{1}{2}$ Inches (38.1 mm)

Max: 15 Inches (381 mm)

Tolerance: $\pm\frac{1}{4}$ Inch (1.6 mm)

Thickness:

Nominal: $\frac{3}{8}$ Inch (4.7 mm)

Types 4, 5 and 6 have $\frac{1}{2}$ Inch x $\frac{1}{2}$ Inch (9.5 mm x 6.3 mm) mounting slots. Letters A, B and C, called out in the illustrations, denote the following:

A = width, B = overall length, and
C = center-to-center dimensions on mounting slots.

^o Consult the factory if you need to exceed 96 Inches (2438.4 mm).

Ordering Information

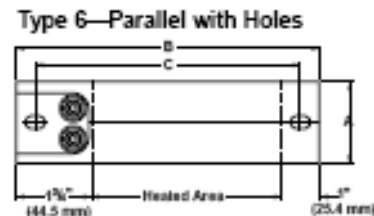
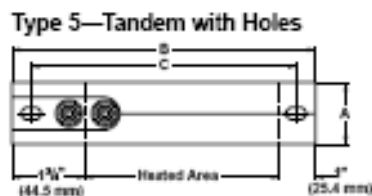
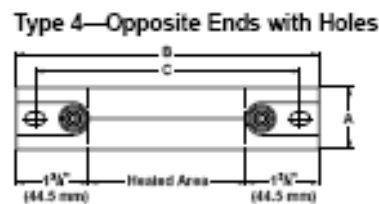
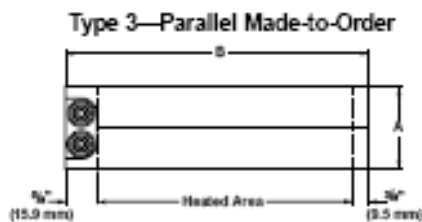
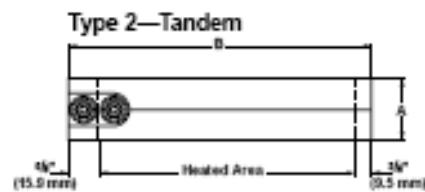
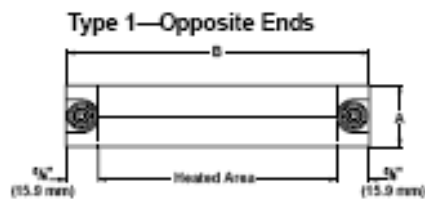
Please consult the Watlow Heaters catalog for specifics.

To order your stock mica heater, specify:

- Quantity
- Watlow code number






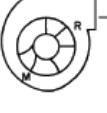




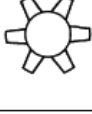
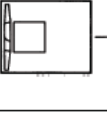

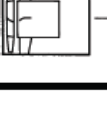
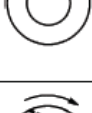





Availability

- Stock: Same day shipment
- Made-to-Order: If stock units do not meet application needs, Watlow can manufacture mica strip heaters to meet special requirements. Please consult a Watlow sales engineer or authorized distributor.



ANEXO 2.5

SELECCIÓN TIPO DE VENTILADOR ASHRAE

	TYPE	IMPELLER DESIGN	HOUSING DESIGN
CENTRIFUGAL FANS	AIRFOIL	 <p>Highest efficiency of all centrifugal fan designs. Ten to 16 blades of airfoil contour curved away from direction of rotation. Deep blades allow efficient expansion within blade passages. Air leaves impeller at velocity less than tip speed. For given duty, has highest speed of centrifugal fan designs.</p>	 <p>Scroll design for efficient conversion of velocity pressure to static pressure. Maximum efficiency requires close clearance and alignment between wheel and inlet.</p>
	BACKWARD-INCLINED BACKWARD-CURVED	 <p>Efficiency only slightly less than airfoil fan. Ten to 16 single-thickness blades curved or inclined away from direction of rotation. Efficient for same reasons as airfoil fan.</p>	 <p>Uses same housing configuration as airfoil design.</p>
	RADIAL	 <p>Higher pressure characteristics than airfoil, backward-curved, and backward-inclined fans. Curve may have a break to left of peak pressure and fan should not be operated in this area. Power rises continually to free delivery.</p>	 <p>Scroll. Usually narrowest of all centrifugal designs. Because wheel design is less efficient, housing dimensions are not as critical as for airfoil and backward-inclined fans.</p>
	FORWARD-CURVED	 <p>Flatter pressure curve and lower efficiency than the airfoil, backward-curved, and backward-inclined. Do not rate fan in the pressure curve dip to the left of peak pressure. Power rises continually toward free delivery. Motor selection must take this into account.</p>	 <p>Scroll similar to and often identical to other centrifugal fan designs. Fit between wheel and inlet not as critical as for airfoil and backward-inclined fans.</p>
AXIAL FANS	PROPELLER	 <p>Low efficiency. Limited to low-pressure applications. Usually low-cost impellers have two or more blades of single thickness attached to relatively small hub. Primary energy transfer by velocity pressure.</p>	 <p>Simple circular ring, orifice plate, or venturi. Optimum design is close to blade tips and forms smooth airfoil into wheel.</p>
	TUBEAXIAL	 <p>Somewhat more efficient and capable of developing more useful static pressure than propeller fan. Usually has 4 to 8 blades with airfoil or single-thickness cross section. Hub is usually less than half the fan tip diameter.</p>	 <p>Cylindrical tube with close clearance to blade tips.</p>
	VANEAXIAL	 <p>Good blade design gives medium- to high-pressure capability at good efficiency. Most efficient have airfoil blades. Blades may have fixed, adjustable, or controllable pitch. Hub is usually greater than half fan tip diameter.</p>	 <p>Cylindrical tube with close clearance to blade tips. Guide vanes upstream or downstream from impeller increase pressure capability and efficiency.</p>
SPECIAL DESIGNS	TUBULAR CENTRIFUGAL	 <p>Performance similar to backward-curved fan except capacity and pressure are lower. Lower efficiency than backward-curved fan. Performance curve may have a dip to the left of peak pressure.</p>	 <p>Cylindrical tube similar to vaneaxial fan, except clearance to wheel is not as close. Air discharges radially from wheel and turns 90° to flow through guide vanes.</p>
	POWER ROOF VENTILATORS CENTRIFUGAL	 <p>Low-pressure exhaust systems such as general factory, kitchen, warehouse, and some commercial installations. Provides positive exhaust ventilation, which is an advantage over gravity-type exhaust units. Centrifugal units are slightly quieter than axial units.</p>	 <p>Normal housing not used, because air discharges from impeller in full circle. Usually does not include configuration to recover velocity pressure component.</p>
	AXIAL	 <p>Low-pressure exhaust systems such as general factory, kitchen, warehouse, and some commercial installations. Provides positive exhaust ventilation, which is an advantage over gravity-type exhaust units.</p>	 <p>Essentially a propeller fan mounted in a supporting structure. Hood protects fan from weather and acts as safety guard. Air discharges from annular space at bottom of weather hood.</p>

PERFORMANCE CURVES*	PERFORMANCE CHARACTERISTICS	APPLICATIONS
<p>PERFORMANCE CURVES</p>	<p>Highest efficiencies occur at 50 to 60% of wide-open volume. This volume also has good pressure characteristics.</p> <p>Power reaches maximum near peak efficiency and becomes lower, or self-limiting, toward free delivery.</p>	<p>General heating, ventilating, and air-conditioning applications.</p> <p>Usually only applied to large systems, which may be low-, medium-, or high-pressure applications.</p> <p>Applied to large, clean-air industrial operations for significant energy savings.</p>
	<p>Similar to airfoil fan, except peak efficiency slightly lower.</p>	<p>Same heating, ventilating, and air-conditioning applications as airfoil fan.</p> <p>Used in some industrial applications where environment may corrode or erode airfoil blade.</p>
	<p>Higher pressure characteristics than airfoil and backward-curved fans.</p> <p>Pressure may drop suddenly at left of peak pressure, but this usually causes no problems.</p> <p>Power rises continually to free delivery.</p>	<p>Primarily for materials handling in industrial plants.</p> <p>Also for some high-pressure industrial requirements.</p> <p>Rugged wheel is simple to repair in the field.</p> <p>Wheel sometimes coated with special material.</p> <p>Not common for HVAC applications.</p>
	<p>Pressure curve less steep than that of backward-curved fans.</p> <p>Curve dips to left of peak pressure.</p> <p>Highest efficiency to right of peak pressure at 40 to 50% of wide-open volume.</p> <p>Rate fan to right of peak pressure.</p> <p>Account for power curve, which rises continually toward free delivery, when selecting motor.</p>	<p>Primarily for low-pressure HVAC applications, such as residential furnaces, central station units, and packaged air conditioners.</p>
	<p>High flow rate, but very low-pressure capabilities.</p> <p>Maximum efficiency reached near free delivery.</p> <p>Discharge pattern circular and airstream swirls.</p>	<p>For low-pressure, high-volume air moving applications, such as air circulation in a space or ventilation through a wall without ductwork.</p> <p>Used for makeup air applications.</p>
	<p>High flow rate, medium-pressure capabilities.</p> <p>Performance curve dips to left of peak pressure. Avoid operating fan in this region.</p> <p>Discharge pattern circular and airstream rotates or swirls.</p>	<p>Low- and medium-pressure ducted HVAC applications where air distribution downstream is not critical.</p> <p>Used in some industrial applications, such as drying ovens, paint spray booths, and fume exhausts.</p>
	<p>High-pressure characteristics with medium-volume flow capabilities.</p> <p>Performance curve dips to left of peak pressure because of aerodynamic stall. Avoid operating fan in this region.</p> <p>Guide vanes correct circular motion imparted by wheel and improve pressure characteristics and efficiency of fan.</p>	<p>General HVAC systems in low-, medium-, and high-pressure applications where straight-through flow and compact installation are required.</p> <p>Has good downstream air distribution.</p> <p>Used in industrial applications in place of tubeaxial fans.</p> <p>More compact than centrifugal fans for same duty.</p>
	<p>Performance similar to backward-curved fan, except capacity and pressure is lower.</p> <p>Lower efficiency than backward-curved fan because air turns 90°.</p> <p>Performance curve of some designs is similar to axial flow fan and dips to left of peak pressure.</p>	<p>Primarily for low-pressure, return air systems in HVAC applications.</p> <p>Has straight-through flow.</p>
	<p>Usually operated without ductwork; therefore, operates at very low pressure and high volume.</p> <p>Only static pressure and static efficiency are shown for this fan.</p>	<p>Low-pressure exhaust systems, such as general factory, kitchen, warehouse, and some commercial installations.</p> <p>Low first cost and low operating cost give an advantage over gravity flow exhaust systems.</p> <p>Centrifugal units are somewhat quieter than axial flow units.</p>
	<p>Usually operated without ductwork; therefore, operates at very low pressure and high volume.</p> <p>Only static pressure and static efficiency are shown for this fan.</p>	<p>Low-pressure exhaust systems, such as general factory, kitchen, warehouse, and some commercial installations.</p> <p>Low first cost and low operating cost give an advantage over gravity-flow exhaust systems.</p>

ANEXO 2.6

VENTILADOR McLEAN

Dual Centrifugal Blowers

130-825 CFM (221-1403 M³/HR)



Description

McLean Thermal Dual Centrifugal Blowers are designed for applications where space limitations are a problem. Mountable in any position, these blowers provide dual blasts from separate housings mounted on a reliable motor.

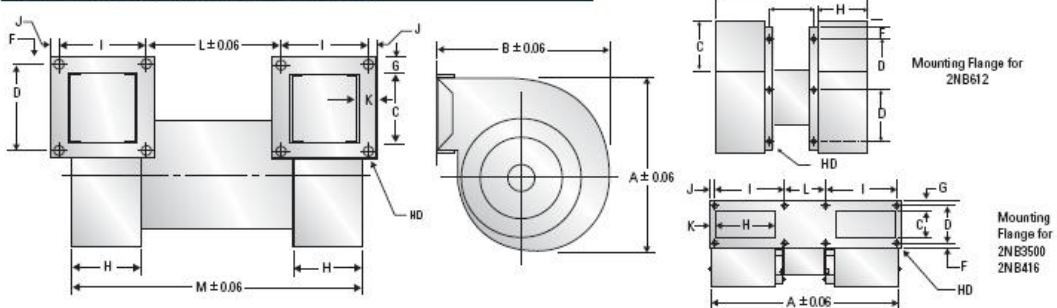
Standard Model Features

- 115/230 VAC
- 50/60 Hz
- UL Recognized, CSA Certified Motors
- 100% Functionally Tested

Options

- 24 and 48 V Brushless DC
- Inlet and Exhaust Finger Guards
- Custom Packaging

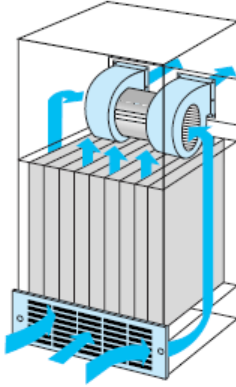
Outline Dimensions In Inches



Dimensions

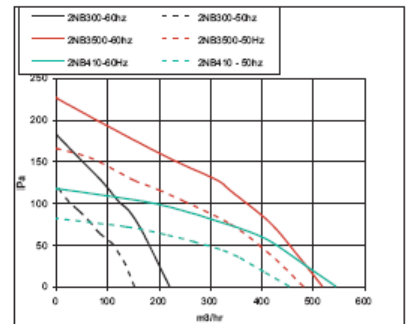
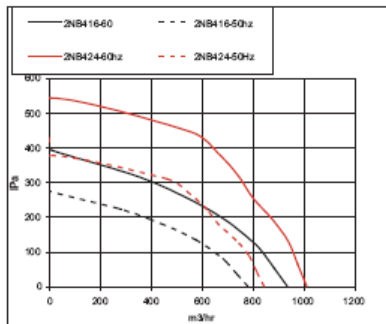
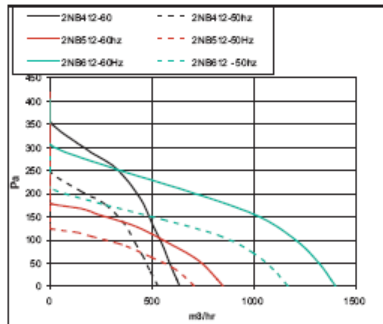
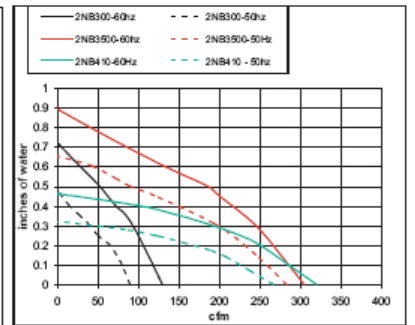
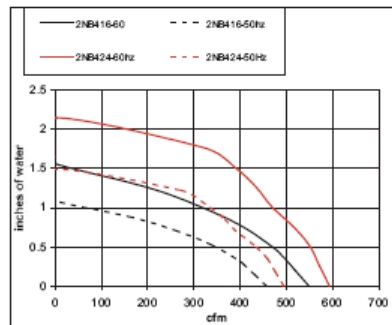
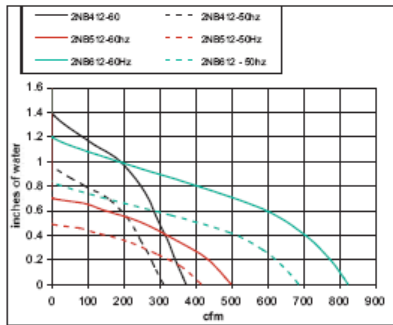
Model	A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	HD
2NB300	5.19	5.25	2.19	2.50	0.28	0.14	2.13	3.50	0.22	0.47	3.81	8.59	0.25
2NB3500	5.57	5.07	2.00	2.75	0.38	0.78	4.37	5.25	0.38	0.50	3.00	13.8	0.22
2NB410	8.06	7.75	3.25	2.38	0.31	-	4.94	5.75	0.31	0.75	2.13	12.81	0.28
2NB412	6.19	6.47	2.59	3.22	0.31	0.63	3.22	4.03	0.31	0.72	3.31	10.57	0.28
2NB416	6.19	6.47	2.66	3.13	0.38	0.61	4.81	5.50	0.31	0.81	4.36	14.5	0.20
2NB424	8.06	7.00	3.13	3.25	0.63	0.13	3.50	4.13	0.69	1.12	3.63	11.25	0.25
2NB512	8.06	7.75	3.44	4.06	0.31	0.63	3.66	4.25	0.31	0.63	3.63	11.56	0.28
2NB612	11.10	10.20	4.38	4.19	1.00	-	3.63	-	-	-	-	12.75	0.28

Performance Data



Model	Volts	Hz	CFM	M ³ /HR	RPM	Max Oper Temp °F/°C	AMPS			Shipping Weight (Lbs/Kg)
							Run	Start	Watts	
2NB300-115	115	50/60	130	221	2900	104/40	0.9	1.2	70	6/2.7
2NB300-230	230	50/60	130	221	2900	104/40	0.5	0.6	70	6/2.7
2NB3500-115	115	50/60	300	510	3050	104/40	1.8	2.5	125	8/3.6
2NB3500-230	230	50/60	300	510	3050	104/40	0.9	1.3	125	8/3.6
2NB410-115	115	50/60	320	544	1500	104/40	1.2	1.6	90	9/4.1
2NB410-230	230	50/60	320	544	1500	104/40	0.6	1.3	90	9/4.1
2NB412-115	115	50/60	360	612	3000	104/40	1.6	4	225	9/4.1
2NB412-230	230	50/60	360	612	3000	104/40	0.8	2	225	9/4.1
2NB416-115	115	50/60	550	935	3000	104/40	2.5	4	250	9/4.1
2NB416-230	230	50/60	550	935	3000	104/40	1.8	2	250	9/4.1
2NB424-115	115	50/60	350	595	3100	104/40	4	6.8	400	12/5.4
2NB424-230	230	50/60	350	595	3100	104/40	2	3.5	400	12/5.4
2NB512-115	115	50/60	500	850	1700	104/40	1.5	3.5	130	14/6.3
2NB512-230	230	50/60	500	850	1700	104/40	0.8	1.7	130	14/6.3
2NB612-115	115	50/60	825	1403	1500	104/40	3	4.8	320	22/10
2NB612-230	230	50/60	825	1403	1500	104/40	1.5	2.4	320	22/10

Performance Curves



ANEXO 2.7

DIAGRAMA DE MOLLIER

R – 134a

ANEXO 2.8

SELECCIÓN DEL COMPRESOR TECUMSEH



AKA4476YXD Compressor Data Sheet

[Print](#) [Close](#)

General Information

Compressor Model	AKA4476YXD	Oil Charge (cc)	512
Bill Of Material	AK169ET-038-J7	Oil Type	POE
Application	High	Heat Pump (Evap range)	N/A
Evaporating Range	+20F to +55F	Displacement	1.379
Rating Conditions	ARI	BTUH	7600
Rating Point	+45F	Horse Power	3/4
Refrigerant	R-134A	Discharge Line Size	0.25
Weight (lbs)	42	Suction Line Size	VALVE

Electrical Information

Voltage (60 Hz)	208-230-60-1	Voltage Range (60 Hz)	187 - 253
Voltage (50 Hz)	200-50-1	Voltage Range (50 Hz)	180 - 220
Watts at Rating Point	1050	RLA	5.7
LRA	27.4	Motor Type	CSIRHT
Start Capacitor Mfd/Volt	130-156/250	Motor Torque	High
Run Capacitor Mfd/Volt	N/R	Minimum Circuit Ampacity	N/A
Maximum Continuous Current	8.2	Energy Efficiency Rating	7.24

Component Information

Relay Box	AE1227-031	Integral Relay Box	NONE
Capacitor Cabinet Assembly	NONE	Start Capacitor	NONE
Production Run Capacitor	NONE	ESP Run Capacitor	N/A
Primary Relay	NONE	Primary Vendor Number	NONE
Secondary Relay	NONE	Secondary Vendor Number	NONE
ESP Relay	P82983	Fan Over Load	8300MRAG56
Vendor Over Load	MRA3786-114	ESP Over Load	P83605
Terminal Cover	70929	Cover Gasket	30629-1
Bale Strap	70723	Over Load Spring	NONE
PRV	NONE	LP Kit	LP15
Grommet	70711	Roto Lock Gasket	NONE
Sleeve	70459	Roto Lock Valve	31579-1

Drawing Information (click on the drawing number to open the drawing)

Housing Diagram	DCAK038	Wiring Diagram	90537-30
-----------------	-------------------------	----------------	--------------------------



Tecumseh
Wholesale Distribution

Technical Sheet | Performance Data | Coefficient Data | Wiring Diagrams | Mounting Diagrams

AKA4476YXD Compressor Performance Data

General Information

Model	AKA4476YXD	Refrigerant	R-134a
Voltage	230/208/60/1	Test Voltage	230
Sub Cooling	N/A	Ambient	95
Forced Air	YES	Motor Type	CSIR
Run Cap	N/A	Date	9/22/1994 (REV. 1 8-26-97)
Return Gas	65	Liquid Temp	N/A

Performance Information

Evap Temp		Condensing Temperature				
		100	110	120	130	140
20	BTUH	4900	4446	3877	3278	2735
	WATTS	707	733	744	749	761
	AMPS	4.32	4.48	4.53	4.56	4.61
	LB/HR	69.7	66.6	61.4	55.2	49.3
25	BTUH	5600	5096	4476	3828	3236
	WATTS	748	782	801	815	836
	AMPS	4.48	4.66	4.74	4.8	4.89
	LB/HR	79.8	76.6	71.1	64.8	58.7
30	BTUH	6427	5868	5194	4493	3849
	WATTS	787	828	855	878	907
	AMPS	4.64	4.83	4.95	5.03	5.16
	LB/HR	92	88.5	82.9	76.4	70.1
35	BTUH	7355	6737	6006	5248	4548
	WATTS	822	871	906	937	975
	AMPS	4.78	5	5.14	5.26	5.43
	LB/HR	105.8	102.2	96.4	89.7	83.3
40	BTUH	8360	7680	6887	6068	5309
	WATTS	856	912	955	994	1041
	AMPS	4.93	5.17	5.33	5.48	5.68
	LB/HR	120.9	117.1	111.1	104.3	97.7
45	BTUH	9417	8670	7813	6930	6108
	WATTS	890	953	1003	1050	1105
	AMPS	5.07	5.33	5.52	5.7	5.94
	LB/HR	136.9	132.9	126.8	119.9	113.2
50	BTUH	10501	9685	8759	7808	6919
	WATTS	923	993	1050	1105	1169
	AMPS	5.21	5.49	5.7	5.92	6.19
	LB/HR	153.5	149.4	143.2	136.1	129.3
55	BTUH	11588	10699	9700	8678	7718
	WATTS	957	1033	1098	1161	1233
	AMPS	5.35	5.65	5.89	6.13	6.44
	LB/HR	170.4	166.1	159.8	152.6	145.8

ANEXO 2.9

SELECCIÓN DEL EVAPORADOR

Modelos EDS capacidades en DT												60Hz (Para 50Hz multiplicar por 0,87)			
MODELOS	Capacidad en Kcal/h - DT = 6°C / Capacidade em Kcal/h - DT = 6°C											Datos de los Ventiladores			
	Temperatura de Evaporación / Temperatura de Evaporação											Dados dos Ventiladores			
	10°C	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C	-35°C	-40°C	(m ³ /h)	Cantidad Quant.	Diámetro Diámetro (m)	Flecha de aire lateral Saída de ar Lateral (mm)
EDS6062E	2280	2150	1690	1560	1180	1170	1160	1140	1110	1070	1020	1090	1	300	5
EDS6090E	2740	2480	2280	2230	1710	1690	1650	1600	1530	1440	1330	2213	2	300	5
EDS6114E	3480	3150	2870	2470	2150	2080	1980	1850	1720	1540	1360	2153	2	300	5
EDS6127E	3890	3510	3210	2750	2400	2320	2200	2060	1900	1710	1490	3309	3	300	5
EDS6179E	5410	4910	4510	4390	3360	3320	3260	3160	3020	2850	2630	3214	3	300	5
EDS6238E	7190	6520	6010	5880	4480	4450	4400	4310	4190	4010	3760	4274	4	300	5
EDS6295E	8930	8090	7430	7200	5520	5440	5310	5130	4890	4580	4170	5333	5	300	5
EDS6344E	10490	9480	8680	8350	6460	6280	6060	5760	5370	4930	4420	6393	6	300	5

Nota:

1. Dt= temperatura interna - temperatura de evaporación
2. Capacidades basadas en R-22, R-507 y R404A. Para capacidades con R-134a, multiplicar por 0,9

MODELO EDS6062E

ANEXO 2.10

SELECCIÓN DEL TUBO CAPILAR

R134a – Medium / High Temperature Applications

Evap. Temp. °C Ambient °C	-10						-5						0						5					
	25			32			25			32			25			32			25			32		
	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm	L m	Dia. mm		
AZ 4414 Y	2.1	0.8	2.8	0.8	1.55	0.8	1.95	0.8	1.1	0.8	1.45	0.8	1.1	0.8	1.45	0.8								
AZ 4419 Y	1.1	0.8	1.6	0.8	1.55	1	0.95	0.8	1.1	1	1.4	1	1.1	1	1.4	1					1.05	1		
AEZ 4425 Y	1.5	1	1.9	1	1.05	1	1.4	1																
AEZ 4430 Y	1	1	1.3	1	2.7	1.2	0.9	1	1.95	1.2	2.45	1.2	1.95	1.2	2.45	1.2	1.55	1.2	1.85	1.2	1.85	1.2		
CAE 4440 Y	1.9	1.2	2.55	1.2	1.4	1.2	1.75	1.2	1	1.2	1.3	1.2	1	1.2	1.3	1.2					0.9	1.2		
CAE 4448 Y	1.7	1.2			1.25	1.2	1.55	1.2	0.9	1.2	1.15	1.2												
CAJ 4452 Y	1.5	1.2	1.9	1.2	1.05	1.2	1.3	1.2																
CAJ 4461 Y	1.2	1.2	1.5	1.2	2.85	1.5	1.1	1.2	2	1.5	2.6	1.5	2	1.5	2.6	1.5	1.45	1.5	1.85	1.5	1.85	1.5		
CAJ 4492 Y	1.4	1.5	1.7	1.5	1.05	1.5	1.3	1.5																
CAJ 4511 Y	1.05	1.5	1.35	1.5			0.9	1.5																
	1.4	2 X 1.2	1.3	2 X 1.2			0.95	2 X 1.2																
FH 4518 Y	2.7	2	3.4	2	1.85	2	2.4	2	1.3	2	1.65	2	1.3	2	1.65	2					1.15	2		
	1.55	2 X 1.5	1.9	2 X 1.5	1.1	2 X 1.5	1.4	2 X 1.5																
FH 4525 Y	1.25	2.2	1.6	2.2			1.1	2.2																
	1.1	2 X 1.5	1.45	2 X 1.5			1.05	2 X 1.5																

ANEXO 2.11

SELECCIÓN VÁLVULA BYPASS



**STANDARD PRESSURE SETTINGS
AVERAGE psi CHANGE PER TURN**

ADJUSTABLE MODELS			
VALVE	ADJUSTMENT RANGE	STANDARD SETTING	AVERAGE psi CHANGE PER TURN
ADRI(E)	0/55	28	9
	0/75	38	13.5
	0/100	50	16
ADRS(E)-2 ADRP(E)-3 ADRH(E)-6	0/30	20	3
	0/80	60	7.5

REFRIGERANT	MINIMUM ALLOWABLE EVAPORATOR TEMPERATURE	VALVE TYPE & ADJUSTMENT RANGE (psig)															
		ADRI-1-1/4 ADRIE-1-1/4			ADRS-2 ADRSE-2		ADRP-3 ADRPE-3		ADRH-6		DRHE-6 (Adjustable "Remote Bulb" Model)*				SHGB-8 SHGBE-8	SHGB-15 SHGBE-15	
		0/55	0/75	0/100	0/30	0/80	0/30	0/80	0/30	0/80	25/35	32/44	55/70	65/80	0/100	0/75	
22	40	—	0.58	0.53	—	3.51	—	5.99	—	9.16	—	—	—	19.8	—	15.7	58
	26	0.44	0.64	0.54	—	3.57	—	6.26	—	9.90	—	—	—	16.9	—	15.9	62
	0	0.63	0.60	0.49	3.90	3.66	7.38	6.61	13.9	10.9	—	—	—	—	—	16.2	66
	-20	0.59	0.50	0.44	3.75	3.65	7.45	6.64	14.1	11.0	—	—	—	—	—	16.2	69
134a	40	0.40	0.43	0.34	—	2.67	—	4.94	—	9.34	9.64	—	—	—	—	10.9	41
	26	0.41	0.39	0.32	2.60	2.44	4.95	4.42	9.36	7.26	8.31	—	—	—	—	10.9	43
	0	0.38	0.31	0.28	2.46	—	4.89	—	9.41	—	—	—	—	—	—	11.0	46
401A	40	0.45	0.48	0.39	—	2.76	—	4.95	—	7.99	—	11.0	—	—	—	12.3	52
	26	0.47	0.45	0.37	2.97	2.79	5.66	5.04	10.7	8.26	—	9.49	—	—	—	1.4	52
	0	0.44	0.36	0.32	2.83	2.74	5.62	5.01	10.8	8.32	—	—	—	—	—	12.5	56
402A	40	—	—	0.54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.3	—
	26	—	0.65	0.60	—	3.91	—	6.66	—	10.3	—	—	—	—	—	17.7	63
	0	0.66	0.72	0.57	—	4.00	—	7.16	—	11.7	—	—	—	—	—	17.9	63
	-20	0.69	0.63	0.52	4.22	4.04	8.11	7.33	15.3	12.2	—	—	—	—	—	18.0	64
404A	40	—	—	0.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.5	—
	26	—	0.67	0.60	—	3.91	—	6.70	—	10.4	—	—	—	21.4	—	17.7	64
	0	0.67	0.71	0.56	—	4.00	—	7.16	—	11.7	—	—	—	—	—	17.9	65
	-20	0.68	0.61	0.51	4.17	4.02	8.08	7.28	15.3	12.1	—	—	—	—	—	17.9	65
407C	40	—	0.78	0.65	—	4.25	—	7.50	—	12.1	—	—	22.9	—	—	18.6	74
	26	0.61	0.78	0.63	—	4.25	—	7.50	—	12.1	—	19.3	—	—	—	18.7	75
	0	0.74	0.68	0.56	4.51	4.31	8.63	7.81	16.3	13.0	—	—	—	—	—	18.9	76
	-20	0.68	0.56	0.50	4.33	4.23	8.64	7.71	16.5	12.9	—	—	—	—	—	19.1	77
502	40	—	—	0.46	—	3.14	—	5.28	—	7.85	—	—	—	19.2	—	14.3	—
	26	—	0.56	0.49	—	3.19	—	5.51	—	8.55	—	—	—	16.6	—	14.5	55
	0	0.55	0.57	0.46	3.58	3.28	6.64	5.90	12.5	9.62	—	—	—	—	—	14.7	59
	-20	0.55	0.59	0.41	3.43	3.30	6.68	6.00	12.6	9.91	—	—	—	—	—	14.8	61
507	40	—	—	0.53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.4	—
	26	—	0.65	0.59	—	3.87	—	6.60	—	10.2	—	—	—	—	—	17.7	64
	0	—	0.71	0.57	—	3.96	—	7.09	—	11.5	—	—	—	—	—	17.8	64
	-20	0.69	0.62	0.52	4.17	4.00	8.02	7.25	15.2	12.0	—	—	—	—	—	17.9	65

ADRI 1-1/4 0/75

ANEXO 2.12

SELECCIÓN FILTRO

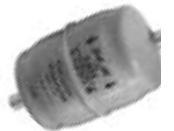


CAPACIDADES PARA LINEA DE LIQUIDO Y RECOMENDACIONES DE SELECCION

TIPO SELLADOS — REFRIGERANTE 134a

134a

TIPO	AREA FILTRANTE PuF	TIPO SELLADOS		CAPACIDAD DE FLUJO tons a 1 psi ΔP	RECOMENDACIONES DE SELECCION (tons)									
		CAPACIDAD DE AGUA GOTAS A 80 PPM*			REFRIGERACION	AIRE ACONDICIONADO								
		25°C	50°C			Comercial y baja temperatura	Equipo original paquete	Reemplazo en la instalacion y unidades fabricadas en sitio						
C-032	9	73	53	1.3	1/4	3/4	1/2							
C-032-CAP														
C-032-S														
C-032-F														
C-032-FM														
C-033														
C-033-S				3.2										
C-033-S				3.5										
C-052	15	174	127	1.9	1/3	1	3/4							
C-052-S														
C-052-F														
C-052-FM														
C-0525-S											3.1			
C-053											3.8			
C-053-S				4.3										
C-082	21	287	209	1.9	1/2	1	3/4							
C-082-S														
C-0825-S											3.3		1-1/2	
C-083											4.2			
C-083-S											4.7		2	
C-084											7.9			
C-084-S				8.8	1-1/2	4	2							
C-162	33	436	317	1.9	1	2	1							
C-162-S														
C-1625-S											3.3			
C-163											4.2		3	
C-163-S											4.7	2	4	
C-164											9.3		5	3
C-164-S											10.1	2		
C-165											12.6			
C-165-S				14.5	2	7-1/2	5							
C-303	53	832	605	4.2	3	4	3							
C-303-S														
C-304											9.3		5	
C-304-S											10.1	3	7-1/2	
C-305											13.6			
C-305-S											15.5	4	10	7-1/2
C-307-S											19.8	5	15	
C-414								67	1119	814	10.5	5	7-1/2	5
C-414-S														
C-415				14.5										
C-415-S				16.1	7-1/2	10	7-1/2							
C-417-S				20.3	10	15	10							
C-419-S				22.3	10	18	12							
C-607-S	106	1664	1210	26.6	15	20	15							
C-609-S											30.4		25	



FILTRO C-032-CAP

ANEXO 2.13

SELECCIÓN UNIDAD CONDENSADORA

TECUMSEH CONDENSING UNITS

AIR-COOLED UNITS

HIGH TEMP (+20 to +45)

PART NO	UNIT MODEL	REFRIGERANT	HP	VOLT/PH	COMPRESSOR		RELAY PART NO	OIL PART NO
					MODEL	B/M		
2C391-1	AEA4440YXAXW	R-134a	1/3	115-1	AEA4440YXA	AE630AT-688	P82929	P83509
2D294-1	AKA4475YXAXW	R-134a	1/2	115-1	AKA4460YXA	AK168AT-038	P82498-1	P83514
2D295-1	AKA4475YXDXW	R-134a	1/2	230/208-1	AKA4460YXD	AK168ET-038	P82484-1	P83581
2B778-1	AKA4490YXAXW	R-134a	3/4	115-1	AKA4476YXA	AK169AT-038	P82498-1	P83544
2B780-1	AJA4510YXDXW	R-134a	3/4	230/208-1	AJA4492YXD	AJ150GT-193	P82935	P83529
2B779-1	AKA4515YXDXW	R-134a	3/4	230/208-1	AKA4476YXD	AK169ET-038	P82983	P83605
2B1104-1	AJA4514YXDXW	R-134a	1	230/208-1	AJA4512YXD	AJ137ET-193	P82960	P83530
2W1501-1	AWG4520EXNXW	R-22	1-3/4	230/208-1	AWG5520EXN	AW703ET-111	P82960	Internal
2W2102-1	AWG4524EXTXW	R-22	2	230/200-3	AWG4524EXT	AW705RT-120	--	Internal
2W2101-1	AWG4524EXNXW	R-22	2	230/208-1	AWG4524EXN	AW705ET-099	P82965	Internal
2W2504-1	AWG4530EXTXW	R-22	2-1/2	230/200-3	AWG4530EXT	AW707RT-120	--	Internal
2W2503-1	AWG4530EXNXW	R-22	2-1/2	230/208-1	AWG4530EXN	AW707ET-099	P82965	Internal
2W3106-1	AVA4535EXTXW	R-22	2-3/4	230/200-3	AVA5535EXT	AV123RT-016	--	Internal

TECUMSEH AKA4515YXDXW

ANEXO 2.14

SELECCIÓN HUMIDIFICADOR

Steam humidifier

Condair CP2

Heating voltage Volt/System	Steam capacity kg/h	Model Condair CP2	Unit size / Number of basic units		
			small	medium	large
230V/1N~/50...60 Hz	1...4	N4 ¹⁾	1x		
	1...4	H4 ²⁾	1x		
	5...8	H5...H8 ³⁾		1x	
400V/3~/50...60 Hz	5...8	F5...F8 ³⁾		1x	
	9...15	F9...F15 ³⁾		1x	
	16...45	F16...F45 ³⁾			1x
	46...60	F46...F60 ^{3) 4)}		1x	1x
	61...90	F61...F90 ^{3) 4)}			2x
	91...105	F91...F105 ^{3) 4)}		1x	2x
	106...135	F106...F135 ^{3) 4)}			3x
230V/3~/50...60 Hz	5...8	G5...G8 ³⁾		1x	
	9...15	G9...G15 ³⁾		1x	
	16...30	G16...G30 ³⁾			1x
	31...45	G31...G45 ^{3) 4)}		1x	1x
	46...60	G46...G60 ^{3) 4)}			2x
	61...75	G61...G75 ^{3) 4)}		1x	2x
	76...90	G76...G90 ^{3) 4)}			3x

ANEXO 2.15

SELECCIÓN CONTROLADOR



1. DESCRIPCIÓN

MT-531Ri plus es un instrumento que indica y controla la temperatura y la humedad del ambiente, indicado para la humedad relativa baja y media del aire (a partir el 20 a el 85%, sin condensación) y la temperatura de -10 a 70°C. Sus sensores de la temperatura y de la humedad se ensamblan en un único bulbo, que disminuye el espacio en el cableado de la instalación.

El instrumento tiene una comunicación serial para la conexión con el SITRAC® vía internet.

2. APLICACIÓN

- Deshumidificadores
- Bodegas
- Secado de granos
- Humidificadores
- Climatizados
- Climatizados e ambientes de TI

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Alimentación directa: MT-531R plus - 115-6 230 VCA ± 10% (50/60 Hz)
MT-531Ri plus - 12.6 24 Vdc
- Temperatura de control: -10 hasta 70.0 °C (con resolución de 0.1 °C)
14 hasta 158 °F (con resolución de 1 °F)
- Humedad de control: 20 hasta 85%UR (con resolución de 0.1%UR)
- Corriente máxima por salida: 8(2)A/250Vac 1/4HP
- Dimensiones: 71 x 28 x 71 mm
- Temperatura de operación: 0 hasta 50 °C
32 hasta 122 °F
- Humedad de operación: 10 hasta 90% HR (no condensante)

4.3 - Tabla de parámetros

Fun	Descripción	CELSIUS				FAHRENHEIT			
		Min	Max	Unid	Estandar	Min	Max	Unid	Estandar
F00	Código de acceso: 123 (ciento veintitrés)	-99	999	-	-	-99	999	-	-
F01	Modo de operación de termostato (salida THERM)	0 - refig.	1 - calefac.	-	0 - refig.	0 - refig.	1 - calefac.	-	0 - refig.
F02	Mínimo setpoint permitido al usuario final (termostato)	-10.0	70.0	°C	-10.0	14	158	°F	14
F03	Máximo setpoint permitido al usuario final (termostato)	-10.0	70.0	°C	70.0	14	158	°F	158
F04	Diferencial de control (histéresis) del termostato	0	20.0	°C	1.5	0	36	°F	3
F05	Retardo mínimo para activar la salida THERM	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F06	Modo de operación de la salida HUMD (humidistato)	0 - deshum.	1 - umid.	-	1 - humid.	0 - deshum.	1 - humid.	-	1 - humid.
F07	Mínimo setpoint permitido al usuario final (humidistato)	0	100	%HR	0	0	100	%HR	0
F08	Máximo setpoint permitido al usuario final (humidistato)	0	100	%HR	100	0	100	%HR	100
F09	Diferencial de control (histéresis) del humidistato	0	20.0	%HR	5	0	20.0	%HR	5
F10	Retardo mínimo para activar la salida HUMD	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F11	Tiempo de humidificación activada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
F12	Tiempo de humidificación desactivada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
F13	Modo de operación de la salida AUX (auxiliar)	0	10	-	5	0	10	-	5
F14	Mínimo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)	0	100	-	0	0	100	-	0
F15	Máximo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)	0	100	-	100	0	100	-	100
F16	Diferencial de control (histéresis) de la salida AUX	0	20.0	-	5	0	20.0	-	5
F17	Retardo mínimo para activar la salida AUX	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
F18	Base de tiempo del timer de la salida AUX	0	999	-	0	0	999	-	0
F19	Tiempo de salida AUX activada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
F20	Tiempo de salida AUX desactivada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
F21	Alarma de temperatura ambiente baja	-10.0	70.0	°C	-10.0	14	158	°F	14
F22	Alarma de temperatura ambiente alta	-10.0	70.0	°C	70.0	14	158	°F	158
F23	Alarma de humedad ambiente baja	0	100	%HR	0	0	100	%HR	0
F24	Alarma de humedad ambiente alta	0	100	%HR	100	0	100	%HR	100
F25	Retardo mínimo para activar la salida AUX (modo alarma)	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F26	Modo de operación del Buzzer	0	1	-	1	0	1	-	1
F27	Punto de actuación del Buzzer por baja temperatura	-10.0	70.0	°C	-10.0	14	158	°F	14
F28	Punto de actuación del Buzzer por alta temperatura	-10.0	70.0	°C	70.0	14	158	°F	158
F29	Punto de actuación del Buzzer por baja humedad	0	100	%HR	0	0	100	%HR	0
F30	Punto de actuación del Buzzer por alta humedad	0	100	%HR	100	0	100	%HR	100
F31	Tiempo máximo de la salida THERM accionada para disparar la alarma	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F32	Tiempo máximo de la salida HUMD accionada para disparar la alarma	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F33	Tiempo máximo de la salida THERM accionada para disparar la alarma	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F34	Tiempo del Buzzer activado	0	999	seg.	1	0	999	seg.	1
F35	Tiempo del Buzzer desactivado	0	999	seg.	1	0	999	seg.	1
F36	Tiempo de inhibición del Buzzer en la energización	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F37	Modo de visualización	0	2	-	0	0	2	-	0
F38	Corrimiento de indicación de la temperatura (offset)	-5.0	5.0	°C	0	-9	9	°F	0
F39	Corrimiento de indicación de la humedad (offset)	-20.0	20.0	%HR	0	-20.0	20.0	%HR	0
F40	Dirección del instrumento en la red RS-485	0	247	-	1	0	247	-	1

Ejemplo: Humidificación
 Control = 80% HR *Tiempo de humedad prendida = 20 seg
 Histeresis = 5% HR *Tiempo de humedad apagada = 10 seg
 Cuando la humedad cae a 75% HR (80 - 5), la salida del humidistato pasa a ciclar. 20 seg. prendida - 10 seg. apagada

4.4 - Descripción de los parámetros

F01 - Código de acceso: 123 (ciento veintitrés)
 Es necesario cuando se desea alterar los parámetros de configuración. Para solamente visualizar los parámetros ajustados no es necesario ingresar este código.

F02 - Modo de operación del termostato (salida THERM)

- Refrigeración
- Calefacción

F03 - Mínimo setpoint permitido al usuario final (termostato)

F04 - Máximo setpoint permitido al usuario final (termostato)
 Bloqueo electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule el setpoint en temperaturas extremadamente altas o bajas de setpoint.

F05 - Diferencial de control (histeresis) del termostato
 Es la diferencia de temperatura (histeresis) entre CONECTADA y DESCONECTADA de la salida THERM.

F06 - Retardo mínimo para activar la salida THERM
 Es el tiempo mínimo en que la salida THERM permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida.

F07 - Modo de operación de la salida HUMID (humidistato)

- Deshumidificación
- Humidificación

F08 - Mínimo setpoint permitido al usuario final (humidistato)

F09 - Máximo setpoint permitido al usuario final (humidistato)
 Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule el setpoint en humedades extremadamente altas o bajas de setpoint.

F10 - Diferencial de control (histeresis) del humidistato
 Es la diferencia de humedad (histeresis) entre CONECTADA y DESCONECTADA de la salida HUMID.

F11 - Retardo mínimo para activar la salida HUMID
 Es el tiempo mínimo en que la salida HUMID permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida.

F12 - Tiempo de humidificación activada
 Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida HUMID permanecerá activada.

F13 - Tiempo de humidificación desactivada
 Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida HUMID permanecerá desactivada.
 OBS.: Las funciones F12 y F13 controlan una temporización cíclica (en segundos) para la salida del humidistato. Esa temporización permite que el agua vaporizada tenga tiempo de convertirse en humedad relativa del aire. Para deshabilitar esa temporización, ajuste en "00.0" el valor de las mismas.

F14 - Modo de operación de la salida AUX (auxiliar)

- Refrigeración
- Refrigeración
- Deshumidificación
- Humidificación
- Alarma intra-rango
- Alarma extra-rango
- Timer cíclico independiente;
- Timer cíclico actuando solamente cuando la salida THERM alcanza el setpoint (desaccionada);
- Timer cíclico actuando solamente cuando la salida HUMID alcanza el setpoint (desaccionada);
- Timer cíclico actuando cuando una de las salidas (THERM o HUMID) alcanza su setpoint;
- Timer cíclico actuando solamente cuando las dos salidas (THERM y HUMID) atinquen sus setpoints.

F15 - Mínimo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)

F16 - Máximo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)
 Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule valores extremadamente altos o bajos del setpoint. Los límites dependerán del modo de la operación de la salida AUX ajustada en F14.

F17 - Diferencial de control (histeresis) de la salida AUX
 Es la diferencia de humedad (histeresis) entre CONECTADA y DESCONECTADA de la salida auxiliar. Esta función depende del modo de la operación de la salida AUX ajustado en F14.

F18 - Retardo mínimo para activar la salida AUX
 Es el tiempo mínimo en que la salida HUMID permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida.
 Esta vez es válida solamente cuando la salida AUX. se configura en el modo del control (F14 configurado en 0, 1, 2 ó 3).

F19 - Base de tiempo del timer de la salida AUX
 Permite configurar la escala del tiempo prendido o apagado del timer cíclico de la salida AUX.

Valor	Tiempo prendido (F20)	Tiempo apagado (F21)
0	Segundos	Segundos
1	Minutos	Minutos
2	Segundos	Minutos
3	Minutos	Segundos

F20 - Tiempo de la salida AUX activada
 Tiempo en que la salida AUX permanecerá activada cuando configurada como timer cíclico.

F21 - Tiempo de salida AUX desactivada
 Tiempo en que la salida AUX permanecerá desactivada cuando configurada como timer cíclico.

F22 - Alarma de temperatura ambiente baja
 Temperatura para la activación del alarmar de la temperatura baja.

F23 - Alarma de temperatura ambiente alta
 Temperatura para la activación del alarmar de la temperatura alta.

F24 - Alarma de humedad ambiente baja
 Humedad para la activación del alarmar de la humedad baja.

F25 - Alarma de humedad ambiente alta
 Humedad para la activación del alarmar de la humedad alta.

F26 - Retardo mínimo para activar la salida AUX (modo alarma)
 Es el tiempo mínimo en que la salida AUX permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida. Esta vez es válida solamente cuando la salida AUX. se configura en el modo del alarma (F14 configurado en 4 ó 5).

F27 - Modo de operación del Buzzer

- Alarma intra-rango
- Alarma extra-rango

F28 - Punto de actuación del Buzzer por baja temperatura
 Es el valor inferior de la temperatura para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

F29 - Punto de actuación del Buzzer por alta temperatura
 Es el valor superior de la temperatura para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

F30 - Punto de actuación del Buzzer por baja humedad
 Es el valor inferior de la humedad para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

F31 - Punto de actuación del Buzzer por alta humedad
 Es el valor superior de la humedad para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

F32 - Tiempo del Buzzer activado
 Es el tiempo que el Buzzer permanecerá conectado (ciclo activo). Para inhabilitar la alarma sonora (Buzzer) ajuste el valor "0" para esta función.

F33 - Tiempo máximo de la salida THERM accionada para disparar la alarma
 Permite configurar el tiempo máximo que la salida THERM podrá quedarse accionada, sin alcanzar el setpoint, antes de accionar la alarma sonora (BUZZER). Para desactivar esta función basta disminuir el valor hasta que el mensaje **FFF** sea exhibido en el display.

F34 - Tiempo máximo de la salida HUMID accionada para disparar la alarma
 Permite configurar el tiempo máximo que la salida HUMID podrá quedarse accionada, sin alcanzar el setpoint, antes de accionar la alarma sonora (BUZZER). Para desactivar esta función basta disminuir el valor hasta que el mensaje **FFF** sea exhibido en el display.

F35 - Tiempo máximo de la salida AUX accionada para disparar la alarma
 Permite configurar el tiempo máximo que la salida AUX podrá quedarse accionada, sin alcanzar el setpoint, antes de accionar la alarma sonora (BUZZER). Para desactivar esta función basta disminuir el valor hasta que el mensaje **FFF** sea exhibido en el display.

F36 - Tiempo del Buzzer desactivado
 Es el tiempo que el Buzzer permanecerá desconectado (ciclo inactivo). Para que la alarma sonora (Buzzer) sea continua ajuste el valor "0" para esta función.

F37 - Tiempo de inhibición del Buzzer en la energización
 Es el tiempo que el Buzzer permanecerá desactivado mismo que en condiciones de alarma. Este tiempo sirve para inhibir el Buzzer durante el tiempo que el sistema aún no.

F38 - Modo de visualización

- Indicación alternada de temperatura y humedad
- Indicación solamente de temperatura
- Indicación solamente de humedad

F39 - Corrimiento de indicación de la temperatura (offset)
 Permite compensar eventuales errores en la lectura de la temperatura, provenientes del cambio del sensor o de alteración en el largo del cable.

F40 - Corrimiento de indicación de la humedad (offset)
 Permite compensar eventuales errores en la lectura de la humedad, provenientes del cambio del sensor o de alteración en el largo del cable.

F41 - Dirección del instrumento en la red RS-485
 Dirección del instrumento en la red para comunicación con el software SITRAD®.
 Obs: En una misma red no puede haber más de un instrumento con la misma dirección.

5. FUNCIONES CON ACCESO FACILITADO

5.1 - Registros de mínima y máxima temperaturas y humedades

Presione **▲**. Aparecerá **▲** seguido de las mínima y máxima temperaturas registradas. Después aparecerá **▲** seguido de las mínimas y máximas humedades registradas.

Nota: Para reiniciar los registros, mantenga presionada la tecla **▲** durante la visualización de las temperaturas mínima y máxima hasta que aparezca **▲**.

5.2 - Visualizar humedad o temperatura

Caso la función F16 no esté en el modo de visualización alternado ("0") es posible visualizar el valor de humedad o temperatura presionando la tecla **▼**.

6. SEÑALIZACIONES

Led THERM encendido - Salida del termostato prendida

Led HUMID encendido - Salida del humidistato prendida

Led AUX encendido - Salida auxiliar prendida

Led BUZZ encendido - Buzzer activado

Err - Sensor de la temperatura irregular

Err - Sensor de la humedad irregular

PPP - Parámetros de configuración inválidos;

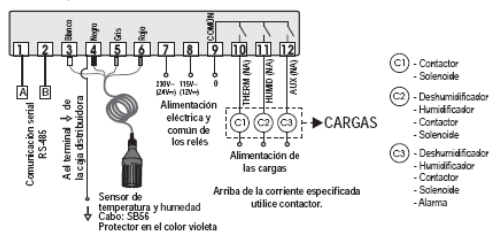
- En esa situación las salidas son apagadas automáticamente;

- Verifique cual de los parámetros posee datos inválidos y corrijalo para retornar a la operación normal.

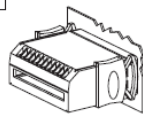
7. SELECCION DE LA UNIDAD (C° / F°)

Para definir la unidad con que el instrumento operará, acceda a función "F01" con el código de acceso "231" y confirme en la tecla **▶**. Presione la tecla **▲** y aparecerá la indicación **Unit**. Presione **▶** para elegir entre **C** y **F** confirme. Después de seleccionar la unidad aparecerá **F01** y el instrumento volverá a la función "F01". Cada vez que la unidad sea alterada, los parámetros deben ser reconfigurados, ya que ellos asumen los valores "estandar".

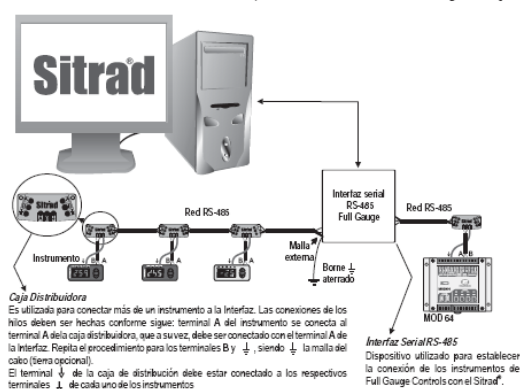
8. ESQUEMA DE CONEXIÓN



	MT-S31R plus	MT-S31RL plus
S - 8	115V ~	120V ~
S - 7	230V ~	24V ~



Interconectando Controladores, Interface Serial RS-485 y Computadora



IMPORTANTE

Según capítulos de la norma IEC60364:

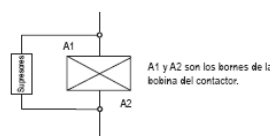
1: Instale **protectores contra sobretensiones** en la alimentación.

2: Cables de sensores y de señales de computadora pueden estar juntos, sin embargo no en el mismo conductor por donde pasan alimentación eléctrica y activación de cargas.

3: Instale supresores de transientes (filtro RC) en paralelo a las cargas, de manera a ampliar la vida útil de los relés.

Más informaciones contacte nuestro departamento de ing. de aplicación por medio del e-mail support@fullgauge.com o por teléfono +55 51 3475.3308.

Esquema de conexión de supresores en contactores



Esquema de conexión de supresores en cargas activación directa



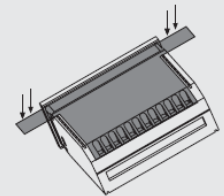
Nota: El largo del cable del sensor puede ser ampliado por el propio usuario en hasta 200 metros utilizando el cable 4 x 0,20mm².



VINILO PROTECTOR:

Protege los instrumentos instalados en locales sometidos a goteos de agua, como en refrigeradores comerciales, por ejemplo. Este adhesivo acompaña el instrumento, dentro de su embalaje. Haga la aplicación solamente después de concluir las conexiones eléctricas.

Retire el papel protector y aplique el vinilo sobre toda la parte superior del aparato, doblando los bordes conforme indican las flechas.



© Copyright 2006 • Full Gauge Controls ® • Derechos reservados.

ANEXO 2.16

CERTIFICADO CONTROLADOR



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
 LABELO - Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica
 Calibração e Ensaios
 LABORATÓRIO DE METROLOGIA
 Rede Brasileira de Calibração



Laboratório de Calibração Acreditado pela CGCRE/INMETRO de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o nº 0024.

Certificado de Calibração

Nº T0581/2009

Data: 16/04/2009

Cliente: Full Gauge Eletro-controles Ltda.
 Rua Júlio Castilhos, 250 - Niterói - Canoas - RS

Características da Unidade de Medição sob Teste (UST):

Nome: Controlador/Indicador de Temperatura
 Fabricante: Full Gauge Controls
 Modelo: MT-530Ri

Protocolo: 53919
 Nº de Série: NI FG-0096
 TAG: FG-0096

Resolução em umidade relativa: 0,1%ur

Procedimento(s) de Calibração Utilizado(s): PC 6.03.04 - Revisão: 5

Método: Comparação com padrão de referência em meio termostático.

Padrão(ões) Utilizado(s):

· Testo 650 - Certificado de Calibração nº 2489/2008 do INMETRO - Válido até 12/2009

Obs: Padrões rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.

Observações:

- Os resultados da calibração estão contidos em tabelas anexas, que relacionam os valores indicados pelo instrumento sob teste, com valores obtidos através da comparação com os padrões e as incertezas estimadas da medição (IM).
- A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência "k" informados nas tabelas, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Resultado(s) da Calibração:

Umidade Relativa

Configuração da UST: Sensor NI 27059-0036			
VR UMP (%ur)	MM UST (%ur)	±IM (%ur)	k
30,0	28,8	0,9	2,00
40,0	37,8	1,0	2,00
50,0	46,8	1,0	2,00
60,0	56,6	1,1	2,00
70,0	68,0	1,8	2,00
80,0	79,6	2,0	2,00

AD VERVM DVCIT
PUCRS

Observações:

1. A escala de temperatura em uso é a Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90).
2. A calibração em Umidade Relativa foi realizada em meio termostático configurado para 20°C.

Certificado de Calibração

N° T0581/2009

Continuação

Controlador/Indicador de Temperatura - Full Gauge Controls - MT-530Ri - NI FG-0096 - FG-0096

16/04/2009

Convenções:

UMP — Valor indicado na unidade de medição padrão, corrigidos dos erros sistemáticos.

UST — Valor indicado na unidade de medição sob teste (em calibração).

VR (Unidade da Grandeza) — Valor de referência da grandeza.

MM (Unidade da Grandeza) — Resultado obtido da média aritmética das medidas na unidade de medição correspondente.

IM (Unidade da Grandeza) — Incerteza da medição, caracterizando a faixa de valores dentro da qual se encontra o valor verdadeiro convencional da grandeza medida.

Condições Ambientais:

Temperatura: $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$
Umidade Relativa: $55\%_{\text{ur}} \pm 10\%_{\text{ur}}$

- Este Certificado atende aos requisitos de acreditação da CGCRE/INMETRO que avaliou a competência do Laboratório e comprovou sua rastreabilidade a Padrões Nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI).
- Os resultados deste Certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- O Certificado de Calibração não deve ser parcialmente reproduzido sem prévia autorização.
- Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na Regulamentação Metrológica.
- A CGCRE/INMETRO é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation).
- A CGCRE/INMETRO é signatária do Acordo Bilateral de Reconhecimento Mútuo com a EA (European Cooperation for Accreditation).
- A CGCRE/INMETRO é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da IAAC (InterAmerican Accreditation Cooperation).

Giovanni O. Mengue

Giovanni Oliveira Mengue
Metrologista

Carlos José Rupp Bindé Jr.

Carlos José Rupp Bindé Jr.
Signatário Autorizado



Work Gage Metrologia Ltda.

Rua Gravataí, 130 - Centro - Esteio - RS - CEP 93260-010

Fone/Fax: (0xx51) 3473-2087 / 3473-5192

www.workgage.com.br

Laboratório de Metrologia	Certificado n°
Certificado de Calibração	05889/2010

Folha 1/2

Objeto: Termômetro Digital com Sensor, com escala de -50 a 105 °C, e valor de uma divisão de 0,1 °C

N° de autenticação: FG-0001 **Faixa de Calibração:** 0 a 100 °C **Sensor:** ----

Fabricante: Full Gauge **Modelo:** Penta **Série:** ----

Cliente: Full Gauge Eletro Controles Ltda.
Rua Júlio de Castilhos, 250 Canoas - RS

Solicitação: N.F. 9609

Data da calibração: 9/6/2010 **Data da emissão:** 09/06/2010

Procedimento: Os procedimentos utilizados para a calibração estão de acordo com o DSQWGM 009-310, rev. 5 de 9/2008.

Equipamentos de Calibração:

- Calibrador Portátil Microprocessado CAPPO 10, certificado de calibração n° RBC 8459/2008 emitido por Labelo/PUCRS.
Validade: 12/2010
- Termômetro de Resistência Padrão com certificado de calibração n° RBC 4977/09 emitido por Ecil.
Validade: 8/2010

Condições Ambientais: As condições ambientais do momento da calibração oscilaram entre 21,5 e 21,6 °C e umidade 65%

Incerteza de Medição: A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência "k", o qual para uma distribuição t com v_{eff} declarado corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

RESULTADOS OBTIDOS

CALIBRAÇÃO (°C) Canal 1					
VM (°C)	-0,1	24,8	50,0	75,0	99,5
VVC (°C)	0,0	25,0	50,0	75,0	100,0
EM (°C)	-0,1	-0,2	0,0	0,0	-0,5
EM (%)Fe	0,10	0,19	0,00	0,00	0,48
IM ± (°C)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
k	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
v_{eff}	>100	>100	>100	>100	>100

CALIBRAÇÃO (°C) Canal 2					
VM (°C)	-0,2	24,7	50,0	75,0	99,6
VVC (°C)	0,0	25,0	50,0	75,0	100,0
EM (°C)	-0,2	-0,3	0,0	0,0	-0,4
EM (%)Fe	0,2	0,3	0,0	0,0	0,4
IM ± (°C)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
k	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
v_{eff}	>100	>100	>100	>100	>100

Análise do cliente:	Data: ___/___/___
() Aprovado	Responsável
() Aprovado condicional	
() Reprovado	

Sistema de Gestão em conformidade
com a norma
ISO/IEC 17025:2005

<input checked="" type="checkbox"/> Betânia Graebin	
<input type="checkbox"/> Antônio Tavares	
<input type="checkbox"/> Jair A. Pimentel	
Signatário Autorizado	

-Este certificado não tem valor para fins da metrologia legal e se limita exclusivamente ao objeto calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- A reprodução somente poderá ser feita na sua totalidade e com autorização prévia da Work Gage Metrologia Ltda.
- Qualquer ajuste realizado no equipamento estará registrado no certificado de calibração.
- Os resultados são válidos somente para o estado do objeto no momento da medição.

Pessoas Gerando Soluções



Work Gage Metrologia Ltda.

Rua Gravataí, 130 - Centro - Esteio - RS - CEP 93260-010

Fone/Fax: (0xx51) 3473-2087 / 3473-5192

www.workgage.com.br

Laboratório de Metrologia	Certificado n°
Certificado de Calibração	05889/2010

Folha 2/2

Continuação:

CALIBRAÇÃO (°C) Canal 3					
VM (°C)	-0,4	24,7	50,0	75,0	99,5
VVC (°C)	0,0	25,0	50,0	75,0	100,0
EM (°C)	-0,4	-0,3	0,0	0,0	-0,5
EM (%)Fe	0,4	0,3	0,0	0,0	0,5
IM ± (°C)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
k	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
V _{eff}	>100	>100	>100	>100	>100

CALIBRAÇÃO (°C) Canal 4					
VM (°C)	-0,1	24,8	50,0	75,0	99,6
VVC (°C)	0,0	25,0	50,0	75,0	100,0
EM (°C)	-0,1	-0,2	0,0	0,0	-0,4
EM (%)Fe	0,1	0,2	0,0	0,0	0,4
IM ± (°C)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
k	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
V _{eff}	>100	>100	>100	>100	>100

CALIBRAÇÃO (°C) Canal 5					
VM (°C)	-0,2	24,7	50,0	75,0	99,5
VVC (°C)	0,0	25,0	50,0	75,0	100,0
EM (°C)	-0,2	-0,3	0,0	0,0	-0,5
EM (%)Fe	0,2	0,3	0,0	0,0	0,5
IM ± (°C)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
k	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
V _{eff}	>100	>100	>100	>100	>100

CONVENÇÕES	
VVC	Valor Verdadeiro Convencional
VM	Valor Médio de cada ponto
EM	Erro de Medição (VM - VVC)
EM (%) Fe	Erro de Medição percentual ao fundo de escala.
IM	Incerteza de Medição, para um nível de confiança de 95 %.

Pessoas Gerando Soluções

ANEXO 2.17

CIRCUITO ELÉCTRICO DE CONTROL Y FUERZA

ANEXO 2.18

CONTACTOR CUTLER HAMMER



**EATON CUTLER HAMMER
Contactors - Definite Purpose**

ITEM # C25BNB220A

MFG # C25BNB220A

Series C25

Specifications

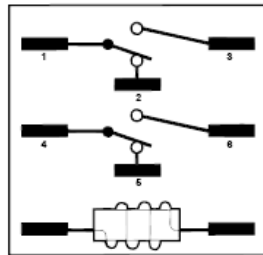
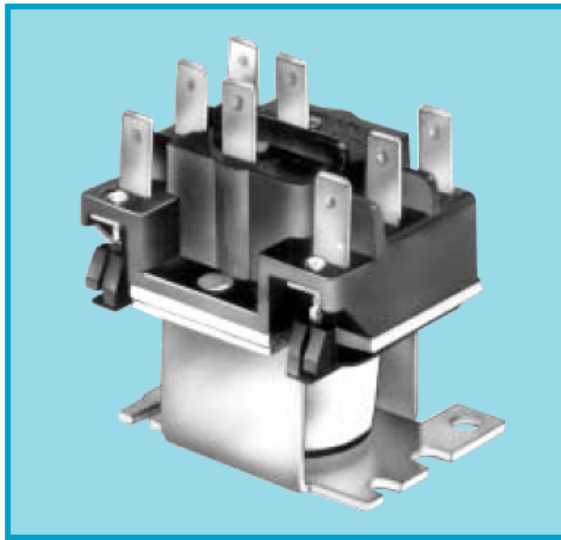
Item Number:	C25BNB220A
Manufacturer:	EATON CUTLER HAMMER
Item Category:	Contactors
Subcategory:	Definite Purpose
Series:	C25
Coil Voltage:	120 VAC
Coil Type:	Magnetic
Poles:	2NO
Frame Size:	B
Termination:	Screw/Quick Connect
Shunt:	No
Enclosure:	Open
Inductive Full Load:	20 Amps
Inductive Load 240/600V:	20 Amps
Resistive Rating:	30 Amps
Locked Rotor 240/277V:	120 Amps
Locked Rotor 480V:	100 Amps
Locked Rotor 600V:	80 Amps
Picture No.:	CHGP_CTRL_C25_B
H x W x D (in.):	3.3 x 2 x 2.54
Net Weight:	11.22 oz

<http://www.galco.com/scripts/cgiip.exe/wa/wcat/itemdtl.htm?pnum=C25BNB220A-CHGP>

ANEXO 2.19

RELÉ MARS

SERIES 903 MARS general purpose switching relays



2-pole air conditioning relays

The MARS Series 903 switching relays are intended for many applications in air conditioning, refrigeration, and heating. Other uses include general purpose switching in appliances, fan controls, and vending machines. Our relays are available in 24, 110/120, and 208/240 coil voltages with various combinations of power and pilot duty contacts.

features:

- Replaces Honeywell and White-Rodgers/RBM - cross reference on package
- Double quick-connect terminals on coil
- 2.13 x 1.88 x 2.25 in.
- Base is designed for easy replacement of competitive relays
- Molded terminal numbers and circuit diagram on top of relay
- UL and CSA listings available
- Made in the U.S.A.

contact rating

	POWER		PILOT	
	120V	208/240V	120V	208/240V
Full Load Amps	12	6	—	—
Resistive Amps*	15	15	3	3
Locked Rotor Amps	60	35	—	—
Horsepower	3/4	3/4	1/10	1/10

*277 VAC

MARS NO.	COIL VOLTAGE	TERMINALS 1-2-3	TERMINALS 4-5-6
90340	24	Power	Power
90341	110/120		
90342	208/240		
90343	24	Power	Pilot
90344	110/120		
90345	208/240		
90346	24	Pilot	Pilot
90347	110/120		
90348	208/240		

relay accessories for MARS nos. 90340 thru 90348

MARS NO.	DESCRIPTION
93061	Plug-in receptacle mounted to 4"x4" plate with leads.
93062	Plug-in receptacle with leads.

cross reference information

WR/RBM No.	MARS Replacement	HONEYWELL No.	MARS Replacement
90-340	90340	R4222B1082	90344
90-341	90341	R4222B1090	90345
90-342	90342	R4222D1013	90341
90-343	90343	R4222D1021	90342
90-344	90344	R4222N1002	90347
90-345	90345	R4222N1010	90348
90-346	90346	R4222V1002	90344
90-347	90347	R4222V1010	90345
90-348	90348	R8222B1067	90343
		R8222D1014	90340
		R8222N1011	90346
		R8222V1003	90343

Coil Data: 24-240 VAC @ 50/60 Hz; 21.5 VA Max. Inrush; 9.5 VA Max. Sealed

NOTE: MARS Series 903 Relays are available with 277 volt coils. Minimum order quantity 50 per model.

ANEXO 2.20

CAPACIDADES DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS AWG

Tipo de aislam.	THWN, RUW, T, TW, TWD, MTW		RH, RHW, THW, THWN, DF, XHHW, RUH		PILC, V, MI		TBS, AVB SIS, THHW TA, SA, FEP THW, RHH EP, MTV, XHHW*	
Temp. máxima	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Calibre AWG/MCM	en al tubo aire		en al tubo aire		en al tubo aire		en al tubo aire	
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	265	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000

ANEXO 2.21

INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO

E-T-A

ETA Thermal Overcurrent Circuit Breaker 3120-F...

Description

An extremely versatile range of rocker switch/thermal circuit breakers (S-type TO CBE to EN 60934 with trip free mechanism) offering the choice of single pole, double pole with single pole protection, and double pole with protection on both poles. Designed for snap-in panel mounting with versions available for three different panel cut-out sizes. Illumination is optional and there is a range of colours and markings for the rocker. Under overload conditions the rocker returns to the OFF position. 6-way frame for 3120-F5 available upon request.

Any one of the following additional function modules can be supplied factory fitted to the rear of the switch/circuit breaker.

- Under voltage release coil (for double pole versions only).
- Magnetic trip coil for short circuit protection.
- Magnetic trip coil for remote relay trip.
- Auxiliary contacts for status signalling.
- Mechanical slide interlock.

Approved to CBE standard EN 60934 (IEC 60934).

Typical applications

Motors, transformers, solenoids, extra low voltage wiring systems, office machines, electro-medical equipment, power supplies, communications systems, medical equipment to EN 60601.

Standard current ratings and typical internal resistance values

Current rating (A)	Internal resistance per pole	Current rating (A)	Internal resistance per pole (Ω)
0.1	94	3.5	0.0565
0.2	24	4	0.0435
0.3	12	4.5	0.0435
0.4	5.30	5	0.0325
0.5	4.20	6	0.0215
0.6	2.90	7	0.0165
0.8	1.50	8	0.0165
1	0.9	10	< 0.02
1.2	0.80	12	< 0.02
1.5	0.45	14	< 0.02
2	0.27	16	< 0.02
2.5	0.0785	18	< 0.02
3	0.0595	20	< 0.02

Approvals

Authority	Voltage ratings	Current ratings
VDE, Semko (EN 60934)	AC 240 V, DC 28 V DC 50 V DC 50 V	0.1...20 A 0.1...20 A 2pole 0.1...10 A 1pole
BV, LRoS	AC 250 V, DC 28 V	0.1...20 A
UL, CSA	AC 250 V, DC 50 V	0.1...20 A

Illumination voltage/power consumption

operating voltage	power consumption	
	filament/neon	LED
6 V	60 mA	9 mA
12 V	20 mA	9 mA
24 V	20 mA	9 mA
48 V	20 mA	1.5 mA
115 V	< 1 mA	< 1 mA*
230 V	< 1 mA	< 1 mA*
415 V	< 1 mA	not available

* single pole version only

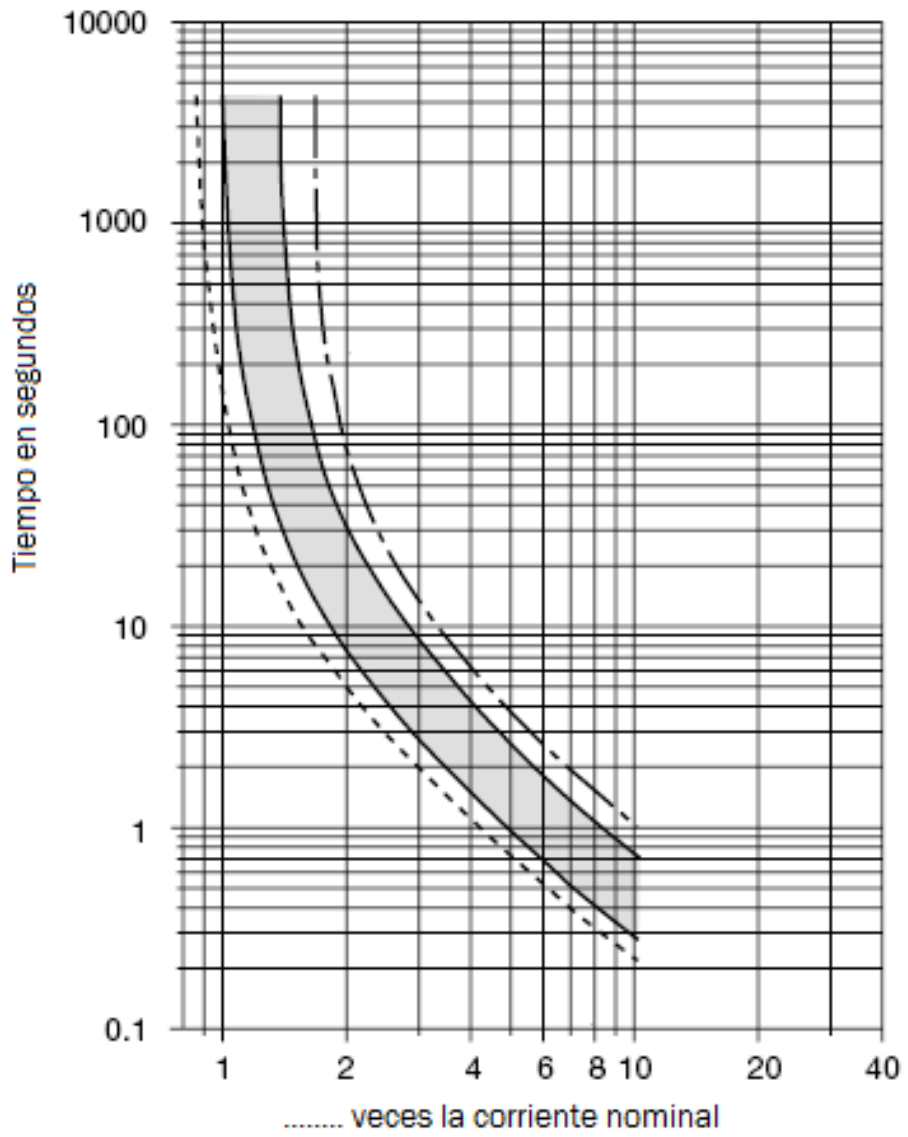


3120-F...

Technical data

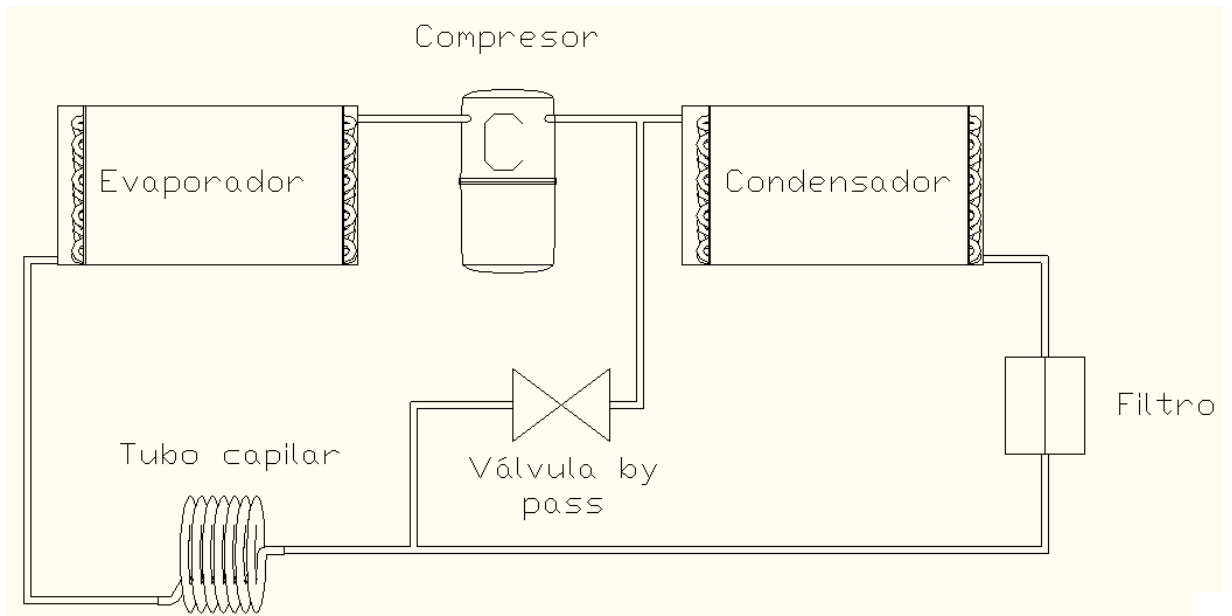
Voltage rating	AC 240 V; DC 50 V (AC 415 V to special order) (UL: AC 250 V; DC 50 V)		
Current ratings	0.1...20 A (up to 30 A to special order, single pole only)		
Typical life	50,000 operations for $I_N \leq 16A$ double pole 30,000 operations for $I_N \leq 16A$ single pole, 10,000 operations for $I_N > 16 A$		
Ambient temperature	-30...+60 °C (-22...+140 °F)		
Insulation co-ordination (IEC 60664 and 60664 A)	rated impulse withstand voltage 2.5 kV	pollution degree 2	reinforced insulation in operating area
Dielectric strength (IEC 60664 and 60664A)	test voltage operating area between poles (2 pole)	AC 3,000 V AC 1,500 V	
Insulation resistance	>100 M Ω (DC 500 V)		
Interrupting capacity I_{cn}	0.1...2 A	10 x I_N	2.5...20 A 250 A 2 pole, or 150 A 1 pole
Interrupting capacity (UL 1077)	I_N	U_N	2 pole
	0.1... 2 A	AC 250 V	200 A
	2.5... 3 A	AC 250 V	1,000 A
	3.5... 8 A	AC 250 V	2,000 A
	9 ... 16 A	AC 250 V	3,500 A
	18... 20 A	AC 250 V	5,000 A
	0.1...20 A	DC 50 V	1,000 A
Degree of protection (IEC 60529/DIN 40050)	operating area IP40 (IP54 with water splash protection) terminal area IP00		
Vibration	8 g (57-500 Hz), ± 0.61 mm (10-57 Hz) to IEC 60068-2-6, test Fc 10 frequency cycles/axis		
Shock	30 g (11 ms) to IEC 60068-2-27, test Ea		
Corrosion	96 hours at 5 % salt mist, to IEC 60068-2-11, test Ka		
Humidity	240 hours at 95 % RH, to IEC 60068-2-3, test Ca		
Mass	approx. 33 g (double pole) approx. 27 g (single pole)		

CURVA DE DISPARO



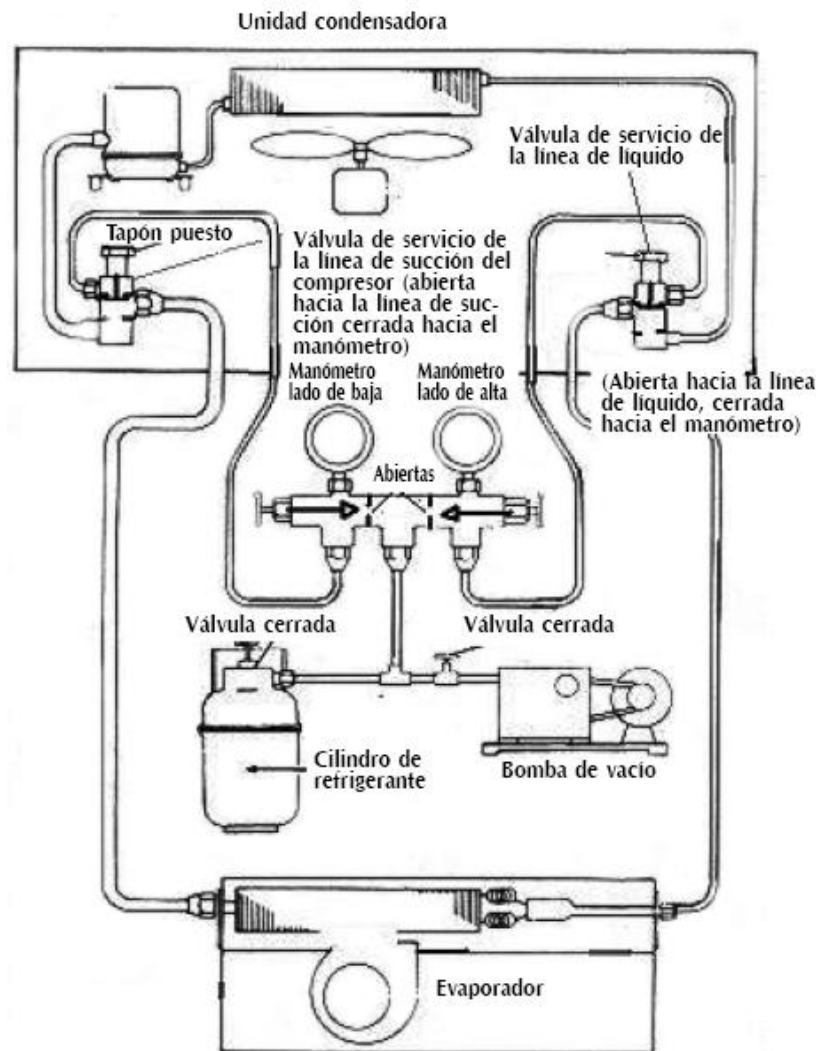
ANEXO 3.1

CIRCUITO REFRIGERACIÓN



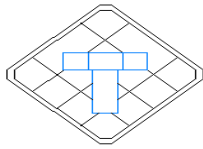
ANEXO 3.2

CONEXIÓN CARGA DE REFRIGERANTE



ANEXO 4.1

PRUEBA CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTO EXTECH



TERMO INGENIERIA

INGENIERIA EN REFRIGERACION
Y AIRE ACONDICIONADO

Oficina y planta: Gonzalo Correa N74-251 y Antonio Bazantes - Sector Carcelén Alto.

Teléfonos: (593-2)2478759 / 2478402 / 087613540 / 098860169

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Reporte No: T-001-10

Cliente: Megafrio

Descripción del elemento: Higo - termómetro, Extech Instruments, Modelo 445900

Fecha de Calibración: 26 de Julio del 2010

Descripción: El higo-termómetro fue sometido a la cámara climatizada de esta empresa para realizar su calibración en el rango de 22 a 23°C.

Condiciones: Las mediciones fueron realizadas cada 0.5°C con 55%HR \pm 10%

Resultados:

Higo - termómetro (°C)	Error (°C)
23	1,3
22,5	1,3
22	1,4

Nota: El error es añadido a la lectura del instrumento para obtener la temperatura verdadera.

Observaciones: La incertidumbre total del instrumento calibrado es de 0,38°C y un nivel de confianza del 95%
El instrumento puede ser utilizado, tomando en cuenta que, presenta un error de 1,3°C en la medida de temperatura.

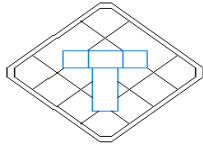
Revisado: Roberto Tonato

Aprobado:

Guillermo
Armendáriz

ANEXO 4.2

PRUEBA CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTO MASTECH



TERMO INGENIERIA

INGENIERIA EN REFRIGERACION
Y AIRE ACONDICIONADO

Oficina y planta: Gonzalo Correa N74-251 y Antonio Bazantes - Sector Carcelén Alto.

Teléfonos: (593-2)2478759 / 2478402 / 087613540 / 098860169

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Reporte No: T-002-10
Cliente: Ing. Fausto Acuña

Descripción del elemento: Multímetro 5 en 1 MASTECH

Fecha de Calibración: 28 de Septiembre de 2010

Descripción: El instrumento fue sometido a la cámara climatizada de esta empresa para realizar su calibración en el rango de 22 a 23°C.

Condiciones: Las mediciones fueron realizadas cada 0.5°C.

Resultados:

Temperatura Instrumento (°C)	Error (°C)
23	0,4
22,5	0,3
22	0,5

Nota: El error es añadido a la lectura del instrumento para obtener la temperatura verdadera.

Observaciones: La incertidumbre total del instrumento calibrado es de 0,36°C y un nivel de confianza del 95%
El instrumento puede ser utilizado, tomando en cuenta que, presenta un error de 0,4°C en la medida de temperatura.

Revisado: Roberto Tonato

Aprobado:

Guillermo
Armendáriz

ANEXO 4.3

MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO

INSPECCIÓN

Inspeccione el equipo en general, equipo de aire acondicionado, cámara climatizada. Busque abolladuras, rasguños, evidencia de aceite, etc. Factores que puedan afectar el desempeño de algún componente de la cámara.

INSTALACIÓN

Paso 1: Ubicar la cámara climatizada en un lugar provisto de: suministro eléctrico de 220V, toma de agua y desagüe.

Paso2: Conectar el suministro de agua a la cámara, ubicar la manguera de drenaje en el desagüe y conecte el cable de alimentación a la toma de suministro eléctrico de 220V.

Paso 3: Conectar el cable USB hacia el computador. Si es la primera vez que va a instalar el software Sitrad en el computador seguir el siguiente instructivo, caso contrario, continuar al **Paso 4**.

INSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN SOFTWARE SITRAD CON CONVERTOR RS-485 USB:

REQUISITOS DEL SISTEMA

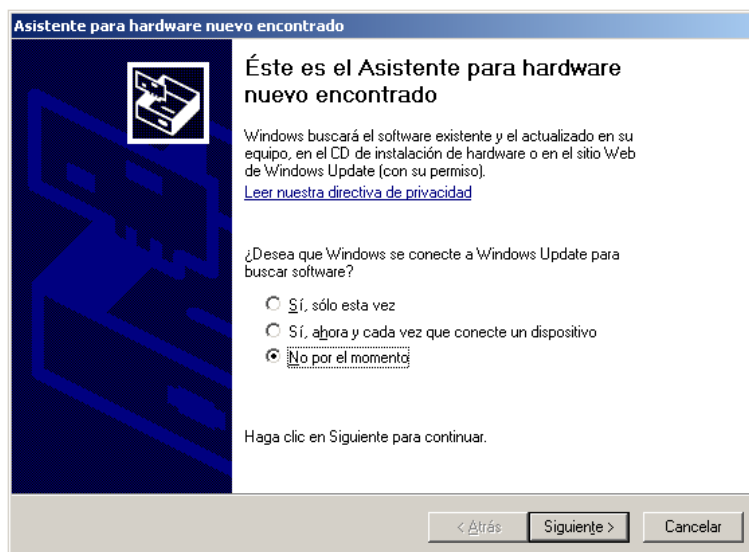
Para la comunicación serial no hay requisitos mínimos. Sólo para la comunicación USB hay que prestar atención a dos ítems:

- Funciona Windows 2000, 2003, XP, Vista y Windows 7.
- El cable USB a ser utilizado para conectar la computadora a la interface debe tener red de blindado.

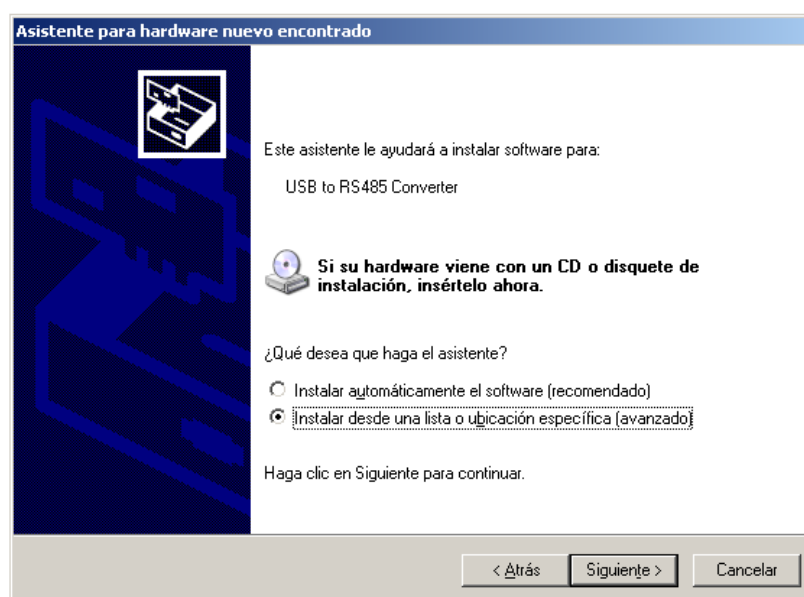
INSTALACIÓN DRIVER USB

Conecte el cable USB a la interface CONV256 o CONV32 y a una puerta USB de su computadora.

Al aparecer la siguiente pantalla, elija la opción *"No por el momento"* y haga clic en *"Siguiente"*.



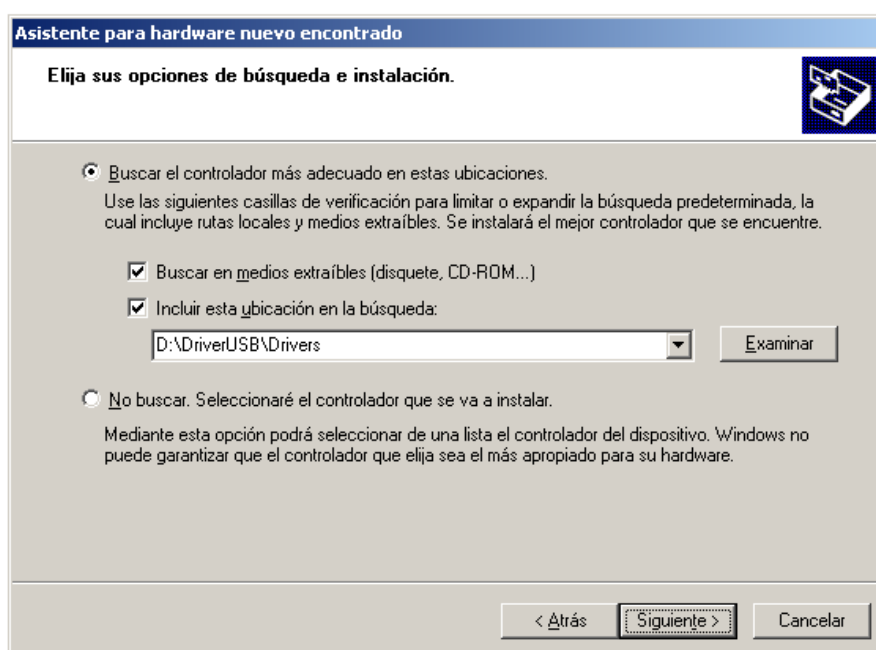
En la siguiente pantalla, elija la opción *"Instalar desde una lista o ubicación específica (avanzado)"* y haga clic en *"Siguiente"* para proseguir.



En la pantalla siguiente, marque la opción "Buscar en medios extraíbles (disquete, CD-ROM...)" o "Incluir esta ubicación en la búsqueda:", seleccionando el camino "D:\DriverUSB\Drivers", donde "D:" es la letra de su lector de CD-ROM.

Cabe recordar que sólo una de las opciones antes citadas sirve para instalar el driver.

Después de configurar la pantalla, haga clic en "Siguiente" para que el Windows localice los archivos de drivers.



Si la pantalla abajo aparece, haga clic en el botón "Continuar" para proseguir.



Al finalizar la instalación, deberá ser exhibida la pantalla abajo, confirmando la instalación del driver. Haga clic en *Finalizar* para terminar.

Ahora la interface serial ya está lista para ser usada con el cable USB.

INSTALACION SOFTWARE SITRAD MÓDULO LOCAL

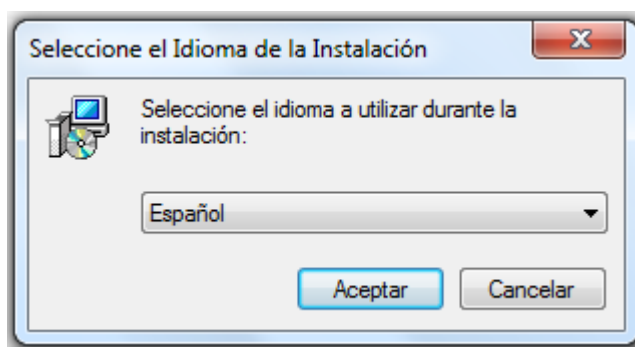
Es el módulo que debe ser instalado en la computadora donde están conectados los controladores a través de una interfaz conversora CONV32

Ingresa al CD-ROM SITRAD 4.7.

Al aparecer la siguiente pantalla, elija la opción "*sitrad local*".



En la siguiente pantalla, elija la opción “*español*” y luego haga clic en “*aceptar*”.

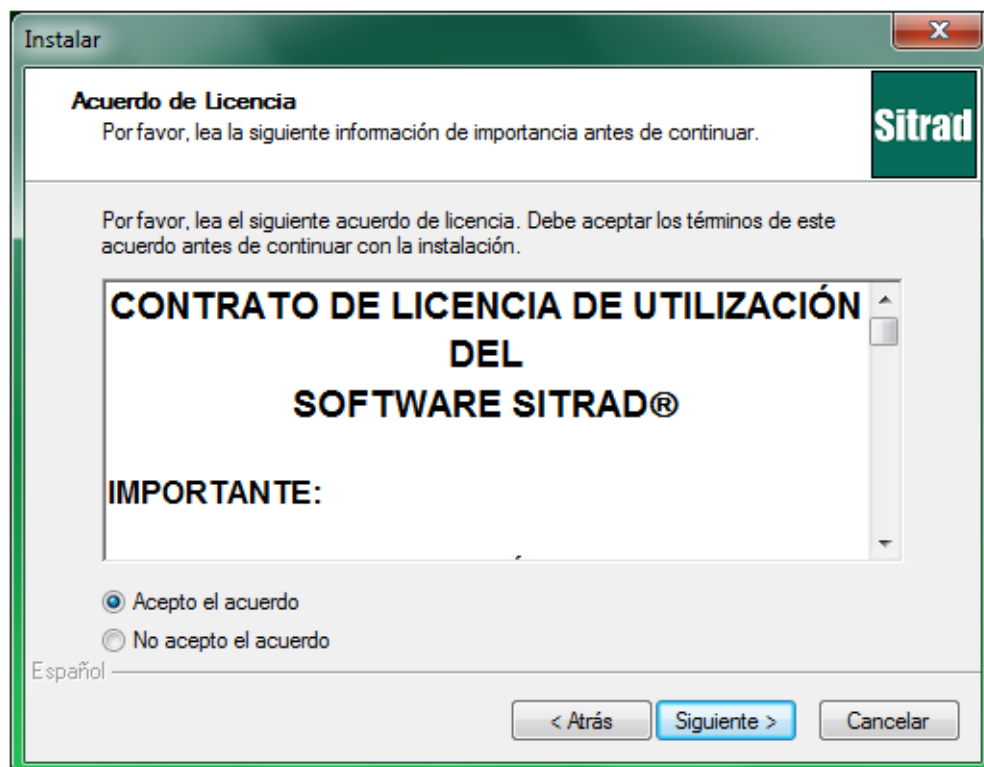


En la pantalla siguiente, haga clic en “*Siguiente*” para pasar a la próxima pantalla.

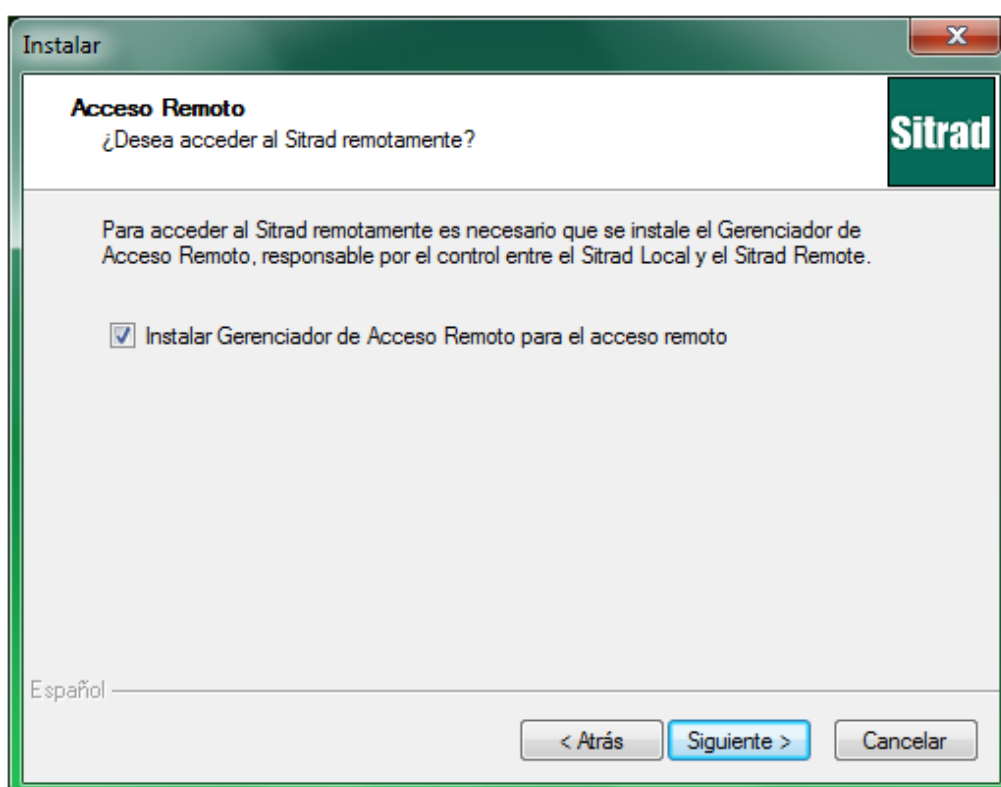


En la pantalla que aparece a continuación, marcar la opción *“Acepto el acuerdo”*.

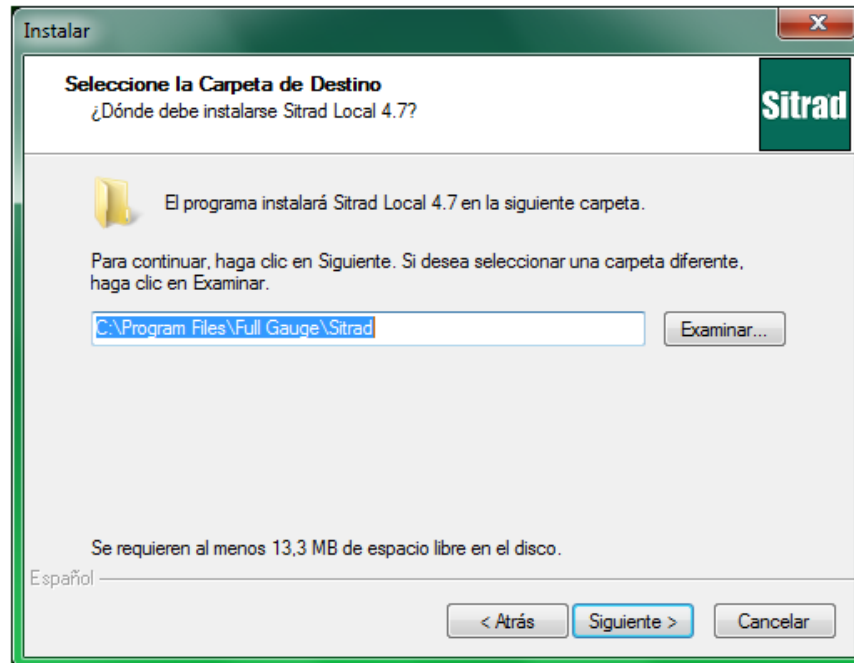
Después de marcada, hacer clic en *“Siguiente”* para aceptar el contrato de licencia de utilización del software Sitrad.



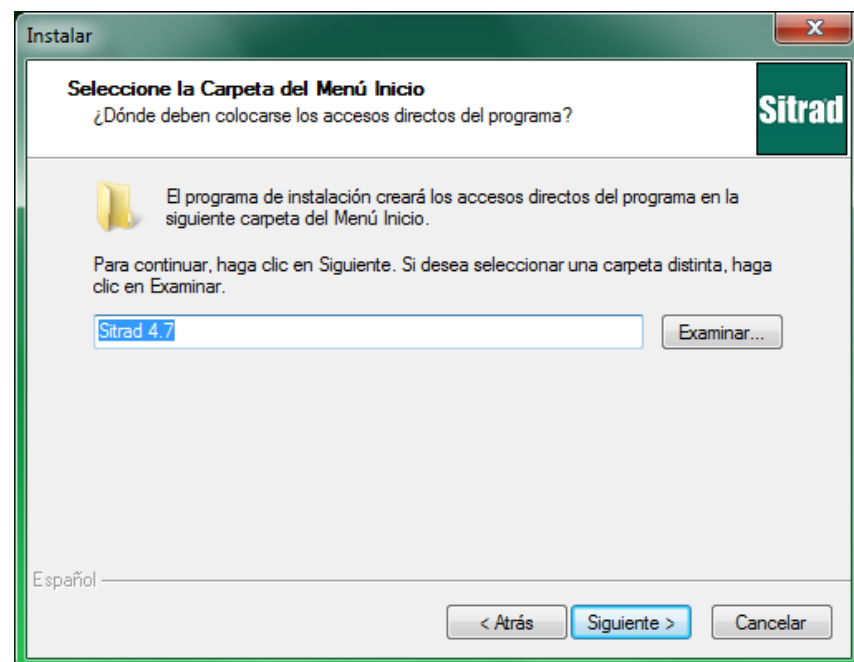
En la próxima pantalla, hacer clic en “siguiete” para poder acceder al Sitrad remotamente.



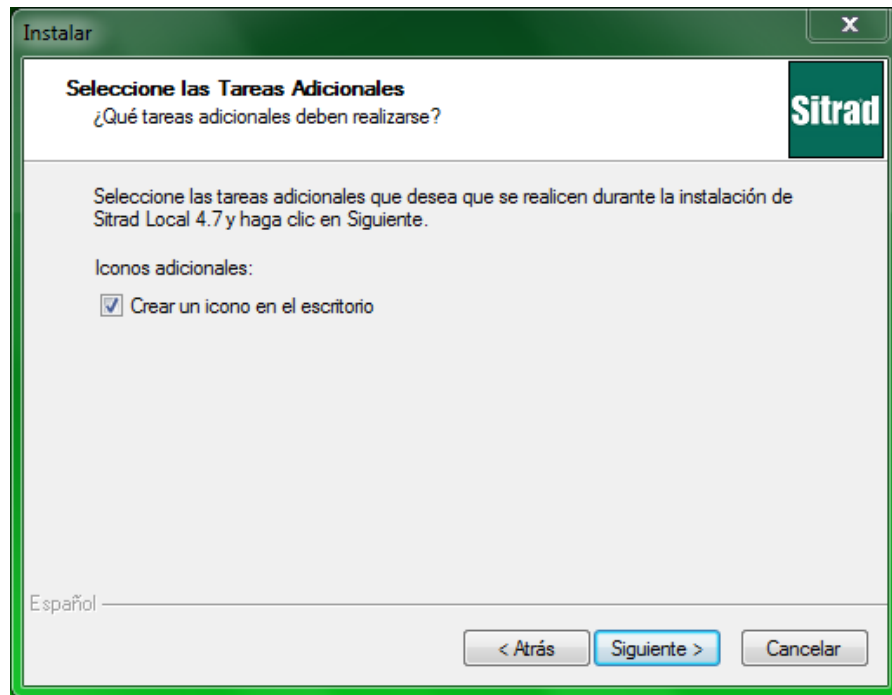
En la pantalla siguiente, elegir una ubicación para la instalación del software o caso contrario dejar que el instalador elija una ubicación por determinada y dar un clic en “siguiente”.



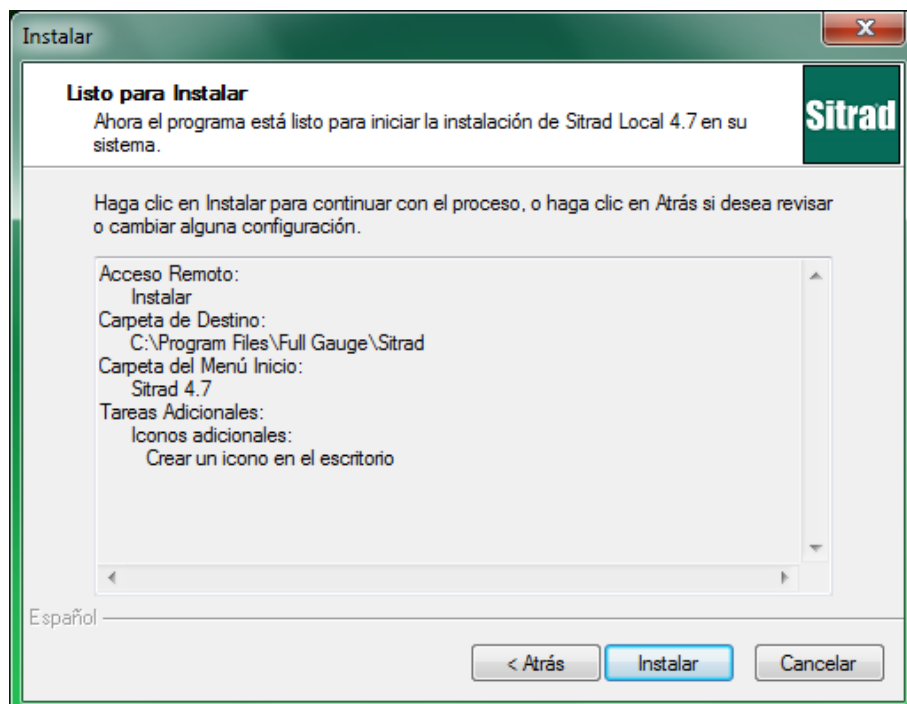
En la siguiente pantalla, elegir la ubicación para los accesos directos del programa o caso contrario dejar la configuración predeterminada por el instalador y dar clic en “Siguiente”.



En la pantalla a continuación, marcar o no si se va a crear un acceso directo en el escritorio y hacer clic en “*Siguiente*”.



En la próxima pantalla, el software está listo para instalarse; hacer clic en “*Instalar*”.



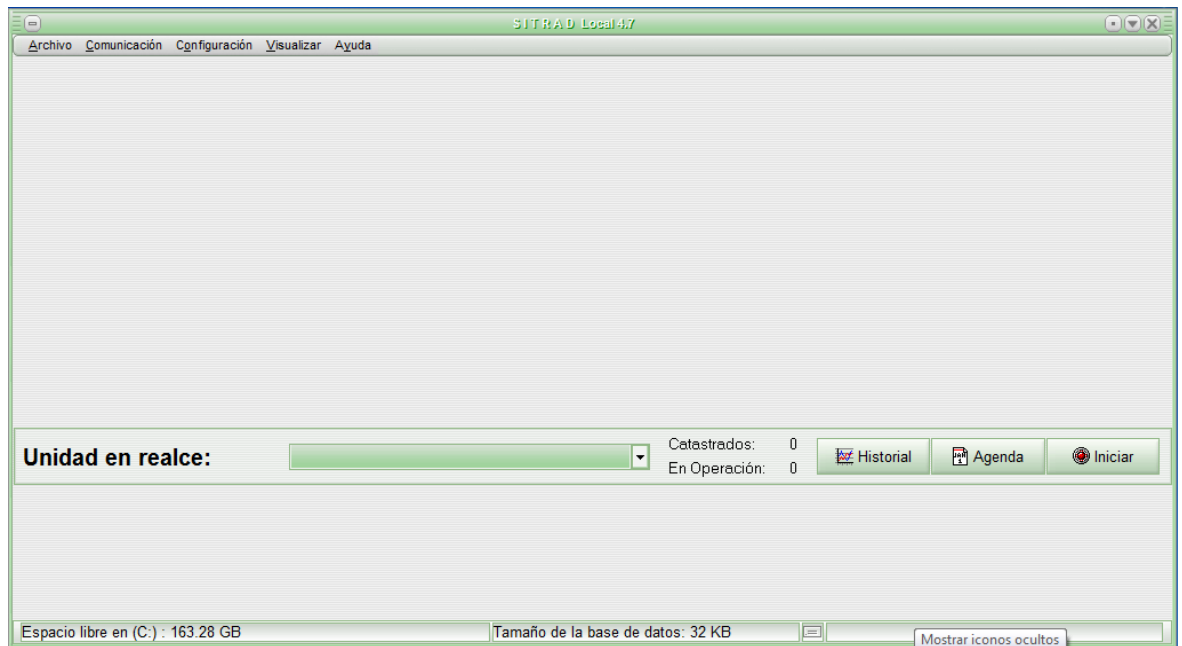
Una vez terminada la instalación, hacer clic en “Finalizar”.



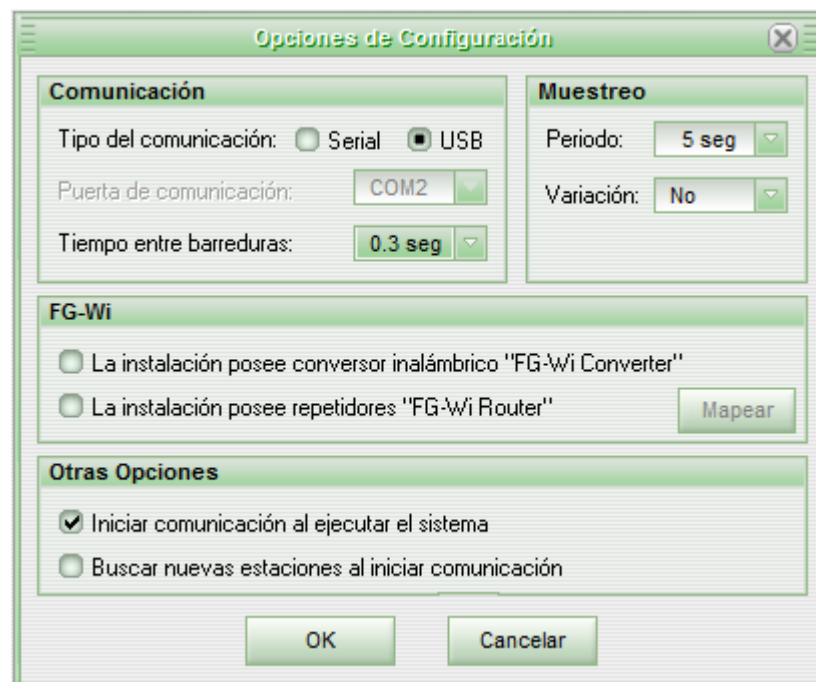
El software Sitrad en módulo local está listo para ser ejecutado.

Paso 4: Ejecutar el software Sitrad en el computador.

Al ejecutar el Sitrad por primera vez, el sistema exhibe la pantalla principal sin mostrar ningún modelo de instrumento. Las pantallas de los modelos solamente serán exhibidas en la medida en que los instrumentos estén siendo registrados.



Para configurar el sistema, haga clic en el ítem del menú *Configuración* y después en el ítem *Opciones*. El cuadro de diálogo *Opciones de Configuración* será exhibido como sigue abajo.



En este cuadro de diálogo, configurar los siguientes ítems:

- Definir el tipo de la comunicación a USB.
- Definir el tiempo entre barridos, es decir, el período de tiempo entre las adquisiciones de datos de los instrumentos.
- Hacer el ajuste del período de muestreo, es decir, el período de tiempo entre dos muestras que son almacenadas en el archivo de datos.
- Activar la comunicación al ejecutar el sistema. Cuando el sistema es iniciado, conectará automáticamente la comunicación con los instrumentos registrados.

Para confirmar todas las configuraciones, haga clic en el botón *OK*.

ARRANQUE

Arrancar la cámara climatizada desde el botón localizado en el lado derecho de la misma. La no existencia de ruido o vibraciones excesivas debería ser evidente durante este período de ejecución. El ventilador del condensador (aire ambiente), el ventilador del evaporador (aire de la pre cámara), y el compresor deben estar en ejecución si el sistema de refrigeración está activado.

El compresor está provisto de protección automática contra sobrecarga térmica. Este termo-interruptor se encuentra localizado en el interior de la carcasa de plástico pegada al compresor. El protector térmico funciona cuando el compresor se sobrecalienta debido a la entrada del filtro de aire obstruido o sucio o si se disipó en la pre cámara cargas de calor superior a la capacidad nominal del equipo de aire acondicionado.

El interruptor de sobrecarga térmica actuará y detendrá la operación del compresor. Los ventiladores seguirán operando y el compresor se reiniciará después de que se haya enfriado a la sobrecarga térmica en el corte de ajuste de la temperatura.

OPERACIÓN POR PC

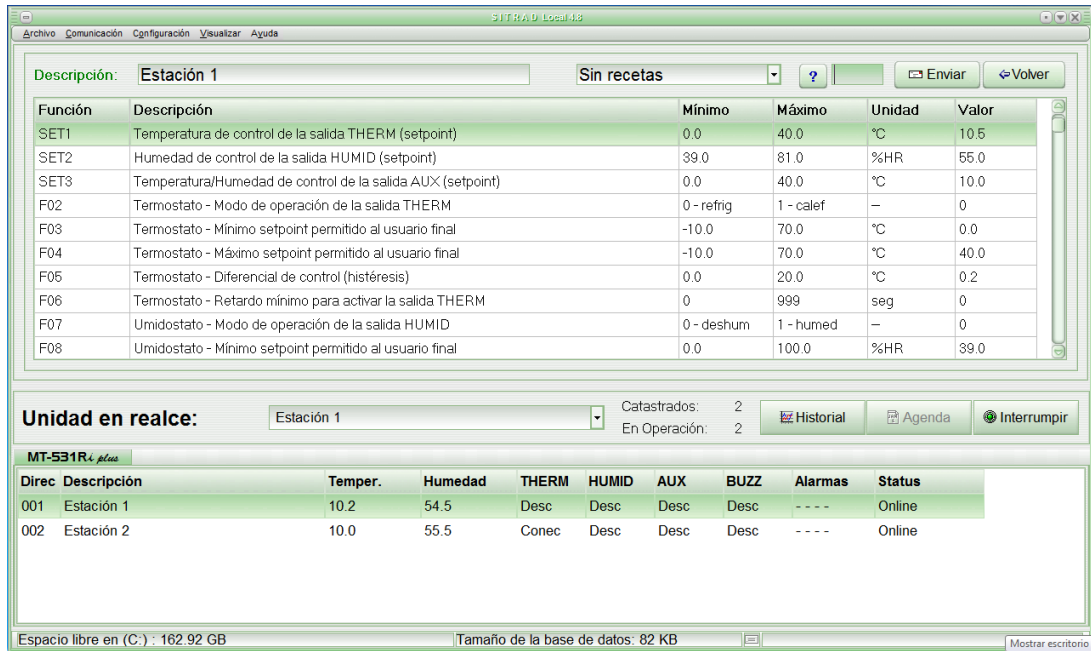
La cámara climatizada puede ser comandada en su totalidad entrando al

software Sitrad ya configurado para funcionar con el cable USB. La pantalla se mostrara con los controladores instalados similar al siguiente gráfico. Cabe señalar que el programa pide un código de acceso en algunas de las operaciones que se realiza como medio de seguridad, este código está predeterminado como 123.



Se puede visualizar la temperatura, humedad parámetros establecidos en las salidas del controlador así como alarmas.

Para variar los parámetros hay que dirigirse hacia el botón "Parámetros". Ahí se encuentra con una pantalla como la siguiente.



En la pantalla se muestran las funciones y sus parámetros, los primeros tres parámetros son para el seteo rápido de las temperaturas y humedades.

Las funciones se varían una por una y presionando el botón de enviar para comunicar el cambio del parámetro hacia el controlador.

Después de variado los parámetros presionar el botón “volver” para regresar a la pantalla principal.

OPERACIÓN MANUAL

AJUSTE DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD DE CONTROL

Presione “set” por dos segundos hasta que aparezca SET en la pantalla del controlador, soltando enseguida. Aparecerá T1 y la temperatura ajustada.

Utilice las teclas hacia arriba, hacia abajo para cambiar el valor y, cuando esté listo presione set.

Aparecerá ahora H1 y la humedad ajustada.

Utilice las teclas hacia arriba y hacia abajo para cambiar el valor y, cuando esté listo presione set.

Enseguida podrá aparecer T2 o H2, dependiendo del valor de la función F14.

Caso aparezca una de estas indicaciones, configure el valor de la salida aux con las teclas hacia arriba, hacia abajo y presiones set para confirmar.

ALTERACIÓN DE LOS PARÁMETROS

Acceder a la función F01 presionando simultáneamente las teclas hacia arriba y hacia abajo por dos segundos hasta que aparezca FUN, soltando enseguida. Luego aparecerá F01 y entonces presionar “set” (toque corto).

Utilice las teclas hacia arriba y hacia abajo para ingresar el código de acceso 123 y, cuando esté listo, presione “set” para entrar.

Utilice las teclas hacia arriba y hacia abajo para acceder a la función deseada.

Después de seleccionar la función, presione “set” (toque corto) para visualizar el valor configurado para aquella función.

Utilice las teclas hacia arriba y hacia abajo para alterar el valor y, cuando esté listo, presione set para grabar el valor configurado y volver al menú de funciones.

Para salir del menú de funciones y volver a la operación normal, presiones “set” hasta que aparezca ---.