

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA



**Adaptación de una metodología basada en normas  
Internacionales para el cálculo de eficiencia en unidades  
de aire acondicionado de expansión.**

PRESENTADO POR:

**JOSÉ MIGUEL MENÉNDEZ MONTES  
SERGIO EDMUNDO SANTAMARÍA DORATT  
GERARDO RAFAEL VEGA OSORIO**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 2015

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR :**

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**SECRETARIA GENERAL :**

**DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO :**

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**SECRETARIO :**

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA**

**DIRECTOR :**

**ING. JOSÉ WILBER CALDERÓN URRUTIA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

Título :

**Adaptación de una metodología basada en normas  
Internacionales para el cálculo de eficiencia en unidades de  
aire acondicionado de expansión.**

Presentado por :

**JOSÉ MIGUEL MENÉNDEZ MONTES  
SERGIO EDMUNDO SANTAMARÍA DORATT  
GERARDO RAFAEL VEGA OSORIO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

**MSC. ING. CARLOS OSMÍN POCASANGRE JÍMENEZ**

San Salvador, Febrero 2015

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

**MSC. ING. CARLOS OSMÍN POCASANGRE JÍMENEZ**

## ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, 22 de enero de 2015, en la Sala de Reuniones de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 4:00 horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. MSc. e Ing. José Wilber Calderón Urrutia  
Director
2. MSc. e Ing. Salvador de Jesús Germán  
Secretario

Firma:

*Wilber Calderón*

Firma:

*Salvador de Jesús Germán*



Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- 1- MSc. e Ing. Carlos Osmin Pocasangre Jiménez
- 2- Ing. Armando Martínez Calderón
- 3- MSc. e Ing. Jorge Alberto Zetino Chicas

Firma:

*Carlos Osmin Pocasangre Jiménez*  
*Armando Martínez Calderón*  
*Jorge Alberto Zetino Chicas*

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

Adaptación de una metodología basada en normas Internacionales para el cálculo de eficiencia en unidades de aire acondicionado de expansión.

A cargo de los Bachilleres:

- Menéndez Montes José Miguel
- Santamaría Doratt Sergio Edmundo
- Vega Osorio Gerardo Rafael

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final:

7.8

*(Siete punto ocho.)*

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a mi familia, a mi padre Edmundo Santamaría, mi madre Rhina Esperanza Doratt de Santamaría y mi hermana Ingrid Santamaría Doratt, quienes estuvieron ahí, conmigo apoyándome incondicionalmente, pues sin su cariño y fuerza no hubiera logrado culminar este logro, también agradezco a mi grupo de estudio compañeros, colegas y amigos que nos esforzamos todos juntos a lo largo de la carrera siempre alegrándonos el camino y haciendo menos pesada la carga durante las largas jornadas de estudio, un agradecimiento especial a mis compañeros de tesis por toda su paciencia, pues fue con ellos con quienes compartí esta jornada final y que con mucho esfuerzo logramos culminar. Muchas Gracias.

Sergio Edmundo Santamaría.

# INDICE

---

INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. ALCANCES.....	3
CAPÍTULO I.....	4
1 HISTORIA.....	4
1.1 LA REFRIGERACIÓN A TRAVÉS DE LOS AÑOS.....	4
2 TERMODINÁMICA.....	6
2.1 LEYES DE LA TERMODINÁMICA.....	6
2.1.1 Primera ley de la termodinámica.....	6
2.1.2 Segunda ley de la termodinámica.....	6
2.1.3 Tercera ley de la termodinámica.....	7
2.1.4 Ley cero de la termodinámica.....	7
3 INTERPRETACIÓN DE GRAFICOS DE MOLLIER Y CICLO DE REFRIGERACIÓN.....	8
3.1 GRAFICOS DE MOLLIER.....	8
3.2 COMO SE INTERPRETA LA GRAFICA DE MOLLIER.....	8
3.2.1 Entalpía.....	9
3.2.2 Temperatura Crítica.....	10
3.2.3 Presión Crítica.....	10
3.2.4 Volumen específico.....	12
3.2.5 Entropía.....	12
4 CICLO DE REFRIGERACION DE AIRES ACONDICIONADOS.....	13
4.1 REPRESENTACIÓN DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN EN LA GRÁFICA MOLLIER.....	15

4.2	CONDICIONES NECESARIAS PARA TRAZAR EL CICLO DE REFRIGERACIÓN EN LA GRÁFICA DE MOLLIER .....	16
4.3	CICLO MECÁNICO COMPLETO .....	17
5	PARTES DE LOS AIRES ACONDICIONADOS .....	18
5.1	EVAPORADOR. ....	18
5.1.1	Tipos de evaporador.....	18
5.2	CONDENSADOR.....	20
5.3	COMPRESOR .....	21
5.3.1	Compresor scroll o centrífugo .....	21
5.3.2	Compresor swing, rotativo o giratorio .....	22
5.3.3	Compresor de Tornillo.....	22
5.3.4	Compresor alternativo o de pistón .....	23
5.3.5	Compresor inverter .....	24
5.4	LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN. ....	26
5.4.1	Qué controla la válvula.....	26
5.5	PARTES ACCESORIOS.....	26
5.5.1	La Mirilla (Visor).....	26
5.5.2	Receptores:.....	27
5.5.3	Válvula Maestra del receptor .....	28
5.5.4	Filtro Secador.....	28
6	TECNOLOGIAS DE AIRES ACONDICIONADOS .....	30
6.1	AIRES ACONDICIONADOS TIPO VENTANA .....	30
6.2	AIRES ACONDICIONADOS TIPO SPLIT .....	32
6.2.1	Características. ....	32
6.2.2	Funcionamiento.....	33
7	REFRIGERANTES .....	35



7.1	¿QUÉ ES UN REFRIGERANTE? .....	35
7.2	REPERCUSIONES EN EL MEDIO AMBIENTE DE LOS REFRIGERANTES .....	35
7.3	PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO: EL PROTOCOLO DE MONTREAL.....	37
7.3.1	Productos químicos controlados por el Protocolo de Montreal.....	38
7.3.2	Nuevas opciones en materia de refrigerantes .....	40
7.4	EL SALVADOR EN LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO .....	41
Tabla 4. Importación Anual Permitida 1999 a 2010 (en toneladas métricas).....		43
7.5	CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES .....	43
8	EFICIENCIA EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO. ....	49
8.1	INDICADORES DE EFICIENCIA.....	49
8.1.1	Eficiencia en régimen permanente. ....	49
8.1.2	Eficiencia en régimen estacional. ....	50
8.2	CARGAS TÉRMICAS. ....	51
8.2.1	Cargas Exteriores .....	51
8.2.2	La infiltración o ventilación de aire ambiente.....	51
8.2.3	Cargas Interiores.....	52
8.2.4	Metabolismo de seres vivos .....	52
8.2.5	Trabajo electro-mecánico.....	52
8.2.6	Combustión y procesos químicos.....	52
CAPITULO II.....		53
9	PSICROMETRÍA. ....	53
9.1	COMPOSICIÓN DEL AIRE SECO Y EL AIRE HÚMEDO. ....	53
9.2	PRESIÓN ATMOSFÉRICA ESTÁNDAR. ....	53
9.3	PROPIEDADES TERMODINÁMICAS PARA LOS CÁLCULOS DE PSICROMETRÍA. ....	54
9.4	PARÁMETROS DE HUMEDAD.....	56
9.4.1	Parámetros de humedad envolviendo Saturación.....	56

9.5	RELACIONES DE GASES IDEALES PARA EL AIRE SECO Y EL AIRE HÚMEDO. ....	57
9.6	PSICROMETRÍA APLICADA Y CÁLCULO DE LA EFICIENCIA. ....	59
10	MEDICIONES .....	64
10.1	PREPARACION PREVIA DE LOS EQUIPOS .....	64
10.2	EQUIPO DE MEDCION .....	65
10.3	MEDICION .....	67
11	MANUAL DE USUARIO .....	72
11.1	LA VENTANA DE INICIO. ....	72
11.2	VENTANA DE AGREGAR EQUIPOS. ....	73
11.3	VENTANA CALCULAR EFICIENCIA. ....	75
11.4	VENTANA EDITAR BASE DE DATOS. ....	78
CAPITULO III .....		80
12	RESULTADOS. ....	80
13	DIAGNOSTICO Y PLAN DE MANTENIMIENTO .....	1
13.1	Software recomendado para calendarización de mantenimientos. ....	1
13.1.1	eMaint x3. ....	1
14	CONCLUSIONES. ....	7
15	RECOMENDACIONES. ....	9
16	BIBLIOGRAFÍA .....	10

# INDICE DE FIGURAS

---

Figura 1 Willis Haviland Carrier .....	5
Figura 2 Diagrama de Mollier .....	8
Figura 3 Líneas de líquido y de vapor saturados .....	9
Figura 4 Líneas de sequedad (calidad) constante .....	11
Figura 5 Líneas que constituyen el gráfico de Mollier.....	12
Figura 6 Diagrama esquemático de un ciclo de refrigeración simple .....	13
Figura 7 Ciclo frigorífico.....	15
Figura 8 Relación del ciclo de refrigeración que indica los estados del refrigerante con el ciclo de refrigeración de la gráfica de Mollier .....	16
Figura 9 De Expansión Directa, son los más comunes del mercado .....	20
Figura 10 Condensador enfriado por aire, son los más comunes en el mercado .....	21
Figura 11 Compresor Scroll .....	22
Figura 12 Principio del compresor giratorio.....	22
Figura 13 Compresor de Tornillo.....	23
Figura 14 Pistón de compresor.....	23
Figura 15 Compresor Alternativo o de Pistón .....	24
Figura 16 Esquema de eficiencia de invertir y inverter+twin Rotator equipos TOSHIBA ...	25
Figura 17 Tecnología Twin Rotary y comparación con la tecnología giratoria .....	25
Figura 18 Funcionamiento de la válvula de expansión, al subir la temperatura .....	26
Figura 19 Mirilla de cristal con indicadora de humedad .....	27
Figura 20 Receptores Verticales y Horizontales.....	28
Figura 21 Válvula maestra conectada al circuito.....	28
Figura 22 Carcasa del filtro secador (izq), corte interno del filtro secador (der) .....	29
Figura 23 Flujo de aire en las unidades tipo ventana.....	31
Figura 24 Tipos de Mini-Split .....	32
Figura 25 Flujo de aire en mini Split .....	33
Figura 26 Aletas oscilantes .....	34
Figura 27 Ubicación de la capa de ozono en la atmosfera.....	36
Figura 28 Clasificación numero CAS .....	44
Figura 29 Pictogramas de la subclase UN 2.....	45
Figura 30 Rombo de seguridad NFPA 4040 .....	45

Figura 31 Niveles de inflamabilidad y toxicidad ASHRAE 34-2010.....	46
Figura 32 Ejemplos de compuestos puros.....	47
Figura 33 Ejemplos de mezclas azeotrópicas .....	47
Figura 34 Ejemplos de mezclas zeotrópicas .....	48
Figura 35 Nomenclatura .....	48
Figura 36 Otro método de nomenclatura .....	48
Figura 37. Calculo de calor sensible y calor latente en la carta psicrométrica. ....	60
Figura 38 Posición correcta de difusores para la medición.....	64
Figura 39 Distorsión en el flujo laminar del aire .....	64
Figura 40 THWD-3 Relative Humidity Temperature Meter .....	65
Figura 41 Cinta metálica .....	66
Figura 42 Mini anemómetro digital GM8908.....	66
Figura 43 PCE-PA 8000 .....	67
Figura 44 Tipo ventana .....	68
Figura 45 Tipo Split .....	68
Figura 46 Medición de ancho en aires acondicionados Split .....	69
Figura 47 Distancia de medición de temperatura y humedad relativa.....	69
Figura 48 Distancia de medición de temperatura y humedad relativa.....	70
Figura 49 Medición velocidad del viento .....	71
Figura 50 Medición de potencia eléctrica .....	71
Figura 51 Pantalla inicial.....	72
Figura 52 Agregar nuevo equipo .....	73
Figura 53 Ejemplo de ingreso de equipo nuevo.....	74
Figura 54 Ventana cálculo de eficiencia .....	75
Figura 55 Ejemplo cálculo de eficiencia.....	76
Figura 56 Selección guardar .....	77
Figura 57 Advertencia.....	78
Figura 58 Base de datos.....	78
Figura 59 Inventario borrado.....	79
Figura 60 Ejemplo de software para motores.....	2
Figura 61 Calendarización de mantenimiento de motores.....	3

## INDICE DE TABLAS

---

Tabla 1 Temperatura y presión crítica.....	10
Tabla 2. Sustancias y su potencial de agotamiento del ozono PAO.....	37
Tabla 3 Reemplazos de algunos refrigerantes .....	41
Tabla 4. Importación Anual Permitida 1999 a 2010 (en toneladas métricas).....	43
Tabla 5. Clasificación de gases UN.....	44
Tabla 6. Clasificación De Números Estándar 34 – 2010 ASHRAE .....	46
Tabla 7 Resumen de inventarios de equipos.....	2
Tabla 8 Problema, causa y verificación .....	6

# I. INTRODUCCIÓN

La capacidad del ser humano de crear sus propias condiciones de trabajo ha mejorado considerablemente con el pasar del tiempo, la climatización y acondicionamiento de espacios ha permitido que se puedan realizar tareas aún en los ambientes más desfavorables, transportar mercancías y prolongar la vida de alimentos y sustancias.

Para nadie es un secreto que tantos equipos, maquinaria en general y también seres vivos, tendrán un mejor desempeño en sus actividades diarias si se encuentran trabajando a una temperatura adecuada. El proveer condiciones óptimas de trabajo mediante la climatización ha sido un verdadero reto para los ingenieros.

La invención de los equipos de aire acondicionado (A/C) ha significado un gran desarrollo en el mundo industrializado en el que vivimos, ha permitido mantener equipos y personas en ambientes controlados para que se desempeñen en su forma más eficiente sin importar las condiciones climáticas del exterior las 24 horas del día.

El consumo energético de los equipos de aire acondicionado es considerable y es necesario que estos sean cada vez más eficientes, de mejor calidad y amigables con el medio ambiente. Con esto en mente se desarrollan diferentes tecnologías que han permitido que hoy en día estos equipos sean mucho más eficientes que sus predecesores.

Existen normas internacionales, que permiten identificar si un equipo de A/C está operando de forma adecuada y eficiente. Cabe destacar que mientras se realizaba esta investigación se publicó la Norma Técnica Salvadoreña relacionada a este mismo tema.

En este trabajo se presenta un estudio de eficiencia de los equipos de A/C tipo ventana y mini-split que se encuentran en la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad de El Salvador, se adapta un procedimiento basado en diferentes normas nacionales e internacionales para el cálculo de relación de eficiencia energética (EER) y mediante software se realiza una base de datos de los A/C descritos anteriormente.

## II. OBJETIVOS

### **GENERALES**

Adaptar una metodología basada en normas internacionales para el cálculo de eficiencia en unidades de aire acondicionado de expansión en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

### **ESPECÍFICOS**

- Adaptar un manual para el diagnóstico de funcionamiento de aires acondicionados tipo ventana y mini-split basado en normas internacionales.
- Llevar a cabo pruebas del diagnóstico para así validar los resultados.
- Redactar un manual de procedimientos para encontrar las posibles causas de falla y/o deficiencias en los equipos instalados en base al diagnóstico.
- Elaborar una base de datos de la eficiencia de los equipos de aire acondicionado en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador usando un programa de computadora.

### **III. ALCANCES**

Adaptar un manual de diagnóstico para equipos de aire acondicionado tipo ventana y mini-split, así como presentar un manual de procedimientos para encontrar las posibles fallas y/o deficiencias en los equipos instalados.

Identificar los equipos de aire acondicionado instalados en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, ya sea que estén en funcionamiento o no, y elaborar con el uso de software, una base de datos que muestre la eficiencia de los equipos de aire acondicionado tipo ventana y mini-split.



# CAPÍTULO I

## 1 HISTORIA

### 1.1 LA REFRIGERACIÓN A TRAVÉS DE LOS AÑOS

Aun cuando los primeros antepasados del hombre, conocieron y observaron los efectos del frío, hielo y nieve sobre sus cuerpos y sobre las cosas alrededor de ellos no es hasta la temprana historia china que encontramos alguna referencia al uso de estos fenómenos naturales de refrigeración para mejorar la vida de la gente y luego únicamente para el enfriamiento de bebidas.

En 1842, Lord Kelvin inventó el principio del A/C, creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante. Para ello, se basó en 3 principios:

- El calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja El cambio de estado de líquido a gas absorbe calor.
- la presión y la temperatura están directamente relacionadas.

Un aparato de A/C sirve, tal y como indica su nombre, para el acondicionamiento del aire. Éste es el proceso más completo de tratamiento del ambiente en un local cerrado y consiste en regular la temperatura, ya sea calefacción o refrigeración, el grado de humedad, la renovación o circulación del aire y su limpieza, es decir, su filtrado o purificación. [1]

En 1844, el físico estadounidense John Corrie inventó el primer sistema práctico de refrigeración mecánica para refrescar las salas de enfermos en un hospital de la Florida. El sistema utilizaba el método de circulación de aire para enfriar. [2]

En 1856, se consideraba de modo general al estadounidense Alexander C. Twinning como el iniciador de la refrigeración comercial. [2]

En 1859, Ferdinand Carré desarrollo en Francia un sistema de refrigeración por absorción del amoníaco mediante un procedimiento térmico. [2]

En la década de 1900 se desarrolló la refrigeración industrial mediante el uso del ciclo mecánico.



**Figura 1 Willis Haviland Carrier**

En 1902, el estadounidense Willis Haviland Carrier (Figura 1) sentó las bases de la refrigeración moderna y, al encontrarse con los problemas de la excesiva humidificación del aire enfriado, las del A/C, desarrolló el concepto de climatización de verano. Diseñó una máquina que controlaba la temperatura y la humedad por medio de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de A/C de la Historia.

En 1906, fue patentado El “Aparato para Tratar el Aire”.

En 1911, Carrier reveló su Fórmula Racional Psicométrica Básica a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. La fórmula sigue siendo hoy en día la base de todos los cálculos fundamentales para la industria del A/C. [1]

En 1915, se formó la Compañía de Ingeniería Carrier, dedicada a la innovación tecnológica de su único producto, el A/C. Durante los primeros años, su objetivo principal fue mejorar el desarrollo de los procesos industriales con máquinas que permitieran el control de la temperatura y la humedad. [1]

En 1921, Willis Haviland Carrier patentó la Máquina de Refrigeración Centrífuga. También conocida como enfriadora centrífuga o refrigerante centrifugado, fue el primer método para acondicionar el aire en grandes espacios. [1]

En 1924, la Máquina de Refrigeración Centrífuga se estrenó en la tienda departamental Hudson de Detroit, Michigan [1].

En 1928, Willis Haviland Carrier desarrolló el primer equipo que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacía circular el aire para casas y departamentos.

## 2 TERMODINÁMICA

La termodinámica es la rama de la física que describe los estados de equilibrio a nivel macroscópico. Los estados de equilibrio son estudiados y definidos por medio de magnitudes extensivas tales como la energía interna, la entropía, el volumen o la composición molar del sistema, o por medio de magnitudes no-extensivas derivadas de las anteriores como la temperatura, presión y el potencial químico; otras magnitudes tales como la imantación, la fuerza electromotriz y las asociadas con la mecánica de los medios continuos en general también pueden ser tratadas por medio de la termodinámica.

### 2.1 LEYES DE LA TERMODINÁMICA.

#### 2.1.1 Primera ley de la termodinámica

También conocida como principio de conservación de la energía para la termodinámica, establece que si se realiza trabajo sobre un sistema o bien éste intercambia calor con otro, la energía interna del sistema cambiará. Visto de otra forma, esta ley permite definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre trabajo y energía interna.

La ecuación general de la conservación de la energía es la siguiente [3]:

$$\Delta U = Q - W \quad (1)$$

Donde  $U$  es la energía interna del sistema (aislado),  $Q$  es la cantidad de calor aportado al sistema y  $W$  es el trabajo realizado por el sistema [4].

#### 2.1.2 Segunda ley de la termodinámica

Esta ley regula la dirección en la que deben llevarse a cabo los procesos termodinámicos y, por lo tanto, la imposibilidad de que ocurran en el sentido contrario. También establece, en algunos casos, la imposibilidad de convertir completamente toda la energía de un tipo en otro sin pérdidas. De esta forma, La Segunda ley impone restricciones para las transferencias de energía que hipotéticamente pudieran llevarse a cabo teniendo en cuenta sólo el Primer Principio. Esta ley apoya todo su contenido aceptando la existencia de una magnitud física llamada entropía tal que, para un sistema aislado (que no intercambia materia ni energía con su entorno), la variación de la entropía siempre debe ser mayor que cero. Debido a esta ley también se tiene que el flujo espontáneo de calor siempre es unidireccional, desde los cuerpos a temperatura más alta a aquellos de temperatura más baja.

### **2.1.3 Tercera ley de la termodinámica**

La Tercera de las leyes de la termodinámica, propuesto por Walther Nernst, afirma que es imposible alcanzar una temperatura igual al cero absoluto mediante un número finito de procesos físicos. Puede formularse también como que a medida que un sistema dado se aproxima al cero absoluto, su entropía tiende a un valor constante específico. La entropía de los sólidos cristalinos puros puede considerarse cero bajo temperaturas iguales al cero absoluto. No es una noción exigida por la Termodinámica clásica, así que es probablemente inapropiado tratarlo como una ley.

### **2.1.4 Ley cero de la termodinámica**

El equilibrio termodinámico de un sistema se define como la condición del mismo en el cual las variables empíricas usadas para definir un estado del sistema (presión, volumen, campo eléctrico, polarización, magnetización, tensión lineal, tensión superficial, entre otras) no son dependientes del tiempo. A dichas variables empíricas (experimentales) de un sistema se les conoce como coordenadas termodinámicas del sistema. A este principio se le llama del equilibrio termodinámico. Si dos sistemas A y B están en equilibrio termodinámico, y B está en equilibrio termodinámico con un tercer sistema C, entonces A y C están a su vez en equilibrio termodinámico. Este principio es fundamental, aun siendo ampliamente aceptado, no fue formulado formalmente hasta después de haberse enunciado las otras tres leyes. De ahí que recibe la posición cero.

### 3 INTERPRETACIÓN DE GRAFICOS DE MOLLIER Y CICLO DE REFRIGERACIÓN.

#### 3.1 GRAFICOS DE MOLLIER.

Para diagnosticar cualquier problema, se debe determinar con precisión qué es lo que está sucediendo dentro del sistema de refrigeración. Dado que el sistema está cerrado herméticamente, se utiliza manómetros para verificar las presiones y termómetros para medir las temperaturas. Se utiliza también una mirilla en el sistema para verificar la cantidad de refrigerante cargado y su grado de sequedad.

La gráfica de Mollier se utiliza para calcular las capacidades de los sistemas de refrigeración. El diagrama Ph, o diagrama de Mollier (Figura 2) para presión entalpía, es la representación gráfica en una carta semilogarítmica en el plano Presión/entalpía de los estados posibles de un compuesto químico, especialmente para los gases refrigerante, y es en ella donde se trazan y suelen estudiar los distintos sistemas frigoríficos de refrigeración por compresión [4].

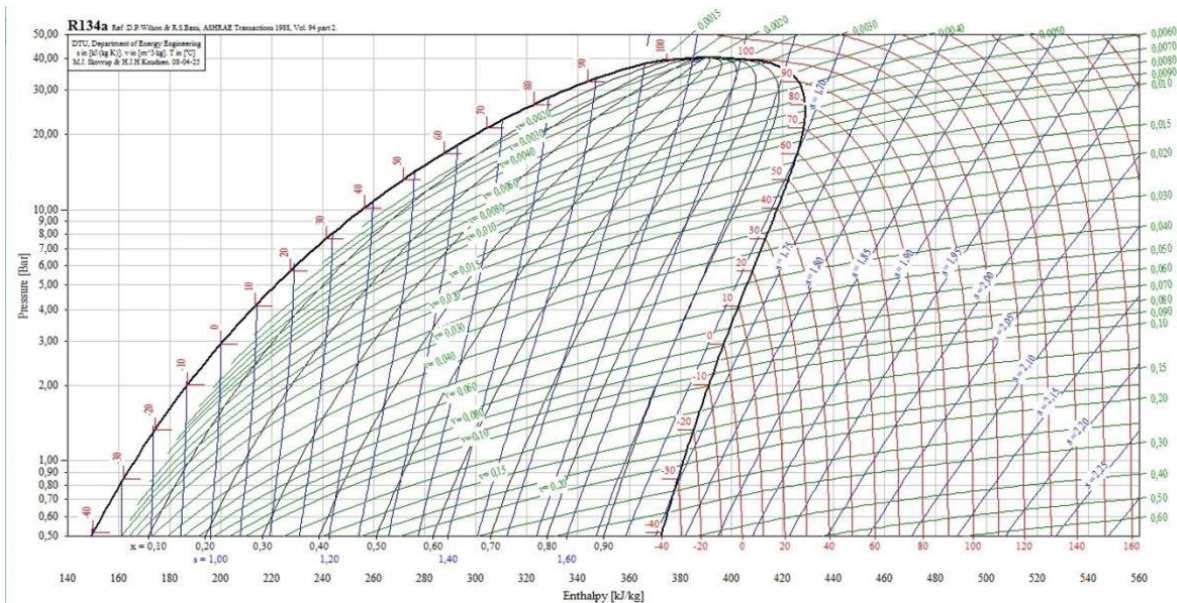


Figura 2 Diagrama de Mollier

#### 3.2 COMO SE INTERPRETA LA GRAFICA DE MOLLIER.

Las líneas horizontales son líneas de presión constante (isobáricas) y las verticales son líneas de entalpía constante (isoentálpicas), en otras palabras, la cantidad de calor presente en un kilogramo de refrigerante.

### 3.2.1 Entalpía

Aun cuando a veces se define a la entalpía como “calor total”, es más correcto y preciso definirla como la suma de toda la energía proporcionada por una masa dada de material. El cálculo de la entalpía se define de la siguiente forma [5]:

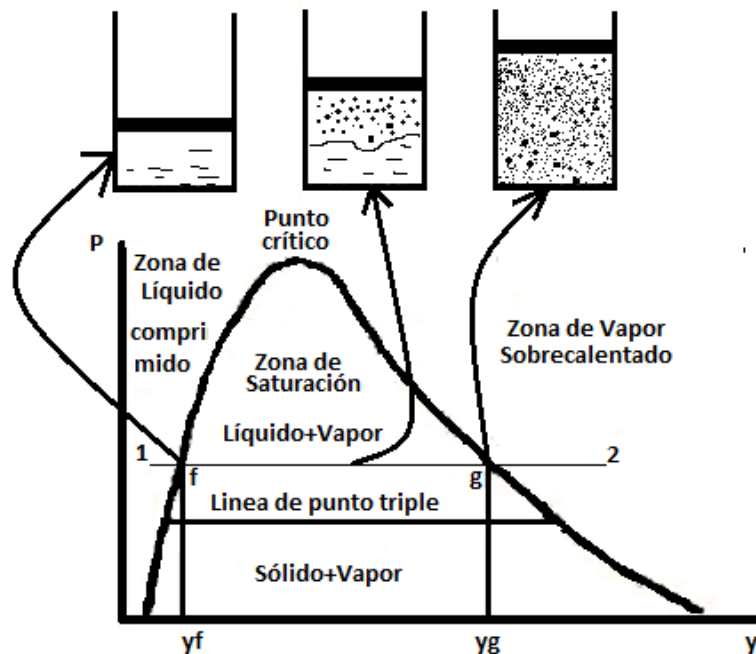
$$h = u + pv \quad (2)$$

Dónde:

$u$ = energía interna [Kcal/Kg]

$p$ = presión absoluta [Kgf/cm<sup>2</sup>]

$v$ = volumen específico [m<sup>3</sup>/Kg]



**Figura 3 Líneas de líquido y de vapor saturados**

Como se indica en la Figura 3, la gráfica se divide en tres áreas principales que están separadas una de la otra por la línea de líquido saturado y la línea de vapor saturado. El área de lado izquierdo de la línea del líquido saturado se llama “región de sub enfriamiento”. En todo punto de la región de sub enfriamiento el refrigerante está en el estado líquido y su temperatura es inferior a la temperatura de saturación correspondiente a su presión. El área en el lado derecho de la línea de vapor saturado es la “región de sobrecalentamiento” y el refrigerante en esta región se encuentra en forma de vapor sobrecalentado. La sección central de la gráfica entra las

líneas del líquido saturado y del vapor saturado, se llama "región de cambio de fase", que representa el cambio de fase del refrigerante entre los estados líquido y gaseoso. En todo punto entre las dos líneas del refrigerante está en forma de mezcla de líquido y vapor. El punto de unión de la línea de líquido saturado y de la línea de vapor saturado se denomina "punto crítico". La temperatura y la presión de en dicho punto de denomina "temperatura crítica" y "presión crítica", respectivamente. [4]

### 3.2.2 Temperatura Crítica

La temperatura crítica de todo gas es la temperatura más elevada en la que el gas es condensable mediante la aplicación de presión. La temperatura crítica define según la clase de gas.

### 3.2.3 Presión Crítica

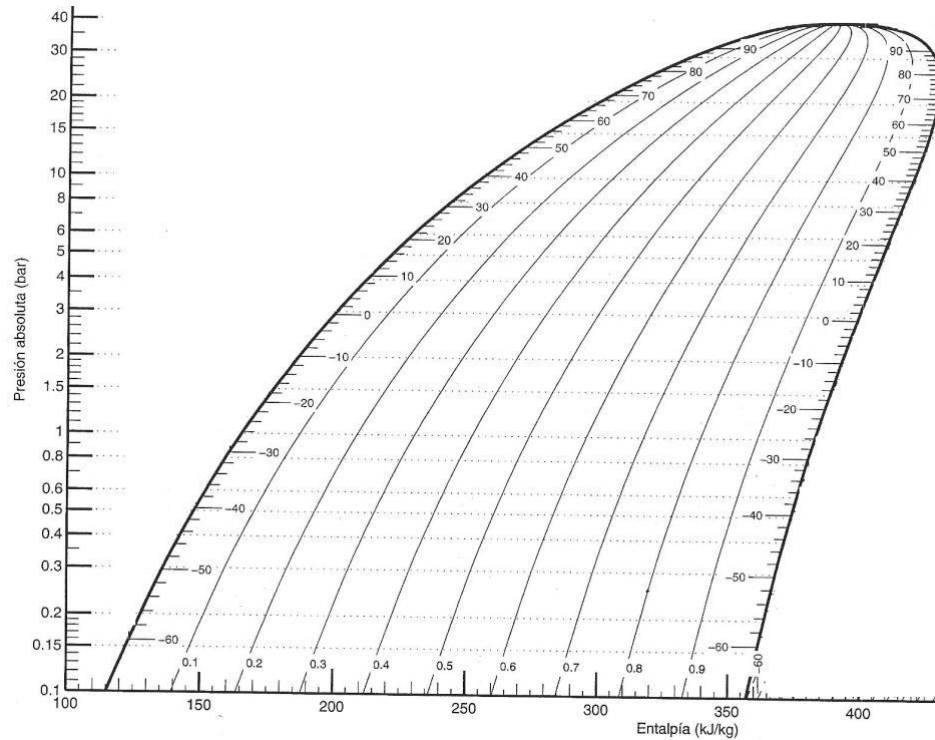
La presión crítica es la presión de saturación a la temperatura crítica. La tabla 1 muestra las temperaturas a presión crítica de distintas sustancias.

Sustancia	Temperatura crítica (°C)	Presión crítica (kgf/cm2abs)
Agua	374.0	225.5
Dióxido de carbono	31.0	75.2
Amoniaco	132.4	115.2
R-22	96.2	50.9
Aire	-140.7	38.4
Hidrogeno	-239.9	13.2
Helio	-267.9	2.33

**Tabla 1 Temperatura y presión crítica**

El cambio de la fase líquida a la gaseosa se produce gradualmente de izquierda a derecha (Figura 3), mientras que el cambio de fase del estado gaseoso al líquido se produce de derecha a izquierda. La mezcla de líquido y vapor cercana a la línea del líquido saturado es casi totalmente líquida. En cambio, la mezcla de líquido y vapor cercana a la línea de vapor saturado es vapor casi en su totalidad.

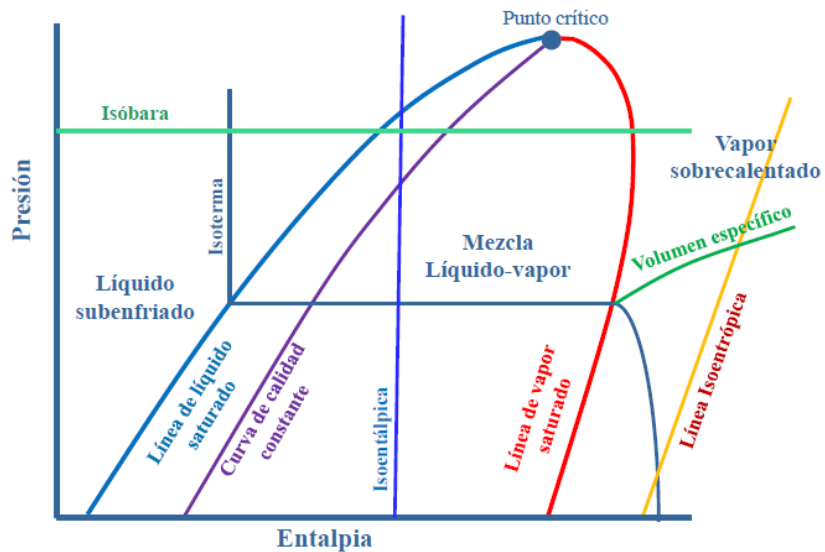
Las líneas de "sequedad" (calidad) (Figura 4) que se extienden del punto crítico hacia abajo a través de la sección central en gráfica y aproximadamente de manera paralela a las líneas de líquido y vapor saturados, indican el porcentaje de vapor en la mezcla por incrementos del 10%. Por ejemplo, en todo punto de la línea de sequedad más cercana a la línea del líquido saturado, la sequedad de la mezcla del líquido y vapor es de 1.2 lo cual significa que el 10% de la mezcla está constituido por vapor y que el 90% es líquido.



**Figura 4 Líneas de sequedad (calidad) constante**

La temperatura del refrigerante puede establecerse interpretando las líneas de temperatura constante. Las líneas de temperatura constante en la región de sub enfriamiento son casi verticales en la gráfica y paralelas a las líneas de entalpía constante. En la sección central, dado que el refrigerante cambia de estado a temperatura y presión constantes, las líneas de temperatura constante se presentan en forma horizontal en el diagrama y paralelas a las líneas de presión constante. En la línea de vapor saturado, las líneas de temperatura constante cambian de dirección nuevamente y caen abruptamente hacia la parte inferior del diagrama en la región de vapor sobrecalentado.





**Figura 5 Líneas que constituyen el gráfico de Mollier**

El “volumen específico” (Figura 5) del refrigerante puede obtenerse interpretando las líneas de volumen específico constante. Las líneas curvas, pero casi horizontales, que cruzan la región de vapor sobrecalentado son líneas de volumen específico constante. [4]

### 3.2.4 Volumen específico

El volumen específico de un material es el que ocupa un kilogramo de masa de material y se expresa en metros cúbicos por Kilogramo [ $m^3/Kg.$ ]

La “entropía” (Figura 5) del refrigerante puede obtenerse interpretando las líneas de entropía constante. Las líneas curvas que cruzan diagonalmente la región de vapor sobrecalentado son líneas de entropía constante.

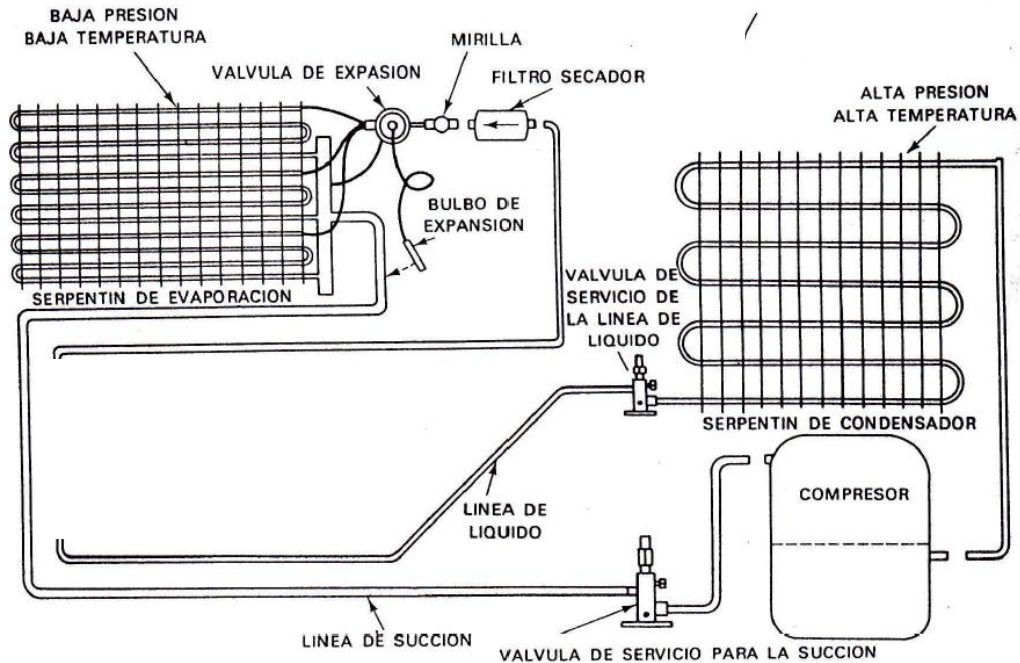
### 3.2.5 Entropía

La entropía de una masa dada de un material a cualquier condición especificada es expresión del calor total transferido al material por grado de temperatura absoluta para llevar el material a dicha condición a partir de una condición inicial que se considera el valor cero de entropía.

\*El punto de la gráfica de Mollier que representa la condición del refrigerante en todo estado termodinámico particular puede localizarse si se conocen dos propiedades cualesquiera del refrigerante en dicho estado. Una vez que se ha localizado el punto de estado en el diagrama, todas las demás propiedades del refrigerante pueden determinarse directamente para dicho estado a partir del diagrama.

## 4 CICLO DE REFRIGERACION DE AIRES ACONDICIONADOS

El ambiente se controla para mantener la humedad relativa preestablecida mediante la humidificación o deshumidificación del aire. Para obtener el confort deseado, es necesario que el aire sea distribuido y circule uniformemente por todo el recinto, sin producir corrientes desagradables. Por último, la eliminación de las partículas de polvo es fundamental para la salud. Conseguir un adecuado filtrado de aire es una labor básica de un equipo de A/C.



**Figura 6 Diagrama esquemático de un ciclo de refrigeración simple**

Si se logrará que el vapor refrigerante no escapara a la atmósfera y lo regresáramos a su estado líquido, el proceso de enfriamiento se puede volver un ciclo. Esto se logra comprimiendo el vapor, enfriándolo hasta condensarlo en líquido y regresarlo al dispositivo de expansión. Para realizar un trabajo eficiente en un sistema o ciclo de refrigeración, cada libra de refrigerante en circulación en el sistema debe hacer su porción del trabajo. Debe absorber una cantidad de calor en el evaporador o serpentín de enfriamiento y disiparlo más el que es añadido en el compresor al exterior con la ayuda del condensador, bien sea si es enfriado por aire, agua o evaporación. El trabajo hecho por cada libra de refrigerante cuando viaja por el evaporador se refleja en la cantidad de calor que recoge de la carga de refrigeración, principalmente cuando el refrigerante sufre un cambio de estado de líquido a vapor.

Para que un líquido pueda cambiar a vapor, debe añadirsele calor. Esto es lo que sucede o debería suceder en el serpentín de enfriamiento. El refrigerante entra en el aparato de medición

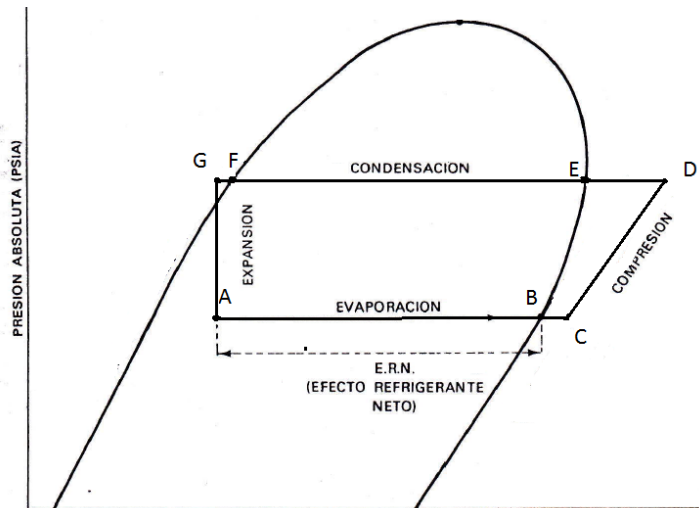
como líquido y pasa a través del aparato al evaporador en donde absorbe calor, tornándose vapor. Como vapor, hace su recorrido por la línea de succión hacia el compresor. Aquí es comprimido desde la condición de vapor a baja presión y baja temperatura a vapor con alta presión y alta temperatura: luego pasa por la tubería de alta presión al condensador, en donde sufre otro cambio de fase de vapor a líquido en tal estado fluye a la tubería de líquido y de nuevo va al equipo de medición para otro viaje a través del evaporador.

En la Figura 6 se muestra un esquema de un ciclo de refrigeración simple. Describiendo estos procesos. Cuando el refrigerante, como líquido, sale del condensador puede ir al recipiente hasta que se necesite en el evaporador: o puede ir directamente a la línea de líquido y de allí al serpentín de evaporación. El líquido que entra al aparato de medición justamente antes del evaporador. Tendrá cierto contenido de calor entalpía, el cual depende de la temperatura con la cual entra al evaporador. El vapor a la salida del evaporador, también tendrá un contenido de calor dado (entalpía), de acuerdo a su temperatura.

La diferencia entre estas dos cantidades de contenido de calor es la cantidad de trabajo realizado por cada libra de refrigerante cuando pasa por el evaporador y toma calor. La cantidad de calor absorbido por cada libra de refrigerante se conoce como el efecto refrigerante del sistema, o del refrigerante dentro del sistema [4].

## 4.1 REPRESENTACIÓN DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN EN LA GRÁFICA MOLLIER

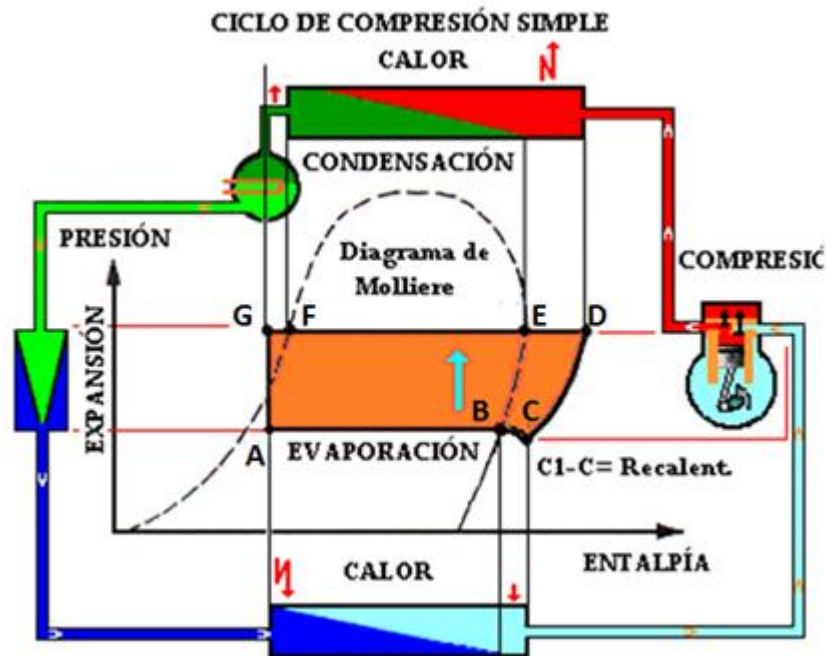
El ciclo simple de refrigeración por compresión de vapor consta de cuatro procesos principales que son la vaporización, la compresión, la condensación y la expansión (figura 7).



**Figura 7 Ciclo frigorífico**

A medida que el refrigerante se vaporiza a la presión constante inferior pasa horizontalmente de A a B (figura 7). Esta línea indica la vaporización del refrigerante que pasa del estado líquido al de vapor en el evaporador. La distancia de B a C (figura 7) representa el proceso de calentamiento de dicho vapor entre el extremo del evaporador y la línea de aspiración. (Para simplificar el análisis se ignora la caída de presión entre los puntos B y C).

El punto C es la condición del vapor cuando se desplaza en los compresores y se comprime. Cuando es comprimido hasta D, nótese como la presión aumenta rápidamente y como se añade unas pocas Kcal al vapor mientras el compresor se sobre calienta considerablemente, y D representa la condición del vapor que sale por la válvula de escape del compresor (figura 8).



**Figura 8 Relación del ciclo de refrigeración que indica los estados del refrigerante con el ciclo de refrigeración de la gráfica de Mollier**

La distancia entre D y E (figura 8) representa el proceso de enfriamiento de este vapor sobre calentado hasta el punto en el que comienza a condensarse. En E el vapor ya no tiene sobre calentamiento y es un vapor saturado al 100%. La línea de E a F representa el proceso de condensación del refrigerante en el condensador cuando pasa de vapor a líquido. El punto F representa la cantidad de calor en el líquido y la presión impuesta sobre el líquido a medida que se forma en el condensador. De F a G se reduce el calor del líquido mientras pasa a lo largo de la línea al control del refrigerante [4].

La línea de G a A (figura 8) representa la regulación del líquido mientras que va pasando a través del orificio de control del refrigerante o válvula de expansión. El ciclo puede ahora repetirse nuevamente [4].

#### **4.2 CONDICIONES NECESARIAS PARA TRAZAR EL CICLO DE REFRIGERACIÓN EN LA GRÁFICA DE MOLLIER**

Cuando se traza el ciclo de refrigeración en la gráfica de Mollier, son necesarias las 4 condiciones de funcionamiento que se describirán a continuación. En otras palabras, la comprensión de las cuatro condiciones operacionales permitirá trazar el ciclo de refrigeración en la gráfica de Mollier [4].

Condiciones:

1. Temperatura de evaporación o presión de evaporación.
2. Temperatura del vapor de succión o cantidad de sobrecalentamiento del vapor de succión.
3. Temperatura de condensación o presión de condensación.
4. Temperatura del líquido que entra en el dispositivo de mediación o cantidad de subenfriamiento del refrigerante líquido.

### **4.3 CICLO MECÁNICO COMPLETO**

Un sistema de refrigeración consta principalmente de un lado de alta presión y un lado de baja presión [4].

Un diseño común requiere lo siguiente:

1. Lado de alta presión
  - a. Compresor-habitualmente hermético(o semihermético). A menudo con un separador de aceite.
  - b. Condensador- habitualmente enfriado por aire.
  - c. Recipiente de líquido- Cuando se utiliza una válvula de expansión termostática o automática.
  - d. Mando de motor de seguridad de alta presión.
  - e. Línea del líquido- con secador, mirilla y válvulas interruptoras. Los diseños de sistemas actuales son diferentes en su utilización de las válvulas interruptoras debido a que se exige que haya secciones disponibles que se puedan cerrar en caso de falla de sistema.  
El control del refrigerante está en el punto de división entre el lado de baja y el lado de alta del sistema. Consistirá en una válvula de expansión termostática automática o de un tubo capilar.
2. Lado de baja presión
  - a. Evaporador.
  - b. Mando de motor de baja de presión o temperatura.
  - c. Línea de succión- alguna con filtros secadores y tanques de desborde. Cuando las tuberías de los sistemas sean cortas se recomienda que se instale un acumulador de succión.

## 5 PARTES DE LOS AIRES ACONDICIONADOS

### 5.1 EVAPORADOR.

En los sistemas frigoríficos el evaporador opera como intercambiador de calor, por cuyo interior fluye el refrigerante el cual cambia su estado de líquido a vapor. Este cambio de estado permite absorber el calor sensible contenido alrededor del evaporador y de esta manera el gas, al abandonar el evaporador lo hace con una energía interna notablemente superior debido al aumento de su entalpía, cumpliéndose así el fenómeno de refrigeración.

El flujo de refrigerante en estado líquido es controlado por un dispositivo o válvula de expansión la cual genera una abrupta caída de presión en la entrada del evaporador. En los sistemas de expansión directa, esta válvula despiden una fina mezcla de líquido y vapor a baja presión y temperatura. Debido a las propiedades termodinámicas de los gases refrigerantes, esta caída de presión está asociada a un cambio de estado y, lo que es más importante aún, al descenso en la temperatura del mismo.

De esta manera, el evaporador absorbe el calor sensible del medio a refrigerar transformándolo en calor latente el cual queda incorporado al refrigerante en estado de vapor. Este calor latente será disipado en otro intercambiador de calor del sistema de refrigeración por compresión conocido como condensador dentro del cual se genera el cambio de estado inverso, es decir, de vapor a líquido.

Los fabricantes desarrollan y producen evaporadores de diseños y formas diferentes para llenar las necesidades de futuros usuarios.

#### 5.1.1 Tipos de evaporador

##### *5.1.1.1 Según alimentación de refrigerante*

###### **- De Expansión Directa o Expansión Seca**

En los evaporadores de expansión directa la evaporación del refrigerante se lleva a cabo a través de su recorrido por el evaporador, encontrándose este en estado de mezcla en un punto intermedio de este. De esta manera, el fluido que abandona el evaporador es puramente vapor sobrecalentado. Estos evaporadores son los más comunes y son ampliamente utilizados en sistemas de A/C.

###### **- Inundados**

Los evaporadores inundados trabajan con refrigerante líquido con lo cual se llenan por completo a fin de tener humedecida toda la superficie interior del intercambiador y, en

consecuencia, la mayor razón posible de transferencia de calor. El evaporador inundado está equipado con un acumulador o colector de vapor el que sirve, a la vez, como receptor de líquido, desde el cual el refrigerante líquido es circulado por gravedad a través de los circuitos del evaporador. Preferentemente son utilizados en aplicaciones industriales.

#### **- Sobrealimentados**

Un evaporador sobrealimentado es aquel en el cual la cantidad de refrigerante líquido en circulación a través del evaporador ocurre con considerable exceso y que además puede ser vaporizado.

#### **5.1.1.2 Según tipo de construcción**

##### **- Tubo descubierto**

Los evaporadores de tubo descubierto se construyen por lo general en tuberías de cobre o bien en tubería de acero. El tubo de acero se utiliza en grandes evaporadores y cuando el refrigerante a utilizar sea amoníaco (R717), mientras para pequeños evaporadores se utiliza cobre. Son ampliamente utilizados para el enfriamiento de líquidos o bien utilizando refrigerante secundario por su interior (salmuera, glicol), donde el fenómeno de evaporación de refrigerante no se lleva a cabo, sino más bien estos cumplen la labor de intercambiadores de calor.

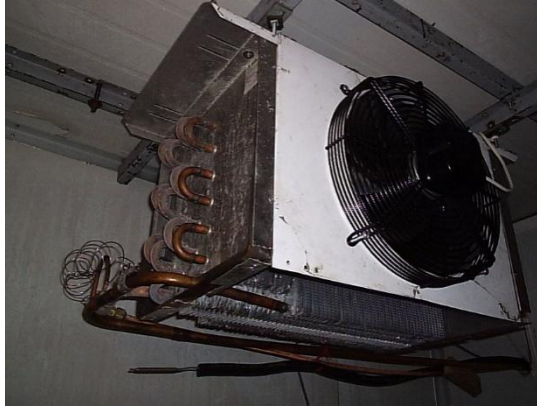
##### **- Evaporadores Aleteados**

Los serpentines aleteados son serpentines de tubo descubierto sobre los cuales se colocan placas metálicas o aletas y son los más ampliamente utilizados en la refrigeración industrial como en los equipos de A/Cs (Figura 9). Las aletas sirven como superficie secundaria absolvedora de calor y tiene por efecto aumentar el área superficial externa del intercambiador de calor, mejorándose por tanto la eficiencia para enfriar aire u otros gases.

El tamaño y espaciamiento de las aletas depende del tipo de aplicación para el cual está diseñado el serpentín. Respecto de los evaporadores aleteados para A/C, y debido a que evaporan a mayores temperaturas y no generan escarcha, estos pueden tener hasta 14 aletas por pulgada. Ya que existe una relación entre superficie interior y exterior para estos intercambiadores de calor, resulta del todo ineficiente aumentar el número de aletas por sobre ese valor (para aumentar superficie de intercambio optimizando el tamaño del evaporador), ya que se disminuye la eficiencia del evaporador dificultando la circulación del aire a través de este.



Esta circulación de aire se realiza de dos maneras: por convección forzada por ventiladores bien sean centrífugos o axiales, mono o trifásicos, conforme la aplicación- y de manera natural por diferencia de densidades del aire, fenómeno conocido como convección natural.



**Figura 9 De Expansión Directa, son los más comunes del mercado**

## **5.2 CONDENSADOR.**

El componente mayor en el sistema de refrigeración que sigue a la etapa de compresión es el condensador. Básicamente el condensador es otra unidad de intercambio de calor en el cual el calor es extraído por el refrigerante en el evaporador y también añadido al vapor en la fase de compresión (Figura 10).

La misión del condensador es remover calor del evaporador y el calor de compresión para condensar el refrigerante a su estado líquido. Pueden ser de similar construcción a los evaporadores, pero se reconocen por tener un mayor tamaño.

El vapor a alta presión y alta temperatura que sale del compresor está supercalentado, y este supercalentamiento generalmente se retira en la línea de descarga de gas caliente y en la primera porción del condensador. Como la temperatura del refrigerante es bajada a su punto de saturación el vapor se condensa en un líquido para reusarse en el ciclo. [6]

Los condensadores pueden ser:

- **Enfriados por agua:** El refrigerante se enfría con un flujo de agua, que puede ser a su vez enfriado por otros medios.
- **Enfriados por aire:** Se utiliza aire a temperatura ambiente.
  - **Convección natural.**
  - **Convección forzada.**

Son menos eficientes que los enfriados por agua, pero más baratos y son los más usados a nivel residencial y comercial.

- **Evaporativos:** Es una combinación de enfriado por agua y aire, ya que aprovecha el efecto de enfriamiento al evaporar agua en un flujo de aire, son de buena eficiencia pero son costosos en compra así como en mantenimiento. [7]



**Figura 10 Condensador enfriado por aire, son los más comunes en el mercado**

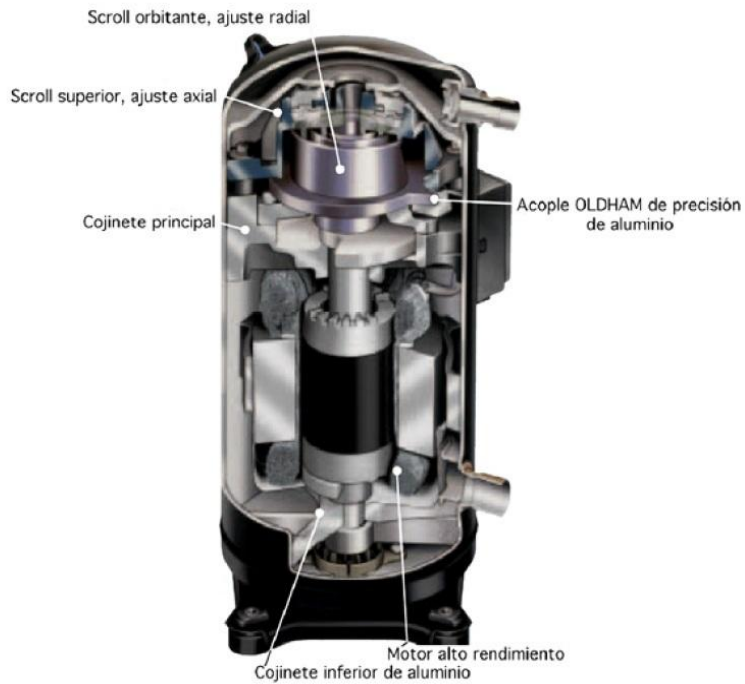
### **5.3 COMPRESOR**

El compresor de A/C o bomba de calor tiene la función de comprimir el gas (fluido refrigerante) que permite en un ciclo de compresión/descompresión producir una transferencia de calor de una parte a otra de un circuito frigorífico. En efecto, cuando se comprime un gas, se calienta y al contrario, cuando se libera, su temperatura se reduce. El compresor de A/C funciona con energía eléctrica. Un compresor eficiente hace más eficiente al aparato de A/C desde el punto de vista del consumo de energía.

Los compresores pueden ser de distintos tipos:

#### **5.3.1 Compresor scroll o centrífugo**

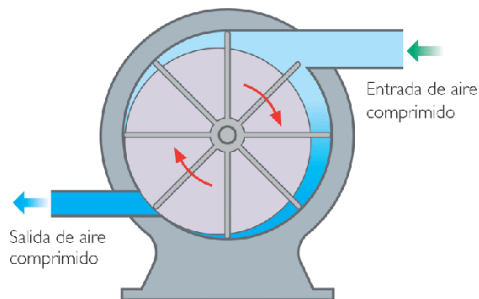
Un rotor en forma de espiral comprime el gas sin interrupción girando en torno a otro espiral fijo (Figura 11). Este tipo de compresor es el utilizado para los aires acondicionados domésticos o split al ser muy eficiente energéticamente hablando [8].



**Figura 11 Compresor Scroll**

### 5.3.2 Compresor swing, rotativo o giratorio

Un tornillo sin fin gira para comprimir el gas entre el cilindro y una pieza rotatoria permite el paso del gas (Figura 12). Eficiencia media [8].



**Figura 12 Principio del compresor giratorio**

### 5.3.3 Compresor de Tornillo

El compresor de tornillo también es impulsado por motores (eléctricos, diésel, neumáticos, etc.). La diferencia principal radica que el compresor de tornillo utiliza dos tornillos largos para comprimir el refrigerante dentro de una cámara larga (Figura 13). Para evitar el daño de los mismos tornillos, aceite es insertado para mantener todo el sistema lubricado. El aceite es mezclado con el refrigerante en la entrada de la cámara y es transportado al espacio entre los

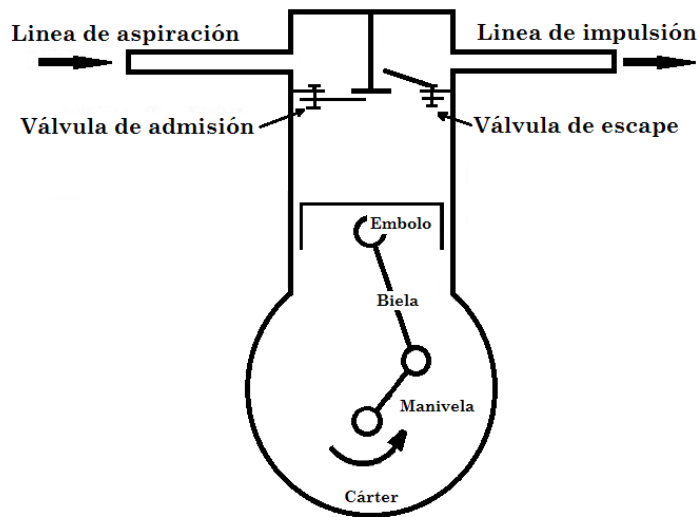
dos tornillos rotatorios. Al salir de la cámara, el refrigerante y el aceite pasan a través de un largo separador de aceite donde el refrigerante ya pasa listo a través de un pequeño orificio filtrador. El aceite es enfriado y reutilizado mientras que el refrigerante va al tanque de reserva para ser utilizado en su trabajo.



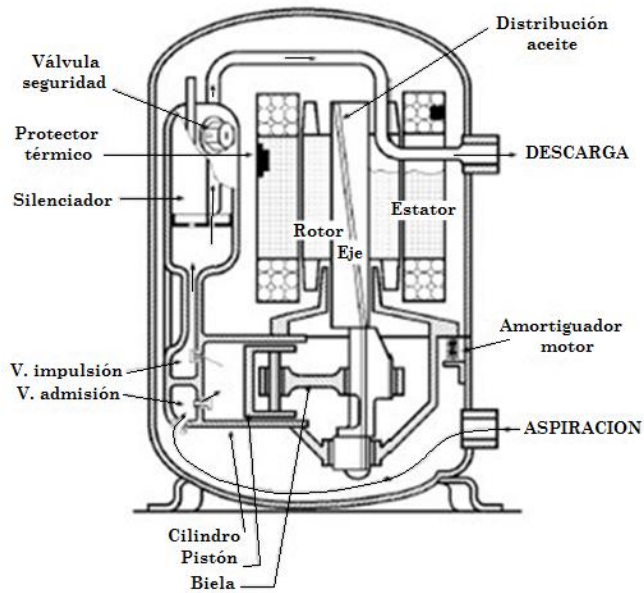
**Figura 13 Compresor de Tornillo**

### 5.3.4 Compresor alternativo o de pistón

Se utilizan uno o más pistones deslizantes de manera estanca en un cilindro para comprimir el fluido refrigerante (figura 14), admitido en el cilindro por medio de una válvula o vía de paso, gracias a la aspiración causada por el retroceso del pistón (figura 15). Este compresor es el menos eficiente [8].



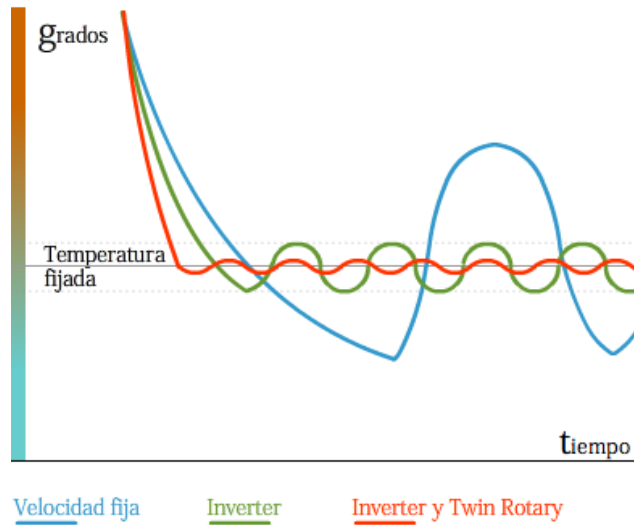
**Figura 14 Pistón de compresor**



**Figura 15 Compresor Alternativo o de Pistón**

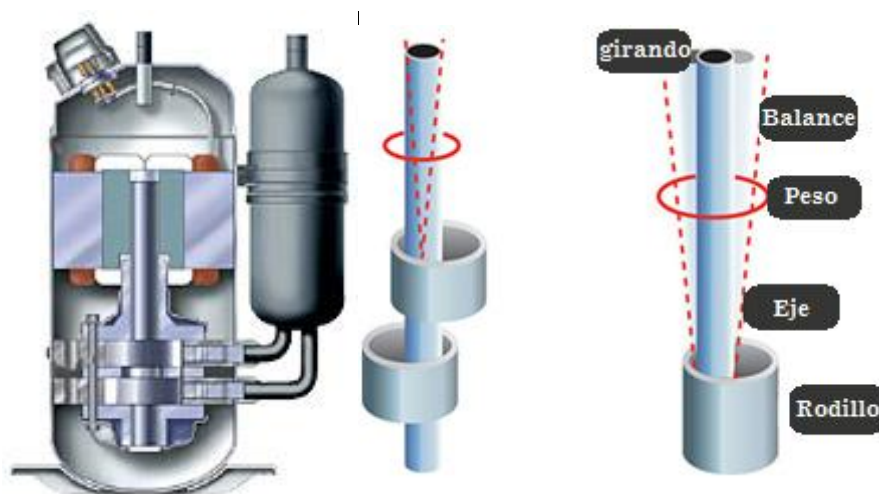
### 5.3.5 Compresor inverter

Es un compresor rotativo de corriente alterna (CA) que por razón de un sistema electrónico, regula las revoluciones del motor a través de la frecuencia y hace que se adapten a las diferentes necesidades de la instalación, modulando el flujo de refrigerante en cada momento (Figura 16) [9]. El Compresor de A/C inverter se compone de dos cámaras de compresión fijas. Consta de un rodillo excéntrico para comprimir el líquido en cada cámara. Los dos rodillos están montados sobre el mismo eje y están diametralmente opuestos. Esta configuración permite un perfecto equilibrio de las tensiones aplicadas sobre los ejes lo cual evita las vibraciones, que prácticamente desaparecen.



**Figura 16 Esquema de eficiencia de inverter y inverter+twin Rotator equipos TOSHIBA**

La reducción de las vibraciones disminuye el ruido y hace que la vida del compresor aumente. Además, la fuerza de contacto entre el rodillo y la pared es menor, reduciéndose la fricción, lo cual mejora automáticamente el rendimiento de este compresor (Figura 17). Como consecuencia de lo anteriormente descrito, utilizan cojinetes más pequeños y disminuye de la necesidad de lubricación, así mismo se obtiene una reducción del peso y todo esto hace que este tipo de compresores sean particularmente adecuados para funcionamientos a muy baja velocidad. [8]



**Figura 17 Tecnología Twin Rotary y comparación con la tecnología giratoria**

## 5.4 LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN.

La válvula de expansión regula el flujo de refrigerante mediante la compresión o expansión de acuerdo a la cantidad de presión que tu aparato de A/C necesita para vaporizar con eficacia el refrigerante en su interior. A medida que se contrae, fluye menos refrigerante en las bobinas del evaporador. El lado caliente de las bobinas del refrigerante crea una presión que hace que el refrigerante dentro de ésta tenga una tendencia a moverse más rápido. El refrigerante que pasa más tiempo en las bobinas del evaporador se enfría a una temperatura más baja ya que el calor se transfiere al refrigerante que se encuentra dentro de las bobinas.

### 5.4.1 Qué controla la válvula

Un bulbo se encuentra fuera de la válvula de expansión, el cual reacciona a la temperatura ambiente debido al gas refrigerante en su interior. Este bulbo tiene su propia cantidad de gas dedicado a un lado del refrigerante que fluye a través del A/C y hace que el bulbo baje mientras su temperatura se eleva. Cuando el bulbo de gas se mueve hacia abajo, la válvula de expansión se levanta, liberando parte de la presión en los gases dentro de las bobinas que conducen a ésta (Figura 18) [10].

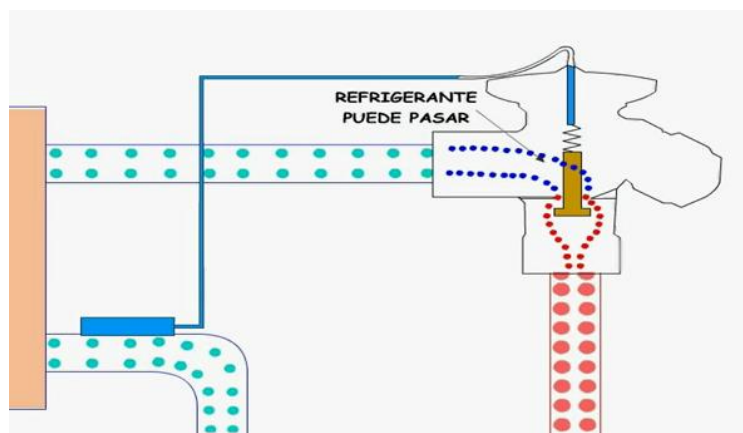


Figura 18 Funcionamiento de la válvula de expansión, al subir la temperatura

## 5.5 PARTES ACCESORIOS

### 5.5.1 La Mirilla (Visor)

Las mirillas para el refrigerante pueden estar situadas en cualquier punto donde resulte útil. Cuando se instala una de estas mirillas justo antes del dispositivo de expansión, los técnicos pueden verificar que una columna continua de líquido llega al dispositivo de expansión. Cuando se instalan en la unidad de condensación, puede ayudar en las tareas de diagnóstico (Figura 19).

Hay 2 estilos básicos de mirilla: La mirilla de cristal simple y la mirilla de cristal con indicador de humedad. La primera se usa para observar el movimiento del refrigerante a través del conducto y la segunda puede informar al técnico de cuál es el contenido de humedad del sistema [10].

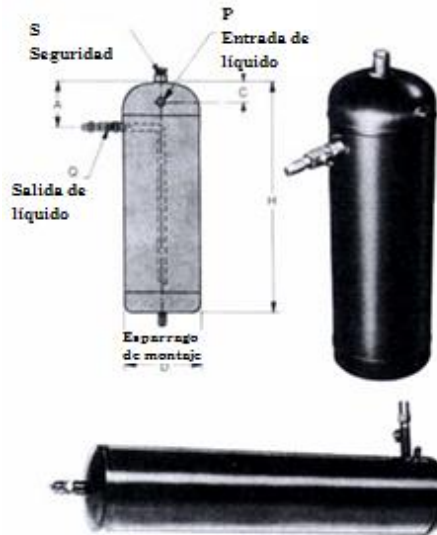


**Figura 19 Mirilla de cristal con indicadora de humedad**

### **5.5.2 Receptores:**

Se localiza en el conducto de líquido y se emplea para almacenar el refrigerante líquido después de que abandona el condensador (Figura 20). El receptor debe estar situado en una posición más baja que el condensador para que el refrigerante tenga un incentivo para fluir hacia él de manera natural. El receptor es un dispositivo en forma de tanque que puede estar situado de forma vertical u horizontal [10].

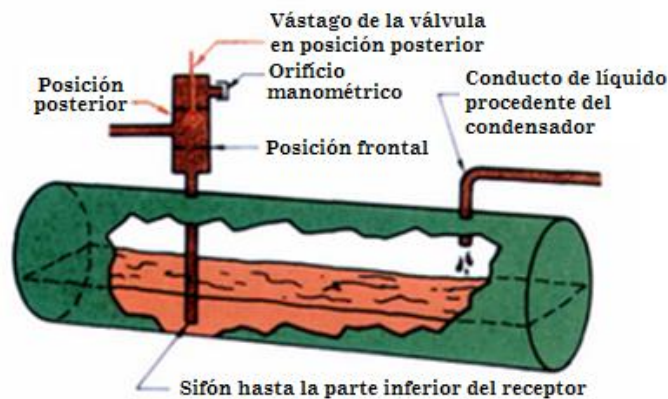




**Figura 20 Receptores Verticales y Horizontales**

### 5.5.3 Válvula Maestra del receptor

Esta se localiza en el conducto de líquido que va del receptor a la válvula de expansión (Figura 21). Tiene importancia de cara al mantenimiento porque, cuando el mecanismo de la válvula está en posición frontal, el refrigerante no puede salir del receptor. Si se opera con el compresor con esta válvula cerrada, todo el refrigerante será bombeado hacia el condensador y el receptor [10].

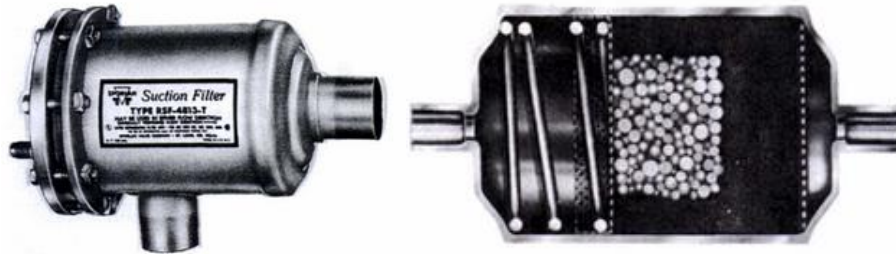


**Figura 21 Válvula maestra conectada al circuito**

### 5.5.4 Filtro Secador

Puede estar situado en cualquier lugar del conducto de líquido, después de la válvula maestra (Figura 22). Es un dispositivo que elimina contaminantes del refrigerante, que pueden ser:

suciedad, fundente utilizado en las operaciones de soldadura, partículas de suelda, limaduras, humedad, piezas sueltas o acido causado por la humedad. Estas operaciones de filtrado y secado se realizan con una serie de materiales incluidos en el dispositivo [10].



**Figura 22 Carcasa del filtro secador (izq),  
corte interno del filtro secador (der)**

## 6 TECNOLOGIAS DE AIRES ACONDICIONADOS

En el mercado existen multitud de tipos de sistemas de A/C, aquí trataremos los más comunes explicando su forma y funcionamiento, intentando detallar cuales pueden ser sus ventajas e inconvenientes

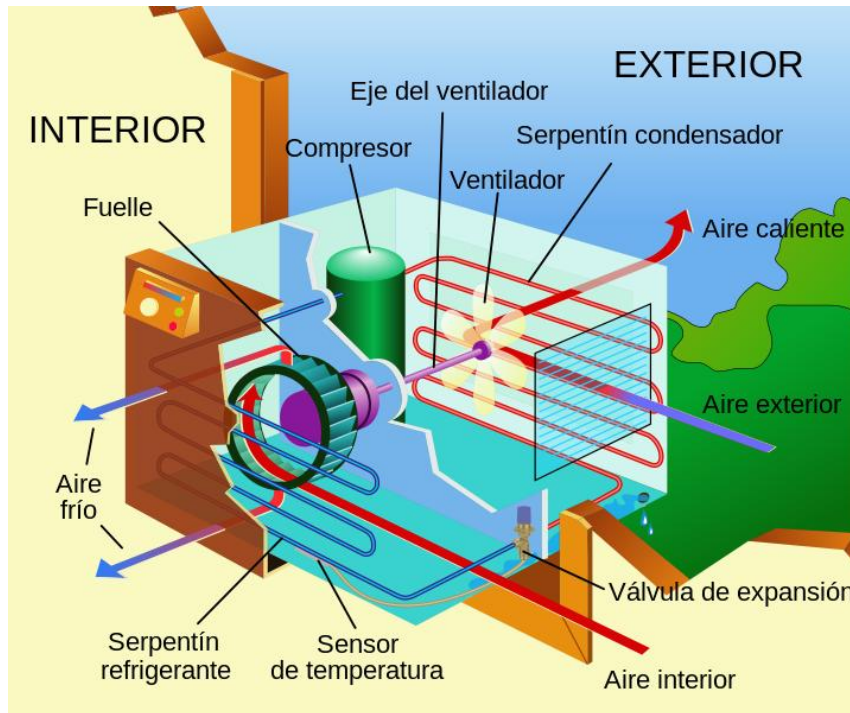
### 6.1 AIRES ACONDICIONADOS TIPO VENTANA

Tanto el aparato de A/C de ventana como el que se instala en la pared son muy populares. La unidad de ventana se instala en el marco de una veta y dicha instalación es relativamente fácil de hacer. Una caja cuadrada contiene todas las partes funcionales del sistema. Debe colocarse en un boquete practicado a la pared de tal forma que quede una mitad del aparato en el exterior y la otra mitad en el interior (Figura 23).

**Ventajas:** Bajo costo de instalación. Fácil mantenimiento.

**Inconvenientes:** Suelen consumir un poco más de electricidad. Son, por lo general, ruidosos ya que el compresor y el ventilador se encuentran cercanos a la habitación que se desea enfriar y en algunas comunidades no se permiten al tener que hacer un gran boquete en la pared del edificio.

El condensador está situado en la sección del gabinete que queda fuera. El ventilador del aparato fuerza el aire exterior por encima del condensador. Adentro de la habitación, otro ventilador extrae el aire a través de un filtro y lo fuerza sobre el evaporador.



**Figura 23 Flujo de aire en las unidades tipo ventana**

Los dos ventiladores de circulación de aire puede estar accionado por el mismo motor o cada uno puede tener el suyo propio. En la figura 23 se muestra el flujo del aire en un aparato de A/C de ventana, con su construcción interna.

Existen varios tipos de unidades de ventana. Uno de ellos enfría y filtra el aire y tiene una entrada de aire fresco. Otro tipo tiene esos mismos dispositivos pero además una unidad eléctrica calefactora por resistencia para proporcionar calor. Un tercer tipo utiliza un sistema de ciclo invertido (bomba de calor) para permitir el uso de las unidades de refrigeración tanto para enfriar como para calentar el ambiente.

Hay unidades de ventana que se pueden instalar en ventanas de hojas dobles que se mueven lateralmente o de arriba hacia abajo. Las unidades pueden instalarse en aberturas especiales en la pared. El condensado del evaporado se ocurre a menudo hasta la base del motorcompresor y el condensador, lo cual ayuda a enfriar dichas partes. Habitualmente se utiliza un control del refrigerante de tubo capilar o de válvula de expansión automática de tipo bypass (AEV). Algunas unidades cambian la dirección del flujo del aire enfriando a medida que funciona la unidad. Esto se logra rotando el ángulo de las chapas deflectoras. Las chapas están montadas sobre un eje que gira o un rotor accionado por aire en la salida de aire.

Los sistemas están controlados por termostatos. El bulbo sensible está instalado habitualmente en la entrada del evaporador. Si la parte del bulbo más alejada del evaporador está aislada, el

bulbo responderá mejor a las temperaturas del evaporador. Se enfriará más pronto y la unidad se detendrá antes de que enfríe demasiado. También detendrá la unidad si el evaporador forma hielo e impedirá que arranque nuevamente mientras el hielo no se derrita.

## 6.2 AIRES ACONDICIONADOS TIPO SPLIT

### 6.2.1 Características.

La denominación "Split" se refiere a que se trabaja con unidades divididas o separadas, es decir la unidad formada por el compresor y el condensador, normalmente van a exterior, mientras que la unidad evaporadora se instala en el interior, las unidades de A/C son de condensación por aire.

Ambas partes o unidades divididas se conectan las líneas de refrigerante. Se puede instalar una o varias unidades interiores con una única unidad exterior (Multi-Split). Las unidades interiores se presentan en distintos diseños: De muro, de techo, Piso Techo (Figura 24).



Mini Split Muro(High Wall)



Mini Split Techo(Cassette)



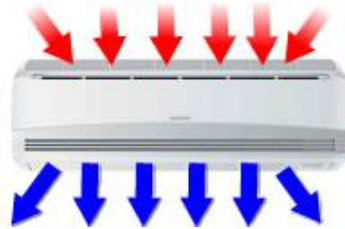
Mini Split Piso – Techo

**Figura 24 Tipos de Mini-Split**

Se requiere un hueco muy pequeño además para unir la unidad interior y la exterior mediante los dos tubos refrigerantes, el tubo de condensación de la unidad evaporadora y el cable de la conexión eléctrica. Este tipo de equipos tiene las ventajas que su nivel sonoro es muy bajo, una gran versatilidad, funcionalidad, estética y rendimiento, suelen ser los aires acondicionados para hogares u oficinas pequeñas de un sola habitación.

### 6.2.2 Funcionamiento.

Los equipos de A/C Mini Split, manejan la temperatura mediante una aspiración del aire ambiente, para luego modificar la temperatura al pasar por la unidad evaporadora (interior) (Figura 25).



**Figura 25 Flujo de aire en mini Split**

En la unidad evaporadora, el aire que se aspira de las zonas acondicionadas se denomina “aire de retorno”, el cual se mueve a una velocidad relativamente lenta y requiere de ductos grandes para minimizar la pérdida de presión. Al pasar por el serpentín, cede su calor al refrigerante, es presurizado por la turbina y se descarga hacia el ducto. Al flujo de aire ya enfriado se le denomina “aire de suministro”

Con temperaturas típicas de A/C, el refrigerante entra al evaporador a unos 7 °C (45°F) y sale entre 13 y 15.5°C (55 a 60°F), mientras que el aire de retorno entra a unos 24°C (75°F) y sale a 12.5°C (55°F).

Una pequeña porción del aire que entra a la unidad evaporadora, no logra pasar directamente por el serpentín, sino que lo rodea y atraviesa sin ceder su calor al refrigerante. Luego se mezcla con el resto del aire frío y continúa su recorrido hacia los puntos donde se suministra el A/C. A esta fracción se le llama “factor de bypass” o derivación. Algunos fabricantes incluyen esta información en los catálogos de ingeniería, principalmente en equipos de gran tamaño donde puede ser significativa. En equipos pequeños es normalmente despreciada.

El A/C absorbe el aire por arriba en este caso, y entrega el aire modificado por abajo, además cuenta con unas aletas oscilantes que permiten corrientes de aire alternas siendo más naturales que un flujo continuo. En modo frío las aletas tienen una orientación hacia arriba debido a que el aire frío es más pesado y baja, por el contrario en modo calor el A/C ajusta sus aletas hacia abajo, pues el aire caliente al ser liviano sube al cielo de la habitación (Figura 26). Es totalmente perjudicial para la salud exponerse a una corriente continua de estos equipos en forma directa, por ello siempre la ubicación de la unidad interior debe ser de tal forma que el aire no impacte directamente en la espalda de alguien sentado por ejemplo.



**Figura 26 Aletas oscilantes**

La capacidad de enfriamiento de los evaporadores también depende de las condiciones de humedad del aire de retorno. El calor total evacuado será una combinación de calor sensible y calor latente. Por lo general, se eligen los equipos que logran cubrir toda la carga latente y una carga igual o superior a la sensible.

La eficiencia de un equipo de A/C es la característica más importante, ya que el costo adicional al comprar un equipo eficiente representa un ahorro a la hora de pagar el recibo de eléctrico. El estándar de eficiencia en Mini Split es de 10 SEER, aunque mientras mayor sea este número es mucho mejor. Si el presupuesto lo permite, es mucho mejor gastar un poco más al inicio pero disfrutar de los ahorros el tiempo que dure el equipo. Considera que un equipo de 12 SEER, consume 20% menos que el equipo de 10 SEER.

Actualmente hay equipos Mini Splits conocidos como Minisplit Inverter que promulgan ahorros de hasta un 50% contra los equipos tradicionales. Estos equipos minisplits inverter funcionan con una tecnología de conversión de voltaje de Corriente Alterna a Corriente Continua, permitiendo un control muy preciso de la velocidad del compresor y de la capacidad requerida en cada momento. La eficiencia de estos equipos es de 13 SEER hasta 18 SEER o superiores a medida avanza la tecnología [8] .

La eficiencia de catálogo de los equipos se define bajo condiciones de laboratorio, por lo que no se obtendrán esos valores en operación normal. Además, los fabricantes pueden brindar los datos de solo la unidad de condensación y no la eficiencia completa cuando opera junto con el evaporador.

La eficiencia solo del condensador no toma en cuenta las variaciones de capacidad que puede tener el equipo por la longitud de tubería, el tamaño del serpentín y la velocidad del aire ajustada de la turbina. Información de catálogo puede brindar valores más reales a diferentes condiciones de operación.

## 7 REFRIGERANTES

### 7.1 ¿QUÉ ES UN REFRIGERANTE?

Los refrigerantes son fluidos (líquidos o gases) que transfieren calor de un punto a otro. En un sistema típico de compresión de vapor, el refrigerante cambia de fase, es decir, cambia de estado líquido a gaseoso cuando absorbe calor y vuelve a cambiar al estado líquido cuando pierde calor. [11]

Un refrigerante funciona de acuerdo con los siguientes principios: después de que el refrigerante es licuado bajo presión, adiabáticamente es expandido y el líquido se evapora tomando calor externo del sistema. Este calor de vaporización se traduce en "A/C externo". La temperatura del A/C es 0°C para uso doméstico, sobre -25°C para refrigeradores domésticos y sobre -35°C para almacenes de productos congelados para su uso comercial. El compuesto seleccionado como refrigerante debe tener un punto de ebullición por debajo de estas temperaturas después de la expansión bajo presión.

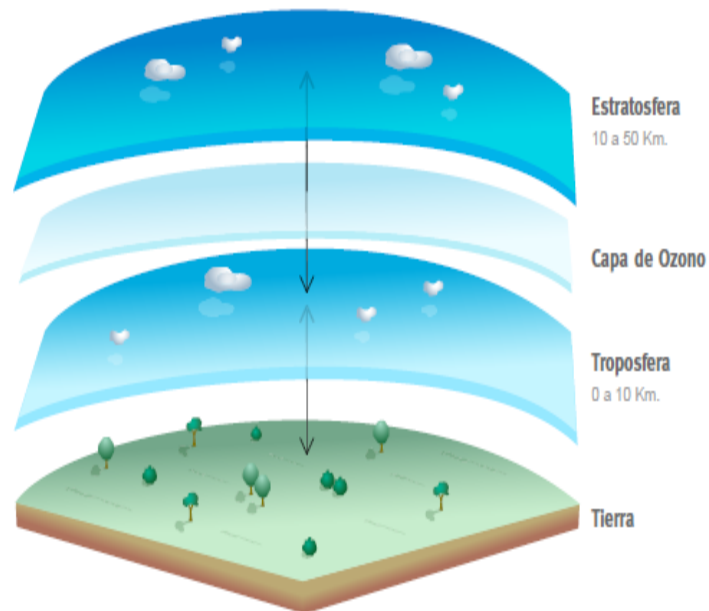
Los refrigerantes son entonces los fluidos de trabajo en los sistemas de refrigeración, A/C y bombas de calor. Estos productos absorben el calor de un área como el espacio acondicionado de una sala y es expulsado en otra área exterior generalmente por conducto del evaporador y del condensador respectivamente.

### 7.2 REPERCUSIONES EN EL MEDIO AMBIENTE DE LOS REFRIGERANTES

Algunos refrigerantes, especialmente los *clorofluorocarbonos* (CFC), contribuyen a la reducción de la capa de ozono de La Tierra.

El ozono ( $O_3$ ) es un gas compuesto de tres átomos de oxígeno que se encuentra en la atmósfera de La Tierra. Se forma cuando los rayos ultravioleta (UV) del sol descomponen las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ). Los átomos de oxígeno liberados (O) reaccionan con otras moléculas de ( $O_2$ ) para formar el ozono ( $O_3$ ). El ozono se destruye a su vez por acción de la propia radiación ultravioleta, ya que la radiación con longitud de onda menor de 290 nm hace que se desprenda un átomo de oxígeno de la molécula de ozono. Se forma así un equilibrio dinámico en el que se forma y destruye ozono, consumiéndose de esta forma la mayoría de la radiación de longitud de onda menor de 290 nm. Así, el ozono actúa como un filtro que no deja pasar dicha radiación perjudicial hasta la superficie de la Tierra (Figura 27). [11]





**Figura 27 Ubicación de la capa de ozono en la atmósfera**

La capa de ozono constituye una parte vital de la atmósfera terrestre y protege la vida de los efectos perjudiciales de la radiación ultravioleta (UV) excesiva, que proviene de El Sol. Algunos posibles efectos incluyen:

- El riesgo creciente de contraer cáncer de piel
- Aumenta la posibilidad de formación de cataratas
- Efectos nocivos para el sistema inmunitario humano
- Disminución del rendimiento de las cosechas
- Efectos negativos para el crecimiento del fitoplancton, elemento principal de la cadena alimenticia en los mares

Existen también sustancias químicas que agotan la capa de ozono, comúnmente llamadas SAO (sustancias que agotan la capa de ozono), estas tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de ozono en la estratosfera. [12]

En el marco del **Protocolo de Montreal** se identificó un número de sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) y se controla la producción y la utilización de las mismas.

Las SAO son básicamente hidrocarburos clorinados, fluorinados o brominados e incluyen:

- Clorofluorocarbonos (CFC)
- Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)
- Halones

- Hidrobromofluorocarbonos (HBFC)
- Bromoclorometano
- Metilcloroformo
- Tetracloruro de carbono
- Bromuro de metilo

La habilidad que estas sustancias químicas tienen para agotar la capa de ozono se conoce como potencial de agotamiento del ozono (PAO). A cada sustancia se le asigna un PAO relativo al CFC-11, cuyo PAO por definición tiene el valor 1. A todas las demás sustancias químicas se les asigna un PAO con respecto al del CFC-11. A continuación se incluyen algunos ejemplos de SAO comunes [13]:

COMPUESTO	SÍMBOLO	USOS MÁS FRECUENTES	POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO (PAO)
Clorofluorocarbonos	CFC	Los CFC —empleados comúnmente en refrigeración, aparatos de A/C, propulsores de atomizadores de aerosol, solventes y agentes espumantes— fueron desarrollados por primera vez en la década de 1930. Luego de la Segunda Guerra Mundial se generalizó su uso debido a sus características de sustancias no tóxicas ni inflamables. Su permanencia en la atmósfera es relativamente prolongada (entre 45 y 100 años), por lo que el cloro de una molécula de CFC puede provocar daños significativos en la capa de ozono (Fahey 2006).	0.6 - 1
Hidroclorofluorocarbonos	HCFC	Al igual que los CFC, los HCFC se utilizan comúnmente para los equipos refrigerantes, propulsores de aerosol, producción de espumas y aparatos de A/C. Se emplean como sustancia de transición entre los CFC y las tecnologías alternativas a las SAO.	0 - 0.2
Bromuro de metilo	CH <sub>3</sub> Br <sub>3</sub>	El bromuro de metilo es una sustancia química tóxica que suele usarse para eliminar insectos, roedores, malezas y hongos en campos agrícolas, elevadores de cereales, molinos, barcos, ropa y viveros.	0.6
Halones		Los halones son compuestos que se usan mayormente en los extinguidores de incendios.	3 – 10
Tetracloruro de carbono	CCl <sub>4</sub>	El tetracloruro de carbono se emplea como materia prima en la producción de sustancias químicas, incluidas otras SAO. Se lo utilizaba ampliamente como agente limpiador, en extinguidores de incendios e incluso como plaguicida.	1.1
Metilcloroformo	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	El metilcloroformo se utiliza como solvente y agente desengrasante. Es también uno de los ingredientes de productos de consumo tales como limpiadores hogareños, pinturas, pegamentos y pulverizadores de aerosol.	0.1

**Tabla 2. Sustancias y su potencial de agotamiento del ozono PAO**

### 7.3 PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO: EL PROTOCOLO DE MONTREAL

El 16 de septiembre de 1987 nació el tratado conocido como el Protocolo de Montreal sobre las Sustancias que agotan la Capa de Ozono firmado por un grupo de países preocupados que se

sintieron urgidos de ponerse a trabajar para resolver una crisis ambiental alarmante a nivel mundial: el agotamiento de la capa protectora de ozono que cubre la Tierra. El protocolo identificó las principales sustancias que agotan el ozono (CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-115 y tres halones) y estableció límites específicos respecto a sus niveles de producción en el futuro. Esto afectaba también las mezclas que contuvieran estas sustancias como el R-500 y R-502. [14]

El objetivo principal del Protocolo de Montreal es la protección de la Capa de Ozono mediante la toma de medidas para controlar la producción total mundial y el consumo de sustancias que la agotan, con el objetivo final de eliminarlas, sobre la base del progreso de los conocimientos científicos e información tecnológica y proteger así la frágil Capa de Ozono del planeta.

El Protocolo de Montreal se estructura en torno a varios grupos de sustancias destructoras del ozono. Los grupos de sustancias químicas se clasifican de acuerdo a la familia química y se enumeran en los anexos al texto del Protocolo de Montreal.

El Protocolo exige el control de casi 100 sustancias químicas en varias categorías. Para cada grupo o anexo de sustancias químicas, el tratado establece un calendario para la eliminación gradual de la producción y el consumo de esas sustancias, con el objetivo de eventualmente eliminarlas por completo.

La aplicación del Protocolo de Montreal ha progresado en los países desarrollados y países en desarrollo. Todos los calendarios de eliminación se han respetado en la mayoría de los casos, algunos incluso antes de lo previsto.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) a finales del año 2009 se logró reducir a nivel mundial el 98% de sustancias que agotan el ozono, por lo que el Protocolo de Montreal es considerado el acuerdo multilateral más eficaz aplicado hasta la fecha.

### **7.3.1 Productos químicos controlados por el Protocolo de Montreal**

Conforme se señaló anteriormente, el Protocolo estipula el control de casi 100 productos químicos, que con arreglo al Protocolo se tratan en varias categorías [14]:

- ***CFC (clorofluorocarbonos):*** Los productos químicos de uso más común controlados con arreglo al Protocolo eran los clorofluorocarbonos, o CFC. Esos productos químicos se utilizaban ampliamente en una gran variedad de actividades y productos, entre los cuales figuran la refrigeración, las espumas y la limpieza de metales.  
Los CFC prácticamente se han eliminado en los países desarrollados, aunque aún quedan algunos usos limitados principalmente a inhaladores médicos.

- **Halones:** Probablemente la segunda clase de productos químicos que se usan más ampliamente son los halones, que se empleaban como agentes de lucha contra incendios en todo tipo de aplicaciones, desde extintores de incendios hasta sistemas de inundación total en locales de computadoras. Los países desarrollados han eliminado la nueva producción de esos productos químicos, pero su uso a partir de existencias aún prosigue para fines tales como aeronaves y aplicaciones militares. La eliminación total estaba prevista para 2010.
- **Tetracloruro de carbono:** Otra sustancia que agota el ozono de uso común era el tetracloruro de carbono, que se empleaba principalmente como solvente detergente industrial. Los países desarrollados eliminaron el uso de este producto químico en 1996, mientras que los países en desarrollo han alcanzado un 85% de reducción y estaba previsto su eliminación total en 2010. El tetracloruro de carbono también se utiliza como materia prima. Debido a que su empleo con ese fin produce muy pocas emisiones, ese uso no está controlado por el Protocolo de Montreal.
- **HCFC (hidroclorofluorocarbonos):** Otra clase de sustancias que agotan el ozono de amplio uso, y la mayor por el número de productos químicos individuales, son los hidroclorofluorocarbonos, o HCFC. Estos productos químicos se conocen como sustancias de transición, porque se han utilizado como sustitutos de los CFC en muchos usos de refrigeración y espumas. Su empleo era preferible a los CFC debido al hecho de que su capacidad para destruir el ozono era menor que la de los CFC. Habida cuenta de los prolongados ciclos de vida de las aplicaciones de estos productos químicos (por ejemplo, en equipo de refrigeración), las Partes en el Protocolo acordaron prolongar el período de eliminación según el cual la eliminación total para los países desarrollados sería en 2030 y la eliminación final para los países en desarrollo en 2040.

A pesar de ello, la eliminación de estos productos químicos en los países desarrollados, tiene lugar con bastante antelación al calendario previsto. Por el contrario, su uso en los países en desarrollo ha venido aumentando apreciablemente, por cuanto esos países no están obligados a limitar su producción e importación de esos productos químicos hasta 2016. Según los estudios en profundidad recientes, basados en una hipótesis de crecimiento sin restricciones, es probable que el uso de HCFC en los países en desarrollo aumente el 100% aproximadamente en 2016 con respecto a los niveles de 2005.

- **Metilcloroformo:** El metilcloroformo se empleaba como disolvente para detergentes industriales. Este uso se ha eliminado en los países desarrollados, y en 2005 los países en

desarrollo habían logrado un 67% de reducción en su trayectoria hacia la eliminación total en 2015.

- **Metilbromuro(CH<sub>3</sub>Br):** Otra sustancia que agota el ozono de amplio uso era el metilbromuro, un agente de fumigación agrícola. El producto químico, que se agregó al Protocolo en 1992, tiene una amplia variedad de usos agrícolas y a algunos países les ha resultado difícil eliminarlo.

Estaba previsto que los países desarrollados alcanzaran la eliminación total en 2005, pero alrededor de un 30% de uso histórico continúa, aunque en descenso, mediante el proceso de exención para usos críticos previsto en el Protocolo. Los países en desarrollo ya han eliminado aproximadamente el 40% de este producto químico en su camino hacia la eliminación total en 2015. En muchos países también se emplea el metilbromuro asimismo para un gran número de productos básicos en usos relacionados con el comercio a los que se hace referencia como aplicaciones para usos de cuarentena y previas al envío. Ese uso del metilbromuro está exento de controles con arreglo al Protocolo y plantea importantes desafíos al desarrollo y la adopción de alternativas para esas aplicaciones.

- **Otros productos químicos:** Las categorías finales de las sustancias que agotan el ozono, los hidrobromofluorocarbonos (HBFC), bromoclorometano (BCM) y otros CFC totalmente halogenados eran productos químicos para usos muy específicos con mercados muy reducidos. En general, se incluyeron en el Protocolo a modo de precaución, para eliminar la posibilidad de que su uso aumentase.

### 7.3.2 Nuevas opciones en materia de refrigerantes

Poco a poco han ido apareciendo en el mercado, nuevos refrigerantes de reemplazo y si bien los primeros eran mezclas de HCFC-22 y, por tanto, tenían una esperanza de vida limitada, hay nuevas mezclas de refrigerantes que no son perjudiciales para la capa de ozono. Estos refrigerantes se pueden dividir en:

- DE UTILIZACION INMEDIATA: son fluidos que pueden utilizarse en un sistema existente sin ningún trabajo especial aparte de operaciones menores de servicio como, por ejemplo, el reemplazo del filtro secador del refrigerante.
- FLUIDOS PARA EQUIPO RECONVERTIDO: fluidos que pueden reemplazarse en una planta existente pero únicamente después de hacer ciertos cambios.
- FLUIDOS NO UTILIZABLES: fluidos que no pueden utilizarse en equipo existente, incluso con modificaciones importantes debido a las diferencias de presiones de funcionamiento, a la incompatibilidad de los materiales y a otros problemas potenciales.

[5]

Las posibilidades de que se disponga de un producto de utilización inmediata con exactamente las mismas propiedades que el refrigerante que reemplaza, son bastante remotas y por consiguiente es probable que haya que hacerle algunas modificaciones al sistema. Las áreas que hay que considerar son:

- Secador
- Válvula de expansión
- Compatibilidad y miscibilidad del lubricante
- Desplazamiento volumétrico del compresor y potencia de entrada

NUEVA ALTERNATIVA	QUE REEMPLAZA AL	APLICACIÓN
HFC-134a	CFC-12	Refrig., aire acondicionado, espumas, aerosoles
HCFC-123	CFC-11	Refrig, espumas, aerosoles
HCFC-141b	CFC-11	Espumas, solventes
HCFC-124	CFC-114	Refrig.

**Tabla 3 Reemplazos de algunos refrigerantes**

Uno de los refrigerantes más utilizados en nuestro país y también en la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador es el HCFC-22, el cual tiene un PAO de 0,055 en comparación con el PAO del CFC-12. Por esta razón el HCFC-22 ha sido más utilizado que el CFC-12.

El HC22a (hidrocarburo) puede usarse para reemplazar el R22 en equipos de A/C en forma directa. Además, genera una reducción de potencia en el equipo de un 10 a 20%. No se recomienda en equipos muy viejos u obsoletos de más de 15 años donde es mejor cambiar la unidad por una más eficiente con R410a.

A su vez, el HCFC-22 está siendo gradualmente reemplazado por una mezcla conocida como R410a, refrigerante de alta seguridad, clasificado por ASHRAE como A1/A1, no inflamable y no tóxico. Utiliza presiones de trabajo muy altas y los equipos existentes con R22 (HCFC-22) no pueden usarlo, lo que obliga a cambiarlo por completo.

#### **7.4 EL SALVADOR EN LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO**

Tras haber alcanzado la meta de eliminar la importación del primer grupo de sustancias refrigerantes que afectaban la capa de ozono, conocidas como Clorofluorocarbonos (CFCs), El Salvador ahora le apuesta a la reducción y erradicación total de un segundo grupo de sustancias utilizadas en diferentes procesos de producción industrial [15].

Este segundo grupo es identificado como los Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) y son sustancias utilizadas durante la producción de espumas rígidas, aislantes de calor, como por ejemplo los

techos; y en el proceso de solidificación de productos plásticos. Estas sustancias también se encuentran en aires acondicionados y en los sistemas de refrigeración para alimentos en supermercados.

El Protocolo de Montreal es conocido como uno de los más exitosos por la disminución de emisiones de CFCs que se han logrado en los 191 países firmantes de este protocolo. En ese sentido, El Salvador ha logrado grandes avances en el cumplimiento de los compromisos. En el 2009, el país eliminó la importación de Clorofluorocarbonos (CFCs), con la prohibición del ingreso de este gas.

Otra de las medidas que El Salvador ya tomó es la prohibición del uso de Bromuro de Metilo en el sector agrícola que se sabe es unas 50 veces más dañino para la capa de ozono que los CFCs, por lo que desde 1999 está prohibido en el país.

El Salvador, ha adquirido compromisos de reducción para las importaciones y consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, ha logrado desarrollar una legislación acorde a las necesidades a nivel mundial de protección a la misma.

Comenzando con la Constitución de la Republica en su artículo 117 [16], que permite proteger, conservar y mejorar los recursos naturales y el medio ambiente; como a su vez manda a desarrollar la temática ambiental en leyes especiales. Por lo que se crea la Ley del Medio Ambiente, en el año 1998, que regula la protección a la atmósfera, en su artículo 47. En el inciso B del mismo artículo, habla de la prevención disminución y eliminación gradual de las emisiones contaminantes en la atmósfera en beneficio de la salud y el bienestar humano y del ambiente. A su vez en el inciso C, expresa que el Ministerio de Medio Ambiente es el responsable de coordinar y ejecutar todos los planes de nación en el tema de la protección de la capa de ozono y del cumplimiento de los compromisos internacionales ratificados por nuestro país.

Teniendo regulado en una ley especial, la protección de la Capa de Ozono, era necesario elaborar una reglamento para poder desarrollar el tema con eficacia, por lo que en el año 2000 se emite el Reglamento general de la ley del medio ambiente, el cual en los artículos 66 y 67 desarrollan el tema sobre la protección de la capa de ozono y la ejecución de un plan de Nación.

A su vez en el año 2000, se decreta el Reglamento especial sobre el control de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, que tiene por objeto regular en el país la importación y el consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, para contribuir a la protección de la misma. Al cumplimiento de las obligaciones que emanan de los instrumentos internacionales que El Salvador ha ratificado en la materia.

Del Reglamento especial sobre el control de las sustancias agotadoras de la capa de ozono es muy importante retomar el artículo 7: “El límite máximo de importación, establecido para 1999, será gradualmente reducido, de acuerdo con un Plan Anual, según se establece a continuación:”

AÑO	CFC-11	CFC-12	CFC-115	TOTAL
1999	206	97	6	309
2000	181	93	6	280
2001	156	89	5	250
2002	131	85	4	220
2003	106	81	3	190
2004	81	77	2	160
2005	72	73	1	146
2006	47	48	0	95
2007	22	23	0	45
2008	7	13	0	20
2009	1	3	0	4
2010	0	0	0	0

Tabla 4. Importación Anual Permitida 1999 a 2010 (en toneladas métricas)

## 7.5 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES

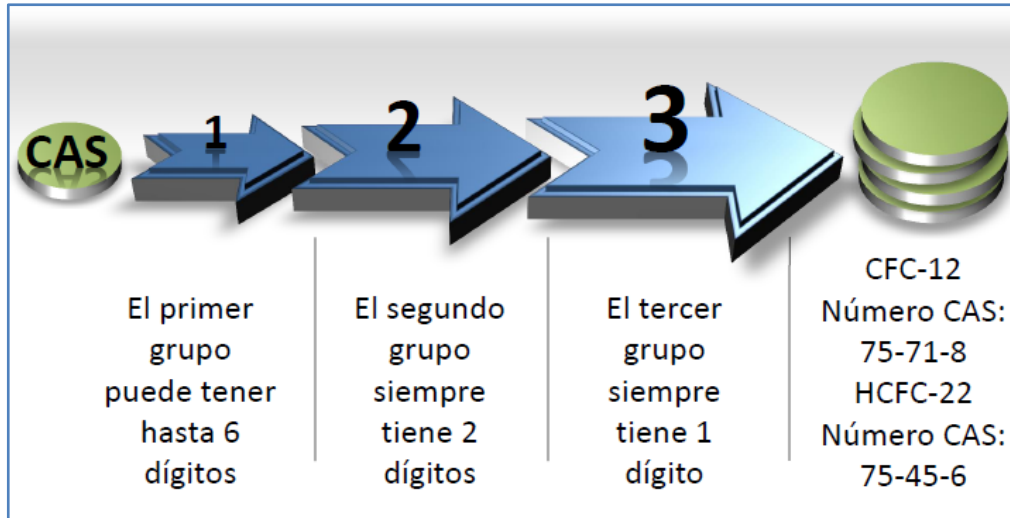
Existen muchas maneras de identificar un refrigerante, frecuentemente conocidos únicamente por sus nombres comerciales o nombres dados por sus fabricantes, como por ejemplo: Freon-12 (Dupont), Genetron-12 (Quimobásicos), Forane-12 (Arkema), Solkane-12 (Solvay Fluor).

También los refrigerantes son conocidos en muchos casos por su fórmula química o por su clasificación dada por diferentes organismos internacionales. A continuación se presentan algunas de estas clasificaciones.

- **NUMERO CAS:** es una identificación numérica única para compuestos químicos, polímeros, secuencias biológicas, preparados y aleaciones. Llamado también **CAS RN** (en inglés *CAS registry number*). *Chemical Abstracts Service* (CAS), es una división de la Sociedad Americana de Química, asigna estos identificadores a cada compuesto químico que ha sido descrito en la literatura. CAS también mantiene una base de datos de los compuestos químicos, conocida como *registro CAS*. Algo más de 123 millones de compuestos están numerados y catalogados, con alrededor de 12.000 nuevos cada día. La intención es realizar una búsqueda en la base de datos unificada, dado que a menudo se asignan distintos nombres para el mismo compuesto. Casi todas las moléculas actuales permiten una búsqueda por el número CAS (Figura 28).



Contiene de 5 a 9 dígitos separados en tres grupos mediante guiones.



**Figura 28 Clasificación número CAS**

- **NUMERO UN (Numeración de las Naciones Unidas)** Reglamentación modelo del transporte de mercancías peligrosas.

Este es un número estándar internacional de 4 dígitos que provee un sistema único de identificación para cada sustancia química y se utiliza en todo el mundo para ayudar a reconocer rápidamente los materiales contenidos en los recipientes de sustancias a granel. Un ejemplo, al CFC-12 le corresponde el número 1028 (Figura 29).

NUMERO UN	
CLASE 1	Explosivos
CLASE 2	Gases comprimidos, licuados o disueltos a presión
CLASE 3	Líquidos Inflamables
CLASE 4	Sólidos Inflamables
CLASE 5	Comburentes y peróxidos orgánicos
CLASE 6	Sustancias tóxicas e infecciosas (CCl <sub>4</sub> ) (1,1,1,Tricloroetano)
CLASE 7	Materiales radioactivos
CLASE 8	Materiales corrosivos
CLASE 9	Otros riesgos (R-11)

**Tabla 5. Clasificación de gases UN**

Para este caso la clase 2 es la que más interesa y dentro de esta se encuentran las siguientes subclases:

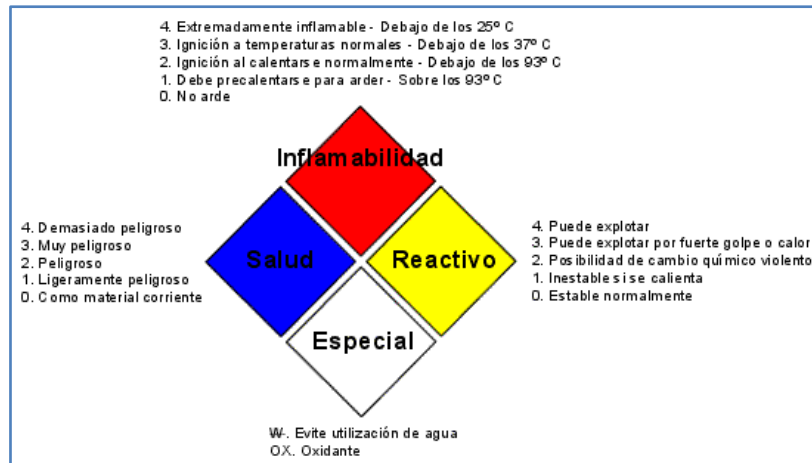
- **2.1:** Gases comprimidos, licuados o disueltos a presión inflamables.
- **2.2:** Gases comprimidos, licuados o disueltos a presión no inflamables y no tóxicos.
- **2.3:** Gases comprimidos, licuados o disueltos a presión tóxicos (o corrosivos).



**Figura 29 Pictogramas de la subclase UN 2**

➤ **El Rombo de Seguridad NFPA 4040**

El Código NFPA 4040 (Figura 30) establece un sistema de identificación de riesgos para que en un eventual incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales respecto del fuego, aunque éstos no resulten evidentes.



**Figura 30 Rombo de seguridad NFPA 4040**

Una de las normas más importantes, más utilizadas mundialmente y también tomada como referencia para este documento es la norma ASHRAE 34.

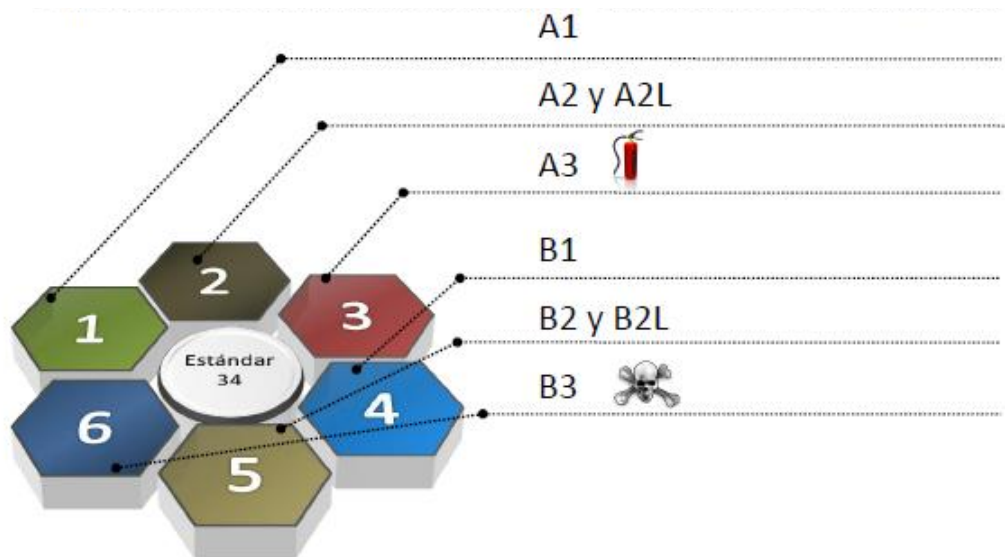
➤ **NORMA ASHRAE 34 (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers).**

Esta norma asigna los números de los refrigerantes y clasifica el nivel de seguridad de éstos.

SERIE	SUSTANCIA BASE	EJEMPLO
Serie - 000	Metano	R – 12
Serie - 100	Etano	R- 134a
Serie - 200	Propano	R – 290 Hidrocarburo
Serie - 400	Zeotropos	R – 401a
Serie - 500	Azeótropos	R - 502
Serie - 600	Compuestos orgánicos diversos	Hidrocarburo R – 600a (isobutano)
Serie - 1000	Compuestos orgánicos no saturados	HFO R – 1234yf Hidrofluorolefina

**Tabla 6. Clasificación De Números Estándar 34 – 2010 ASHRAE**

El estándar ASHRAE 34-2010 (Figura 31) define 8 grupos de seguridad dependiendo de la inflamabilidad y toxicidad de un refrigerante.



**Figura 31 Niveles de inflamabilidad y toxicidad ASHRAE 34-2010**

Dependiendo de la inflamabilidad y toxicidad de un refrigerante los niveles pueden ser: A1, A2, A3, B1, B2, B3, L.

- “A” denota una toxicidad más baja.
- “B” denota una toxicidad más alta.

- “1” significa que no habrá propagación de fuego.
  - “2” indica una inflamabilidad más baja.
  - “3” indica una inflamabilidad más alta.
  - “L” indica ligeramente inflamable ó ligeramente tóxico.
  - Ejemplo: B3 indica un refrigerante con una toxicidad alta y con una inflamabilidad alta.
- **Compuestos Puros:** Substancias formadas por un solo tipo de moléculas ó componente (Figura 32). Las fugas de refrigerante no alteran su composición.



**Figura 32 Ejemplos de compuestos puros**

- **Mezclas Azeotropicas:** Refrigerante formado por 2 ó más tipos de moléculas ó componentes y tiene la misma composición en la fase líquida o en la fase gaseosa (Figura 33). Las fugas no alteran su composición.



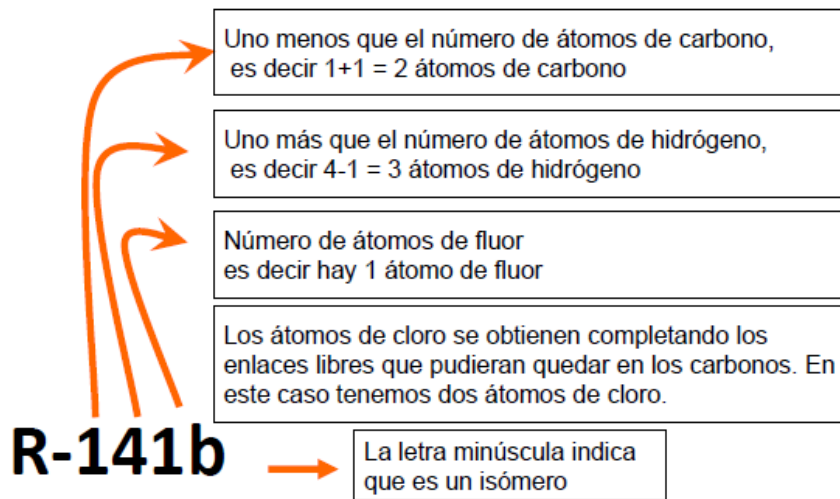
**Figura 33 Ejemplos de mezclas azeotrópicas**

- **Mezclas Zeotropicas:** Refrigerante formado por 2 ó más tipos de moléculas ó componentes y tiene diferente composición en la fase líquida que en la gaseosa (Figura 34). Las fugas sí alteran su composición.



**Figura 34 Ejemplos de mezclas zeotrópicas**

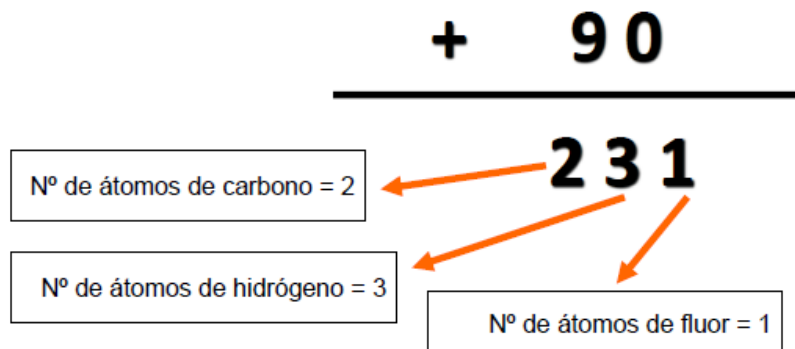
La Norma ASHRAE 34-2010 usa la nomenclatura mostradas en la figura 35 y figura 36 para nombrar a los refrigerantes



**Figura 35 Nomenclatura**

• R - 1 4 1 b

Otro método:



**Figura 36 Otro método de nomenclatura**

## 8 EFICIENCIA EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.

Cuando se observan las características de un A/C es común preguntarse qué tan eficiente son estos equipos respecto al gasto económico que estos conllevan en su compra y uso, sin mencionar el gasto en mantenimientos. Es también común y en muchos países normados que los equipos traigan consigo en sus etiquetas los valores de que tan eficientes son los equipos para conocimiento de los usuarios. En esta sección se hablara un poco acerca de esto así como de la forma como son calculados estos factores de eficiencia energética para aires acondicionados [17].

### 8.1 INDICADORES DE EFICIENCIA.

Desde hace bastantes años todos los equipos de A/C vienen etiquetados con estos dos parámetros: el EER y el COP. En caso de que el equipo no tenga función de calefacción solo veremos el EER y en el caso la tenga será el COP. El significado de estas son:

- EER: Índice de eficiencia energética (Energy Efficiency Ratio)
- COP: Coeficiente de rendimiento (Coefficient Of Performance)

Esto indicadores nos muestran la cantidad de kW térmicos (calor o frío) nos dará el equipo por cada kW eléctrico que consuma de nuestra querida distribuidora eléctrica. Las condiciones oficiales a las que un fabricante certifica el EER y COP de su producto son con el equipo a plena carga, esto quiere decir que la máquina estará dando el 100% de la potencia que es capaz de suministrar, cosa que en la realidad no sucede en la mayoría de las ocasiones.

Recientemente y debido a la aparición de nuevas tecnologías como los “Inverter”, los cuales como se mencionó antes, controlan el funcionamiento de los aires acondicionados para que no funcionen al 100% en todo momento sino que regulen su funcionamiento según la carga lo requiera, se dispuso que nuevos factores de eficiencia fueran creados dando origen así a los coeficientes SEER y SCOP [17].

- SEER: Índice de eficiencia energética estacional (Seasonal Energy Efficiency Ratio)
- SCOP: Coeficiente de rendimiento estacional(Seasonal Coefficient Of Performance)

Que a razón de los cambios introducidos por las nuevas tecnologías, y considerando los cambios según la carga, dan información acerca de la cantidad de energía térmica respecto a la cantidad de energía eléctrica consumida. Estos se pueden clasificar entonces en dos grupos:

#### 8.1.1 Eficiencia en régimen permanente.

- **COP (Coefficient Of Performance), eficiencia de A/C:** “Cociente entre la potencia calorífica y la potencia absorbida útil” [18].

$$COP = \frac{P_H}{P_E} \quad (3)$$

Donde:

$P_H =$  Potencia de calentamiento

$P_E =$  Potencia eléctrica consumida por la máquina

- **EER (Efficiency Energy Ratio), eficiencia de enfriamiento:** “Cociente entre la potencia frigorífica total y la potencia absorbida útil” [18].

$$EER = \frac{P_C}{P_E} \quad (4)$$

Donde:

$P_C =$  Potencia de enfriamiento

$P_E =$  Potencia eléctrica consumida por la máquina

### 8.1.2 Eficiencia en régimen estacional.

- **SCOP (Seasonal COP), eficiencia estacional de calentamiento:** “Cociente entre la energía calorífica aportada y la energía eléctrica absorbida útil durante un determinado periodo de tiempo” [18].

$$SCOP = \frac{E_H}{E_E} \quad (5)$$

$$E_H = \int_0^T P_H dt \quad (6)$$

$$E_E = \int_0^T P_E(t) dt \quad (7)$$

Donde:

$E_H =$  Energía de calentamiento

$E_E =$  Energía eléctrica consumida por la máquina

- **SEER (Seasonal EER), eficiencia estacional de enfriamiento:** “Cociente entre la energía calorífica retirada y la energía eléctrica absorbida útil durante un determinado periodo de tiempo” [18].

$$SEER = \frac{E_C}{E_E} \quad (8)$$

$$E_C = \int_0^T P_C(t) dt \quad (9)$$

$$E_E = \int_0^T P_E(t) dt \quad (10)$$

Donde:

$E_C$  = Energía de enfriamiento

$E_E$  = Energía eléctrica consumida por la máquina

## 8.2 CARGAS TÉRMICAS.

La carga térmica de un local o edificio se puede estimar considerando tres fuentes principales de carga:

- Las cargas exteriores por las condiciones climáticas ambientales, la radiación solar y el viento (calor sensible).
- Las cargas interiores producidas por los equipos o fuentes de calor por combustión, eléctrico o electrónico, personas o producto almacenado (calor latente y sensible).
- La ventilación o infiltración de aire ambiente al interior del espacio acondicionado (calor latente y sensible).

A continuación se explicaran cada una de ellas:

### 8.2.1 Cargas Exteriores

Con las condiciones exteriores entiéndase la climatología normal del país donde se colocara el equipo, con esto también deben considerarse el día y mes del año cuando se realiza la estimación, así más generalmente de la localización geográfica del lugar así como del periodo del año.

### 8.2.2 La infiltración o ventilación de aire ambiente

Es la carga térmica producto del calor del aire que entra o sale de un recinto o edificio.

Infiltración:

- Aire exterior por puertas, ventanas, orificios, rendijas, etc.
- No hay un control exacto sobre ello y depende de las diferencias de presión dentro y fuera.

Ventilación:



- Aire exterior para mantener las condiciones de oxígeno necesarias según la aplicación.
- Por lo general, se realiza por medios mecánicos, por lo que se puede tener un mejor control de los volúmenes de aire ventilados y extraídos.

### **8.2.3 Cargas Interiores**

Las condiciones de interiores incluyen los valores de temperatura y humedad dentro del espacio acondicionado. Esto dependerá de las condiciones de confort en A/C.

Algunos procesos internos que contribuyen al aumento de la carga térmica de un lugar están:

### **8.2.4 Metabolismo de seres vivos**

La respiración y procesos metabólicos del ser humano, animales y plantas.

### **8.2.5 Trabajo electro-mecánico**

El trabajo mecánico genera fricción que se transforma en calor, la potencia consumida por luminarias, motores y resistencias generan y la resistencia de los cables eléctricos disipa calor (efecto Joule).

### **8.2.6 Combustión y procesos químicos**

La combustión en cocinas y hornillas a gas, carbón y aceites y reacciones químicas endotérmicas o exotérmicas.

Debido a la inercia térmica, la carga instantánea de calor no corresponde a la cantidad de calor que se necesita retirar para mantener la temperatura constante. A esto se le conoce como **“Carga de enfriamiento”** y está dada en Btu/h o Watts [7].

La carga de enfriamiento en un equipo de refrigeración raras veces es el resultado de una sola fuente de calor. Más bien, es la suma de las cargas térmicas en las que están involucradas diferentes fuentes.

# CAPITULO II

## 9 PSICROMETRÍA.

La psicrometría usa los principios termodinámicos para analizar las condiciones y los procesos que involucran al aire húmedo. Hermann, Hyland and Wexler y Nelson and Sauer desarrollaron fórmulas para las propiedades termodinámicas del aire húmedo y el agua modelada como gases reales. Sin embargo, las relaciones como un gas perfecto pueden ser usadas en la mayoría de los problemas que involucran aires acondicionados.

Esta sección no está pensada para aclarar todos los conceptos acerca de psicrometría, sino más bien, los utilizados en el trabajo de grado y algunos otros conceptos generales que pueden ser beneficiosos para proyectos futuros. Debe tenerse en cuenta que la carta psicrométrica es una opción muy buena si no se contara con algún software para el cálculo, y que esta sección tiene por objetivo el uso de ecuaciones para la determinación de parámetros que bien podrían encontrarse en la carta aunque con mayor exactitud de forma matemática.

### 9.1 COMPOSICIÓN DEL AIRE SECO Y EL AIRE HÚMEDO.

**Aire atmosférico:** Contiene varios componentes gaseosos así como vapor de agua y contaminantes misceláneos (humo, polen, gases contaminantes no presentes normalmente en áreas libres de fuentes de contaminación)

**Aire Seco:** Es el aire atmosférico con el vapor de agua y los contaminantes removidos. Esta composición es relativamente constante, pero pequeñas variaciones en las cantidades de componentes individuales pueden llegar a ocurrir con el tiempo, la variación geográfica y la altitud. Harrison en 1961 listó un aproximado de los porcentajes de composición del aire seco: Nitrógeno 78.084%, Oxígeno 20.9476%, Argón 0.934%, Neón 0.001818%, Helio 0.000524%, Metano 0.00015%, Dióxido de Azufre 0 a 0.0001%, Hidrógeno 0.00005% o otros componentes menores como Kriptón, Xenón y Ozono en 0.0002%.

**Aire Húmedo:** Es una combinación binaria, es decir de dos componentes que son el Aire Seco y el Vapor de Agua. La cantidad de vapor de agua puede variar desde cero (Aire Seco) hasta un máximo que depende de la temperatura y la presión.

### 9.2 PRESIÓN ATMOSFÉRICA ESTÁNDAR.

La temperatura y la presión barométrica del aire atmosférico pueden variar considerablemente de acuerdo con la altitud así como con la geografía local y las condiciones climáticas. La atmósfera estándar se utiliza como una referencia para estimar ciertas propiedades a varias

altitudes. A nivel del mar se usan una temperatura estándar de 15°C y una presión barométrica de 101.325 KPa.

Pero también se pueden calcular estos valores dependiendo de la altura asumiendo  $9.80665\text{m/s}^2$ .

Para la presión<sup>1</sup>:

$$p = 101.325(1 - 2.25577 \times 10^{-5}Z)^{5.2559} \quad (11)$$

Y para la temperatura<sup>1</sup>:

$$t = 15 - 0.0065Z \quad (12)$$

Donde:

$p$ = Presión Barométrica, Kpa

$t$ = Temperatura, °C

$Z$ = Altitud, mts

### 9.3 PROPIEDADES TERMODINÁMICAS PARA LOS CÁLCULOS DE PSICROMETRÍA.

La energía interna y la entropía del agua líquida saturada están ambas al valor de cero en el punto triple del agua, 0.01°C. Entre el punto triple y el punto crítico del agua, dos estados (Líquido saturado y vapor saturado) pueden coexistir en equilibrio. La presión de vapor de agua saturada es requerida para determinar las propiedades del aire húmedo, principalmente la relación de humedad de saturación.

La presión de saturación sobre el hielo para el rango de temperatura desde -100 a 0°C está dada por<sup>1</sup>:

$$\ln p_{ws} = \frac{C_1}{T} + C_2 + C_3T + C_4T^2 + C_5T^3 + C_6T^4 + C_7 \ln T \quad (13)$$

Donde:

$$C_1 = -5.6745359 \times 10^3$$

$$C_2 = 6.3925247$$

$$C_3 = -9.677843 \times 10^{-3}$$

$$C_4 = 6.2215701 \times 10^{-7}$$

---

<sup>1</sup> ASHRAE FUNDAMENTALS 2013, Capitulo Psicrometria.

$$C_5 = 2.0747825 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = -9.484024 \times 10^{-13}$$

$$C_7 = 4.1635019$$

La presión de saturación sobre agua líquida para el rango de temperatura de 0 a 200°C está dada por<sup>2</sup>:

$$\ln p_{ws} = \frac{C_8}{T} + C_9 + C_{10}T + C_{11}T^2 + C_{12}T^3 + C_{13} \ln T \quad (14)$$

Donde:

$$C_8 = -5.8002206 \times 10^3$$

$$C_9 = 1.3914993$$

$$C_{10} = -4.8640239 \times 10^{-2}$$

$$C_{11} = 4.1764768 \times 10^{-5}$$

$$C_{12} = -1.4452093 \times 10^{-8}$$

$$C_{13} = 6.5459673$$

Para ambas ecuaciones:

$p_{ws}$  = Presión de saturación, Pa

$T$  = Temperatura absoluta, K

Los coeficientes anteriores fueron derivados de las ecuaciones de Hyland-Wexler. La presión de vapor de agua  $p_s$  en aire húmedo saturado difieren de forma insignificante del vapor en saturación  $p_{ws}$  de agua pura a la misma temperatura. Consecuentemente,  $p_s$  puede ser usada en las ecuaciones con un pequeño error<sup>2</sup>:

$$p_s = x_{ws}p \quad (15)$$

Donde  $x_{ws}$  es la fracción molar de vapor de agua en aire húmedo saturado a una temperatura  $t$  y una presión  $p$ , y  $p$  es la presión barométrica total de aire húmedo.

---

<sup>2</sup> ASHRAE FUNDAMENTALS 2013, Capitulo Psicrometria

## 9.4 PARÁMETROS DE HUMEDAD.

**Índice de humedad  $W$**  (Alternativamente, contenido de humedad o índice de mezcla) de una muestra de aire húmedo está definida como el índice de una masa de vapor de agua y masa de aire seco en la muestra<sup>3</sup>:

$$W = \frac{M_w}{M_{da}} \quad (16)$$

Donde  $W$  es igual al índice de fracción molar  $x_w/x_{da}$  multiplicada por el índice de masas molecular  $(18.015268/28.966=0.621945)$ <sup>3</sup>:

$$W = 0.621945 \frac{x_w}{x_{da}} \quad (17)$$

**Humedad específica  $\gamma$**  es el índice de la masa vapor de agua sobre el total de la masa de aire húmedo<sup>3</sup>.

$$\gamma = \frac{M_w}{M_w + M_{da}} \quad (18)$$

En términos del índice de la humedad<sup>3</sup>:

$$\gamma = W/(1 + W) \quad (19)$$

**Humedad Absoluta:** (Alternativamente, densidad de vapor de agua)  $d_v$  es el índice de masa de vapor de agua respecto al total del volumen de la muestra<sup>3</sup>:

$$d_v = \frac{M_w}{V} \quad (20)$$

**Densidad  $\rho$**  de mezcla de aire húmedo es el índice entre la masa total y el volumen total<sup>3</sup>:

$$\rho = \left( \frac{M_{da} + M_w}{V} \right) = \left( \frac{1}{v} \right) (1 + W) \quad (21)$$

Donde  $v$  es el volumen específico del aire húmedo,  $m^3/Kg_{da}$ .

### 9.4.1 Parámetros de humedad envolviendo Saturación.

Las siguientes definiciones de parámetros de humedad de aire húmedo involucran:

**Índice de humedad de saturación  $W_s(t,p)$  o humedad específica** es el índice de humedad de aire húmedo saturado respecto al agua(o hielo) a la misma temperatura  $t$  o presión  $p$ .

**Grado de saturación  $\mu$**  es la relación entre el índice de humedad de aire  $W$  y el índice de humedad  $W_s$  de aire húmedo saturado a la misma temperatura y presión<sup>3</sup>:

$$\mu = \frac{W}{W_s} \Big|_{t,p} \quad (22)$$

---

<sup>3</sup> ASHRAE FUNDAMENTALS 2013, Capitulo Psicrometria

**Humedad Relativa  $\varphi$** , es la relación de la fracción molar de vapor de agua  $x_w$  en una muestra de aire húmedo a la fracción molar  $x_{ws}$  en una muestra de aire saturado a la misma temperatura y presión<sup>4</sup>:

$$\varphi = \frac{x_w}{x_{ws}} \Big|_{t,p} \quad (23)$$

De estas ecuaciones vistas entre el grado de saturación, la humedad relativa y el índice de humedad se puede deducir que<sup>4</sup>:

$$\mu = \frac{\varphi}{1 + (1 + \varphi)W_s / (0.62945)} \quad (24)$$

**Temperatura de punto de rocío  $t_d$**  es la temperatura del aire húmedo saturado a una presión dada  $p$ , con el mismo índice de humedad  $W$  de la muestra de aire húmedo. Está definido como la solución de  $t_d(p, W)$  de la siguiente ecuación<sup>4</sup>:

$$W_s(p, t_d) = W \quad (25)$$

**Temperatura de bulbo húmedo  $t^*$**  es la temperatura a la cual el agua (líquida o sólida), por evaporación en el aire húmedo, a una temperatura de bulbo seco  $t$  y a un índice de humedad  $W$  puede llevar al aire a saturación de forma adiabática a una misma temperatura  $t^*$  mientras que la presión permanece constante.

## 9.5 RELACIONES DE GASES IDEALES PARA EL AIRE SECO Y EL AIRE HÚMEDO.

Cuando el aire húmedo es considerado una mezcla independiente de gases ideales (Por ejemplo: aire seco y vapor de agua), cada uno puede ser asumido que obedece a las siguientes ecuaciones de gases ideales<sup>4</sup>:

Aire seco:

$$p_{da}V = n_{da}RT \quad (26)$$

Vapor de agua:

$$p_wV = n_wRT \quad (27)$$

Donde:

$p_{da}$  = Presión Parcial de aire seco

$p_w$  = Presión Parcial de vapor de agua

$V$  = Volumen total de la mezcla

$n_{da}$  = Número de moles de aire seco

---

<sup>4</sup> ASHRAE FUNDAMENTALS 2013, Capítulo Psicrometría

$n_w =$  Numero de moles de vapor de agua

$R =$  Constante universal de los gases  $(8314.472 \frac{J}{kmol * K})$

$T =$  Temperatura absoluta

Entonces esta mezcla obedece a las ecuaciones de gases ideales<sup>5</sup>

$$pV = nRT \quad (28)$$

O también<sup>5</sup>:

$$(p_{da} + p_w)V = RT(n_{da} + n_w) \quad (29)$$

Donde  $p = (p_{da} + p_w)$  es la presión total de la muestra y  $n = (n_{da} + n_w)$  es la cantidad total de moles de la mezcla.

Luego de algunos arreglos las ecuaciones anteriores, se puede llegar a las fracciones molares de aire seco y vapor de agua de la siguiente forma<sup>5</sup>:

$$x_{da} = \frac{p_{da}}{(p_{da} + p_w)} = \frac{p_{da}}{p} \quad (30)$$

$$x_w = \frac{p_w}{(p_{da} + p_w)} = \frac{p_w}{p} \quad (31)$$

Partiendo de las ecuaciones 17, 30 y 31 se puede llegar a una ecuación que relaciona el índice de humedad con las presiones de vapor de agua y la presión barométrica total<sup>5</sup>.

$$W = 0.621945 \frac{p_w}{p - p_w} \quad (32)$$

De esta forma el índice de humedad en saturación está definido por<sup>5</sup>:

$$W_s = 0.621945 \frac{p_{ws}}{p - p_{ws}} \quad (33)$$

El termino  $p_{ws}$  representa la presión de saturación de vapor de agua en ausencia de aire a una temperatura dada  $t$ . Esta presión  $p_{ws}$  es una función que depende únicamente de la temperatura y difiere de manera poco significativa de la presión de vapor de agua en el aire húmedo saturado.

Y de estos conceptos y sustituyendo los valores de  $x_w$  y  $x_{ws}$  de la ecuación de la humedad relativa se puede llegar a<sup>5</sup>:

---

<sup>5</sup> ASHRAE FUNDAMENTALS 2013, Capitulo Psicrometria.

$$\phi = \frac{p_w}{p_{ws}|_{t,p}} \quad (34)$$

La entalpia de una mezcla de gases ideales es igual a la suma de las entalpias de cada uno de sus componentes, dicho esto la entalpia especifica del aire húmedo puede ser escrita como<sup>6</sup>:

$$h = h_{da} + Wh_g \quad (35)$$

Donde  $h_{da}$  es la entalpia especifica del aire seco y  $h_g$  es la entalpia especifica del vapor de agua saturado en  $kJ/kg_w$  a la temperatura de mezcla. Como una aproximación tenemos<sup>6</sup>

$$\begin{aligned} h_{da} &= C_{p,a}t & (36) \\ h_g &= h_{fgt} + C_{p,v}t & (37) \end{aligned}$$

Donde

$$C_{p,a} = \text{Calor especifico del aire seco, } 1.005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$C_{p,v} = \text{Calor especifico del vapor de agua, } 1.82 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{fgt} = \text{calor latente de vaporizacion } \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

El valor del calor latente de la vaporización de agua se usara con un valor de  $2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  que corresponde al valor de calor de vaporización a  $100^\circ\text{C}$ .

Donde  $t$  es la temperatura de bulbo seco en  $^\circ\text{C}$ . La entalpia especifica del aire húmedo en  $kJ/kg_{da}$  entonces se convierte entonces<sup>6</sup>.

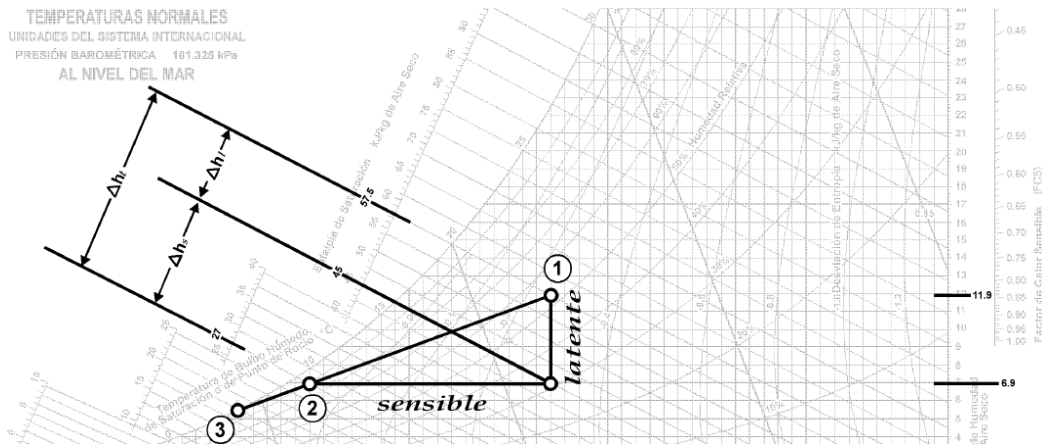
$$h = C_{p,a}t + W(h_{fg100} + C_{p,v}t) \quad (38)$$

## 9.6 PSICROMETRÍA APLICADA Y CÁLCULO DE LA EFICIENCIA.

Es deseable calcular los cambios de calor latente y de calor sensible, en las condiciones del aire según se muestra en la figura. Cuando se traza sobre la carta psicrométrica un cambio de calor sensible, el resultado es una línea horizontal, y el cambio de puro calor latente, es una línea vertical. Los términos calor sensible y calor latente se explican a continuación.

<sup>6</sup> ASHRAE FUNDAMENTALS 2013, Capitulo Psicrometria.





**Figura 37. Cálculo de calor sensible y calor latente en la carta psicrométrica.**

**Calor sensible** es aquel que recibe un cuerpo o un objeto y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado. En general, se ha observado experimentalmente que la cantidad de calor necesaria para calentar o enfriar un cuerpo es directamente proporcional a la masa del cuerpo y a la diferencia de temperaturas. La constante de proporcionalidad recibe el nombre de calor específico.

**Calor latente** es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización). Se debe tener en cuenta que esta energía en forma de calor se invierte para el cambio de fase y no para un aumento de la temperatura.

Teniendo en cuenta que lo que se busca es un cambio en el calor de la masa de aire que se pondrá en estudio se debe considerar el cambio en la entalpía del aire húmedo, como proceso del cálculo a continuación se explicara la forma en que se llegaron a obtener las fórmulas utilizadas en este trabajo de graduación.

De la psicrometría se obtuvo que un cambio de entalpía dentro de la carta se expresa así:

$$h = C_{p,a}t + W(h_{f,g0} + C_{p,v}t) \quad (39)$$

Para efectos del calor sensible se sabe, no hay un cambio de su estructura molecular por tanto el valor de  $W$  de la ecuación de la entalpía permanece constante para todo su cálculo. Por otro lado para el cálculo de calor latente se tiene que existe un cambio en su estructura o estado y no hay un cambio en su temperatura por tanto el valor de  $t$  permanecería constante.

$$\Delta h_T = \Delta h_s + \Delta h_l \quad (40)$$

Donde

$\Delta h_T =$  Cambio total en la entalpía del aire húmedo

$\Delta h_s = \text{entalpia sensible}$

$\Delta h_l = \text{entalpia latente}$

Teniendo para el calor sensible una temperatura  $t_1$  y  $t_2$ , y para el calor latente un cambio que va de  $W_3$  y  $W_4$  se tiene procede a realizar los cálculos:

#### Cambio en la entalpia sensible

$$\Delta h_s = h_2 - h_1 \quad (41)$$

$$\Delta h_s = C_{p,a}t_2 + W(h_{fg100} + C_{p,v}t_2) - [C_{p,a}t_1 + W(h_{fg100} + C_{p,v}t_1)]$$

$$\Delta h_s = C_{p,a}t_2 + Wh_{fg100} + WC_{p,v}t_2 - [C_{p,a}t_1 + Wh_{fg100} + WC_{p,v}t_1]$$

$$\Delta h_s = C_{p,a}t_2 + Wh_{fg100} + WC_{p,v}t_2 - C_{p,a}t_1 - Wh_{fg100} - WC_{p,v}t_1$$

$$\Delta h_s = C_{p,a}(t_2 - t_1) + WC_{p,v}(t_2 - t_1)$$

$$\Delta h_s = C_{p,a}\Delta T + WC_{p,v}\Delta T \quad (42)$$

#### Cambio en la entalpia latente.

$$\Delta h_l = h_4 - h_3 \quad (43)$$

$$\Delta h_l = C_{p,a}t + W_4(h_{fg100} + C_{p,v}t) - [C_{p,a}t + W_3(h_{fg100} + C_{p,v}t)]$$

$$\Delta h_l = C_{p,a}t + W_4h_{fg100} + W_4C_{p,v}t - C_{p,a}t - W_3h_{fg100} - W_3C_{p,v}t$$

$$\Delta h_l = W_4h_{fg0} + W_4C_{p,v}t - W_3h_{fg100} - W_3C_{p,v}t$$

$$\Delta h_l = h_{fg100}(W_4 - W_3) + C_{p,v}t(W_4 - W_3)$$

$$\Delta h_l = h_{fg100}\Delta W + C_{p,v}\Delta Wt \quad (44)$$

En ambas ecuaciones por aproximación el segundo se puede eliminar pues su influencia tiene como base los valores de referencia.

$$\Delta h_s = C_{p,a}\Delta T \quad (45)$$

$$\Delta h_l = h_{fg100}\Delta W \quad (46)$$

#### Cambio a valor de calor.

Un cambio en la entalpia no basta para hacer el cálculo de la potencia frigorífica de un equipo de A/C. Ahora para efectos del cálculo se debe considerar flujo másico del aire y así obtener el calor en Kw.

El flujo másico se calcula de la siguiente manera:

$$\dot{m}_a = V_a A \rho_a \quad (47)$$

Donde:

$V_a$  = Velocidad del flujo de aire que sale del evaporador

$A$  = es el area de salida del evaporador

$\rho_a$  = densidad del aire a  $1.19 \frac{kg}{m^3}$  a una temperatura de  $25^\circ C$

Debe aclararse, que se decidió usar la densidad de  $1.19 \frac{kg}{m^3}$ , para los cálculos que van desde 1 a  $30^\circ C$  que es el aproximado de rango de temperatura que se esperan medir.

Ahora se procede a dar los cálculos para el calor latente y calor sensible que no es más que la entalpia antes calculada multiplicada por el flujo másico de aire a través del evaporador.

$$Q_{sensible} = \dot{m}_a h_s \quad (48)$$

$$Q_s = \dot{m}_a C_{p,a} \Delta T [kW] \quad (49)$$

$$Q_{latente} = \dot{m}_a h_l \quad (50)$$

$$Q_l = \dot{m}_a h_{fg100} \Delta W [kW] \quad (51)$$

Con el valor de calor latente y calor sensible calculados, se procede a hacer el cálculo de calor total tonelaje y el índice de eficiencia energética, EER.

$$Calor Total = Q_t = Q_s + Q_l \quad (52)$$

$$Tonelaje de refrigeracion = TR = Q_t * \frac{3412 \frac{Btu}{h}}{1kw} * \frac{1 Tonelada de Refrigeracion}{12000 \frac{Btu}{h}} \quad (53)$$

$$EER = \left[ \frac{\frac{Btu}{h}}{W} \right] = \frac{Q_t * \frac{3412 \frac{Btu}{h}}{1kw}}{We} \quad (54)$$

Ahora bien, conociendo algunos de estos conceptos y el tipo de mediciones que se llevaron en este trabajo de grado, tomando en cuenta que basado en la Handbook Fundamentals de la ASHRAE, se puede usar la psicrometría para el cálculo de la humedad especifica de aire y con esto el calor latente.

Dado que para este trabajo de graduación se decidieron usar los parámetros de Humedad Relativa, Temperatura de Bulbo Seco, y una presión barométrica estable como una aproximación a las condiciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de

el Salvador, se necesitaba una forma de adquirir a partir de estos tres parámetros ecuaciones para poder obtener la humedad específica de 2 puntos concretos en la medición.

De esta forma y siguiendo los parámetros termodinámicos que involucran la psicrometría se siguió el siguiente proceso. Para una presión barométrica aproximadamente estable:

Se calcula la presión de saturación partiendo de las mediciones de temperatura de bulbo seco; despejando  $p_{ws}$  de cualquiera de las ecuaciones siguientes:

Para mediciones de temperatura de bulbo seco entre -100 y 0 °C ecuación 13:

$$\ln p_{ws} = \frac{C_1}{T} + C_2 + C_3T + C_4T^2 + C_5T^3 + C_6T^4 + C_7 \ln T$$

Y para mediciones que vaya desde los 0 y 200°C ecuación 14:

$$\ln p_{ws} = \frac{C_8}{T} + C_9 + C_{10}T + C_{11}T^2 + C_{12}T^3 + C_{13} \ln T$$

Despejando  $p_{ws}$  se tiene que:

$$p_{ws} = e^{\frac{C_1}{T} + C_2 + C_3T + C_4T^2 + C_5T^3 + C_6T^4 + C_7 \ln T} \quad (55)$$

$$p_{ws} = e^{\frac{C_8}{T} + C_9 + C_{10}T + C_{11}T^2 + C_{12}T^3 + C_{13} \ln T} \quad (56)$$

Luego se procede a evaluar el resultado de la humedad relativa y tomando en cuenta las relaciones gases ideales para el aire seco y el aire húmedo:

$$\varphi = \frac{p_w}{p_{ws}} \quad (57)$$

Despejando para la presión parcial de vapor de agua obtenemos:

$$p_w = \varphi \times p_{ws} \quad (58)$$

Y para finalizar se tiene que la humedad específica o índice de humedad es igual a:

$$W = 0.621945 \frac{p_w}{p - p_w} \quad (59)$$

Donde  $p$  es la presión barométrica.

# 10 MEDICIONES

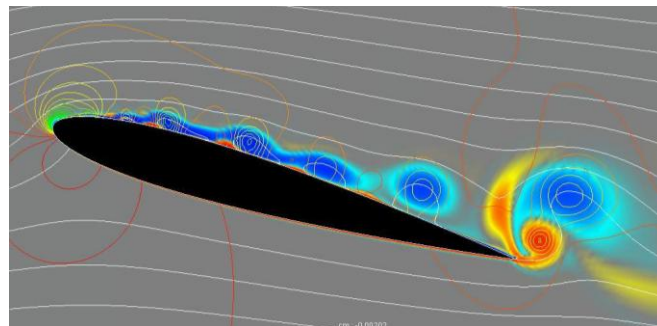
## 10.1 PREPARACION PREVIA DE LOS EQUIPOS

Antes de realizar cualquier tipo de medición es necesario preparar ambiente y equipo, en base a la norma NTS 23.47.08:14 [19] numeral **4.2.4.1 Precondiciones** “*Los controles del equipo se deben configurar para máximo enfriamiento y se deben cerrar todos los amortiguadores de ventilación y extracción de aire. El equipo bajo ensayo se debe operar continuamente durante 1 h después de que se han establecido las temperaturas del aire especificadas y el nivel de condensado de equilibrio*”, de no hacerlo el equipo estará desactivando o reduciendo la velocidad en los ventiladores lo que dará como consecuencia un valor poco confiable al realizar la medición para obtener el valor de eficiencia.



**Figura 38 Posición correcta de difusores para la medición**

Las paletas de flujo de aire en los equipos deben de estar alineados en paralelo con el ducto interno del equipo de salida del evaporador y líneas de flujo del caudal de aire para evitar crear turbulencia (figura 39) en el flujo del aire y obtener la mayor estabilidad en la salida como se ilustra en la figura 38 obteniendo una correcta medición de temperatura, humedad y velocidad del viento en el evaporador.



**Figura 39 Distorsión en el flujo laminar del aire**

## 10.2 EQUIPO DE MEDICION

Las variaciones máximas permitidas en lecturas individuales deben ser como las indicadas en Tabla 11-Variaciones permitidas en las lecturas de los ensayos de comportamiento NTS 23.47.08:14. De acuerdo a la norma antes mencionada el equipo necesario para tomar los datos con una incertidumbre dentro de los rangos establecidos por la norma son los siguientes:

- **TERMO HIGRÓMETRO**

Es un instrumento electrónico diseñado para medir y mostrar la temperatura y la humedad relativa lo suficientemente pequeño para ser portátil existen muchas variedades, se recomienda el equipo THWD-3(figura 40) debido a que utiliza un sensor de capacitancia de precisión para distribuir rendimiento preciso con la estabilidad a largo plazo. Este instrumento de exactitud mide la gama completa de relación de la humedad de 0% a 100% ( $\pm 3\%$ ) y cuenta con un amplio rango de medición de temperatura ambiente entre  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y. El sensor está montado en la parte superior de la unidad sobre un largo eje que se extiende desde la superficie.



**Figura 40 THWD-3 Relative Humidity Temperature Meter**

- **CINTRA METRICA**

La cinta métrica utilizada en medición de distancias se construye en una delgada lámina de acero, aluminio o de fibra de vidrio. (Figura 41)



**Figura 41 Cinta metálica**

- **ANEMOMETRO**

Es un Instrumento utilizado para medir la velocidad del viento que permite medir inmediatamente la velocidad pico de una ráfaga de viento. Posee hélices unidas a un eje central cuyo giro, proporcional a la velocidad del viento. Dentro de la amplia gama de anemómetros existentes y funciones distintas el mini anemómetro digital portátil GM8908 (Figura 42) es una buena elección para cumplir el tipo de demanda que el objetivo presenta. Este anemómetro digital portátil es ideal para practicar windsurf, vela, pesca, vuelo de la cometa y el alpinismo. También se puede utilizar para fines industriales y domésticas, tales como la medición de la velocidad del viento y la temperatura de ventiladores de ordenador CPU, acondicionadores de aire y ventiladores de aire.



**Figura 42 Mini anemómetro digital GM8908**

- **ANALIZADOR DE POTENCIA**

Es un instrumento electrónico con la capacidad de censar fluctuaciones de corriente, voltaje, potencia real y potencia aparente en circuitos monofásicos, bifásicos y trifásicos en las configuraciones delta, delta abierta, estrella, estrella aterrizada, circuito trifásico de cuatro líneas. Con el analizador de potencia puede efectuar mediciones prolongadas. Uno de los mejores equipos es el PCE-PA 8000 (Figura 43) permite medir y registrar la potencia de un circuito monofásico o trifásico. Los valores de medición se almacenan en una tarjeta SD en formato xls. El analizador de potencia también está en grado de realizar mediciones de energía así como determinar el factor de potencia y el ángulo de fase. Con rango de medición de voltaje 10.0V a 600.0V(0.5%+0.5V) entre fase-fase y fase-neutro, de corrientes hasta 1200 A  $\pm$  (0.5%+5A) y potencia de 0.000 a 9.999 KW  $\pm$  (1%+0.008KW)



**Figura 43 PCE-PA 8000**

### **10.3 MEDICION**

*“Se deben registrar los datos durante 30 min con intervalos de 5 min hasta que se hayan completado siete grupos de lecturas. Las variaciones permitidas en las lecturas de los ensayos de capacidad deben estar de acuerdo con Tabla 12.”* Según el apartado 4.1.4.2 Duración del ensayo de la NTS 23.47.08:14. Del grupo de lecturas tomadas se calculara un promedio el cual se utilizara para el cálculo del EER.



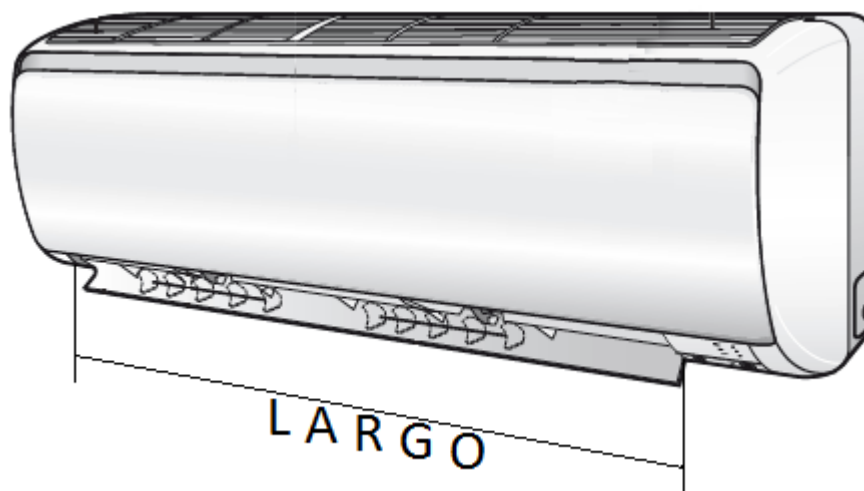
- **AREA**

Para medir el área de salida de aire en el equipo tipo ventana es necesario identificar el difusor de aire en el evaporador, en algunos equipos está ubicado en la parte frontal superior (figura 44a) y en otros casos a un costado de este (figura 44b). La medición de largo y ancho se deben obtener en metros y realizarse como lo muestra la figura 45.

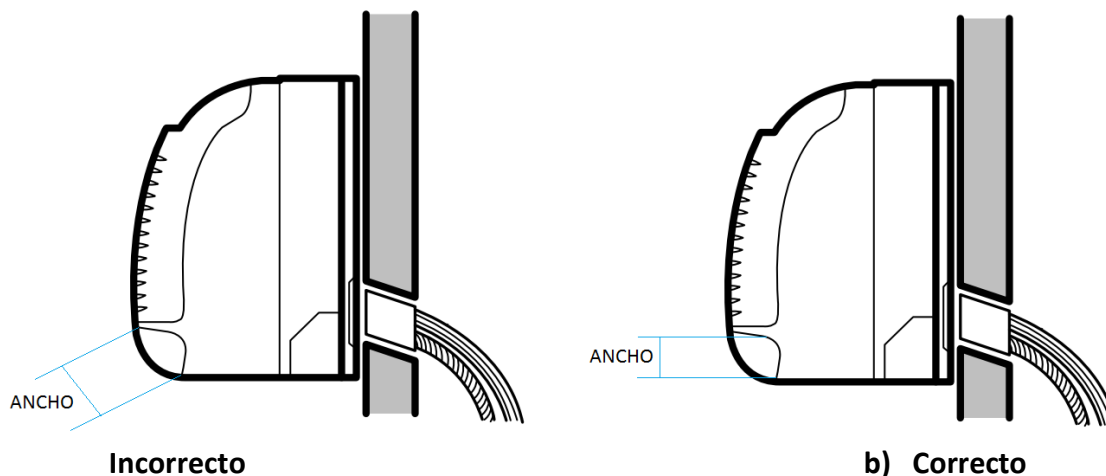


**Figura 44 Tipo ventana**

En equipos tipo Split el largo de la salida del evaporador debe de ser medida a lo largo de las paletas de flujo según muestra la figura 45. Para medir el ancho del ducto en el equipo se debe de tomar de forma vertical (figura 46b), no de los extremos de la carcasa/coraza de protección del equipo debido a que en la mayoría de equipos la parte superior del ducto interno sobrepasa a la inferior para la ubicación de las paletas de flujo Figura 46a



**Figura 45 Tipo Split**

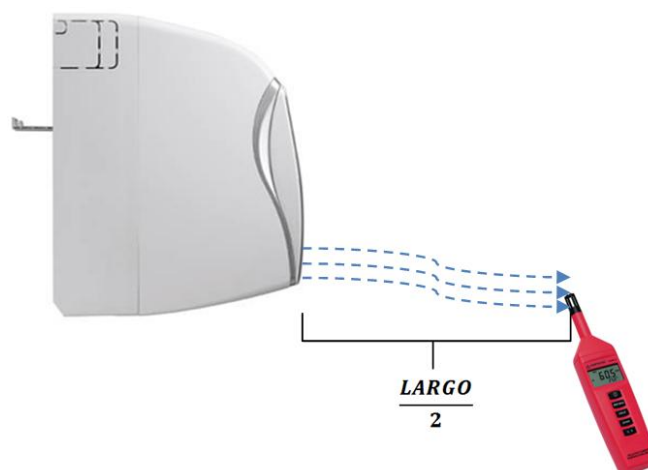


**Figura 46 Medición de ancho en aires acondicionados Split**

- **TEMPERATURA Y HUMEDAD DE SALIDA**

Para las mediciones de temperaturas y humedad del aire en circulación a través de los intercambiadores de una máquina es preferible utilizar termómetros o psicrómetros de columna, o termómetros de termopar o termo-resistencia con sensores de inmersión o de ambiente como termo higrómetro THWD-3. Los sensores deberán quedar inmersos en zonas de flujo homogéneo, o en puntos de un ambiente en los que no existan turbulencias apreciables donde el viento donde el flujo de aire posea una humedad y temperatura consistentes.

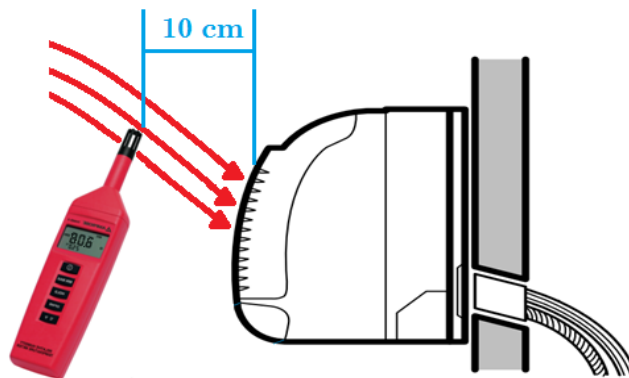
La distancia a la que se debe de colocar el medidor de la salida de aire debe de ser igual a la mitad de la longitud de las paletas de flujo de aire (Figura 47), esta es la mejor ubicación en donde el flujo no posee turbulencias notorias y la temperatura y humedad del aire del ambiente no alteran la medición.



**Figura 47 Distancia de medición de temperatura y humedad relativa**

- **TEMPERATURA Y HUMEDAD DE ENTRADA**

Para las mediciones de temperaturas y humedad del aire de entrada al igual que la temperatura y humedad de salida es preferible utilizar termómetros o psicrómetros de columna, o termómetros de termopar o termo-resistencia con sensores de inmersión o de ambiente como termo higrómetro THWD-3. La distancia a la que se debe de colocar el medidor de la entrada de aire no debe de ser mayor a 10 centímetros (Figura 48). En la medición se está tomando la temperatura y humedad que los focos de calor inyectan a la habitación para luego ser enfriados.



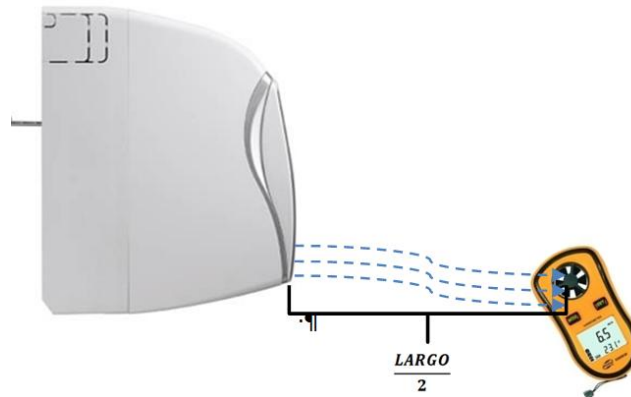
**Figura 48 Distancia de medición de temperatura y humedad relativa**

- **VELOCIDAD DEL VIENTO**

Para la medición directa de la velocidad del flujo de aire a través del evaporador se deben utilizar anemómetros portátiles, preferentemente de tipo rotativo, se sugiere el mini anemómetro digital GM8908, teniendo presentes para la realización de las medidas las indicaciones de la norma UNE 100010-2: 1989.

Se deberá tener la precaución de evitar tomar datos de velocidades de aire en puntos de evidente turbulencia (Figura 49). Con el mismo objetivo de evitar turbulencias y perturbaciones en el flujo de aire, la persona que efectúe las mediciones deberá situarse en lugares en los que pueda tomar los datos sin generar interferencias ni obstaculizar los flujos de aire.

Para la toma de datos sobre pasos de aire de gran superficie es recomendable subdividir las secciones de paso en sectores cuadrados, de lado no superior a 50 cm, y tomar medidas en el centro de cada uno de los cuadrados definidos, manteniendo fijo el anemómetro en cada posición, ya que efectuar las mediciones con el anemómetro en movimiento, más o menos uniforme, sobre la superficie total de paso de aire de una batería, conduce a errores importantes.



**Figura 49 Medición velocidad del viento**

- **POTENCIA ELECTRICA**

En los equipos autónomos, la medición de tensiones de suministro y de consumos de intensidad es recomendable realizarla sobre los conductores principales de acometida general a la máquina (Figura 50), dado que, de esta manera se obtendrán los datos globales que incluirán los consumos instantáneos de todos los elementos necesarios para su funcionamiento. Los datos obtenidos de esta manera permitirán determinar directamente la potencia total instantánea absorbida por la máquina, en las condiciones en las que se efectúen las mediciones y, consecuentemente, determinar su rendimiento instantáneo con mayor aproximación, aún efectuando las mediciones con igual criterio, debido a que aquellas son siempre más "dependientes" que los equipos autónomos, de ahí su nombre, de elementos externos que son imprescindibles para su funcionamiento y que no se tienen en consideración en la determinación de los coeficientes de eficiencia energética de estas máquinas.



**Figura 50 Medición de potencia eléctrica**

# 11 MANUAL DE USUARIO

Este pequeño manual está diseñado para explicar las particularidades del programa para mantener la base de datos del trabajo de graduación, se enfocara en explicar la manera de agregar, verificar y borrar equipos, así como calcular la eficiencia de equipos ya sea que estén dentro de la base así como mediciones rápidas para equipos que estén fuera de la base.

## 11.1 LA VENTANA DE INICIO.



**Figura 51 Pantalla inicial**

La pantalla inicial (Figura 51) cuenta con 5 botones para realizar diversas acciones, se cuenta con los botones para:

- **Agregar Equipos:** Al pulsarlo abrirá una ventana desplegable, que especifica que valores son aceptados dentro de la base de datos.
- **Calcular Eficiencia:** Al pulsarlo abrirá una ventana desplegable, que especifica los valores necesarios para calcular la eficiencia de un equipo ya sea dentro de la base o un equipo fuera de la base.
- **Editar Base de Datos:** Al pulsarlo abrirá una ventana desplegable, que mostrara la base de datos en forma de una lista donde se podrá ver y borrar la información de equipos completos de la base.
- **Salir y Cerrar:** estos botones como su nombre lo indica sirven para salir del programa. El usuario no debe alarmarse al presionar estos botones pues cerraran las ventanas emergentes y también cerraran el archivo de Excel. Cabe recalcar que al presionar

cualquiera de estos botones el archivo de Excel guardara todos los cambios realizados a la base de datos, manteniendo así la integridad de la base.

## 11.2 VENTANA DE AGREGAR EQUIPOS.

Agregar nuevo equipo

Por favor introduzca los datos del nuevo equipo

**DATOS GENERALES DEL EQUIPO**

Numero de Inventario  Marca

Capacidad [BTU/h]  Modelo

No de Serie

**TIPO**

Ventana  Split

**UBICACION**

Edificio

Nivel

Habitacion

Guardar Cancelar

**Figura 52 Agregar nuevo equipo**

La ventana antes mostrada es la ventana para agregar equipos a la base de datos (Figura 52), debe tenerse especial cuidado al agregar los datos a la base, pues una vez agregados solo se pueden modificar desde la ventana **Editar Base de Datos**, de la que se hablara más adelante. Cuenta con 3 botones de acción:

- Guardar: Que almacena los valores ingresados a la base de datos.
- Cancelar: Que regresa a la ventana de inicio en caso de que sea necesario.
- Cerrar: Que regresa a la ventana de inicio en caso de que sea necesario.

Es de mencionar que el usuario no debe preocuparse de dejar algún valor dentro de las casillas de ingreso de datos al momento de salir de esta ventana o al momento de guardar, automáticamente se limpiar al usar alguno de los botones de comando.

Cabe recalcar además que las casillas cuentan con verificación para el tipo de datos, para las casillas que se consideró necesarias. Siguiendo el siguiente ejemplo (Figura 54):

**Figura 53 Ejemplo de ingreso de equipo nuevo**

Como puede observarse en la imagen, con los campos llenos con los tipos de datos que se pueden usar dentro de la base.

- Numero de Inventario: Acepta cualquier valor del tipo Cadena o alfanumérico o símbolo. Pues los números de inventario suelen ser de la forma XXXX-XXXXXXXXXX-XXXX-XXX. Donde X puede ser un número o una letra o un símbolo (el guion que separa a cada X por ejemplo).
- Capacidad: Acepta solo valores del tipo numero o doublé. Es decir acepta cualquier valor positivo.
- No de Serie: Al igual que el número de inventario acepta cualquier tipo de cadena o alfanumérico introducido, para abarcar todas las posibilidades.
- Marca y Modelo: Aceptan cualquier valor de tipo cadena o alfanumérico o símbolo.
- Tipo: Debido a que esta base está orientado solamente a los tipos de A/C de Ventana y Split, solo acepta este tipo de valores.
- Edificio: Con el fin de evitar errores este campo tiene valores limitados a una lista previamente introducidos, contemplando únicamente los edificios que forman parte de la Facultad De Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, con sus nombres genéricos.
- Nivel: Al igual que el campo edificio este campo solo acepta un número limitado de opciones, pero debe tenerse especial cuidado con esta pestaña pues, esta ventana está

limitada a siempre mostrar todas las opciones, aunque un edificio no posea todos los niveles mostrados.

- Habitación: Este campo al igual que el inventario, acepta todo tipo de valores aunque en el ejemplo solo se vea un número, dependerá del encargado del inventario o base de datos decidir cuál es la mejor manera para nombrar cada habitación de cada nivel de cada edificio. Razón por la cual se concibió este campo para ser de libre escritura.

### 11.3 VENTANA CALCULAR EFICIENCIA.

The screenshot shows a software window titled "Calculo de Indice de Eficiencia de Equipos". It features several sections for data entry:

- Dimensiones del evaporador:** Two input fields for "Altura [Mts]" and "Longitud [Mts]".
- Temperatura:** Two input fields for "Entrada del Evaporador (°C)" and "Salida del Evaporador (°C)".
- Humedad Relativa:** Two input fields for "Entrada del Evaporador[1-100%]" and "Salida del Evaporador[1-100%]".
- Potencia Electrica y Velocidad del Aire:** Two input fields for "Potencia Electrica[Kw]" and "Velocidad de Flujo de Aire[m/s]".
- No de Inventario del equipo:** A dropdown menu.
- Buttons:** Two buttons at the bottom: "CALCULAR EER" and "CANCELAR".

**Figura 54 Ventana cálculo de eficiencia**

Esta ventana, destinada a calcular el índice de eficiencia energética de los equipos instalados, basado en el evaporador, posee también 3 botones de comando (Figura 54):

- Calcular EER: Toma los datos introducidos por el usuario y calcula el índice de eficiencia del equipo en cuestión.
- Cancelar: Que regresa a la ventana de inicio en caso de que sea necesario.
- Cerrar: Que regresa a la ventana de inicio en caso de que sea necesario.



Calculo de Indice de Eficiencia de Equipos

Dimensiones del evaporador

Altura [Mts]  Longitud [Mts]

Temperatura

Entrada del Evaporador (°C)  Salida del Evaporador (°C)

Humedad Relativa

Entrada del Evaporador[1-100%]  Salida del Evaporador[1-100%]

Potencia Electrica y Velocidad del Aire

Potencia Electrica[Kw]  Velocidad de Flujo de Aire[m/s]

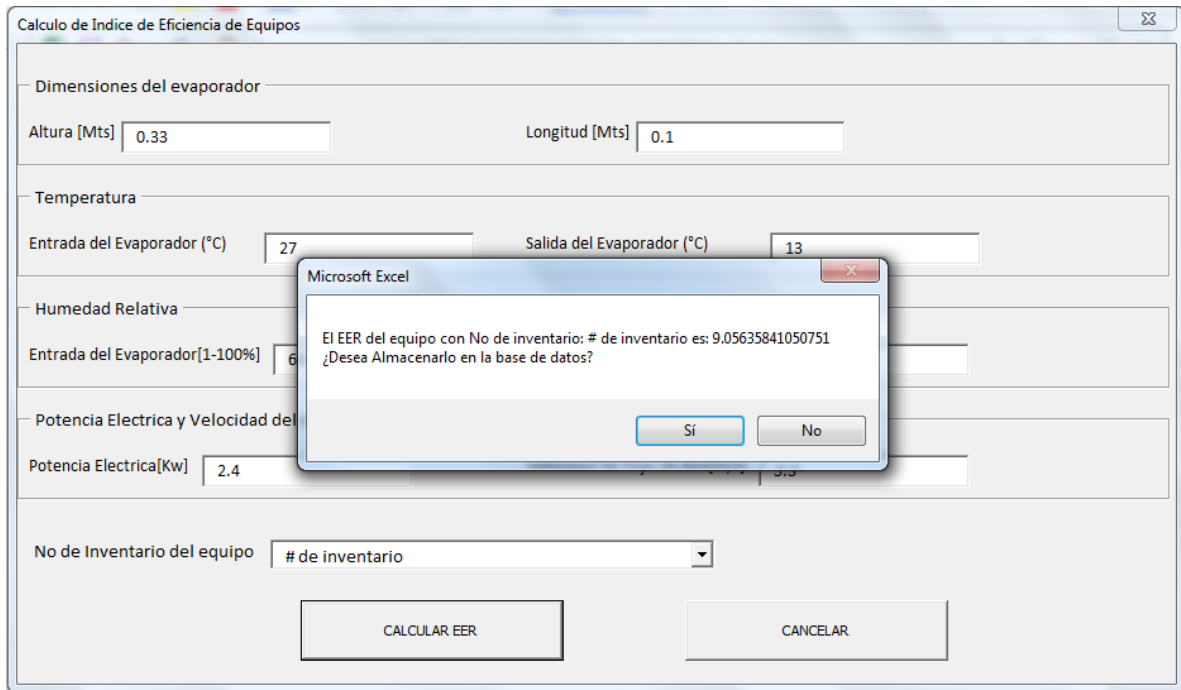
No de Inventario del equipo

**Figura 55 Ejemplo cálculo de eficiencia**

Ahora se dará una breve explicación del llenado de los campos para el cálculo del índice de eficiencia según cada campo utilizado (Figura 55).

- Altura: Este campo solo aceptara valores numéricos, ténganse en cuenta que la medida esperada son metros.
- Longitud: Igual que altura.
- Temperatura:
  - o Entrada del evaporador: Este campo solo acepta valores numéricos, entre -100 a 200 °C, sin necesidad de escribir °C.
  - o Salida del evaporador: Este campo solo acepta valores numéricos, entre -100 a 200 °C, sin necesidad de escribir °C.
- Humedad Relativa:
  - o Entrada del evaporador: Este campo solo acepta valores numéricos, entre 1 a 100 % de HR, sin necesidad de escribir el símbolo de %. No acepta valores negativos ni mayores a 100.
  - o Salida del evaporador: Este campo solo acepta valores numéricos, entre 1 a 100 % de HR, sin necesidad de escribir el símbolo de %. No acepta valores negativos ni mayores a 100.
- Potencia Eléctrica: Este campo solo acepta valores numéricos, positivos. Y medidos en Kilowatts. El programa no comprobara si algo no está escrito en [Kw] es decir si el usuario escribe 1000 el programa lo traducirá como 1000 Kw.

- Flujo de aire: Este campo solo acepta valores numéricos, positivos con unidades de m/s. No debe incluirse las unidades.
- No de inventarios del equipo: Este campo desplegara los equipos de A/C introducidos en la base, como puede verse del ejemplo anterior el **# de inventario** que se usó antes y fue agregado a la base aparece como una opción a elegir. De manera opcional, también se puede usar un campo vacío, de esta forma ningún valor será guardado dentro de la base de datos. Además de usar un No de inventario, se presentara la opción de guardar o no guardar un valor en la base de datos (Figura 57).

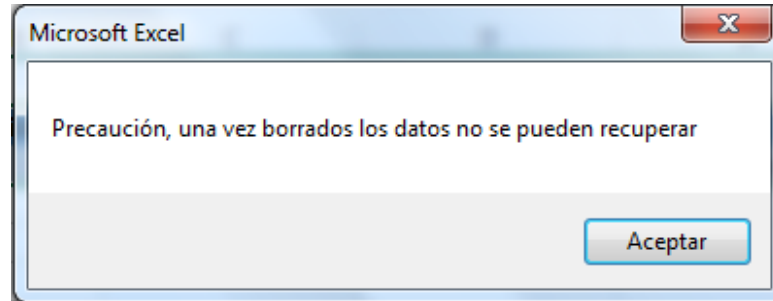


**Figura 56 Selección guardar**

Esta ventana a diferencia de la ventana Agregar Equipo, no borra los valores antes introducidos al calcular y/o guardar el índice de eficiencia energética. Pues podría ocurrir algún error en la introducción de datos, y sería tedioso para el usuario reescribir todos los valores por un solo valor mal introducido. Por otro lado al introducir nueva introducción de otro equipo podría recurrir a 2 métodos.

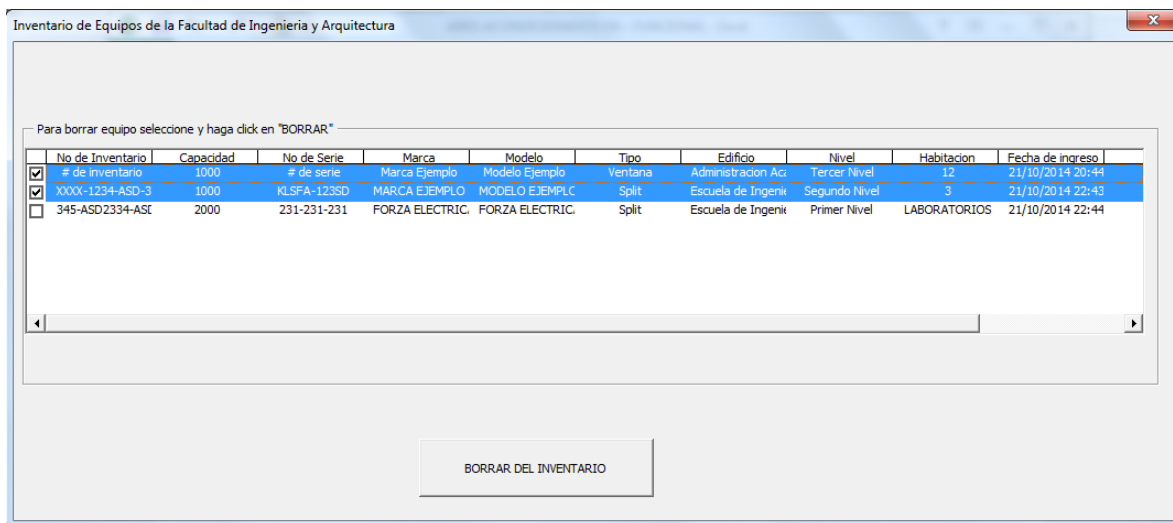
- Borrar cada campo e introducir los nuevos valores
- O presionar cancelar (Que si borra los valores previamente introducidos) y reingresar a la ventana de cálculo de eficiencia, con todos sus campos restablecidos a vacío.

## 11.4 VENTANA EDITAR BASE DE DATOS.



**Figura 57 Advertencia**

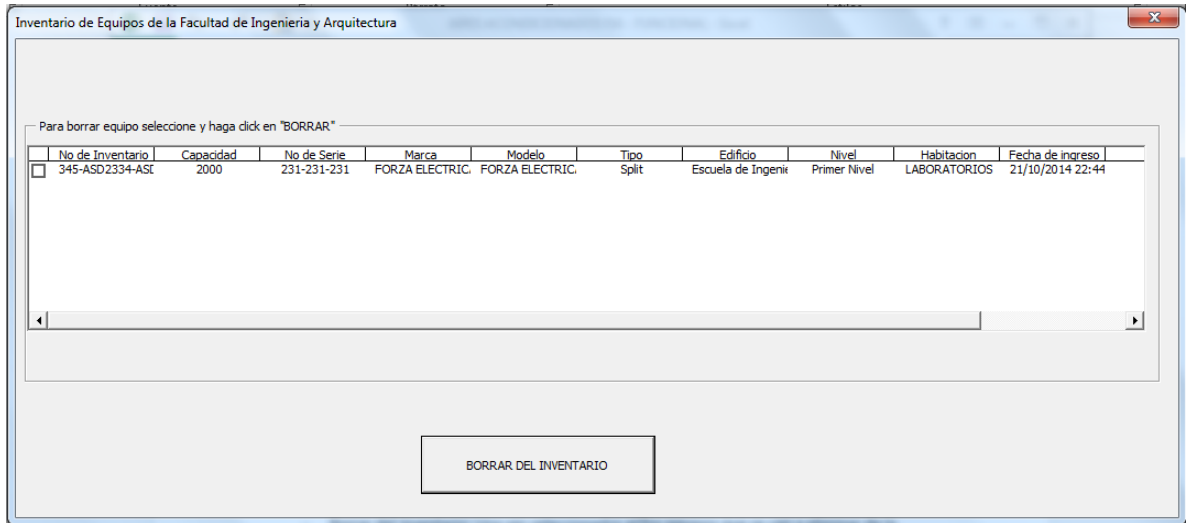
Se debe tener especial cuidado en esta ventana, pues una vez borrado uno o varios equipos de la base de datos, no se podrán recuperar (Figura 58), se hace énfasis en **NO UTILIZAR LA OPCION DESHACER DEL PROGRAMA EXCEL NI SUS TECLAS DE ACCESO RAPIDO Ctrl + Z NI NUNGUNA COMBINACION DE TECLAS, RESULTADOS INESPERADOS PODRIAN LLEVAR A LA INOPERIBILIDAD DEL PROGRAMA O COMPROMETIENDO LA INTEGRIDAD DE LA BASE DE DATOS. ESTA PRECAUCION APLICA PARA TODO EL PROGRAMA Y TODAS SUS VENTANAS.**



**Figura 58 Base de datos**

En la ventana Editar Base de Datos (Figura 59), se tienen únicamente 2 botones de comandos.

- Cerrar: Guarda cambios para mantener la integridad de la base de datos y regresa a la pantalla de inicio.
- Borrar del Inventario: Una vez seleccionados el/los equipos que se van a eliminar de la base de datos, este botón eliminara los registros de la base y reestablecerá la imagen del recuadro. Dejando el/los recuadros que no fueron seleccionados (Figura 60).



**Figura 59 Inventario borrado**

# CAPITULO III

## 12 RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados de las mediciones hechas a los equipos de acondicionado que se encuentran en funcionamiento en la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad de El Salvador, se describe de manera detallada todos los equipos en cuestión, características y condiciones observadas en cada una de las localidades donde fueron medidos, condiciones que puedan reducir considerablemente la eficiencia del equipo y/o afectar su funcionamiento de forma visible, así como condiciones de operación incorrectas.

Se han encontrado equipos que siguen funcionando diariamente a pesar que ya no trabajan adecuadamente y no son capaces de acondicionar el aire. También, existen muchos equipos antiguos que ya no están en funcionamiento y que solo están ubicados donde en alguna vez estuvieron trabajando, también se encontraron muchos equipos que fueron adquiridos recientemente y que ya están instalados en el lugar donde serán puestos a trabajar pero aún no tienen su conexión eléctrica por lo que aún no están en funcionamiento.

Vale la pena recalcar que este trabajo de graduación no está enfocado al diseño y la reparación de equipos de aire acondicionado, sino más bien, al desarrollo de una metodología para el cálculo de la eficiencia de los equipos, y la utilización de este como indicador de posibles fallas dentro del equipo, así como para dar observaciones acerca de su instalación condiciones de trabajo, para la organización en un futuro plan de mantenimiento.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO DE ING ELECTRICA LABORATORIO DE TELEMATICA

No de Inventario	12030-2606-001-0005 inv/14	Modelo	YOEА 36FS-ADH
Marca	YORK	No Serial	241901191121100050
Capacidad	36000 BTU/HR	Tipo	Split

### MEDICIONES

Largo	1.12	Ancho	0.08
Temp de entrada	20.7 °C	Temp de Salida	9.9 °C
Hum de entrada %	49.4	Hum de salida %	74.4
Potencia	2.3 Kw		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.9		
<b>EER</b>	<b>9.365</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.79 TON</b>

### COMENTARIOS

- El equipo se encuentra trabajando en buenas condiciones.
- El compresor se encuentra a nivel del suelo en el costado posterior del edificio de la escuela de ingeniería eléctrica y el evaporador en la segunda planta, una distancia considerable.
- El compresor se encuentra en un lugar donde no recibe nada o muy poco de sol.
- El equipo está diseñado para acondicionar el aire en habitaciones más amplias por lo que está sobredimensionado. El equipo está sobredimensionado para la habitación en el que está instalado.
- El equipo está instalado en el nivel superior del edificio muy cerca del techo de lamina el cual almacena aire caliente entre este y el cielo falso.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO DE ING ELECTRICA SALA DE SESIONES

No de Inventario	12030-2606-001-0006 inv/14	Modelo	YSEC 24FS-ADG
Marca	YORK	No Serial	100001992130100000
Capacidad	24000 BTU/HR	Tipo	Split

## MEDICIONES

Largo	1.12m	Ancho	0.055m
Temp de entrada	18.3 °C	Temp de Salida	7.8 °C
Hum de entrada %	57.9	Hum de salida %	78.1
Potencia	1.71 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.8		
<b>EER</b>	<b>8.99</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.28 TON</b>

## COMENTARIOS

- El equipo se encuentra trabajando en buen estado.
- El compresor se encuentra al nivel del suelo y el evaporador en la segunda planta del edificio.
- El compresor se encuentra a uno de los costados del edificio de ingeniería eléctrica donde recibe poco sol.
- El compresor está expuesto a la basura, tierra y también hojas que caen de los arboles cercanos.
- La habitación no está sellada por completo, existe un hueco donde antes estaba instalado un equipo tipo de ventana.
- Debido a la afluencia de gente las puertas permanecen abiertas la mayoría del tiempo.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO DE ING ELECTRICA DIRECCION DE ESCUELA

No de Inventario	12030-2606-001-0007 inv/14	Modelo	YSEC 12FS-ADG
Marca	YORK	No Serial	1000001777120700006
Capacidad	12000 BTU/HR	Tipo	Split

## MEDICIONES

Largo	0.76 m	Ancho	0.08
Temp de entrada	21.36 °C	Temp de Salida	13.7 °C
Hum de entrada %	64.1	Hum de salida %	80.1
Potencia	0.882 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.2		
<b>EER</b>	<b>10.19</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>0.75 TON</b>

## COMENTARIOS

- El equipo se encuentra trabajando en buen estado.
- El compresor se encuentra al nivel del suelo y el evaporador en la segunda planta del edificio.
- El compresor se encuentra a uno de los costados del edificio de ingeniería eléctrica donde recibe poco sol.
- El compresor está expuesto a la basura, tierra y también hojas que caen de los arboles cercanos.
- El equipo está instalado en el nivel superior del edificio muy cerca del techo de lamina el cual almacena aire caliente entre este y el cielo falso.



# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO DE ING ELECTRICA SECRETARIA

No de Inventario	---	Modelo	---
Marca	QUIET KOOL	No Serial	---
Capacidad	10,000 BTU/HR	Tipo	Ventana
MEDICIONES			
Largo	0.095 m	Ancho	0.5 m
Temp de entrada	20.5 °C	Temp de Salida	10.7 °C
Hum de entrada %	66.2	Hum de salida %	81.7
Potencia	1.71 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.3		
<b>EER</b>	<b>6.5</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>0.94 TON</b>

## COMENTARIOS

- A/C de ventana muy viejo y en malas condiciones, obsoleto.
- Se encuentra ubicado en una habitación en la que regularmente no se encuentra nadie laborando, es decir, es solo de paso.
- Mala ubicación.
- Expulsa aire con mucha humedad.
- El equipo ya no cuenta con las aletas de dirección de flujo de aire.
- Se le han adaptado unas piezas de durapax para direccionar el aire a una habitación contigua.
- El equipo recibe de forma directa el sol en las horas de la mañana y mediodía.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO DE ING ELECTRICA CUBICULO DE DOCENTES Y EQUIPO INFORMatico

No de Inventario	12030-2606-001-0001 inv/07	Modelo	AS186L2C2
Marca	WESTINGHOUSE	No Serial	A35990
Capacidad	13000 BTU/HR	Tipo	Ventana

### MEDICIONES

Largo	0.095 m	Ancho	0.5 m
Temp de entrada	20.5 °C	Temp de Salida	10.7 °C
Hum de entrada %	66.2	Hum de salida %	81.7
Potencia	1.71 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.3		
<b>EER</b>	<b>6.42</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.19 TON</b>

### COMENTARIOS

- El equipo no recibe sol en ninguna hora del día.
- A/C de ventana muy viejo, obsoleto.
- El equipo trabaja en condiciones aceptables gracias a las reparaciones y al mantenimiento al que está sujeto periódicamente.
- El equipo ya no posee la caratula o parte frontal y se le ha adaptado un filtro en la entrada de aire.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO DE ADMINISTRACION ACADEMICA COLECTURIA

No de Inventario	S/N	Modelo	YOE 36FS-ADH
Marca	YORK	No Serial	50130116309080029
Capacidad	36000 BTU/HR	Tipo	Split

### MEDICIONES

Largo	0.055 m	Ancho	1.12 m
Temp de entrada	16.6 °C	Temp de Salida	6.6 °C
Hum de entrada %	54.40	Hum de salida %	87.17
Potencia	2.1 Kw		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.1		
<b>EER</b>	<b>8.98</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.57 TON</b>

### COMENTARIOS

- El equipo funciona correctamente.
- El equipo está hecho para acondicionar espacios más amplios, es decir, está sobredimensionado.
- El evaporador se encuentra en el lado frontal del edificio y el compresor en el lado posterior, la tubería atraviesa el edificio, una distancia considerable.
- La habitación recibe sol durante el día por la ventana de atención al cliente.
- La capacidad medida es baja en comparación con la capacidad encontrada en su placa ya que el equipo enfría una habitación muy pequeña para su capacidad y el equipo ajusta el ventilador cuando se alcanza la temperatura deseada.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO DE ADMINISTRACION ACADEMICA HABITACION DE SERVIDORES

No de Inventario	12030-2601-001-0028	Modelo	YSOC24FS-ADG
Marca	YORK	No Serial	100002216121100199
Capacidad	24000 BTU/HR	Tipo	Split
<b>MEDICIONES</b>			
Largo	0.76m	Ancho	0.07
Temp de entrada	16.9 °C	Temp de Salida	9.2 °C
Hum de entrada %	70	Hum de salida %	76
Potencia	1.797 Kw		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.7		
<b>EER</b>	<b>8.131</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.22 TON</b>

## COMENTARIOS

- El equipo funciona correctamente y trabaja de manera continua por dar servicio a los servidores instalados en la facultad de ingeniería y arquitectura.
- El evaporador se encuentra a una altura mayor respecto al piso que todos los demás encontrados en la facultad.
- La habitación es de dimensiones pequeñas y el equipo la logra enfriar con bastante facilidad al cabo de unos minutos.
- El equipo ajusta el ventilador cuando la habitación alcanza la temperatura deseada y su capacidad medida disminuye con respecto al dato de placa.
- La habitación cuenta con una salida de aire proveniente del aire acondicionado central que enfría las habitaciones contiguas, esta salida de aire contribuye al enfriamiento de esta habitación.

# HOJA DE DATOS



## ASEIAS CENTRO DE COMPUTO 1

No de Inventario	S/N	Modelo	-
Marca	Comfort Star	No Serial	-
Capacidad	-	Tipo	Ventana
<b>MEDICIONES</b>			
Largo	0.255m	Ancho	0.15
Temp de entrada	22.43 °C	Temp de Salida	9.5 °C
Hum de entrada %	53.57	Hum de salida %	89
Potencia	2.4 Kw		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.8		
<b>EER</b>	<b>5.617</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.06 TON</b>

## COMENTARIOS

- El equipo trabaja regularmente durante el día entre semana y no brinda una sensación de enfriamiento ya que su capacidad es pequeña para el área de la habitación y el número de personas que la visitan.
- La instalación eléctrica parece provisional a 220V, hecha con cable dúplex sin canalización ni neutro de referencia.
- La habitación cuenta con dos aires acondicionados tipo ventana y cuando en la habitación se encuentran muchas personas no logran enfriar adecuadamente.

# HOJA DE DATOS



## ASEIAS CENTRO DE COMPUTO 2

No de Inventario	S/N	Modelo	-
Marca	Comfort Star	No Serial	-
Capacidad	-	Tipo	Ventana

## MEDICIONES

Largo	0.255m	Ancho	0.15
Temp de entrada	21.46 °C	Temp de Salida	9.6 °C
Hum de entrada %	56.3	Hum de salida %	86.8
Potencia	2.258 Kw		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.6		
<b>EER</b>	<b>5.827</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.17 BTU/HR</b>

## COMENTARIOS

- El equipo trabaja regularmente durante el día entre semana y no brinda una sensación de enfriamiento ya que su capacidad es pequeña para el área de la habitación y el número de personas que la visitan.
- Muchas veces es puesto a trabajar a máxima potencia
- La instalación eléctrica parece provisional a 220V, hecha con cable dúplex sin canalización ni neutro de referencia.
- Se han hecho reparaciones en la ventana y se han agregado pedazos de durapax en la parte superior para evitar cualquier escape del aire.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO ING EN SISTEMAS LCOM

No de Inventario	12030-2614-0001-0002 /inv08	Modelo	MH25 B16
Marca	YORK	No Serial	0206-52731
Capacidad	22300 BTU/HR	Tipo	Split

## MEDICIONES

Largo	0.05m	Ancho	0.81
Temp de entrada	20.3 °C	Temp de Salida	9 °C
Hum de entrada %	42.4	Hum de salida %	65.7
Potencia	1.837 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.05		
<b>EER</b>	<b>4.113</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>0.63 TON</b>

## COMENTARIOS

- Esta habitación contiene 3 aires acondicionados del mismo tipo y aun con los tres trabajando a máxima potencia, difícilmente enfrían de manera adecuada todo el lugar.
- El compresor está ubicado en el costado oriente del edificio de ingeniería en sistemas y recibe sol de manera directa durante la mayor parte del día.
- El mecanismo de ventilación del equipo parece no funciona adecuadamente, la velocidad del viento a la salida del evaporador es baja.
- El evaporador ya no enfría adecuadamente.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO ING EN SISTEMAS LCOM

No de Inventario	12030-2614-0001-0003 /inv08	Modelo	MH25 B16
Marca	YORK	No Serial	----
Capacidad	22300 BTU/HR	Tipo	Split

## MEDICIONES

Largo	0.05m	Ancho	0.81
Temp de entrada	20.33 °C	Temp de Salida	8.9 °C
Hum de entrada %	46.57	Hum de salida %	64.27
Potencia	1.885 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.47		
<b>EER</b>	<b>5.123</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>0.80 TON</b>

## COMENTARIOS

- Esta habitación contiene 3 aires acondicionados del mismo tipo y aun con los tres trabajando a máxima potencia, difícilmente enfrían de manera adecuada todo el lugar.
- El compresor está ubicado en el costado oriente del edificio de ingeniería en sistemas y recibe sol de manera directa durante la mayor parte del día.
- De los equipos instalados en esta habitación de laboratorio, este es el que más enfría
- Los equipos que se encuentran enfriando esta habitación muestran una capacidad medida baja.



# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO ING EN SISTEMAS LCOM

No de Inventario	12030-2614-0001-0004 /inv08	Modelo	MH25 B16
Marca	YORK	No Serial	----
Capacidad	22300 BTU/HR	Tipo	Split
<b>MEDICIONES</b>			
Largo	0.05m	Ancho	0.81
Temp de entrada	19.9 °C	Temp de Salida	10.1 °C
Hum de entrada %	49	Hum de salida %	64.3
Potencia	1.215 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	2.3		
<b>EER</b>	<b>4.607</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>0.47 TON</b>

## COMENTARIOS

- Esta habitación contiene 3 aires acondicionados del mismo tipo y aun con los tres trabajando a máxima potencia, difícilmente enfrían de manera adecuada todo el lugar.
- El compresor está ubicado en el costado nor-orientado del edificio de ingeniería en sistemas y recibe sol de manera directa durante la mayor parte del día.
- Los equipos que se encuentran enfriando esta habitación muestran una capacidad medida baja.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO ING INDUSTRIAL DIRECCION

No de Inventario	12030-2608-001-0001 inv/08	Modelo	MHC35 B17
Marca	YORK	No Serial	0206-53387
Capacidad	33000 BTU/HR	Tipo	Split

## MEDICIONES

Largo	0.87m	Ancho	0.065m
Temp de entrada	21.93 °C	Temp de Salida	11.73 °C
Hum de entrada %	62.47	Hum de salida %	72.93
Potencia	2.631 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.1		
<b>EER</b>	<b>6.969</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.53 TON</b>

## COMENTARIOS

- El compresor se encuentra al lado posterior del edificio de ingeniería industrial, por su ubicación casi no recibe sol.
- El compresor se encuentra al nivel del suelo y la habitación donde se encuentra el evaporador está en el tercer piso en el lado opuesto del edificio, es decir, la tubería asciende los 3 pisos y atraviesa todo el edificio antes de llegar a la habitación.
- La habitación donde se encuentra el evaporador recibe sol durante todo el día y solo es protegida por una cortina por lo que la temperatura de la habitación en condiciones normales es elevada.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO ING INDUSTRIAL SALA DE REUNIONES

No de Inventario	12030-2609-001-0003 inv/07	Modelo	MHC25 B16
Marca	YORK	No Serial	0206-52719
Capacidad	22300 BTU/HR	Tipo	Split

### MEDICIONES

Largo	0.79m	Ancho	0.065m
Temp de entrada	26.77 °C	Temp de Salida	13.93 °C
Hum de entrada %	38.4	Hum de salida %	75.86
Potencia	1.140 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	2.9		
<b>EER</b>	<b>7.985</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>0.76 TON</b>

### COMENTARIOS

- El compresor se encuentra al lado posterior del edificio de ingeniería industrial, por su ubicación casi no recibe sol.
- El compresor se encuentra al nivel del suelo y la habitación donde se encuentra el evaporador está en el tercer piso en el lado opuesto del edificio, es decir, la tubería asciende los 3 pisos y atraviesa todo el edificio antes de llegar a la habitación.
- La habitación donde se encuentra el evaporador recibe sol durante todo el día y solo es protegida por una cortina por lo que la temperatura de la habitación en condiciones normales es elevada.
- La habitación es amplia y el equipo difícilmente logra enfriarla adecuadamente.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO ING INDUSTRIAL CUBICULOS DE PROFESORES

No de Inventario	12030-2608-001-0004 inv/08	Modelo	MHC35 B17
Marca	YORK	No Serial	0206-53384
Capacidad	33000 BTU/HR	Tipo	Split
<b>MEDICIONES</b>			
Largo	0.90m	Ancho	0.055m
Temp de entrada	26.5 °C	Temp de Salida	21.33 °C
Hum de entrada %	60.13	Hum de salida %	76.06
Potencia	2.9 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.9		
<b>EER</b>	<b>2.01</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>0.49 TON</b>

## COMENTARIOS

- El compresor se encuentra al nivel del suelo y la habitación donde se encuentra el evaporador está en el tercer piso, es decir, la tubería asciende los 3 pisos y atraviesa todo el edificio antes de llegar a la habitación.
- En la habitación se encuentran 4 evaporadores funcionando y otros 4 equipos nuevos que ya están instalados pero no se han puesto en marcha.
- La habitación no se alcanza a enfriar solo con los 4 que ya están en funcionamiento.
- La habitación donde se encuentran el evaporador recibe sol durante todo el día en el lado sur del edificio donde regularmente se cubre con cortinas, las ventanas que dan al lado sur comúnmente pasan abiertas.
- Este equipo en particular ya no enfría adecuadamente, el ventilador trabaja expulsando aire a una temperatura relativamente alta.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO ING INDUSTRIAL CUBICULOS DE PROFESORES

No de Inventario	12030-2608-001-0005 inv/08	Modelo	MHC35 B17
Marca	YORK	No Serial	0206-53430
Capacidad	33000 BTU/HR	Tipo	Split

### MEDICIONES

Largo	0.90m	Ancho	0.055m
Temp de entrada	26.26 °C	Temp de Salida	14.76 °C
Hum de entrada %	55.66	Hum de salida %	80.76
Potencia	2.84 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.9		
<b>EER</b>	<b>5.375</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.27 TON</b>

### COMENTARIOS

- El compresor se encuentra al nivel del suelo y la habitación donde se encuentra el evaporador está en el tercer piso, es decir, la tubería asciende los 3 pisos y atraviesa todo el edificio antes de llegar a la habitación.
- En la habitación se encuentran 4 evaporadores funcionando y otros 4 equipos nuevos que ya están instalados pero no se han puesto en marcha.
- La habitación no se alcanza a enfriar solo con los 4 que ya están en funcionamiento.
- La habitación donde se encuentran el evaporador recibe sol durante todo el día en el lado sur del edificio donde regularmente se cubre con cortinas, las ventanas que dan al lado sur comúnmente pasan abiertas.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO ING INDUSTRIAL CUBICULOS DE PROFESORES

No de Inventario	12030-2608-001-0006 inv/08	Modelo	MHC35 B17
Marca	YORK	No Serial	0206-53428
Capacidad	33000 BTU/HR	Tipo	Split

### MEDICIONES

Largo	0.90m	Ancho	0.055m
Temp de entrada	26.17 °C	Temp de Salida	14.1 °C
Hum de entrada %	55.5	Hum de salida %	78.57
Potencia	2.78 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	3.9		
<b>EER</b>	<b>5.96</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.38 TON</b>

### COMENTARIOS

- El compresor se encuentra al nivel del suelo y la habitación donde se encuentra el evaporador está en el tercer piso, es decir, la tubería asciende los 3 pisos y atraviesa todo el edificio antes de llegar a la habitación.
- En la habitación se encuentran 4 evaporadores funcionando y otros 4 equipos nuevos que ya están instalados pero no se han puesto en marcha.
- La habitación no se alcanza a enfriar solo con los 4 que ya están en funcionamiento.
- La habitación donde se encuentran el evaporador recibe sol durante todo el día en el lado sur del edificio donde regularmente se cubre con cortinas, las ventanas que dan al lado sur comúnmente pasan abiertas.

# HOJA DE DATOS



## EDIFICIO ING INDUSTRIAL CUBICULOS DE PROFESORES

No de Inventario	12030-2608-001-0007 inv/08	Modelo	MHC35 B17
Marca	YORK	No Serial	--
Capacidad	33000 BTU/HR	Tipo	Split

### MEDICIONES

Largo	0.90m	Ancho	0.055m
Temp de entrada	25.7 °C	Temp de Salida	12.8 °C
Hum de entrada %	54.83	Hum de salida %	81.93
Potencia	2.84 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.1		
<b>EER</b>	<b>6.288</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.49 TON</b>

### COMENTARIOS

- El compresor se encuentra al nivel del suelo y la habitación donde se encuentra el evaporador está en el tercer piso, es decir, la tubería asciende los 3 pisos y atraviesa todo el edificio antes de llegar a la habitación.
- En la habitación se encuentran 4 evaporadores funcionando y otros 4 equipos nuevos que ya están instalados pero no se han puesto en marcha.
- La habitación no se alcanza a enfriar solo con los 4 que ya están en funcionamiento.
- La habitación donde se encuentran el evaporador recibe sol durante todo el día en el lado sur del edificio donde regularmente se cubre con cortinas, las ventanas que dan al lado sur comúnmente pasan abiertas.

# HOJA DE DATOS



## UNIDAD DE CIENCIAS BASICAS OFICINA

No de Inventario	12030-2611-001-0005 inv/08	Modelo	--
Marca	Panasonic	No Serial	--
Capacidad	--	Tipo	Ventana

## MEDICIONES

Largo	0.153	Ancho	0.26
Temp de entrada	20.83 °C	Temp de Salida	7.23 °C
Hum de entrada %	64.20	Hum de salida %	91.60
Potencia	2.92 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	6.55		
<b>EER</b>	<b>7.39</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.80 TON</b>

## COMENTARIOS

- Este equipo, a pesar de sus años, sigue trabajando normalmente aunque no brinda una gran sensación de frio ya que se encuentra en una habitación demasiado grande para su capacidad.
- Las aletas difusoras han perdido movilidad por lo que direccionar el aire se vuelve más difícil.



# HOJA DE DATOS



## UNIDAD DE CIENCIAS BASICAS DIRECCION

No de Inventario	12030-2611-001-0001 inv/08	Modelo	--
Marca	CARRIER	No Serial	--
Capacidad	--	Tipo	Ventana

## MEDICIONES

Largo	0.48m	Ancho	0.09m
Temp de entrada	23.23 °C	Temp de Salida	15.1 °C
Hum de entrada %	57.13	Hum de salida %	86.3
Potencia	1.15 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	5.0		
<b>EER</b>	<b>7.541</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>0.71 TON</b>

## COMENTARIOS

- El equipo se encuentra en una habitación pequeña que logra enfriar adecuadamente.
- Las aletas difusoras han perdido movilidad por lo que direccionar el aire se vuelve más difícil.
- Se han adaptado piezas de madera a la ventana para evitar que el aire se escape de la habitación.

## HOJA DE DATOS



### UNIDAD DE CIENCIAS BASICAS CUBICULOS DE PROFESORES (1)

No de Inventario	12030-2611-003-008 INV2010	Modelo	YOEА 36FS-ADH
Marca	YORK	No Serial	50130116309080000
Capacidad	36000 BTU/HR	Tipo	Split
<b>MEDICIONES</b>			
Largo	1.12m	Ancho	0.055m
Temp de entrada	22.2 °C	Temp de Salida	5.83
Hum de entrada %	57.13	Hum de salida %	89.3
Potencia	2.29 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.13		
<b>EER</b>	<b>10.08</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.93 TON</b>

### COMENTARIOS

- En esta habitación de cubículos de profesores se encuentran 4 equipos de A/C del mismo modelo.
- El equipo trabaja en buen estado aunque según comentarios de los docentes en este cubículo, en ciertas ocasiones del evaporador escapa un poco de agua.
- La unidad evaporadora se encuentra cerca al compresor
- A pesar del año de su inventario e instalación (2010), los equipos fueron puestos en funcionamiento hasta hace un par de años ya que no tenían la instalación eléctrica adecuada.

# HOJA DE DATOS



## UNIDAD DE CIENCIAS BASICAS CUBICULOS DE PROFESORES (4)

No de Inventario	12030-2611-003-007 INV 2010	Modelo	YOEa 36FS-ADH
Marca	YORK	No Serial	50130116309080023
Capacidad	36000 BTU/HR	Tipo	Split
<b>MEDICIONES</b>			
Largo	1.12m	Ancho	0.055m
Temp de entrada	21.8 °C	Temp de Salida	9.63 °C
Hum de entrada %	62.7	Hum de salida %	91.2
Potencia	2.37 Kw		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.53		
<b>EER</b>	<b>9.62</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.90 TON</b>

## COMENTARIOS

- En esta habitación de cubículos de profesores se encuentran 4 equipos de A/C del mismo modelo.
- La unidad evaporadora se encuentra cerca al compresor
- A pesar del año de su inventario e instalación (2010), los equipos fueron puestos en funcionamiento hasta hace un par de años ya que no tenían la instalación eléctrica adecuada.

# HOJA DE DATOS



## UNIDAD DE CIENCIAS BASICAS CUBICULOS DE PROFESORES (6)

No de Inventario	12030-2611-003-007 INV 2010	Modelo	YOEА 36FS-ADH
Marca	YORK	No Serial	50130116309080010
Capacidad	36000 BTU/HR	Tipo	Split

### MEDICIONES

Largo	1.12m	Ancho	0.055m
Temp de entrada	22.63 °C	Temp de Salida	8.6 °C
Hum de entrada %	59.5	Hum de salida %	89.07
Potencia	2.55 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.3		
<b>EER</b>	<b>9.81</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>2.09 TON</b>

### COMENTARIOS

- En esta habitación de cubículos de profesores se encuentran 4 equipos de A/C del mismo modelo.
- La unidad evaporadora se encuentra cerca al compresor
- A pesar del año de su inventario e instalación (2010), los equipos fueron puestos en funcionamiento hasta hace un par de años ya que no tenían la instalación eléctrica adecuada.

# HOJA DE DATOS



## UNIDAD DE CIENCIAS BASICAS CUBICULOS DE PROFESORES (9)

No de Inventario	12030-2611-03-007	INV	Modelo	YOEА 36FS-ADH
	2010			
Marca	YORK		No Serial	50130116309080024
Capacidad	36000 BTU/HR		Tipo	Split

### MEDICIONES

Largo	1.12m	Ancho	0.055m
Temp de entrada	22.4 °C	Temp de Salida	10.8 °C
Hum de entrada %	63.56	Hum de salida %	91.96
Potencia	2.42 kW		
Velocidad del Flujo de Aire (m/s)	4.7		
<b>EER</b>	<b>9.40</b>	<b>Capacidad medida</b>	<b>1.90 TON</b>

### COMENTARIOS

- En esta habitación de cubículos de profesores se encuentran 4 equipos de A/C del mismo modelo.
- La unidad evaporadora se encuentra cerca al compresor
- A pesar del año de su inventario e instalación (2010), los equipos fueron puestos en funcionamiento hasta hace un par de años ya que no tenían la instalación eléctrica adecuada.

EQUIPO						MEDICIONES			
No de Inventario	Capacidad	No de Serie	Marca	Modelo	Tipo	EER	T.R	DIAGNOSTICO	ESPECIFICO
S/N Academica Colecturía	36000	50130116309080029	York	YOE A 36FS-ADH	Split	8.983	1.57	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
12030-2611-001-0005 inv/08	0	-----	-----	-----	Ventana	7.390	1.80	REQUIERE MANTENIMIENTO	MAL DIMENSIONADO
12030-2611-001-0001 inv/08	0	-----	Carrier	-----	Ventana	7.541	0.71	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
S/N Ciencias Basicas Cub#9	36000	50130116309080024	YORK	YOE A 36FS-ADH	Split	9.401	1.90	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
S/N Ciencias Basicas Cub#1	36000	50130116309080000	YORK	YOE A 36FS-ADH	Split	10.088	1.93	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
S/N Ciencias Basicas Cub#6	36000	50130116309080010	YORK	YOE A 36FS-ADH	Split	9.815	2.09	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
S/N Ciencias Basicas Cub#4	36000	50130116309080023	YORK	YOE A 36FS-ADH	Split	9.620	1.90	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
12030-2608-001-0007 inv/08	33000	-----	YORK	MHC35 B17	Split	6.288	1.49	REQUIERE MANTENIMIENTO	MAL INSTALADO
12030-2608-001-0004 inv/08	33000	0206-53384	YORK	MHC35 B17	Split	2.010	0.49	OBSOLETO	
12030-2608-001-0005 inv/08	33000	0206-53430	YORK	MHC35 B17	Split	5.375	1.27	REQUIERE MANTENIMIENTO	MAL INSTALADO
12030-2608-001-0006 inv/08	33000	0206-53428	YORK	MCH35 B17	Split	5.960	1.38	REQUIERE MANTENIMIENTO	MAL INSTALADO
12030-2601-001-0028	0	-----	-----	-----	Split	8.131	1.22	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
12030-2609-001-0003 inv/07	22300	0206-52719	YORK	MHC25 B16	Split	7.985	0.76	REQUIERE MANTENIMIENTO	MAL INSTALADO
S/N ASEIAS 1	0	-----	Comfort Star	-----	Ventana	5.617	1.06	FUNCIONA CORRECTAMENTE	MAL DIMENSIONADO
S/N ASEIAS 2	0	-----	Comfort Star	-----	Ventana	5.827	1.17	FUNCIONA CORRECTAMENTE	MAL DIMENSIONADO
12030-2608-001-0001 inv/08	33000	0206-53387	YORK	MHC35 B17	Split	6.969	1.53	REQUIERE MANTENIMIENTO	MAL INSTALADO

12030-2605-001-0008	60000	24410141413020 037	YORK	YOEА 60FS- ADT	Split	10.13 9	3.16	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
12030-2605-001-0002 inv/07	0	-----	TOSHIBA	RAC-24L	Ventana	6.143	1.06	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
12030-2614-001-0002 inv/08	22300	0206-52731	YORK	MHC25 B16	Split	4.113	0.63	REQUIERE MANTENIMIENTO	MAL INSTALADO
12030-2614-001-0003 inv/08	22300	-----	YORK	MHC25 B16	Split	5.123	0.80	REQUIERE MANTENIMIENTO	MAL INSTALADO
12030-2614-001-0004 inv/08	22300	-----	YORK	MHC25 B16	Split	4.607	0.47	REQUIERE MANTENIMIENTO	MAL INSTALADO
12030-2606-001-0007 inv/14	12000	10000017771207 00006	YORK	YSEC 12FS- ADG	Split	10.19 3	0.75	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
12030-2606-001-0005 inv/14	36000	-----	YORK	YOEА 36FS- ADH	Split	9.365	1.79	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
S/N Secretaria Ing. Electrica	10000	-----	Quiet Kool	-----	Ventana	6.594	0.94	OBSOLETO	
12030-2606-001-0006 inv/14	24000	10000199213010 0000	YORK	YSEC 24FS- ADG	Split	8.998	1.28	FUNCIONA CORRECTAMENTE	
12030-2606-001-0001 inv/07	13000	A35990	Westinghouse	AS186L2C2	Ventana	6.429	1.19	OBSOLETO	

**Tabla 7 Resumen de inventarios de equipos**

## **13 DIAGNOSTICO Y PLAN DE MANTENIMIENTO**

Los equipos se deterioran con el tiempo y el uso, debido a eso hay que darles un mantenimiento programado para que se mantengan operando en las mejores condiciones, manteniendo así su máxima eficiencia y prolongado su vida útil.

Llevar el control y monitoreo de todas las actividades necesarias para el mantenimiento y prevención de fallas en los equipos que están instalados funcionando es muy difícil, para ayudarse con esta tarea se recomienda utilizar un software que lleve el cronograma de todas las actividades que deban realizar a lo largo de la vida útil del equipo.

### **13.1 Software recomendado para calendarización de mantenimientos.**

En la amplia gama de softwares que se puede elegir para elaborar esta tarea de gran importancia se recomienda el “*eMaint x3*” por su diversidad y características.

#### **13.1.1 eMaint x3**

El software de mantenimiento eMaint X3 es un sistema flexible en su configuración, fácil de usar para planificar Mantenimientos Preventivo, Correctivo y Predictivo en proyecciones sobre semanas y meses del año, y sencillo de implementar y gerencia en su programación de los equipos. Es un sistema de gestión de mantenimiento para operaciones de todos tamaños. De corporaciones globales a empresas medianas a compañías muy pequeñas. Se trata de una aplicación de ingeniería de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo que puede ser modificado por el usuario para todos los escenarios.

##### ***13.1.1.1 Principales Características del Sistema de Mantenimiento Preventivo***

- Establecimiento de mantenimientos en el nivel de Tareas y/o Procedimientos
- Creación fácil de un número ilimitado de MP's, para cada activo, **base calendario** y/o **base medidor (lecturas)**
- Herramienta sencilla de usar de planificación y programación de MP's
- Permite "saltar un día" al agenda la programación
- Establecimiento de grupos de preventivos definidos por el usuario, con sus rutas y secuencias de rutas
- Opción de generar las MP's manualmente o automáticamente con envío automático de correos
- Posee una biblioteca de Tareas de MP para asistir en la creación de procedimientos de MP
- Calendario de Mantenimiento con visión de corto, medio, y largo plazo de las actividades
- Herramienta multi-funcional y flexible para gerenciar y controlar definiciones y planificación



- Capacidad de actualizar tareas de MP's y publicar las actualizaciones a todas agendas afectadas/asociadas
- Planificar las necesidades de Partes o repuestos para MP's

**Equipos**

Agregar Editar Borrar Lista << Ir para >> Acción Opciones

Código de Equipo:EQP-08-52 Disponibilidad:Si

Descripción del Equipo:MOTOR

Tipo de Equipo:  
Subsistema:

**Equipo Padrón:**

Ubicación:PLANTA ELECTRIC

Fabricante:CATERPILLAR

No. Modelo:C-08-52-00

N° Serie:C128-73-001-4828


Weblink:<http://www.cat.com/parts/files/255502/7.EEP60105-01.pdf>

Departamento:OPERACIONES  
Edificio:D4

**Posición:**

Criticidad:3  
Precio Diario:0

Fecha Garantía:12/31/2014

Imagen:  


(Equipo Padrón):

---

**Lecturas de Medidor**

Agregar Opciones

ID de Trans.	Tipo de Medidor	Fecha de Lectura	Lectura Registrado Por	Lectura
No se encontró ningún registro.				

---

**Programaciones de Mantenimientos**

Agregar Opciones Copiar Programación MP Aprender Mas (Inglés)

Grupo MP Designado	Generar Clase de Cada Frecuencia	Tipo de Frecuencia de Calendario	Breve Descripción	Próxima Fecha MP	Última Fecha Orden de Trabajo MP	Último No. Orden de Trabajo MP	Est. Horas
<a href="#">Ir para</a> ZONA II	1.00 Months	Static	Cambio de Aceite - Motor	09/30/2011	09/16/2011	150	0.00

---

**Partes Relacionadas**

Agregar Opciones

Artículo	Descripción	Cantidad	Unidad de Medida	Categoría
<a href="#">Ir para</a> DEQ-ULS - Aceite DEO-ULS 15 W 40	Motor	4.00		

---

**Etiquetas de Códigos de Barra**

EQP-08-52

MOTOR


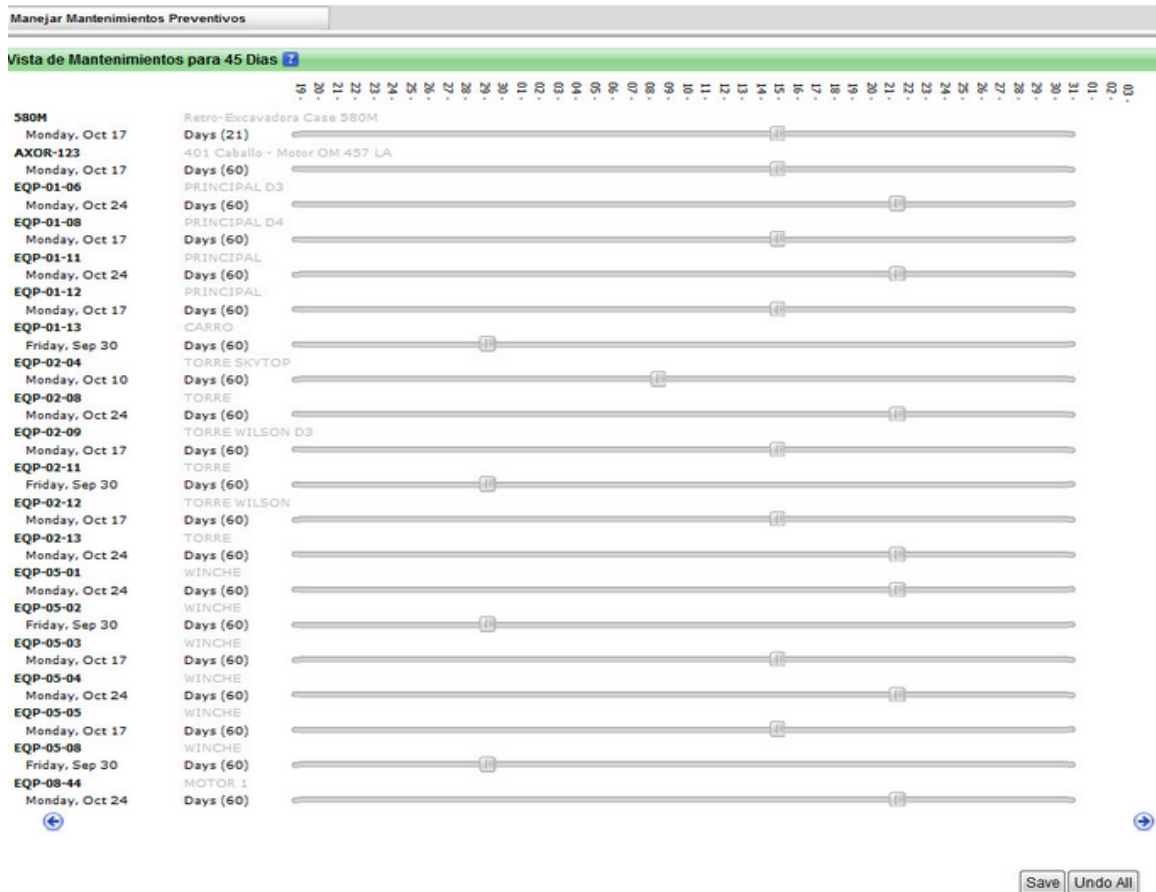


Figura 60 Ejemplo de software para motores



**Figura 61 Calendarización de mantenimiento de motores**

Junto a un software que lleve el control de mantenimiento es necesario un manual de mantenimiento para los problemas que se presenten en el equipo instalado con opciones de causas posibles y opciones de verificación.

En la tabla 7 se muestran un listado de los problemas más comunes que se presentan en los equipos con una o más posibles causas junto a opciones de verificación y medidas correctivas.

Problema	Causa	Verificación/Medida correctiva
Prevención de descarga elevada(enfriamiento)	El aire que llega al intercambiador de calor exterior es sumamente caliente o hay insuficiente aire a través de serpentín	-Verificar el funcionamiento del ventilador exterior -Verificar la descarga y la circulación de aire de aspiración.
	El intercambiador de calor externo está tapado	Limpiar el intercambiador de calor externo
	Hay aire en el ciclo de refrigerante	Purgar el aire del ciclo

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Verificación/Medida correctiva</b>
	La presión de aspiración es mayor que la normal	Véase mas adelante "presión de aspiración elevada"
	La válvula de retención no se mueve	Cambiar la válvula de retención
	Hay sobrecarga de refrigerante	Sacar refrigerante
Baja presión de descarga (Enfriamiento)	El aire que va al intercambiador exterior está sumamente frio	-Verificar el funcionamiento del ventilador de interior -Verificar la descarga y la circulación del aire de aspiración.
	Descarga defectuosa de las válvulas de aspiración en el compresor	-Verificar la entrada del compresor -Verificar la presión de aspiración
	Cargar insuficiente de refrigerante o pérdidas del mismo	Añadir refrigerante; subsanar las perdidas, si las hay
	La presión de aspiración es inferior a la normal	Véase más adelante "baja presión de aspiración"
	La válvula de retención no se mueve	Cambiar la válvula de retención
Presión de aspiración elevada	El aire de entrada está sumamente caliente o hay excesiva circulación de aire a través del serpentín de interior	Verificar la cantidad de aire que circula
	El aire de entrada está sumamente caliente o hay excesiva circulación de aire a través de los serpentines exterior y de interior	Sacar refrigerante
	Válvula de descarga o válvula de aspiración del compresor defectuosas	Verificar la entrada del compresor
	La válvula de retención no se mueve	Véase más adelante "presión de descarga elevada"
	La válvula de retención no se mueve	Reemplazar la válvula de retención
Baja presión de aspiración	El aire de entrada es sumamente frio o fluye insuficiente aire a través del serpentín de interior	-Verificar si hay circulación de aire insuficiente -Verificar la cantidad de flujo de aire -Verificar el filtro de aire -Verificar si el serpentín de interior tiene escarcha

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Verificación/Medida correctiva</b>
	Hay poca carga de refrigerante o hay fugas	Subsanar las fugas si las hay; añadir refrigerante
	Restricción en la línea de líquido o de aspiración	Verificar el tubo capilar y el filtro de rejilla
	La presión de descarga es inferior a la normal	Véase “baja presión de descarga”
	La válvula de retención no se mueve	Cambiar la válvula de retención
	El diámetro de la tubería de refrigerante es pequeños o la tubería es larga	Cambiar la tubería por una tubería correcta
Termostato interno	Funciona en una fase (para una unidad trifásica)	Verificar la línea de alimentación y el contactor
Cierre	Voltaje alto o bajo, o desequilibrio de fases	Verificar el voltaje y el desequilibrio de fases
	Poca carga de refrigerante o fugas	Subsanar las fugas si las hay; añadir refrigerante
Conmutador de presión	La presión de descarga es sumamente elevada	Véase “alta presión de aspiración”
Cierre	El conmutador está en la posición incorrecta o hay un contacto fallado	Verificar la presión de regulación o el contacto
Relé de sobrecorriente para el compresor	La presión de descarga y la de aspiración son sumamente elevadas	Véase “presión de descarga” o “presión de aspiración elevada”
Motor de ventilador externo	Voltaje alto o bajo, desequilibrio de fases	Verificar el voltaje y el desequilibrio de fases
Cierre	Funciona en una sola fase (para unidad trifásica)	Verificar la línea de alimentación y contactor
	Motor del compresor defectuoso	Verificar la resistencia eléctrica entre los terminales del compresor y desde los terminales de tierra
	Motor de ventilador defectuoso	Verificar las resistencias eléctricas entre los terminales del motor del ventilador y desde los terminales a tierra
	Conexiones flojas	Verificar conexiones eléctricas
Fusible quemado	Fusible insuficiente	Verificar si el fusible corresponde al amperaje indicado
	Conexiones flojas	Verificar las conexiones eléctricas
	Funciona en una sola fase (para	Verificar la línea de

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Verificación/Medida correctiva</b>
	unidad trifásica)	alimentación
	Fallas de motor	Verificar la resistencia eléctricamente los terminales de motor y desde los terminales a tierra
	Desconexión	-Verificar los cable y la conexión., según corresponda -Verificar el aceite de la retención del contactor
	Contacto defectuoso	Verificar los contactos en el contactor magnético
Ventilador ruidoso	La polea golpea el marco	Verificar la polea y ajustar debidamente
Compresor ruidoso	El refrigerante inunda a partir de la línea de aspiración	-Verificar si nohay sobrecarga de refrigerante - Verificar si la temperatura de la toma de aire es sumamente fría -Verificar si el flujo de aire es insuficiente
	No se han retirado los pernos no los ganchos para retener el compresor en el envío	Retirar pernos y ganchos de envío
	Cojinetes gastados	Reemplazar el compresor
	Válvulas de descarga y de aspiración defectuosas	Reemplazar el compresor
Otros ruidos	La tuerca fija se ha aflojado	Apretar las tuercas de todas las piezas
Considerable formación de escarcha en dirección del cambiador de calor	La presión de aspiración es inferior a la normal	Véase “baja presión de aspiración”
	El tubo capilar esta tapado	Cambiar tubo capilar
El equipo no enfría	Conmutador de control remoto defectuoso	Verificar la resistencia eléctrica entre los terminales y desde los terminales a tierra
	Relé auxiliar defectuoso	Verificar la resistencia eléctrica entre los terminales del motor del ventilador desde los terminales a tierra

**Tabla 8 Problema, causa y verificación**

## 14 CONCLUSIONES

Los métodos encontrados en la investigación fueron el método de aire-entalpia y el método de entalpia del refrigerante. Ambos métodos fueron estudiados y comparados, a pesar que la bibliografía describía el método de entalpia del refrigerante como el más exacto, por ser un método más directo, no podía llevarse a la práctica de manera sencilla pues requería de la instalación de dispositivos para realizar la medición dentro del equipo de aire acondicionado lo que requería el desmantelado del equipo oponiéndose al objetivo del trabajo de graduación en el cual se menciona la adaptación de un método que se pudiera usar de manera rápida y efectiva en todos los aires acondicionados, para no incurrir en el gasto de contratación de personal para el desmantelado del equipo. Es por esta razón que se decide usar el método de aire entalpia, que es un poco menos exacto en las condiciones de funcionamiento del equipo sin la necesidad de instalar o utilizar equipo de alto costo para realizar las mediciones presentando una versatilidad y facilidad de medición, de tal forma que casi cualquier persona podría tomar las mediciones sin mucha dificultad.

Sobre la prueba de diagnóstico se puede concluir que los datos obtenidos son muy apropiados para equipos que están funcionando como único agente enfriador en la habitación, para los equipos que funcionan en conjunto con otros se ven afectados directamente en el tonelaje dando un resultado menor al presentado en placas debido a que los otros equipos inciden de forma directa en la toma de mediciones por lo que la prueba de diagnóstico no es la más apropiada.

La norma nacional NTS 23.47.08:14 enfoca todos sus estudios y pruebas a certificar equipos de fabricantes, es decir, las eficiencias de equipo calculadas en ambientes controlados en laboratorios con equipo de alto costo, y no está dirigida a equipos en funcionamiento real con carga térmica aleatoria de equipos, personas o diseño. Aunque algunos de los parámetros pueden incluirse en una prueba de eficiencia real tales como la preparación previa del equipo, el tiempo de medición, rango de incertidumbre en las mediciones y referencias de equipos.

La metodología empleada presenta una serie de factores a tomar en consideración antes de realizar la tomas de mediciones de las variables necesarias para calcular la eficiencia de equipos en funcionamiento real permitiendo así dar un valor de EER más adecuado a la realidad del equipo, el grado de precisión obtenido es considerablemente aceptable para equipos que operan solos en una habitación dado que los resultados son relativamente bajos tomando en consideración los factores que afectan la medición. El método también presenta los inconvenientes de no poder aplicarse directamente cuando dos o más equipos trabajan

simultáneamente en una misma habitación sin embargo el método podría adecuarse para el caso de varios equipos por lo que la metodología desarrollada se considera aceptable para un rango de equipos de tipo ventana y Split que funcionen de forma individual en una habitación.

## **15 RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda que basado en los resultados de eficiencia, se verifique con cuidado la antigüedad y condición de los equipos instalados en la facultad.
- También mantener al día el mantenimiento de los diferentes equipos y capacitar al personal respecto a la verificación constante de las fechas de mantenimiento.
- Sería deseable la capacitación del personal para el correcto uso y cuidado de los equipos, manteniendo así las pérdidas térmicas al mínimo.
- Se recomienda también, que para futuras instalaciones se siga normas o condiciones de instalación de equipos suministradas en los manuales de usuario, y de esta manera evitar problemas observados, como tuberías extremadamente largas o equipos de compresión localizados en lugares que no brinden condiciones adecuadas.
- Se recomienda que al momento de realizar una compra de un equipo y tomando en cuenta que se haya realizado una correcta instalación y dimensionamiento, y se hayan considerado las pérdidas de forma adecuada se debe observar que un equipo de acondicionamiento de aire de tipo ventana no debería superar una diferencia con su dato de placa mayor a -3 EER y un equipo de ventana correctamente instalado y dimensionado, no debería superar una diferencia de -2 EER; de otra forma, esto indicaría que el equipo puede estar dañado o que alguna de las condiciones previas no ha sido cumplida de manera correcta.



## 16 BIBLIOGRAFÍA

- [1] [En línea]. Available: [http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia\\_aire\\_acondicionado.html](http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia_aire_acondicionado.html).
- [2] SEAM, «MANUAL DE BUENAS PRACTICAS EN REFRIGERACION,» PARAGUAY.
- [3] Y. A. Cengel y M. A. Boles, Termodinámica, McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V, 2012.
- [4] D. R. M. E. J. Holseter, Buenos Procedimientos en Refrigeracion, Manual de Instrucción, 1994.
- [5] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Industria y Medio Ambiente PNUMA, Buenos procedimientos en refrigeración, Manula de instrucción, Ciudad de Mexico : PNUMA, 1994.
- [6] M. R. D. L. BARRIENTOS, *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO EN CUARTOS FRÍOS EN ALIMENTOS HOLANDESA S.A.*, Guatemala, 2007.
- [7] J. Vadillo, «Enfriamiento Mecánico,» San Salvador.
- [8] Clima One, «Airesacondicionados.com,» Clima One, [En línea]. Available: <http://www.airesacondicionado.com/>.
- [9] J. Guerra, «Tecnología de compresores,» [En línea]. Available: <http://tecnologia-compresores.blogspot.com/>.
- [10] W. M. J. William C. Whitman, Tecnología de refrigeracion y Aires Acondicionados, Editorial Parainfo, 2000.
- [11] P. d. l. n. u. p. e. m. a. PNUMA, Manual de instrucción sobre los enfriadores y la gestión del refrigerante, 1994.
- [12] P. d. l. n. u. p. e. m. a. PNUMA, «Control aduanero de sustancias que agotan la capa de ozono».
- [13] FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL FMAM, «Invertir en la eliminación gradual de

las sustancias que agotan la capa de ozono: la experiencia del FMAM,» 2010.

- [14] P. d. I. n. u. p. e. m. a. s. d. o. PNUMA, Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan el ozono, Séptima ed., 2006.
- [15] M. d. M. A. y. R. N. E. Salvador. [En línea]. Available: <http://www.marn.gob.sv/>.
- [16] E. S. Corte Suprema de Justicia, Mayo 2009. [En línea]. Available: <http://www.csj.gob.sv>.
- [17] Nergiza, «Nergiza La energia del dia a dia,» Nergiza, [En línea]. Available: <http://nergiza.com/eer-cop-seer-y-scop-midiendo-la-eficiencia-del-aire-acondicionado/>.
- [18] ANSI-ASHRAE, «ANSI-ASHRAE 210.240. Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment,» 2008.
- [19] O. S. d. Normalización, Norma Técnica Salvadoreña NTS 23.47.08:14, San Salvador, 2014.