

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE  
CLIMATIZACIÓN DE SALAS DE SERVIDORES EN CADENA DE  
SUPERMERCADOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**PRESENTADO POR**

**LUIS ALBERTO MIÑANO CUMPA**

**PROMOCIÓN 2007-II**

**LIMA-PERU**

**2013**

*A la memoria de mi madre: Mercedes Cumpa Roa*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Luis y Mercedes, por sus consejos y por brindarme su apoyo incondicional.

A mis profesores, por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

A mi asesor, el Ing. Ricardo Rodríguez, por su valiosa guía y asesoramiento en la elaboración del presente informe.

# ÍNDICE

<b>Prólogo</b> .....	1
<b>1. Capítulo I. Introducción.</b>	
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Objetivo general.....	4
1.3. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Alcances.....	4
1.6. Limitaciones.....	5
<b>2. Capítulo II. Marco teórico.</b>	
2.1. Fundamentos del acondicionamiento de aire: psicometría.....	6
2.2. Equipos acondicionadores.....	11
2.3. Determinación de fallas en equipos acondicionadores.....	27
2.4. Mantenimiento correctivo.....	29
2.5. Mantenimiento preventivo.....	29
<b>3. Capítulo III. Situación actual del sistema de climatización.</b>	
3.1. Condiciones normales de operación.....	42
3.2. Estado situacional encontrado.....	43
3.3. Resultados del sistema de mantenimiento correctivo.....	44
<b>4. Capítulo IV. Planteamiento del problema.</b>	
4.1. Diagrama de objetivos.....	47
4.2. Planteamiento de la hipótesis de trabajo.....	49
<b>5. Capítulo V. Implementación del plan de mantenimiento.</b>	
5.1. Planificación del plan de mantenimiento.....	50

5.2. Programación del plan de mantenimiento.....	53
5.3. Aumento de la disponibilidad de los equipos de climatización.....	54
<b>6. Capítulo VI. Análisis económico.</b>	
5.1. Costos del plan de mantenimiento.....	55
5.2. Reducción de costos por correctivos.....	57
5.3. Reducción de horas de falla.....	59
<b>Conclusiones.....</b>	<b>60</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>61</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>62</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>63</b>

## PRÓLOGO

La Climatización o Acondicionamiento de Aire viene cobrando vital importancia en la industria y locales habitados, debido a la necesidad de regular las condiciones en cuanto a la temperatura (refrigeración o calefacción), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire adentro de los locales.

En el presente Informe de Suficiencia Profesional se utilizó los métodos para elaborar un plan de Mantenimiento Preventivo que disminuya los paros imprevistos de equipos de climatización de salas de servidores.

Este informe pretende ser una contribución en la búsqueda de soluciones en mantenimiento preventivo, en las ultimas décadas se ha visto en aumento las actividades de mantenimiento preventivo abriendo un campo laboral a profesionales en el área de la Ingeniería Mecatrónica.

El presente Informe se ha desarrollado de la siguiente manera:

En el Capítulo 1, Introducción, en el que se describen los antecedentes o problemática encontrada, los objetivos de este Informe, la justificación de la inversión, los alcances y las limitaciones de la implementación del plan de mantenimiento.

En el Capítulo 2, se describen los fundamentos del acondicionamiento de aire, equipos acondicionadores, componentes y clasificación, determinación de fallas en equipos acondicionadores, y los principios básicos, ventajas, limitaciones y métodos de implementación del Mantenimiento Correctivo y Preventivo.

En el Capítulo 3, se describen las condiciones necesarias para una adecuada operación de los equipos de climatización en salas de servidores, la situación actual del sistema de climatización, y los resultados de las actividades por Mantenimiento Correctivo.

En el Capítulo 4, se identifican, mediante los objetivos generales y específicos, los medios para poder plantear la hipótesis de trabajo.

En el Capítulo 5, se describen las actividades a realizar para la implementación del plan de Mantenimiento Preventivo, así como un análisis preliminar de resultados.

En el Capítulo 6, se realiza el análisis de los indicadores económicos para comprobar la rentabilidad de la implementación del plan de Mantenimiento Preventivo.

## **1. CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Una sala de servidores concentra todos los recursos necesarios para el procesamiento de la información de una organización, en este caso, una cadena de supermercados.

Entre los factores más importantes que motivan la creación de una sala de servidores se puede destacar el garantizar la continuidad del servicio a clientes, empleados, proveedores y empresas colaboradoras, pues en estos ámbitos es muy importante la protección física de los equipos informáticos o de comunicaciones implicados, así como servidores de bases de datos que puedan contener información crítica.

#### **1.1. Antecedentes**

Generalmente, todos los grandes servidores se suelen concentrar en una sala denominada "sala fría". Esta sala requiere un sistema específico de refrigeración para mantener una temperatura baja, necesaria para evitar averías en las computadoras a causa del sobrecalentamiento.

Debido al funcionamiento programado de los equipos de climatización durante largas jornadas de trabajo del año, suelen producirse paradas en el funcionamiento

por mantenimiento correctivo, lo que pone en riesgo la operación de la sala de servidores por avería de sus componentes.

## **1.2. Objetivo general**

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo aplicable a equipos de climatización para su funcionamiento continuo como sistema de refrigeración de salas de servidores en cadena de supermercados.

Se consideran equipos tipo mini split con capacidad de 18,000 BTU/h.

## **1.3. Objetivos específicos**

- a) Reducir los costos generados por actividades de mantenimiento correctivo.
- b) Reducir las horas de parada prolongando la vida útil de los equipos de climatización.

## **1.4. Justificación**

Debido a los inconvenientes generados por paradas en el funcionamiento de los servidores provocado por fallas en el funcionamiento de los equipos de climatización se nos encargó la implementación de un plan de mantenimiento preventivo de dichos equipos, el cual es objeto del presente informe.

## **1.5. Alcances**

El presente informe describe los métodos a utilizar para la implementación de un plan de Mantenimiento Preventivo que mejore la confiabilidad de los equipos de climatización.

Se definirán los requerimientos necesarios para el óptimo funcionamiento de los equipos en mención.

## **1.6. Limitaciones**

No se dispone de mucha información sobre trabajos anteriores de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado a intervenir.

El mantenimiento predictivo no es aplicable en este caso pues la inversión requerida no se justifica por el costo de los equipos de aire acondicionado.

## **2. CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. FUNDAMENTOS DEL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PSICOMETRÍA.**

##### **DEFINICIONES.**

##### **El aire.**

Masa gaseosa que envuelve la tierra conformando la atmosfera. El aire necesario para la vida se encuentra en las partes más bajas de la atmosfera (aproximadamente hasta los 20 Km) disminuyendo su concentración con la altura. El aire presenta diferentes condiciones físicas según los diferentes climas que soporta y que tienen que ver con la altura, latitud y longitud de nuestro planeta.

##### **Peso específico.**

Definido como el peso por unidad de volumen ( $\text{Kg/m}^3$ ) o ( $\text{lb/pe}^3$ ) es un parámetro importante de los gases, ya que influyen en su comportamiento físico. El aire, así como los refrigerantes y demás materiales involucrados en un sistema de frío se comportan y seleccionan teniendo en cuenta este parámetro. Si se utiliza las mismas unidades para el peso y masase puede decir que es igual a la densidad.

**Volumen específico.**

Es la inversa de la densidad ( $m^3/Kg$ ) o ( $pie^3/lb$ ) siendo más utilizado cuando se estudian los flujos de aire o refrigerante.

**Calor específico.**

Es una propiedad que tienen los materiales, en general, de almacenar calor en comparación con su masa y la variación de temperatura que muestran.

**Humedad específica.**

Es la cantidad de agua vaporizada ( $Kg$  de agua /  $Kg$  de aire seco) o ( $lb$  de agua /  $lb$  de aire seco) que contiene el aire. Se puede leer en la carta psicométrica y está en función de otras características que presenta el aire en un determinado momento.

**Humedad relativa.**

Es la relación de agua que contiene el aire en comparación con la máxima cantidad que puede contener.

**Temperatura de rocío.**

Es aquella temperatura en la cual el aire comienza a condensar a partir de cierta humedad específica.

**EL CONFORT.**

El concepto de confort se define como un equilibrio de sensaciones placenteras del cuerpo producidas por su entorno, y se puede decir que lo apreciamos cuando no somos conscientes de ninguna incomodidad. El confort proviene de los siguientes aspectos de nuestro entorno:

- Temperatura
- Control de la humedad
- Filtrado, limpieza y purificación del aire
- Circulación y movimiento del aire

## PSICOMETRÍA.

### Carta psicométrica.

La carta psicométrica se elabora con la escala de temperatura ordinaria llamada TBS (temperatura de bulbo seco) en el eje de las abscisas. Nótese en la Figura 2.1 que las líneas de TBS constante son verticales. Luego se coloca la escala vertical de acuerdo a la cantidad de vapor de agua mezclada con cada Kg de aire seco llamada también razón de humedad o humedad específica. Si el aire contiene toda la humedad que puede retener a la temperatura de estudio, se dice que el aire está saturado y que la HR = 100%.

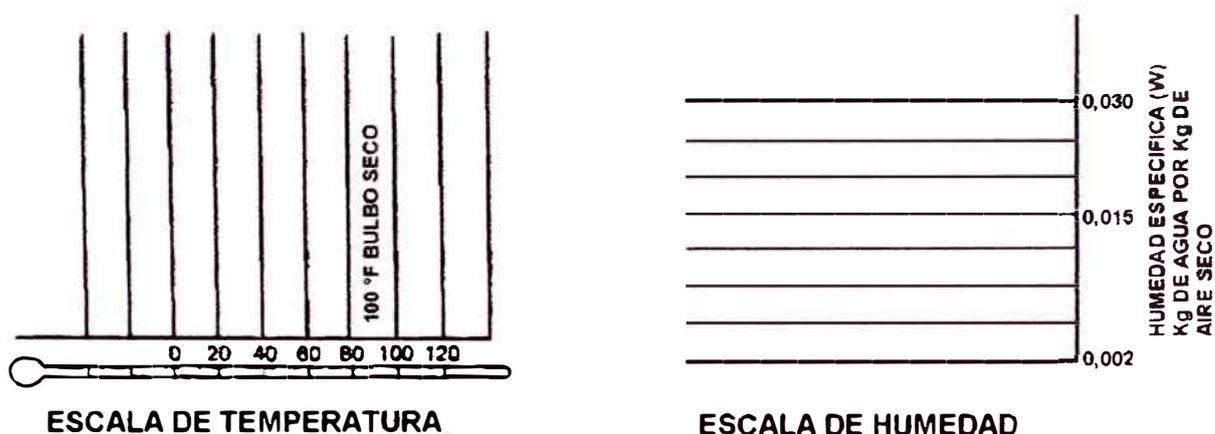


FIG 2.1. Escalas de temperatura y humedad específica.

Se observa que para cada temperatura, el aire puede contener una cantidad máxima de agua por Kg de aire seco y cuando esto ocurra se dice que el aire está completamente saturado o a 100% de humedad relativa (Véase Figura 2.2).

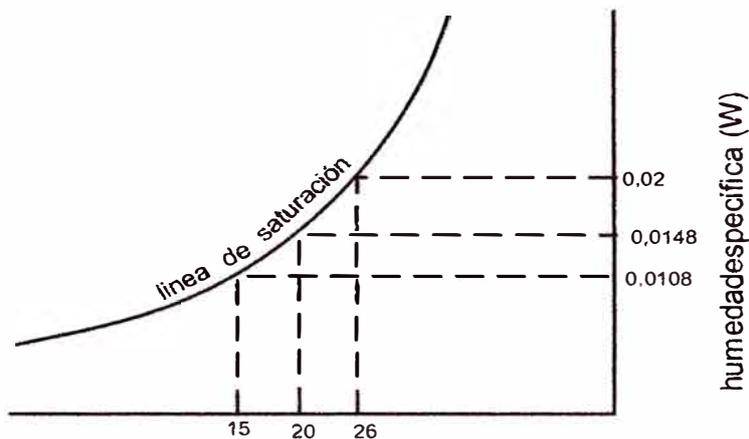


FIG 2.2. Puntos de saturación.

Las líneas de HR constante para condiciones parcialmente saturadas (Véase Figura 2.3) son paralelas a la línea de HR = 100% y se ubican con ayuda del contenido de humedad específica en relación a las temperaturas.

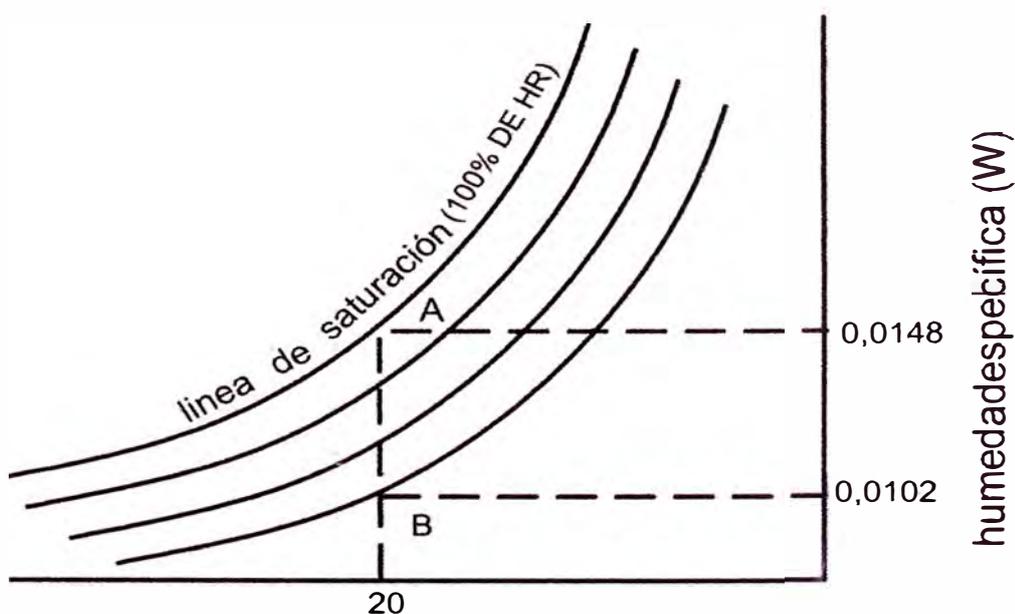


FIG 2.3. Líneas de humedad relativa.

### Procesos psicométricos.

Los procesos con los que se pueden cambiar las condiciones del aire están representados en la Figura 2.4 donde los procesos de calentamiento y/o enfriamiento pueden ocurrir simultáneamente con los de humidificación o deshumidificación.

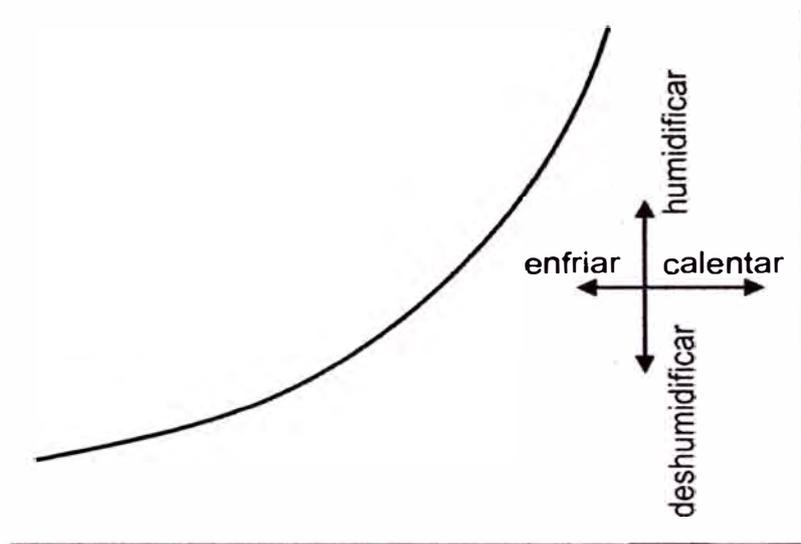


FIG 2.4. Procesos psicométricos.

Si se fuese a humidificar sin cambiar la temperatura de bulbo seco el punto en la carta psicométrica se movería verticalmente hacia arriba. Si queremos deshumidificar se movería verticalmente hacia abajo. Si se aumenta la TBS y humedad el punto se movería hacia arriba y hacia la derecha. Y si el aire fuera enfriado sin cambiar su contenido de humedad el punto se movería horizontalmente hacia la izquierda.

Otro de los elementos de la carta es la TBH, que nos proporciona un método más fácil para determinar la HR, ya que también refleja el contenido de humedad del aire. Con el uso de un termómetro común, con la parte del bulbo envuelta de un

trapo mojado expuesto a una corriente de aire por 20 segundos, se puede determinar la TBH con ayuda de la carta psicométrica.

### **Factor de calor sensible.**

Todo ambiente a acondicionar presenta cierta carga térmica a ser removida o entregada por el equipo acondicionador. Esta carga térmica está compuesta de dos cargas que tienen diferente fuente de origen y se definen como:

- **Calor sensible:** Calor que necesita remover o absorber el ambiente para variar su temperatura. Se representa como un proceso horizontal en la carta psicométrica.
- **Calor latente:** Calor que necesita remover o absorber el ambiente para variar su humedad absoluta. Se representa como un proceso vertical en la carta psicométrica.
- **Factor de calor sensible:** Es la relación de la carga sensible con respecto a la carga total que representa un determinado ambiente. Está representada por una pendiente en la carta psicométrica.

## **2.2. EQUIPOS ACONDICIONADORES.**

### **CICLO BÁSICO DE COMPRESIÓN.**

#### **Diagrama de Molier.**

El diagrama de Molier es aquel en el que se pueden representar los diferentes estados y procesos que puede alcanzar el refrigerante a lo largo de todo su recorrido en el sistema de refrigeración. Este diagrama normalmente está

representado en las coordenadas P-h (Presión – entalpía) y cada refrigerante implica un único diagrama (Véase Figura 2.5).

Los diferentes parámetros que se pueden leer en el diagrama son:

- **Entalpía.-** Definida como la energía total del refrigerante en un determinado momento, se puede leer en el eje de las abscisas (mediante líneas verticales).
- **Presión.-** Puede leerse en el eje de las ordenadas en forma horizontal. Tener presente que la presión en el diagrama de Mollier esta siempre en valores absolutos (presión manométrica + presión atmosférica).
- **Línea de líquido y vapor saturado.-** Representada por el contorno de la campana del diagrama. Cualquier estado encierra una campana donde el refrigerante está en un estado de mezcla (líquido - vapor) pues está cambiando de fase. Dentro de esta zona a cada presión le corresponde una temperatura de saturación. El lado izquierdo de esta campana corresponde a la zona de líquido subenfriado y el lado derecho corresponde a la zona de vapor sobrecalentado.

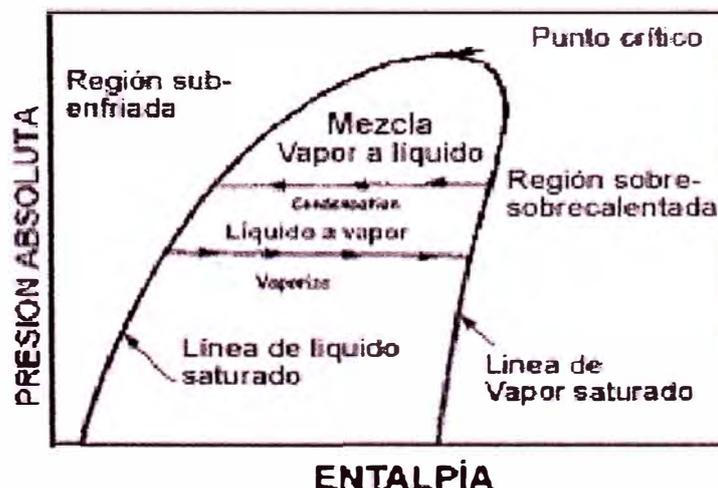


FIG 2.5. Diagrama de Mollier.

- Líneas de isocalidad.**- El cambio de fase de líquido a vapor de una sustancia comienza en la línea de líquido saturado (izquierda de la campana) hasta la de vapor saturado (derecha de la campana). Durante el proceso, la proporción de vapor en la mezcla aumenta de izquierda a derecha, la cual se puede estimar con la ayuda de las líneas de isocalidad como muestra la Figura 2.6. Un estado con calidad de 0.2 implica que el 20% del peso de la mezcla es vapor y el 80% es líquido.

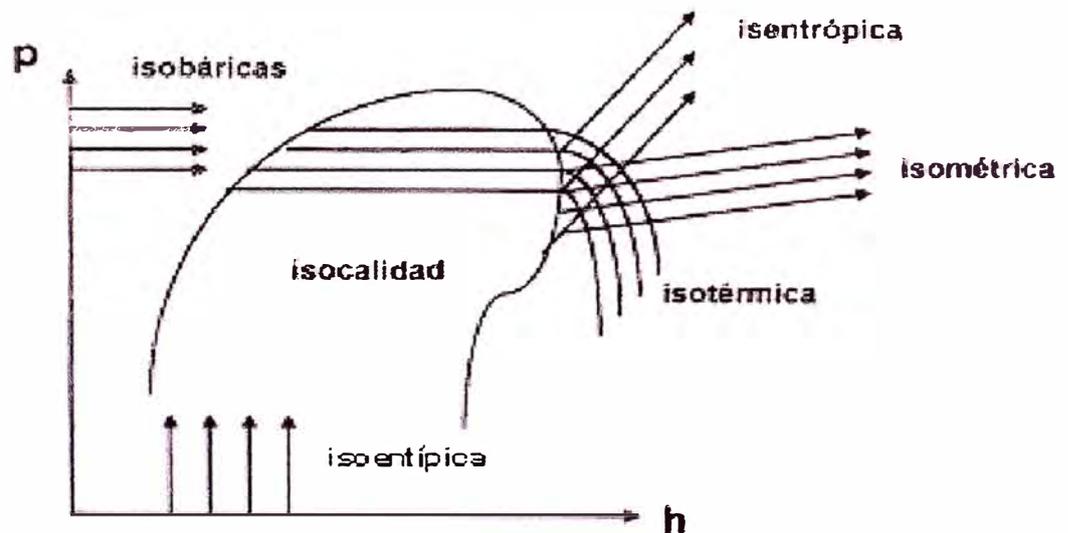


FIG 2.6. Parámetros en el Diagrama de Mollier.

- Líneas de temperatura constante.**- Trazada como indica la Figura 2.6, hay que distinguir lo siguiente: En la zona de subenfriamiento son casi verticales y paralelas a las líneas isoentálpicas. En la región de mezcla, en cambio, son completamente horizontales coincidiendo con las líneas isobáricas. En la región de sobrecalentamiento caen con concavidad hacia abajo.

- **Líneas de volumen específico constante.-** Estas curvas se aprecian cruzando la región sobrecalentada con una tendencia casi horizontal creciente hacia la derecha. Ver Figura 2.6.
- **Líneas de entropía constante.-** Se aprecian también cruzando la región sobrecalentada, pero con marcada tendencia ascendente hacia la derecha.

### **Procesos termodinámicos.**

El ciclo básico de compresión de vapor está conformado por 4 principales procesos que son: evaporación, compresión, condensación y expansión.

En el diagrama de Molier el ciclo básico mostrado en la Figura 2.7 se traza de la siguiente manera:

- **Evaporación.-** Proceso horizontal de A a B realizado a baja presión constante. Esta línea indica la vaporización del refrigerante de líquido a vapor en el evaporador. La distancia de B a C representa el proceso de calentamiento de este vapor a una condición de sobrecalentado cuando pasa del evaporador hacia la línea de succión.
- **Compresión.-** El punto C representa la condición del vapor cuando ingresa en el compresor para ser comprimido. Cuando se comprime a D se nota como aumenta rápidamente la presión y algunas Kcal de calor son agregadas al vapor durante la compresión de C a D. El vapor que sale del compresor está considerablemente sobrecalentado y representado por D.
- **Condensación.-** La distancia entre D y E representa el proceso de enfriamiento de este vapor sobrecalentado hasta el punto en que

comienza la condensación. En el punto E la condición del vapor es 100% saturada. La línea de E a F representa el proceso de condensación del refrigerante desde vapor saturado hasta líquido saturado. De F a G la energía es reducida desde líquido mientras pasa a través de la línea hasta el dispositivo de control.

- **Expansión.-** La línea de G a A representa la estrangulación del líquido mientras pasa a través del orificio del dispositivo de control de refrigerante. Luego, el ciclo está listo para ser repetido nuevamente.

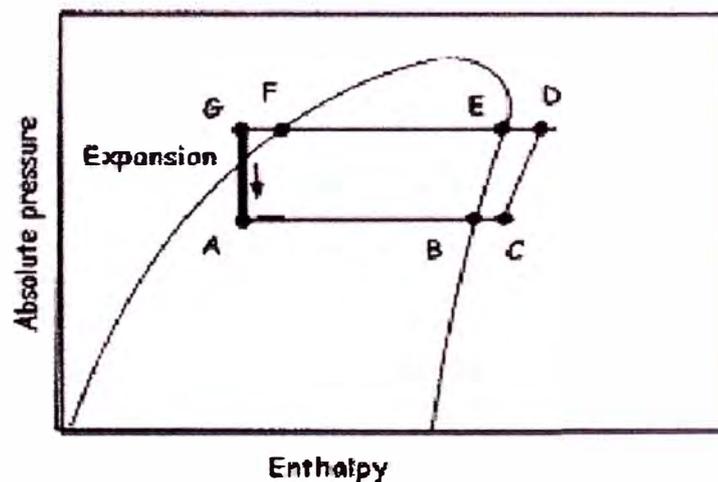


FIG 2.7. Trazado del ciclo básico de compresión de vapor.

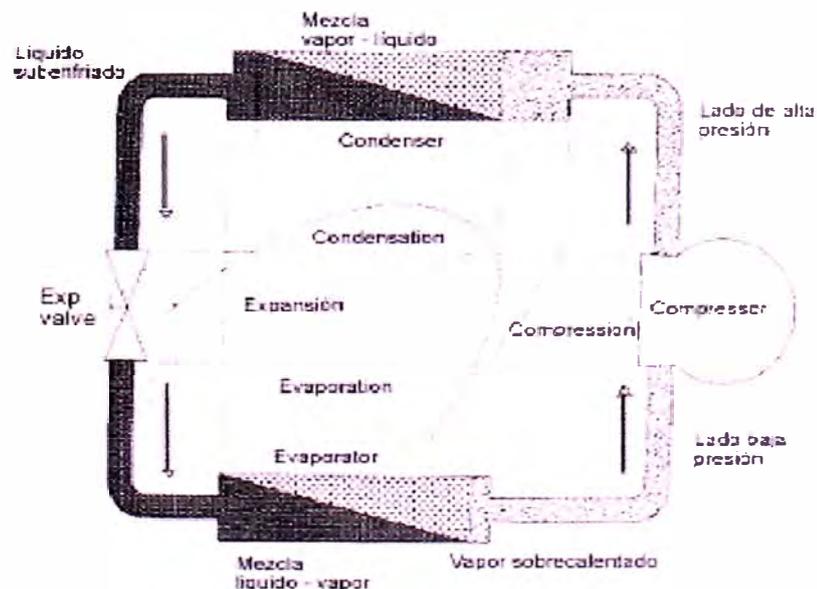


FIG 2.8. Ciclo de refrigeración.

## COMPONENTES.

Los equipos acondicionadores consisten de varias partes y componentes. Es importante comprender la estructura y funciones de cada parte y componente para diagnosticar problemas en el equipo. En la Figura 2.9 se muestra la estructura de un equipo enfriado por aire para propósitos generales de compresión y posición de cada componente.

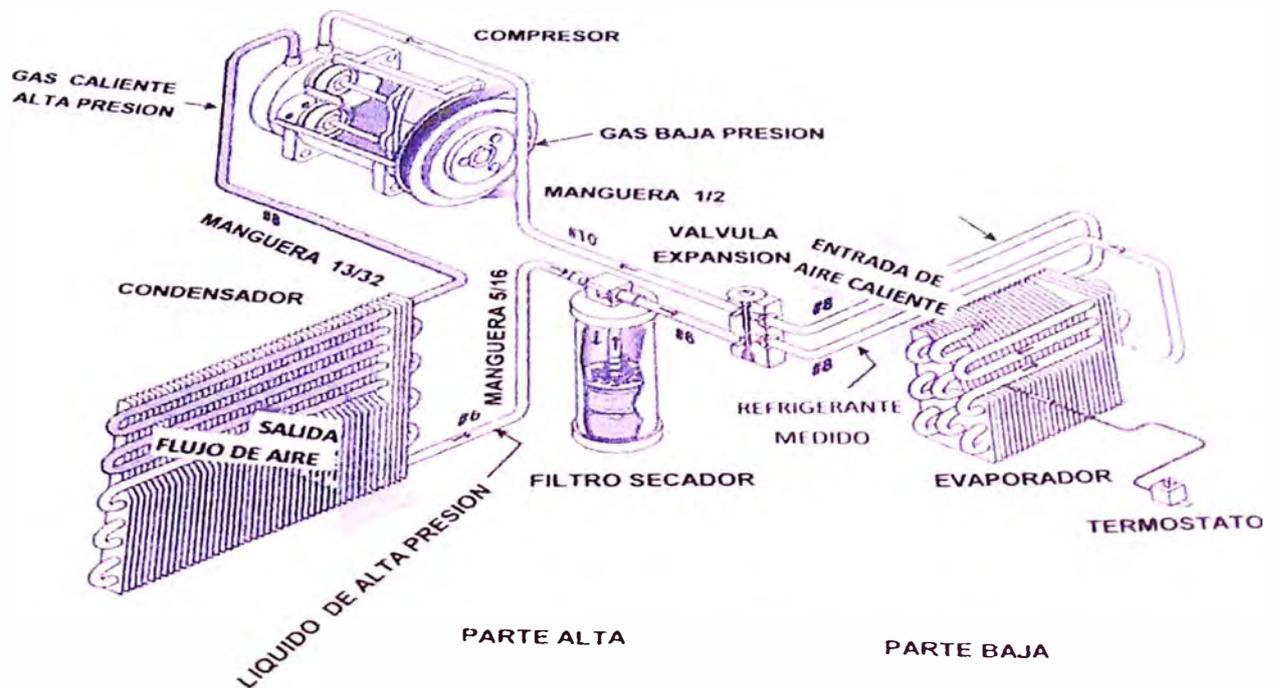


FIG 2.9. Componentes de un equipo de aire acondicionado.

### Componentes principales.

Todas las unidades de acondicionamiento de aire están conformadas de 4 componentes principales: evaporador, compresor, condensador y un dispositivo de expansión:

**Compresor.-** Es el corazón del sistema de refrigeración, recibe el refrigerante a baja presión y lo eleva a una presión tal que pueda ser fácilmente licuable en el condensador.

### **Clasificación según el método de compresión:**

Compresión volumétrica.

Tipo reciprocante.

- De 1 etapa
- De 2 etapas

Tipo rotativo.

- De pistón rotativo
- De paleta deslizante

Tipo espiral

Tipo tornillo

Compresión centrífuga

- De simple etapa
- Multietapas

Se detallan los tipos de compresor según el método de compresión:

- **Compresor reciprocante.-** Consiste de cilindros, pistones y válvulas. La compresión es realizada por el movimiento reciprocante del piston dentro del cilindro donde las válvulas controlan la entrada y salida del gas del cilindro.

- **Compresor rotativo.-** Disponible en dos tipos: piston rodante y paletas deslizantes. Comparados con los compresores recíprocos, los rotativos son compresores compactos, de pocas partes y más eficientes. Sin embargo son más sensibles a desgastes por lo que necesitan materiales antifricción en las partes en contacto. Los compresores de pistón rotativo son los más utilizados.
- **Compresor en espiral.-** Consiste en dos espirales, una fija y otra que gira asentándose en la primera. La toma de refrigerante es por la parte circunferencial y la compresión a través del espacio entre las dos espirales de manera que la descarga es por la parte central.
- **Compresor de tornillo.-** Consiste de rotores que engranan tipo macho y hembra y comprimen el refrigerante mediante el encaje de un tornillo rotor y dos tornillos libres.
- **Compresor centrífugo.-** Consiste de impulsor y voluta. El impulsor gira aproximadamente a 10,000 RPM. Dicha fuerza centrífuga permite cambiar la energía de velocidad en energía de presión por compresión del gas refrigerante.

### **Clasificación según su estructura:**

#### Tipo abierto

- Simple etapa
- Doble etapa

#### Tipo hermético

- Tipo semihermético
- Simple etapa

- Doble etapa
- Tipo hermético

Se detallan los tipos de compresor según su estructura:

- **Compresor del tipo abierto.-** Son aquellos que reciben la rotación desde un motor externo mediante acoplamiento directo o transmisión por fajas en V. El eje para su polea volante sale del compresor por lo que necesita de un sello mecánico que no permita la fuga del refrigerante. Por lo demás son fáciles de desmontar para inspecciones de mantenimiento así como de reemplazar componentes dañados. Son utilizados para sistemas a baja temperatura.
- **Compresor del tipo semihermético.-** Aquí el compresor y el motor están ensamblados en la misma cavidad. Las tapas de cada parte están fijadas por pernos y no requieren sello mecánico pues no hay peligro de fugas.
- **Compresor del tipo hermético.-** Este tipo de compresor mantiene al motor y al compresor en la misma cavidad de tal manera que están herméticamente sellados mediante soldadura. Algunos compresores recíprocos o rotativos de pequeña capacidad presentan este diseño. Sin embargo si este compresor falla es necesario reemplazar la unidad completa.

**Condensador.-** Este componente es un intercambiador de calor que permite condensar el refrigerante mediante la evacuación de calor. La alta temperatura y presión que posee el refrigerante a la salida del compresor permite que se pueda condensar con la temperatura ambiente o de agua. El calor evacuado es mayor que

el calor que absorbe el evaporador puesto que hay una parte de calor (energía) que ingresa con el compresor.

#### **Tipos de condensadores:**

- **Tipo doble tubo.-** Compuesto por un tubo interior por el que fluye el agua de enfriamiento y un tubo exterior por donde fluye el refrigerante en sentido opuesto. Es utilizado en unidades de pequeña capacidad, ya sean equipos acondicionadores o enfriadores de agua (chillers).
- **Tipo tubo y carcasa.-** Adoptado en unidades de gran capacidad ya sea equipos acondicionadores o enfriadores de agua (chillers). Están formados de muchos tubos de cobre con aletas transversales de aluminio dentro de una carcasa de acero como se muestra en la figura. El agua de condensación circula dentro de los tubos, de tal manera que el refrigerante pueda condensarse en la superficie exterior de los tubos con las aletas.
- **Tipo serpentín y aletas.-** Adoptado en casi todos sus tamaños en unidades de acondicionamiento de aire y chillers enfriados por aire. Consiste en tubos de cobre doblados en U e insertados en aletas de aluminio para aumentar el área de transferencia. Modelos recientes presentan ondulaciones o estriados internos para aumentar aún más el área de transferencia y hacer más compactos estos condensadores.

**Evaporador.-** El evaporador enfría el agua y el aire mediante la evaporación del líquido refrigerante. El líquido refrigerante cuya presión ha sido disminuida en la válvula de expansión, recoge el calor del agua o aire a enfriar que pasa por el evaporador y se convierte en vapor a baja presión y temperatura.

**Tipos de evaporadores:**

- **Multitubo dentro de un tubo.-** Adoptado en modelos de pequeña capacidad en chillers enfriados por agua. Varios tubos son insertados dentro de un tubo único. El refrigerante pasa a través de las tuberías interiores y el agua en dirección contraria exteriormente a ella.
- **De carcasa y tubo de expansión seca.-** Tubos corrugados de cobre se fijan a unos platos de tubos a ambos extremos de la carcasa de acero.
- **Tipo inundado.-** Este tipo es adoptado mayormente en enfriadores de agua centrífugos. A diferencia del tipo carcasa y tubo, el agua fluye a través de los tubos y el refrigerante fluye del exterior a éstos.
- **De serpentín y aletas.-** Adoptado en casi todos los tamaños de equipos acondicionadores. Consiste en un tubo de cobre doblado en U e insertado en aletas de aluminio para aumentar el área de transferencia. Modelos recientes presentan ondulaciones o estriados internos para aumentar aún más el área de transferencia y reducen el tamaño de la unidad.

**Dispositivo de expansión.-** El dispositivo de expansión tiene por finalidad controlar el flujo de refrigerante desde el lado de alta presión líquida hasta el lado de baja presión con el fin de permitir que evapore la cantidad adecuada de refrigerante en el evaporador.

**Tipos de dispositivos de expansión:**

- Válvula de expansión manual.
- Válvula de expansión automática.

- Válvula de expansión termostática.
- Tubo capilar.
- Flotador de baja presión.
- Flotador de alta presión.

En la actualidad, la mayoría de unidades acondicionadoras utilizan el tubo capilar (pequeñas capacidades) o la válvula de expansión termostática.

- **Tubo capilar.-** Es el más simple de los dispositivos de expansión, formado de un tubo de diámetro muy pequeño y gran longitud para crear una gran caída de presión. Utilizado en unidades y paquetes de pequeña capacidad se dimensiona experimentalmente según la capacidad de la unidad.

**Ventajas:**

- Bajo costo comparado con la válvula de expansión.
- Simple estructura, difícil de ser dañado.
- Cuando el compresor para, las presiones son igualadas inmediatamente.

**Desventajas:**

- Dificultad en determinar la longitud y diámetro.
- Dificultad en controlar el volumen de refrigerante dependiendo de la carga de enfriamiento.
- **Válvula de expansión termostática.-** El principio de operación de la válvula de expansión está basado en el mantenimiento de un grado constante de sobrecalentamiento de la succión a la salida del evaporador. Hay dos clases de válvula de expansión con ecualización externa y con ecualización interna.

**Con ecualización externa:** Cuando el refrigerante pasa a través del evaporador, la presión cae cierto valor. En el caso de una válvula con ecualización interna, si la presión cae grandemente, el grado de sobrecalentamiento se incrementa y puede ocurrir una compresión sobrecalentada. Para compensar esta caída de presión en el evaporador se utiliza la válvula con ecualización externa.

**Con ecualización interna:** Como se muestra en la figura, el ángulo de abertura de la válvula cambia de acuerdo con las fluctuaciones de carga, ajustando la cantidad de refrigerante suministrado; de tal manera que no exista compresión de líquido ni sobrecalentamiento en la compresión.

### **Componentes secundarios.**

Los cuatro componentes explicados anteriormente hacen el sistema de refrigeración funcione y se realice el ciclo de refrigeración. Sin embargo, es importante que el sistema de refrigeración opere eficientemente y en forma efectiva según los requerimientos de carga. Entre los múltiples dispositivos que puede tener un sistema de refrigeración se destaca la aplicación de los siguientes:

**Recibidor de líquido.-** Instalado entre el condensador y el dispositivo de expansión permite mantener temporalmente el refrigerante licuado en el condensador antes de pasar a la válvula de expansión. Este elemento permite asegurar el flujo de líquido hacia el dispositivo de expansión. También permite almacenar una cantidad de refrigerante no necesario en el sistema durante algún estado de la operación.

El receptor de líquido no debe ser usado en sistemas con tubo capilar debido a que en el ciclo de parada puede fluir líquido al evaporador y producir compresión de líquido cuando el sistema prenda otra vez.

**Filtro secador.-** Este dispositivo tiene por finalidad remover la humedad, así como las partículas extrañas que pueda arrastrar el refrigerante durante la operación. Es un cilindro de cobre que contiene agentes desecantes y se instala entre el condensador y el dispositivo de expansión. La humedad contenida en el refrigerante puede ocasionar los siguientes problemas:

El tubo capilar o válvula de expansión pueden obstruirse con hielo. Permite la formación de ácido clorhídrico que puede corroer los metales.

Como desecante utiliza un filtro molecular cuya capacidad de absorción no decrece con la alta temperatura o la baja presión. Este desecante molecular puede ser regenerado por calentamiento de 150 a 300 °C.

**Acumulador.-** El acumulador es un dispositivo instalado entre el evaporador y el compresor cuya función es evitar la entrada de refrigerante líquido al compresor. El acumulador contiene el líquido refrigerante y devuelve sólo vapor hacia el compresor.

**Intercambiador de calor.-** Durante la operación, la alta temperatura del líquido refrigerante (antes de ser enviado a la válvula de expansión) y la baja temperatura del refrigerante gaseoso (antes de ser enviado al compresor) intercambian calor en este dispositivo. La función se muestra en el ciclo básico mostrado en el diagrama de Mollier (Véase Figura 2.7):

- La cantidad de subenfriamiento se incrementa (antes de pasar por la válvula de expansión), de tal manera no hay formación de gas inminente.
- La cantidad de enfriamiento se incrementa.
- La baja temperatura del gas es incrementada hasta un valor de sobrecalentamiento, de tal manera que se previene la entrada de líquido al compresor.

### **TIPOS DE EQUIPOS ACONDICIONADORES.**

El principal rubro de equipos acondicionadores es el tipo paquete (unitario), pero gradualmente se han diversificado en forma y modelos obedeciendo su utilidad en las edificaciones.

#### **Según el método de expansión.**

- **Expansión directa.-** Cuando el calor es directamente intercambiado entre el aire a ser acondicionado y el refrigerante; los equipos acondicionadores adoptan este método.
- **Expansión indirecta.-** Cuando el calor es intercambiado indirectamente entre el aire a ser acondicionado y el refrigerante por medio de agua o salmuera. Los sistemas que combinan los enfriadores con las unidades serpentín - ventilador (fan coil) adoptan este método.

#### **Según el método de eliminación de calor.**

- Enfriado por aire
- Enfriado por agua

### Según su estructura.

Los equipos enfriados por agua presentan una sola unidad tipo paquete a diferencia de los equipos enfriados por aire que presentan dos alternativas disponibles: tipo paquete y split.

El tipo split consiste en dos unidades instaladas en el interior y el exterior separadamente. Estas dos unidades están conectadas por la tubería de refrigerante.

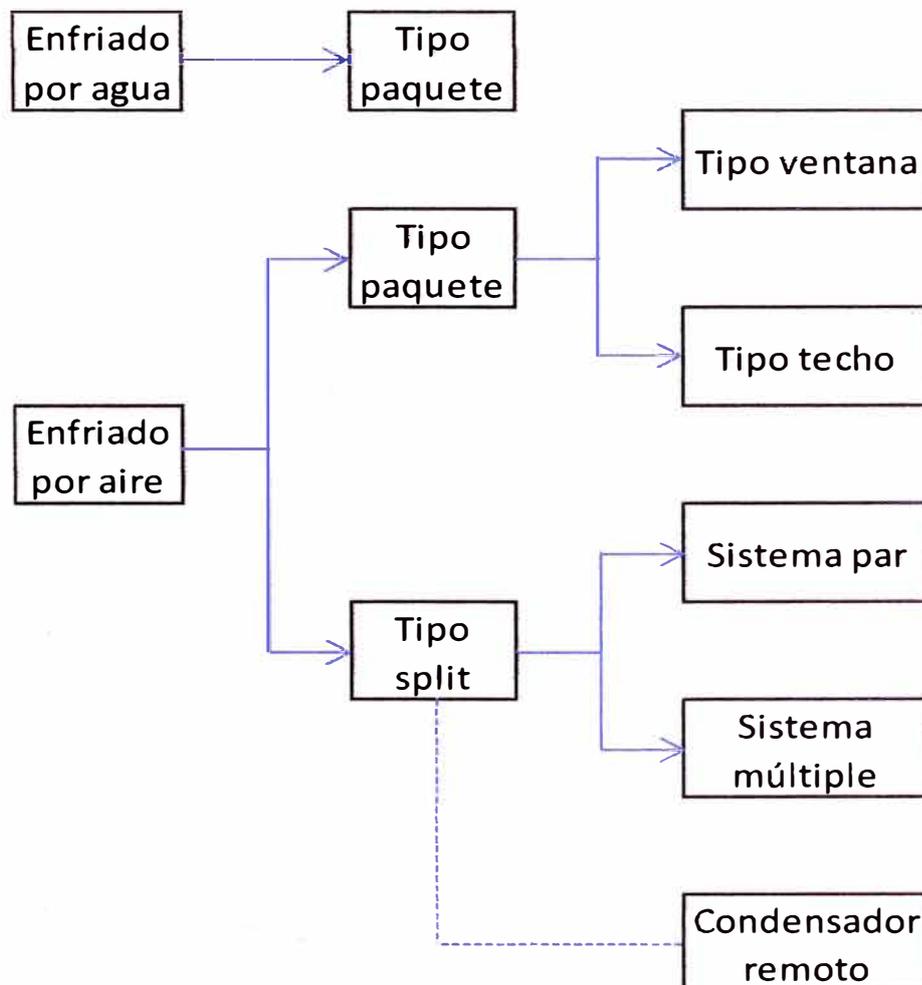


FIG 2.10. Clasificación de equipos de aire acondicionado según su estructura.

### **2.3. DETERMINACIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS ACONDICIONADORES.**

Las fallas son de tipo eléctrico, mecánico y del sistema de refrigeración. Algunas son comunes en los diversos equipos acondicionadores o de climatización, tales como:

#### **FALLAS ELÉCTRICAS.**

- Bobinado del motor compresor defectuoso.
- Termostato defectuoso.
- Capacitor de marcha o arranque defectuoso.
- Capacitor de ventilador defectuoso.
- Motor del ventilador defectuoso.
- Chapa de teclas de contacto cruzada.
- Relay de corriente o de voltaje defectuoso.
- Protector térmico defectuoso.

#### **FALLAS MECÁNICAS.**

- Desgaste del motor compresor.
- Válvulas del compresor.
- Rodamientos o bobinas del ventilador.

#### **FALLAS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.**

- Fuga de gas refrigerante.
- Obstrucción.
- Humedad
- Alta Presión de descarga:  
Suciedad en el condensador.

Aire u otros gases no condensables en el circuito de refrigeración.

Sobrecarga de refrigerante.

Insuficiente medio de condensación.

Alta temperatura del medio de condensación.

Mala ventilación del medio condensador.

- **Baja presión de succión:**

Deficiente flujo de aire a través del serpentín evaporador.

Flujo de refrigerante restringido.

- Obstrucciones en la válvula de expansión.
- Filtro secador saturado o sucio.
- Válvulas parcialmente obstruidas en la línea de líquido.
- Obstrucción en la línea de líquido.

Falta de refrigerante.

Falla de la válvula de expansión.

- Válvula de expansión o capilar completamente cerrado.
- Fuga en el bulbo sensor de la válvula de expansión.
- Ajuste inapropiado de la válvula de expansión.

- **Alta presión de succión:**

Condiciones severas de carga térmica.

Ajuste insuficiente del sobrecalentamiento.

Ajuste inapropiado de la válvula de expansión.

Mala instalación del bulbo sensor.

Falla del compresor (rompimiento de las válvulas de succión en el compresor).

## **2.4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**

Se denomina mantenimiento correctivo, a aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las maquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado.

Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo.

## **2.5. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

El Mantenimiento Preventivo es un método, basado en principios básicos que se adecua, diseña y aplica a las propias necesidades de cada usuario, según tipo de empresa de máquinas o equipos, siguiendo unos principios:

### **2.5.1. Principios básicos del Mantenimiento Preventivo.**

Inspecciones programadas para buscar evidencia de falla de equipos o instalaciones, para corregirlas en un lapso de tiempo que permita programar la reparación, sin que haya paro intempestivo.

Actividades repetitivas de Inspección, lubricación, calibraciones, ajustes y limpieza.

Programación de esas actividades repetitivas con base a frecuencias diarias, semanales, quincenales, mensuales, anuales, etc.

Programación de actividades repetitivas en fechas calendario perfectamente definidas, siguiendo la programación de frecuencias de actividades, que deberán respetarse o reprogramarse en casos excepcionales (Ajuste de Programa Preventivo por reciclaje de actividades).

El Control de esas actividades repetitivas se realiza en base a los siguientes formatos: Ficha Técnica - Ordenes o Solicitud de Trabajo - Hoja de Vida o Registro Histórico - Programa de Inspección - Programa de Lubricación - Programa de Calibraciones – Programa de Operaciones – Programa de Renovaciones, etc.

### **2.5.2. Ventajas de un Programa de Mantenimiento Preventivo.**

Con el tiempo se disminuyen los paros imprevistos de equipos ocurridos en un escenario de Mantenimiento Reactivo y / o Correctivo, los que son reemplazados por paros programados.

Se mejora notoriamente la Eficiencia de los equipos y por lo tanto de la producción.

Después del tiempo de estabilización del Programa, se obtiene una reducción real de costos:

- Por disminuir las fallas repetitivas.
- Por disminución de duplicación de reparaciones: una para desmontar el equipo y otra para repararlo adecuadamente.
- Por disminución de grandes reparaciones, al programar oportunamente las fallas incipientes.

- Por un mejor control del trabajo debido a la utilización de programas y procedimientos adecuados.
- Por menores costos de producción, al tener menor cantidad de productos defectuosos, debido a la correcta graduación de los equipos.
- Por disminución de los pagos por tiempo extra al disminuir los paros intempestivos.
- Por disminución de accidentes durante la ejecución de mantenimientos, debido al trabajo programado según procedimientos escritos y no trabajos de emergencia bajo alta presión, para entregar el equipo lo más pronto posible.

Mejora notablemente la imagen del Departamento de Mantenimiento, al entregar reparaciones más confiables.

### **2.5.3. Limitaciones del Mantenimiento Preventivo.**

Inicialmente pueden aumentarse aparentemente los costos de mantenimiento debido a que se deben seguir programas de frecuencias y fechas calendario que antes no se llevaban a cabo, sino que se trabajaba, hasta que el equipo se dañara. Igualmente los costos de lubricantes y otros insumos posiblemente aumenten, ya que anteriormente no se gastaban con la frecuencia requerida para lograr el correcto funcionamiento del equipo.

Se generan costos administrativos por de diseño de formatos, registro de equipos, búsqueda de información consignación de datos, programación., etc. Posiblemente se requiera personal adicional para encargarse de esas labores.

Cuando se requieran operarios para desarrollar trabajos de Mantenimiento Correctivo, al comienzo del Programa de Mantenimiento Preventivo, éstos pueden estar ocupados en trabajos programados preventivos.

Posiblemente se debe parar más veces la producción que antes, al menos inicialmente, para cumplir los programas de inspecciones, lubricación etc. Sin embargo estos paros serán programados, permitiendo a producción adecuar sus propios programas con la debida anticipación.

Como no todos los equipos se pueden incluir inicialmente en un Programa de Mantenimiento Preventivo, cuando fallen algunos y se deba realizar Mantenimiento Correctivo, se pueden generar críticas destructivas del programa.

Si no se respetan las fechas y frecuencias programadas, el programa no funcionará eficazmente.

El líder de un Programa de Mantenimiento Preventivo debe tener una excelente comunicación y relaciones con todos los departamentos de la empresa, si no se cumple ésta condición será muy difícil sacar adelante el programa.

No se pueden esperar resultados importantes hasta después de 1 año de implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo.

#### **2.5.4. Como establecer un Programa de Mantenimiento Preventivo.**

Para establecer con éxito un Programa de Mantenimiento Preventivo, se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Recoger toda la información histórica posible de tiempo de paro de las máquinas. Para poder establecer bases contra las que se puedan comparar los beneficios del programa preventivo a desarrollar.

Realizar un examen detallado de todos los equipos para determinar:

- Que equipos requieren tanto Mantenimiento Correctivo programado, que justifiquen más bien su reemplazo u obsolescencia.
- Que equipos formarán parte del Programa inicial de Mantenimiento Preventivo.
- Que trabajos se deben efectuar.
- Cuál sería el costo del Mantenimiento Correctivo programado para los, equipos seleccionados.
- Cuál sería el tiempo y las necesidades de personal para realizar el correctivo, programado y el Programa de Mantenimiento Preventivo programado

Realizar mantenimiento correctivo programado inicial, a los equipos seleccionados, para que una vez iniciado el Programa de Mantenimiento Preventivo, no empiecen a fallar intempestivamente y alteren totalmente las frecuencias y fechas programadas de trabajos.

Establecer Costos separados del programa de actualización de equipos o mantenimiento correctivo programado inicial.

Realizar la Codificación o sea, dar un número de identificación a todos los equipos de la planta, de acuerdo a normas previamente establecidas, de preferencia en concordancia con el Sistema Nacional Contable, que apertura códigos o pre fijos a los activos de las empresas productivas.

Seleccionar los equipos que entrarán en el Programa de Mantenimiento Preventivo, dejando el resto de equipos, con la forma tradicional de mantenimiento que se esté llevando hasta ese momento.

Diseñar los formatos de Ficha Técnica - Ordenes de Trabajo – Registro Histórico - Formato de Inspección - Programación de Inspecciones - Programación de Lubricación - Programación de Operaciones – Parada y Renovación – Programa de Calibraciones.

Estructurar un programa inicial de Frecuencias y Fechas Calendario para las actividades repetitivas de Mantenimiento Preventivo, para los equipos seleccionados, de uno 6 meses de duración, al final de los cuales se evaluarán los resultados del programa contra el histórico de paros de los equipos, para introducir los ajustes correctivos necesarios (Ajuste de Programa Preventivo), o para incluir nuevos equipos.

#### **2.5.5. Equipos a incluir en Programa de Mantenimiento Preventivo inicial.**

Para determinar que equipos incluir en Programa inicial, se podrá seguir los siguientes criterios:

- Los equipos que se consideren más críticos del proceso y que estén presentando más fallas, los cuales al parar pueden detener toda la línea de producción o puedan dañar gran cantidad de materia prima, materiales o producto en o proceso.
- Los equipos básicos de servicios y que estén presentando más fallas, tales como: Calderas, compresores, bombas de agua, suministro eléctrico, o que alimentan la materia prima del proceso, etc.
- Los equipos que al fallar podrían poner en riesgo la vida humana, como: equipos a alta presión, equipos que controlen procesos riesgosos,

ascensores, sistemas de conducción de líquidos peligrosos, sistemas eléctricos en media y baja tensión, etc.

En el caso de evaluación de un equipo considerar los criterios anteriores aplicados a los componentes.

#### **2.5.6. Como determinar qué y cómo inspeccionar.**

Para tener una guía de que y como inspeccionar, se recomienda:

- Leer detenidamente el manual de operación del equipo, y si no existe, tratar de conseguir otro manual, con el proveedor o con otras empresas que tengan equipos similares.
- Consultar con los proveedores del equipo o de equipos similares.
- Revisar detenidamente las hojas de vida del equipo y las Órdenes de Trabajo que se le hayan hecho, para determinar los puntos más frecuentes de fallas.
- Consultar con el personal técnico de la empresa, de más conocimientos y experiencia técnica confiable.
- Emplear el sentido común, para incluir los puntos de más desgaste mecánico o con mayor tiempo de funcionamiento.

Una opción viable es aplicar el sistema denominado PROGRAMACIÓN PREVENTIVA.

#### **2.5.7. Procedimiento del Programa de Mantenimiento Preventivo – P.**

##### **M. P. inicial:**

##### **Selección de partes de Máquinas y Equipos para el P. M. P.**

Es el procedimiento más importante a definir.

Estratégicamente se debe seleccionar un conjunto de unidades que le pueda significar al área de mantenimiento poder demostrar posteriormente un exitoso resultado de su gestión.

Para que llegado el momento de Reportarlo a nivel gerencial se le mida con equivalente valor. Por lo tanto el nivel y cantidad a seleccionar debe estar enmarcado dentro de un Plan Piloto Inicial.

Para ello se debe escoger un grupo de 3 a 5 máquinas o equipos que se encuentran bajo control de Mantenimiento Correctivo.

Clasificarlos por su nivel de antigüedad en función de intensidad de su vida útil:

- A. Nuevos (hasta un 5 % de su vida útil).
- B. En desgaste (del 5% al 80% de su vida útil).
- C. Obsoletos (superior al 85% de su vida útil).

Referir su intensidad de uso en servicio productivo (uno, dos o tres turnos o servicio intermitente).

Clasificarlos por su Nivel de Criticidad: 1, 2 o 3.

En atención a su nivel de Criticidad, escoger el 60 % de equipos para el Plan Piloto, que sean de Clases 1 y 2, y el 40 % de equipos de Clase 3.

#### **Selección de partes de Máquinas y Equipos para el P. M. P.**

Considerar las recomendaciones técnicas del fabricante en manual de operaciones.

Las de los registros históricos de Mantenimiento Correctivo.

La experiencia del personal en identificar las partes o componentes más críticos.

Las recomendaciones técnicas de proveedores de productos y servicios.

### **Cantidad de partes de Máquinas y Equipos al P. M. P.**

Estas están íntimamente vinculadas al costo que generan.

Cada actividad independiente de su duración, personal o materiales siempre tiene un valor.

En base a las informaciones más reales que se obtengan, proceder a la clasificación de las partes.

### **Frecuencia y Duración de las actividades del P. M. P.**

**Operación.-** Actividades de la más alta intensidad de ejecución (por turnos, diarias, semanales o por equivalentes horas) caracterizadas por ser básicamente de inspección y control, no interrumpen la producción y su tiempo de ejecución es el más corto de realizar (duración de 1a 20 minutos).

**Parada.-** Actividades de mediana intensidad de ejecución (quincenal, mensual, bimensual trimestral, semestral o por equivalentes horas) se caracteriza por ser de revisiones o cambios de materiales o partes no estructurales, pueden o no interrumpir la producción y su tiempo de ejecución es de mediana duración relativa (30 minutos a 2 horas o más).

**Renovación.-** Actividades de más baja intensidad de ejecución (anual, bianual o por equivalentes horas) caracterizadas por ser de recambio de partes y piezas estructurales, sí interrumpen la producción y su tiempo de ejecución es el

máximo (no tiene escala o parámetro de referencia) su duración será establecida por el tipo de equipo y complejidad de su estructura.

### **Personal Técnico Ejecutor del P. M. P.**

Es el personal asignado a realizar las tareas programadas, el que se selecciona dentro del personal técnicamente muy bien calificado y con predisposición a emprender actividades que impliquen orden, limpieza y puntualidad con capacidad de administrar un reporte de sus actividades (si no existe se debe de capacitar internamente).

Se deberá consignar la clasificación del tipo de labor a realizar por el personal especialista que ejecuta dichas labores en las maquinas o equipos.

En principio se debe valorizar solo el costo directo del personal (realmente para fines de costeo ABC es necesario consignar el valor directo + indirecto sin embargo para sus inicios no es necesario efectuar ello).

Colocar el tiempo utilizado en cada tarea consignando el tiempo que demora para ejecutar dicho trabajo adicionando de ser necesario tiempos de traslados o esperas necesarios de ejecutar.

Cada trabajo a efectuarse en el programa deberá ser separado por su tipo de frecuencia y duración.

Luego se acumulan en forma mensual hasta reunir el reporte Anualizado.

### **Materiales y Suministros.**

Se deberá consignar todos los gastos a efectuarse en cada actividad programada.

Establecer su clasificación por frecuencia y tipo de intervención.

Cada valor de ejecución se acumulará con su respectivo monto, indicando el número de veces que deba ser realizado.

En los programas de mantenimiento generalmente se usan muchos materiales y suministros de alto consumo en las maquinas o equipos (Ejemplos: lubricantes, fajas, limpiadores eléctricos, pinturas anticorrosivas, etc.).

### **Repuestos y Componentes.**

Son gastos más costosos generados por su recambio en maquina o equipo, cuyos valores muchas veces son altamente significativos para la economía de las empresas y se producen cuando se interviene su estructura por ser el término de su vida útil.

Estos valores generalmente son generados en largos períodos por lo tanto deberán ser valorizados y aplicado su costo en las fechas de utilización en que efectivamente son consumidos.

### **Consumibles para la Producción.**

Son partes, componentes, materiales o suministros cuyo desgaste se origina por el pase o proceso de fabricación del producto que se manufactura o trabaja en una maquina o equipo.

Su desgaste y falla o recambio no tiene un origen que corresponda a la estructura funcional electro – mecánico estática o rotativa de su función primaria de maquina o equipo.

Estos GASTOS NO DEBEN SER CONSIDERADOS DE MANTENIMIENTO, sino consignados como consumibles para la producción.

FRECUENCIA Y DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE M. PREVENTIVO					
ACTIVIDAD	INTENSIDAD	FRECUENCIA	DURACIÓN	COMPLEJIDAD	COSTO
<b>OPERACIÓN</b>	La mas alta de programa	Por turnos, diarias, semanales o por equivalencia en horas	Más breve duración de 1 a 20 minutos promedio	Básicamente de inspección y control <b>NO INTERRUMPE LA PRODUCCION</b>	La de menor costo del programa
<b>PARADA</b>	La intermedia del programa	Quincenal, mensual, bimensual, trimestral, semestral o equivalente en horas	De mediana duración relativa de 30 minutos a 2 horas	Basada en revisiones o cambios de materiales o partes no estructurales <b>PUEDA INTERRUMPIR LA PRODUCCION</b>	Tiene un costo relativamente mayor que el de las operaciones
<b>RENOVACIÓN</b>	La mas baja o lejana del programa	Anual, bianual o equivalente en horas	La de mas larga duración y establecida por la complejidad de su ejecución	Basada en recambio estructural de partes piezas y componentes <b>INTERRUMPE LA PRODUCCION</b>	Es el de mayor costo relativo en el programa

TABLA 2.1. Frecuencia y duración de las actividades de P.M.P.

### Codificación de máquinas y equipos

La identificación o cedulación de equipos se hace necesaria para la sistematización y organización de la información, pudiendo cargar a un código específico los gastos ocasionados por un equipo, y en general sistematizar todo el proceso contable y de Mantenimiento Preventivo.

Cada planta o proceso puede escoger el sistema que mejor se adapte a sus necesidades.

Esta división en Sistemas, Subsistemas, Equipos y componentes permite la rápida y fácil identificación de un equipo. Por ejemplo:

Equipo SI 200 / SS 440 O 1012 / C - 002

Es un motor eléctrico trifásico, de una bomba centrífuga, ubicada en el área de Hornos, de la sección de fabricación de concentrados para ganado, de W1a Empresa agroquímica, como se explica a continuación:

SS 440: Área de Hornos

01012: Bomba centrífuga (01) identificada con el número 012

C – 002: Motor eléctrico trifásico.

Simultáneamente con la codificación de todos los equipos de la planta, se procede a recoger toda la información de tiempos de paro y de costos de mantenimiento de todos los equipos, resumiéndola en gráficos o tablas comparativas. Dicha información se debe buscar en el histórico de los equipos, en órdenes de compra, información de contabilidad, ordenes de trabajo si existen, informes de producción, libros de registro de producción y en último caso en información verbal de Técnicos y Funcionarios confiables.

La información recogida servirá de base para seleccionar los equipos que entrarán en el programa de mantenimiento preventivo y para demostrar los beneficios reales del programa a medida que se desarrolla, con datos estadísticos y cifras numéricas.

### **3. CAPÍTULO III**

#### **SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN**

##### **3.1. Condiciones normales de operación.**

La sala de servidores requiere que el sistema de climatización mantenga una temperatura entre los 21°C y 23°C. Según las normas ICREA-Std-131-2013 y ASHRAE la temperatura exacta debe ser 22.3°C.

El sistema de funcionamiento de un equipo de aire acondicionado, es un sistema de volumen variable que suministra aire filtrado y tratado, para impulsar el caudal requerido a total capacidad.

El sistema de aire acondicionado presuriza la sala y controla la temperatura y humedad relativa por medio de serpentín y condensador para el enfriamiento, diseñados para entrega de aire a las condiciones requeridas bajo cualquier condición psicométrica del aire en la sala de servidores.

Según la capacidad de enfriamiento y el gas refrigerante utilizado, los equipos de aire acondicionado operan en condiciones normales de operación con ciertos valores de corriente de arranque, corriente de trabajo y presión en líneas de succión y líquido.

Los equipos instalados en las salas de servidores de la cadena de supermercados en estudio utilizan como gas refrigerante el R-22, este gas opera con los siguientes valores de presión:

- Presión en línea de succión: 55 PSI
- Presión en línea de líquido: 200 PSI

La Tabla 3.1 muestra algunas características eléctricas de los equipos de aire acondicionado según su capacidad de enfriamiento:

Capacidad		BTU/h	12,000	18,000	24,000
Suministro de energía		V/Ph/Hz	208-230/1/60	208-230/1/60	208-230/1/60
Compresor	Consumo	W	1220	1645	1725
	Trabajo (RLA)	A	5.85	8.2	8.1
	Arranque (LRA)	A	26	39	56
Motor eléctrico	Consumo	W	30	65	68
	Corriente	A	0.35	0.65	0.66

TABLA 3.1. Características eléctricas de equipos de aire acondicionado.

### 3.2. Estado situacional encontrado.

La cadena de supermercados trabaja sin un sistema organizado de mantenimiento, realizando solo actividades de reparaciones por atención de emergencias.

Por lo tanto los sistemas de climatización de las salas de servidores presentan una continua serie de paralizaciones con pérdidas en horas dedicadas a realizar trabajos de reparaciones de mantenimiento.

Al no existir un sistema organizado es probable que se gasten muchos recursos económicos en compra de repuestos o alquiler de servicios.

Ante esta situación, solo existe como información rescatable un control de actividades de mantenimiento realizadas que lleva la valorización de los gastos de mantenimiento que va realizando la empresa.

### 3.3. Resultados del sistema de mantenimiento correctivo.

Con la información obtenida de las fichas de mantenimiento correctivo se presenta en la Tabla 3.2 una relación económica de horas perdidas en el funcionamiento de los equipos más los gastos por el mantenimiento en el periodo de un año, con el fin de identificar los componentes críticos del equipo y utilizar esta información para elaborar el plan de mantenimiento preventivo:

Evento de falla	Nº de llamadas de emergencia	Tiempo total de falla (horas)	Costo unitario x reparación (USD)	Costo x reparación (USD)	Valor porcentual	Valor porcentual acumulado
Falla de motor compresor	2	28.0	820.00	1,640.00	45.25%	45.25%
Fuga de gas refrigerante	3	24.0	320.00	960.00	26.49%	71.74%
Falla de tarjeta electrónica de UE	2	16.0	150.00	300.00	8.28%	80.02%
Suciedad en filtro lavable	22	11.0	12.00	264.00	7.28%	87.31%
Serpentin de UE saturado	8	8.0	28.00	224.00	6.18%	93.49%
Falla de control de temperatura	3	6.0	60.00	180.00	4.97%	98.45%
Avería de capacitor de arranque	2	4.0	28.00	56.00	1.55%	100.00%

TABLA 3.2. Resultados del mantenimiento correctivo.

Los datos mostrados en las Figuras 3.1 y 3.2 corresponden a los eventos por año de un equipo de aire acondicionado que utilizaremos como muestra para el análisis.

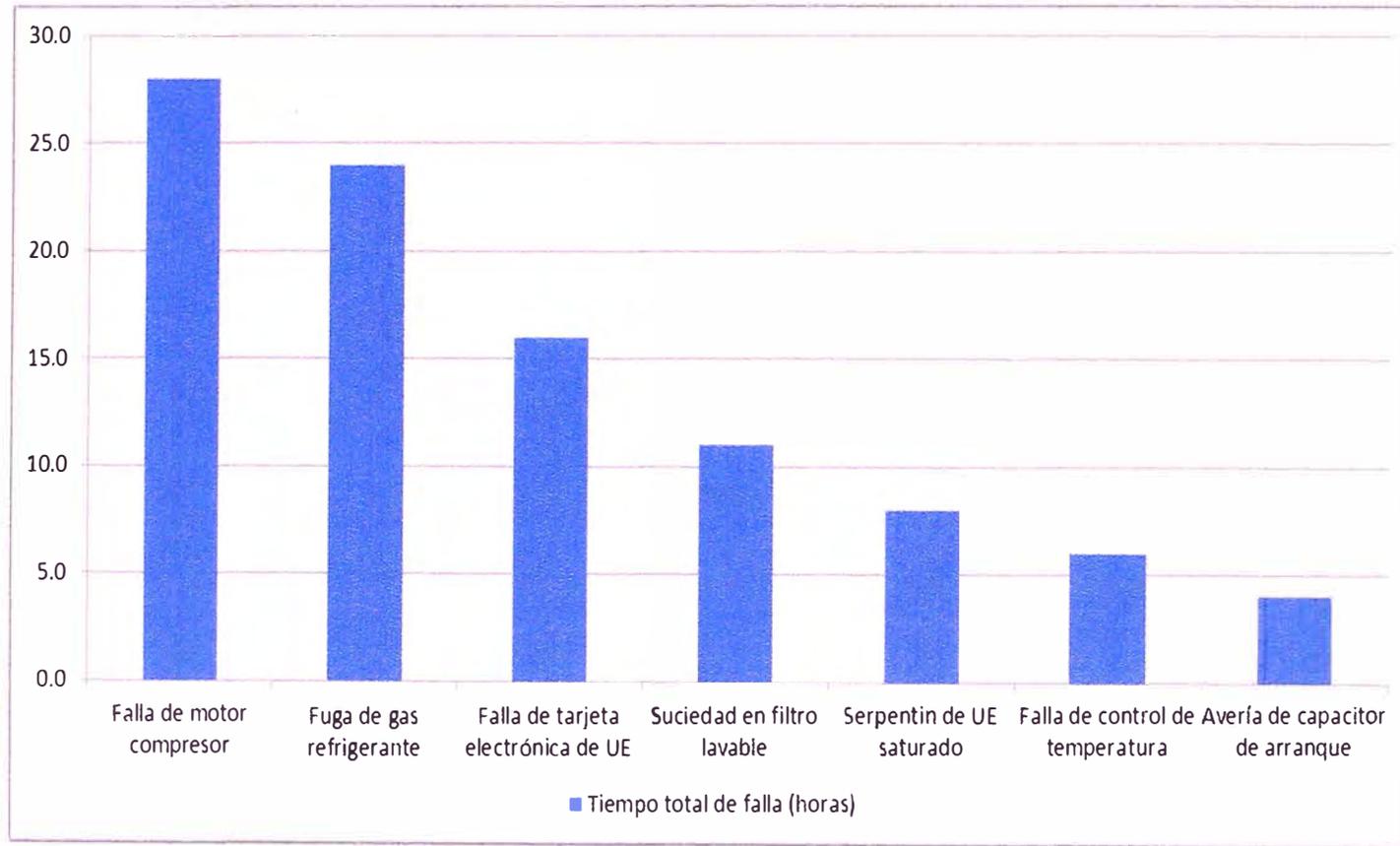


FIG 3.1. Tiempo total de falla durante un año.

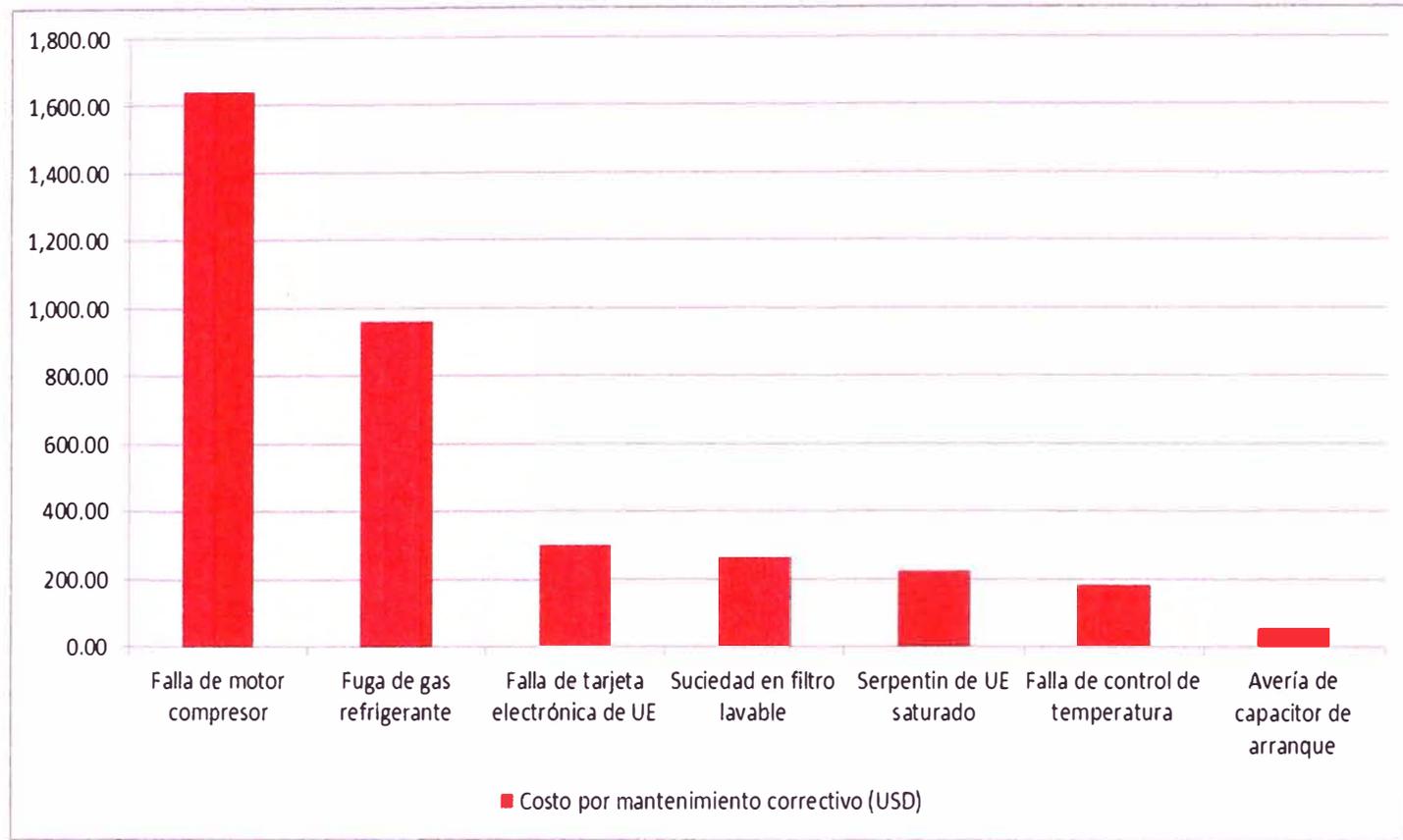


FIG 3.2. Costo por reparaciones durante un año.

## 4. CAPÍTULO IV

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 4.1. Diagrama de Objetivos.

Según las condiciones normales de operación, el estado situacional encontrado y los resultados del mantenimiento correctivo que se ha estado aplicando a los equipos de climatización de salas de servidores se procederá con la elaboración del diagrama de objetivos que tendrá como base el objetivo general y los objetivos específicos descritos en el prólogo del informe, además de las condiciones complementarias que se requieran para poder alcanzar estos objetivos.

Se utilizará la estructura definida en el diagrama de objetivos para el desarrollo de la implementación del plan de mantenimiento preventivo y con estas herramientas dar solución al planteamiento de la hipótesis descrito en el siguiente punto.

En la Figura 4.1 se muestra el diagrama de objetivos propuesto para la solución del problema planteado:

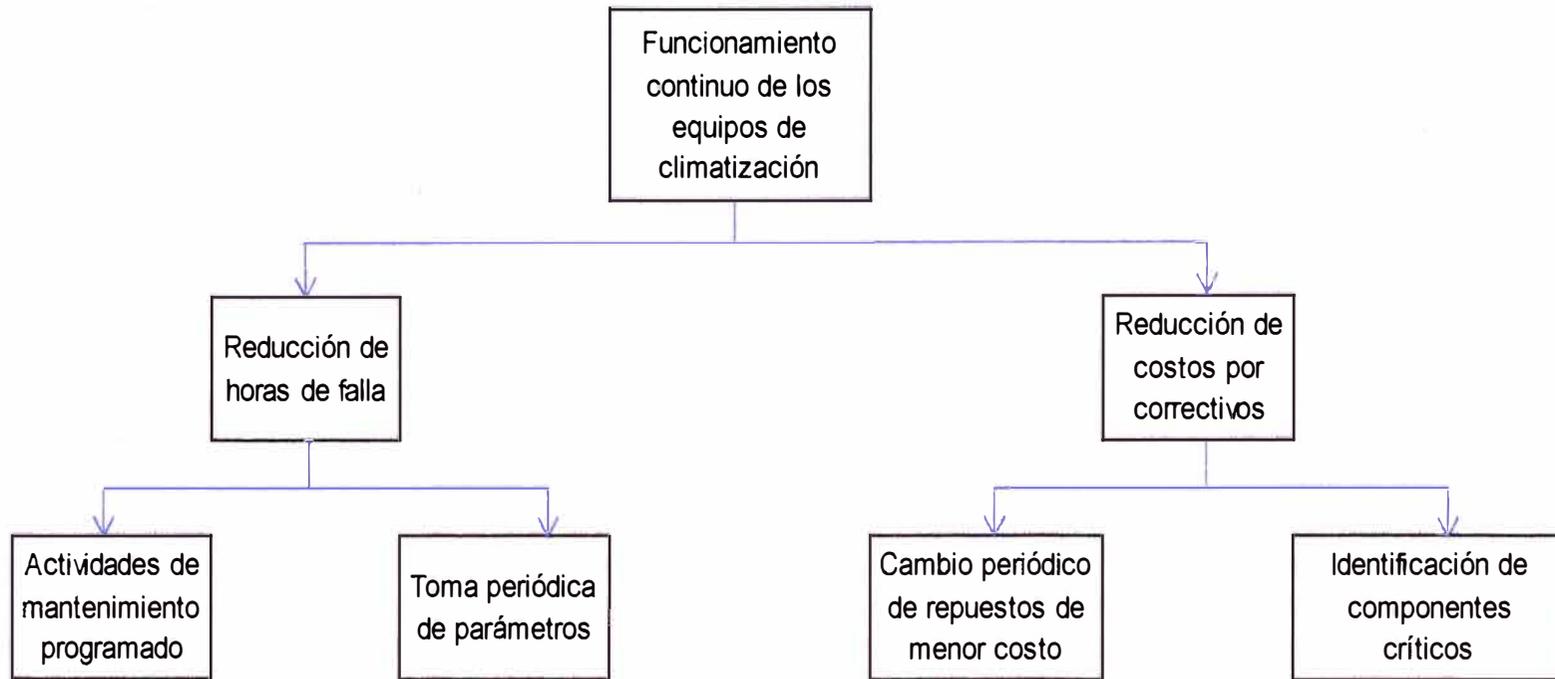


FIG 4.1. Diagrama de Objetivos.

#### **4.2. Planteamiento de la hipótesis.**

En virtud de que se puede validar la reducción de horas de falla, así como la reducción de costos por correctivos y siendo posible establecer las consideraciones complementarias necesarias para realizar la prueba final, se podrá plantear la siguiente hipótesis: “La implementación del plan de mantenimiento preventivo garantizará el funcionamiento continuo de los equipos de climatización”.

## **5. CAPÍTULO V**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

#### **5.1. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

##### **Identificación de componentes críticos.**

Luego de lo observado en los resultados del mantenimiento correctivo (figuras 3.1 y 3.2) se procederá a identificar los componentes críticos del equipo.

Se clasificará los componentes según su nivel de antigüedad (A, B o C) y su nivel de criticidad (1, 2 o 3). En este a todos los componentes les corresponde el mismo nivel de antigüedad por ser parte del mismo equipo:

- Motor compresor – B.3
- Tarjeta electrónica – B.2
- Filtro lavable – B.1
- Control de temperatura – B.1
- Capacitor – B.1

Para un mejor análisis de los componentes críticos del sistema de climatización se elabora la siguiente tabla de prioridades:

TABLA 5.1. Tabla de prioridades para evaluar los equipos.

ÍTEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES	Motor compresor	Líneas de refrigeración	Tarjeta electrónica UE	Filtro lavable	Aletas disipadoras de calor	Termostato	Capacitor de arranque
<b>1</b>	<b>EFFECTO SOBRE EL SERVICIO A OPERACIONES Y MEDIO AMBIENTE</b>										
		Para	4	Afecta medio ambiente							
		Reduce	2		4	2	4	2	2	2	2
		No Para	0								
<b>2</b>	<b>VALOR TÉCNICO ECONOMICO</b>										
	Considerar el costo de	Alto	3	Mas de US\$ 50 000							
	Adquisición, Operación y mantenimiento	Medio	2		1	1	1	1	1	1	1
		Bajo	1	Menos de US\$ 10 000							
<b>3</b>	<b>LA FALLA AFECTA</b>										
	a. Al equipo en si.	Si	1	¿Deteriora otros componentes?	1	0	0	1	1	0	0
		No	0								
	b. Al servicio	Si	1	¿Origina Problemas a otros equipos?	1	1	1	1	1	1	0
		No	0								
	c. Al operador Riesgo	Riesgo	1	¿Posibilidad de accidentes al operador?	1	1	1	0	0	0	0
		Sin Riesgo	0								
	d. A la Seguridad en General	Si	1	¿Posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos?	1	1	0	0	0	0	0
		No	0								
<b>4</b>	<b>PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)</b>										
		Alta	2	¿Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?	2	2	0	2	2	0	2
		Baja	0								
<b>5</b>	<b>FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA</b>										
		Unico	2	No existe otro igual o similar							
		By Pass	1	El sistema puede seguir funcionando	2	1	1	0	1	2	2
		Stand By	0	Existe otro igual o similar no instalado							
<b>6</b>	<b>DEPENDENCIA LOGISTICA</b>										
		Extranjero	2	Repuestos se tienen que importar							
		Loc. / Ext.	1	Algunos repuestos se compran localmente	1	1	2	0	0	0	0
		Local	0	repuestos se consiguen localmente							
<b>7</b>	<b>DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA</b>										
		Terceros	2	El mantenimiento requiere contratar a terceros	2	2	2	2	2	2	2
		Propia	0	El mantenimiento se realiza con personal propio							
<b>8</b>	<b>FACILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)</b>										
		Baja	1	Mantenimiento Dificil	1	0	0	0	0	0	0
		Alta	0	Mantenimiento Facil							
					17	12	12	9	10	8	9

De la Tabla 5.1 se observa que el componente más crítico es el compresor. En los resultados del mantenimiento correctivo también se pudo observar que el costo por reparación del compresor es mayor a los demás componentes del sistema.

### Actividades de mantenimiento programado.

Tomando en cuenta los datos obtenidos se elabora un cuadro de tareas de mantenimiento preventivo:

<b>Tareas de Mantenimiento Preventivo</b>				
Máquina / Equipo:		EQ AA	Código:	EQAA002
<b>Parte o Sistema</b>	<b>Descripción</b>	<b>Operación</b>	<b>Parada</b>	<b>Renovación</b>
Motor compresor	Eleva la presión del gas refrigerante	Medición de amperaje de trabajo	Cambio de presostatos de alta y baja presión	Cambio de motor compresor
Líneas de refrigeración	Permite el flujo de gas refrigerante	Medición de presiones en líquido y succión	Cambio de filtro secador	Limpieza del sistema, vacío y recarga de gas
Tarjeta electrónica de UE	Controla el arranque del compresor con la señal del termostato	Ajuste de contactos en bomeras	Cambio de relés	Cambio de tarjeta
Filtro lavable	Filtra el aire en el retorno a la UE	Verificación de estado del filtro. Cambio de filtro.		
Aletas disipadoras de calor	Mejoran la disipación de calor en el condensador	Verificación de estado de aletas		Cambio de serpentín del condensador
Termostato	Controla la temperatura del ambiente	Verificación de funcionamiento.	Cambio de pilas.	Cambio de termostato.
Capacitor de arranque	Da el impulso extra para el arranque del motor compresor	Verificación de funcionamiento	Cambio de terminales.	Cambio de capacitor.

TABLA 5.2. Tareas de mantenimiento preventivo.

Resumiendo, se obtiene el siguiente listado de actividades de mantenimiento preventivo de equipos de aire acondicionado:

- Desmontaje y limpieza del gabinete metálico del equipo.
- Limpieza y lavado de serpentines de condensación y evaporación.
- Limpieza de impelentes y/o rodetes (en caso sea de fácil acceso).
- Limpieza y lavado de filtros de aire.
- Lubricación de elementos móviles.
- Lectura de voltaje, amperaje de arranque y trabajo del compresor.
- Limpieza con spray dieléctrico del tablero de fuerza y control del equipo.
- Ajuste de terminales y contactos eléctricos en borneras.
- Verificación del funcionamiento de control remoto del equipo.
- Limpieza del drenaje de condensado del equipo.
- Evaluación de fugas de gas refrigerante y niveles de presión en el sistema.
- Pruebas, regulación final y puesta en operación.

**Personal técnico ejecutor:** Para el caso de equipos de aire acondicionado de expansión directa con capacidad de 12,000 BTU/h (1 tonelada de refrigeración) se considerará un técnico con un asistente como grupo de trabajo.

**Materiales y suministros:** Consumibles utilizados para realizar las labores de mantenimiento preventivo, por ejemplo: alki-foam, limpiacontactos, detergente, drano, terminales, tornillos autorroscantes, etc.

**Equipos:** Básicamente se utiliza un amperímetro, un manifold y una hidrolavadora, además de herramientas manuales.

## **5.2. PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Para la programación del mantenimiento preventivo se utilizará la información indicada en la Tabla 3.2.

Tomando en cuenta el número de llamadas de emergencia para los distintos eventos de falla se considerará 7 servicios de mantenimiento preventivo al año, considerando también la criticidad de los componentes descrita en la Tabla 5.1.

## **5.3. AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN.**

Para aumentar la disponibilidad de los equipos (funcionamiento continuo) se requiere reducir el tiempo de falla por equipo y reducir costos por mantenimiento correctivo.

Mediante la tabla de prioridades por componente del equipo se elaboró las tareas de mantenimiento preventivo de los componentes críticos, reduciendo de este modo el costo por mantenimiento correctivo.

Para reducir las horas de falla se elaboró el listado de actividades de mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado.

## 6. CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 6.1. COSTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

Para el análisis de costos del plan de mantenimiento preventivo se considerarán los siguientes aspectos:

**Salario por horas hombre:** Se considerará un técnico, un asistente, un 17% de participación de un supervisor y un 25% por gastos administrativos.

**Salario complementario:** Por transporte y alimentación.

**Aportes de la empresa:** Aportes por ESSALUD, SENATI, CTS Y SCTR.

**Equipos de protección personal:** Según el Reglamento de La Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Decreto Supremo N° 005-2012-TR).

**Gastos generales:** Material de oficina, luz, agua, teléfono, internet, etc.

**Consumibles:** Descritos en el capítulo anterior.

El análisis de costos se realizará mediante un ESCANDALLO mostrado en la Figura 6.1 (Fuente: Ing. Garizím Jara H. – Gerente de Mantenimiento – ACS Refrigeración):

Descripción					Unid	Cant.	Precio Unit. USD	Precio Total USD	Participación %
<b>PRECIO DE VENTA _ POR SERVICIO</b>								<b>\$84.78</b>	
Total MOD Hora Servicio									
<b>Salarios - HH</b>								<b>\$24.69</b>	<b>29%</b>
Operario	Sueldo	S/hora_HH	\$/hora_HH	hora					
- Técnico 1	S/. 1,500.00	S/. 7.29	\$2.86	3.00	USD	1.00	\$8.58	\$8.58	34.88%
- Asistente	S/. 1,300.00	S/. 6.32	\$2.48		USD	1.00	\$7.43	\$7.43	30.23%
- Supervisor	S/. 2,500.00	S/. 12.15	\$4.77	0.50	USD	1.00	\$2.38	\$2.38	9.69%
- Gastos Adm. Mantto	S/. 13,000.00	S/. 63.19	\$24.78	25.00%	USD	1.00	\$6.20	\$6.20	25.19%
<b>Salario Complementario</b>								<b>\$5.88</b>	<b>7%</b>
Alimentación	Almuerzo	Nro. Pers.	P.U	% Interv.					
	S/. 7.00	2.00	\$5.49	0.00	USD	1.00	\$0.00	\$0.00	
Movilidad o Transporte	S/. 5.00	2.00	\$3.92	1.50	USD	1.00	\$5.88	\$5.88	
<b>Aportes de ACS</b>								<b>\$6.60</b>	<b>6%</b>
	Monto CTS	Remun. C.	% Interv.	P.U.					
ESSALUD (9%)		\$24.59	9.00%	\$2.21	USD	1.00	\$2.21	\$2.21	40.26%
SENATI (1%)		\$24.59	1.00%	\$0.25	USD	1.00	\$0.25	\$0.25	4.47%
CTS (1/6)	S/. 6.81	\$2.67	100.00%	\$2.67	USD	1.00	\$2.67	\$2.67	48.55%
SCTR (1.5%)		\$24.59	1.50%	\$0.37	USD	1.00	\$0.37	\$0.37	6.71%
<b>EPPS</b>								<b>\$2.71</b>	<b>3%</b>
	U/UN	P.U.	Frec/Año	Mantto					
Respirador convencional	1.00	S/. 3.00	144.00	S/. 1.38	USD	2.00	\$0.54	\$1.09	
Respirador especial	0.00	S/. 46.00	1.00	S/. 0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
Cartucho contra vapores y gases	0.00	S/. 29.00	4.00	S/. 0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
Acople para filtro	0.00	S/. 19.00	4.00	S/. 0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
Filtro contra polvos	0.00	S/. 21.00	4.00	S/. 0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
Lentes de seguridad	1.00	S/. 12.50	24.00	S/. 0.96	USD	2.00	\$0.38	\$0.75	
Gautes de cuero	0.00	S/. 12.50	24.00	S/. 0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
Capucha nomex	0.00	S/. 98.00	2.00	S/. 0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
Casco	1.00	S/. 45.00	1.00	S/. 0.14	USD	2.00	\$0.06	\$0.11	
Zapatos dieléctricos	1.00	S/. 90.00	2.00	S/. 0.58	USD	2.00	\$0.23	\$0.45	
Tapones auditivos	1.00	S/. 5.00	24.00	S/. 0.38	USD	2.00	\$0.15	\$0.30	
<b>Estadía Alojamiento Alimentación</b>								<b>\$0.00</b>	<b>0%</b>
	P.U./día	Día	P.U	P.U.					
Pasaje	S/. 30.00	0.00	0.00	\$0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
Estadía	S/. 40.00	0.00	0.00	\$0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
Alimentación	S/. 18.00	0.00	0.00	\$0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
Pasajes internos	S/. 5.00	0.00	0.00	\$0.00	USD	2.00	\$0.00	\$0.00	
<b>Gastos Generales</b>								<b>\$3.06</b>	<b>4%</b>
	P.T	P.T/hora	% Interv.	P.U.					
Gastos telefónicos	S/. 5,000.00	S/. 62.50	5.00%	S/. 3.13	USD	1.00	\$1.23	\$1.23	
Material Oficina	S/. 500.00	S/. 6.25	5.00%	S/. 0.31	USD	1.00	\$0.12	\$0.12	
Luz, Agua, Internet, etc	S/. 2,000.00	S/. 25.00	5.00%	S/. 1.25	USD	1.00	\$0.49	\$0.49	
Otros (Admin, Gest, etc)	S/. 5,000.00	S/. 62.50	5.00%	S/. 3.13	USD	1.00	\$1.23	\$1.23	
<b>Consumibles</b>								<b>\$16.06</b>	<b>19%</b>
	P.U.	Cant.	P.U	P.U.					
Alquifoam - Ecoclean - 01 Gl	S/. 40.00	25.0%	S/. 10.00	\$3.92	USD	1.00	\$3.92	\$3.92	24.4%
Limpiacontactos - 01 Botella	S/. 11.00	20.0%	S/. 2.20	\$0.86	USD	1.00	\$0.86	\$0.86	5.4%
Detergente - 1.0 Kg	S/. 4.00	25.0%	S/. 1.00	\$0.39	USD	1.00	\$0.39	\$0.39	2.4%
Drano - 1.0 Lt	S/. 35.00	20.0%	S/. 7.00	\$2.75	USD	1.00	\$2.75	\$2.75	17.1%
Grasa - 250 gr	S/. 9.00	10.0%	S/. 0.90	\$0.35	USD	1.00	\$0.35	\$0.35	2.2%
Trapo industrial - Unid	S/. 0.30	4.00	S/. 1.20	\$0.47	USD	1.00	\$0.47	\$0.47	2.9%
Cinta aislante - 3M	S/. 2.50	50.0%	S/. 1.25	\$0.49	USD	1.00	\$0.49	\$0.49	3.1%
Cinta Foam - 30.0 pie	S/. 21.00	20.0%	S/. 4.20	\$1.65	USD	1.00	\$1.65	\$1.65	10.3%
Cinta plateada - 50 yardas - 45m	S/. 16.58	10.0%	S/. 1.66	\$0.65	USD	1.00	\$0.65	\$0.65	4.0%
Aceite 3 en 1	S/. 2.50	15.0%	S/. 0.38	\$0.15	USD	1.00	\$0.15	\$0.15	0.9%
Bolsas negras	S/. 0.10	2.00	S/. 0.20	\$0.08	USD	1.00	\$0.08	\$0.08	0.5%
Autoroscantes 8 x1/2	S/. 0.10	10.00	S/. 1.00	\$0.39	USD	1.00	\$0.39	\$0.39	2.4%
Terminales - azul	S/. 0.10	5.00	S/. 0.50	\$0.20	USD	1.00	\$0.20	\$0.20	1.2%
Terminales - amarillo	S/. 0.10	5.00	S/. 0.50	\$0.20	USD	1.00	\$0.20	\$0.20	1.2%
Pintura - 01 Gl	S/. 40.00	12.5%	S/. 5.00	\$1.96	USD	1.00	\$1.96	\$1.96	12.2%
GAS R22 - 13.6 Kg	S/. 270.00	1.5%	S/. 3.97	\$1.56	USD	1.00	\$1.56	\$1.56	9.7%
<b>PRE TOTAL</b>								<b>\$67.80</b>	
Atenciones Emergencia		10.00%	\$57.80	\$5.78	USD	1.00	\$5.78	\$5.78	7%
<b>SUB TOTAL</b>								<b>\$63.68</b>	
UTILIDAD		25.00%	\$63.58	\$21.19	USD	1.00	\$21.19	\$21.19	25%
<b>PRECIO DE VENTA</b>								<b>\$84.78</b>	

FIG 6.1. Escandallo para servicio de mantenimiento.

## 6.2. REDUCCIÓN DE COSTOS POR CORRECTIVOS.

Según los resultados obtenidos en el segundo año luego de aplicar el plan de mantenimiento preventivo se actualizará la Tabla 3.2 a la Tabla 6.1:

Evento de falla	N° de llamadas de emergencia	Tiempo total de falla (horas)	Costo unitario x reparación (USD)	Costo x reparación (USD)	Valor porcentual	Valor porcentual acumulado
Falla de motor compresor	0	0.0	820.00	0.00	0.00%	0.00%
Fuga de gas refrigerante	1	8.0	320.00	320.00	8.83%	8.83%
Falla de tarjeta electrónica de UE	0	0.0	150.00	0.00	0.00%	8.83%
Suciedad en filtro lavable	6	3.0	12.00	72.00	1.99%	10.82%
Serpentin de UE saturado	3	3.0	28.00	84.00	2.32%	13.13%
Falla de control de temperatura	0	0.0	60.00	0.00	0.00%	13.13%
Avería de capacitor de arranque	0	0.0	28.00	0.00	0.00%	13.13%

TABLA 6.1. Resultados del mantenimiento correctivo.

Se puede observar que ha disminuido notablemente los costos por reparaciones correspondientes al mantenimiento correctivo.

En la Tabla 6.2 se puede apreciar la variación total de costos antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo:

	AÑO 1	AÑO 2
Costo por mantenimiento correctivo (USD)	3,624.00	476.00
Costo por mantenimiento preventivo (USD)	0.00	595.00
<b>Costo total por mantenimiento (USD)</b>	<b>3,624.00</b>	<b>1,071.00</b>

TABLA 6.2. Costos por mantenimiento.

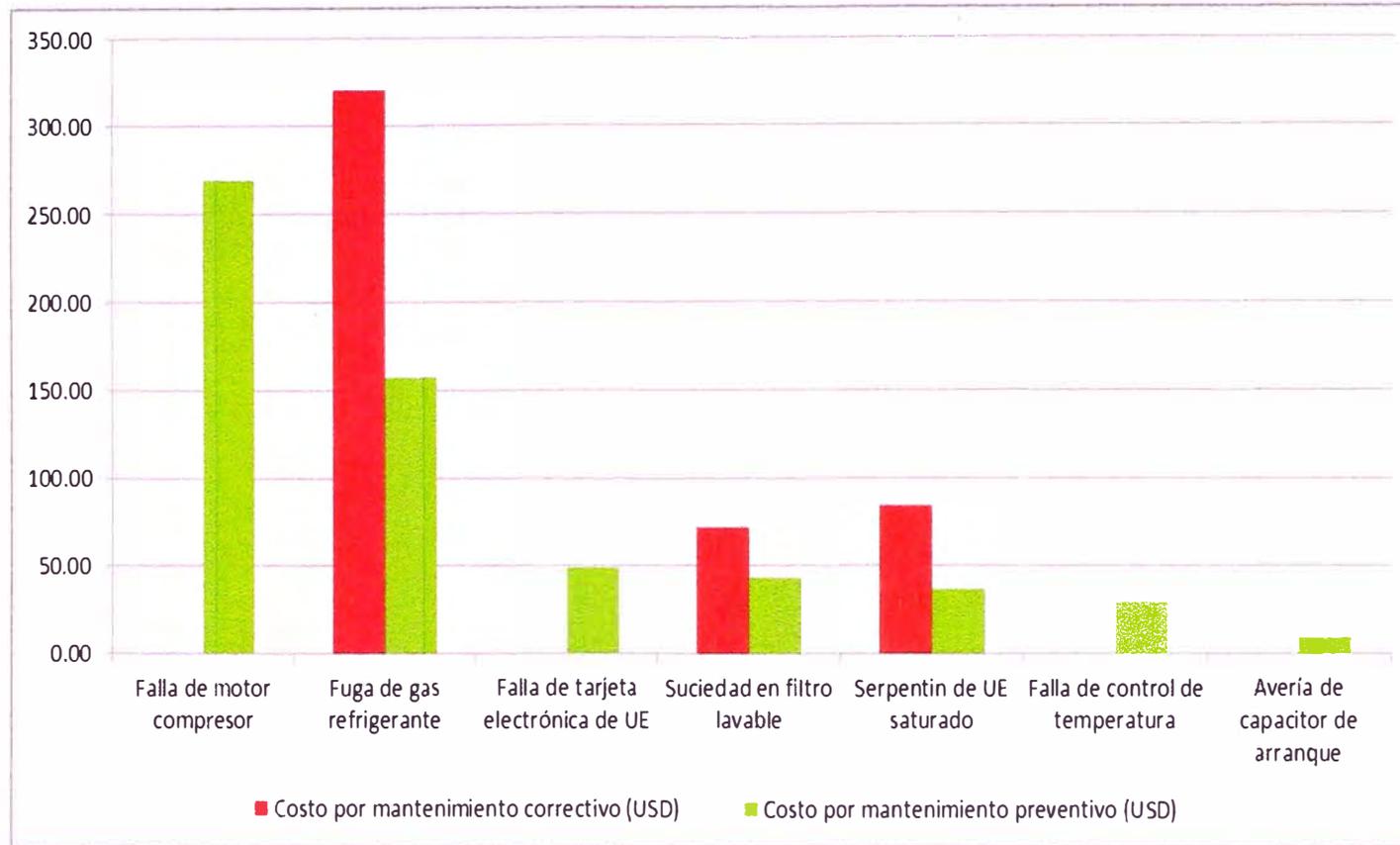


FIG 6.2. Costos por mantenimiento en el segundo año.

### 6.3. REDUCCIÓN DE HORAS DE FALLA.

Según los datos indicados en la Tabla 6.1 se puede observar que ha disminuido notablemente el tiempo total de falla del equipo de aire acondicionado.

En la Tabla 6.3 se puede apreciar la variación del Índice de Confiabilidad Operacional:

	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>
Horas de falla	97.00	14.00
Horas de operación	3,179.00	3,262.00
<b>Índice de confiabilidad operacional</b>	<b>0.970</b>	<b>0.996</b>

TABLA 6.3. Índice de confiabilidad operacional.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que la implementación del plan de mantenimiento preventivo garantizará el funcionamiento continuo de los equipos de climatización. En este caso, la inversión requerida para la implementación del plan de mantenimiento preventivo se justifica al reducirse el costo total por actividades de mantenimiento (correctivo + preventivo) en 70.45%.

2. El funcionamiento continuo de los equipos de climatización se puede verificar mediante la mejora del indicador de confiabilidad de 0.970 a 0.996. Además se precisa elaborar el cronograma anual de labores de mantenimiento preventivo tomando en cuenta tanto el costo por reparación como la criticidad del componente del equipo de climatización.

## RECOMENDACIONES

1. La frecuencia de los servicios de mantenimiento preventivo puede variar también por las condiciones climáticas a las que se exponen las unidades exteriores (unidades condensadoras).

2. Se ha considerado, para el presente caso, equipos de aire acondicionado con serpentines de cobre. Existen equipos que utilizan serpentines de aluminio, en este caso no se debe aplicar alki-foam ni otro disolvente, pues genera corrosión en los serpentines.

3. Al tomar medidas de las presiones del gas refrigerante, se recomienda medir solo la presión de succión (baja presión) y medir la presión de líquido (alta presión) una vez al año, para evitar pequeñas fugas de gas refrigerante.

4. En caso de no tener un historial de eventos de falla de los equipos se puede asumir un cronograma tomando en cuenta otros casos con condiciones de uso y climáticas similares.

## BIBLIOGRAFIA

1. Carrier Air Conditioning. MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO. España. Marcombo S.A. 2007.
2. Miranda, Ángel. AIRE ACONDICIONADO: NUEVA ENCICLOPEDIA DE LA CLIMATIZACIÓN. España. CEAC. 2005.
3. Ortiz, Víctor. APUNTES DEL CURSO: GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2012.
4. Pérez, Carlos. EL FUTURO DE LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO. Colombia. Soporte y Cia. Ltda. 2011.
5. SALAS DE SERVIDORES. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Centro\\_de\\_procesamiento\\_de\\_datos](http://es.wikipedia.org/wiki/Centro_de_procesamiento_de_datos).
6. MANTENIMIENTO CORRECTIVO. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento\\_correctivo](http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_correctivo)

## **ANEXOS**

- 1. Cotización por Servicio de Mantenimiento Preventivo ANUAL de Equipos de Aire Acondicionado.**
- 2. Plano de disposición de equipos.**
- 3. Despiece de unidades condensadora y evaporadora.**

# **ANEXO 1**



**PRESUPUESTO ACS-MN 2012-00643e-LAMC**

**Sres.** : SMU PERÚ - MAYORSA - LIMA

**Atención** : Ing. Christiam Gonzales.

**Referencia**: Servicio de Mantenimiento Preventivo ANUAL de Equipos de Aire Acondicionado - LIMA.

**Fecha** : 09 de Agosto del 2012

Item	Descripción	Unid.	Veces al AÑO	P.Unit. SOLES	PARCIAL SOLES
1.-	SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO (SEGÚN CRONOGRAMA) TIENDAS LIMA  Comprende: - Servicio de mantenimiento preventivo 07 veces al año a 07 Equipos de Expansión Directa.	Lote	7.0	1588.65	11120.55
<b>SUB. TOTAL SIN IGV - SOLES.</b>					<b>11,120.55</b>
<b>Descuento especial - SOLES.</b>					<b>375.76</b>
<b>TOTAL SIN IGV - SOLES.</b>					<b>10,744.79</b>

**NOTA**

- El servicio se realiza de acuerdo al cronograma presentado en el Anexo N°1
- Los precios por el servicio de mantenimiento se presentan en el Anexo N°2
- Las especificaciones o cobertura del servicio se exponen en el Anexo N°3

**SERÁ POR CUENTA DEL CLIENTE**

- Generar una Orden de Compra para efectos de facturación.
- Realizar los permisos y/o gestiones correspondientes para el servicio.
- Cualquier trabajo adicional será informado y cotizado para su aprobación por parte del Cliente

**NO INCLUYE: I.G.V. 18%**

**INICIO DE TRABAJOS:** DESPUÉS DE RECIBIDA SU ORDEN DE COMPRA, PREVIA COORDINACIÓN CON EL CLIENTE

**FORMA DE PAGO:** AL FINALIZAR CADA SERVICIO.

**VALIDEZ DE OFERTA:** (30) DÍAS CALENDARIOS

Atentamente,

Luis Alberto Miñano Cumpa  
Departamento de Mantenimiento  
**ACS REFRIGERACIÓN SAC**  
Central: (51-1) 346-2380  
Nextel: 99-403\*2625  
[luis.minano@acsrefrigeracion.com](mailto:luis.minano@acsrefrigeracion.com)

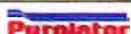
Oficina Principal:

Jr. Palma de Mallorca N° 139 - Lima 30  
Teléfono (51) 1 346 2380 Fax (51) 1 346 1768  
Nextel 403\*2826 RPM: #513966

e-mail: [ventas@acsrefrigeracion.com](mailto:ventas@acsrefrigeracion.com)  
web site: [www.acsrefrigeracion.com](http://www.acsrefrigeracion.com)

Sucursal:

Av. Antenor Orrego N° 1816. La Victoria - Chiclayo  
Teléfono: (51) 074 - 21 43 56  
Nextel 834\*0035





**ANEXO N° 1**  
**CRONOGRAMA DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**  
**SMU PERÚ - MAYORSA - LIMA**

ITEM	TIPO	EQUIPO	CANTIDAD	N° Serv año	PROGRAMACIÓN ANUAL											
					AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1	S/DECORATIVO	BRE.AAAA01	1	7	X		X		X	X	X		X		X	
2	S/DECORATIVO	BRE.AAAA02	1	7	X		X		X	X	X		X		X	
3	S/DECORATIVO	CHO.AAAA04	1	7	X		X		X	X	X		X		X	
4	S/DECORATIVO	MK2.AAAA05	1	7	X		X		X	X	X		X		X	
5	S/DECORATIVO	UNI.AAAA06	1	7	X		X		X	X	X		X		X	
6	S/DECORATIVO	VIL.AAAA07	1	7	X		X		X	X	X		X		X	
7	S/DECORATIVO	RIM.AAAA08	1	7	X		X		X	X	X		X		X	

**Oficina Principal:**

Jr. Palma de Mallorca N° 139 - Lima 30  
 Teléfono (51) 1 346 2380 Fax (51) 1 346 1768  
 Nextel 403\*2826 RPM: #513966

e-mail: [ventas@acsrefrigeracion.com](mailto:ventas@acsrefrigeracion.com)  
 web site: [www.acsrefrigeracion.com](http://www.acsrefrigeracion.com)

**Sucursal:**

Av. Antenor Orrego N° 1816, La Victoria – Chiclayo  
 Teléfono: (51) 074 - 21 43 56  
 Nextel 834\*0035





**ANEXO N° 2**  
**PRECIO POR SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**  
**SMU PERÚ - MAYORSA - LIMA**

ITEM	TIPO	EQUIPO	CANTIDAD	TIENDA	N° Serv año	Prec. Unit. SOLES	Prec. Total SOLES
1	S/DECORATIVO	BRE.AAAA01	1	BREÑA	7	226.95	1,588.65
2	S/DECORATIVO	BRE.AAAA02	1	BREÑA	7	226.95	1,588.65
3	S/DECORATIVO	CHO.AAAA04	1	CHORRILLOS	7	226.95	1,588.65
4	S/DECORATIVO	MK2.AAAA05	1	MINKA 2	7	226.95	1,588.65
5	S/DECORATIVO	UNI.AAAA06	1	UNICACHI	7	226.95	1,588.65
6	S/DECORATIVO	VIL.AAAA07	1	VILLA MARÍA	7	226.95	1,588.65
7	S/DECORATIVO	RIM.AAAA08	1	RÍMAC	7	226.95	1,588.65

**PRECIO TOTAL ANUAL - SOLES SIN IGV 11,120.55**

**Oficina Principal:**

Jr. Palma de Mallorca N° 139 - Lima 30  
 Teléfono (51) 1 346 2380 Fax (51) 1 346 1768  
 Nextel 403\*2826 RPM: #513966

e-mail: [ventas@acsrefrigeracion.com](mailto:ventas@acsrefrigeracion.com)  
 web site: [www.acsrefrigeracion.com](http://www.acsrefrigeracion.com)

**Sucursal:**

Av. Antenor Orrego N° 1816, La Victoria – Chiclayo  
 Teléfono: (51) 074 - 21 43 56  
 Nextel 834\*0035





## ANEXO N° 3

### ALCANCES TÉCNICOS DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

#### SMU PERÚ - MAYORSA - LIMA

#### 1.- EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

##### EQUIPOS TIPO EXPANSION DIRECTA / PAQUETES, SPLIT DUCTO, SPLIT DECORATIVOS

Medición y Verificación de parámetros de funcionamiento (tensión, amperaje, presión),  
 Limpieza de gabinete metálico del equipo,  
 Limpieza y/o lavado de filtros de aire,  
 Limpieza y lavado de serpentines de evaporación y condensación en sistema de refrigeración del equipo con detergente industrial,  
 Lectura de voltaje y amperaje de motores y compresor,  
 Ajuste de terminales, contactos eléctricos en borneras de cables de tableros,  
 Verificación de funcionamiento de termostato y/o control remoto del equipo,  
 Limpieza del sistema de drenaje de condensado del equipo,  
 Arranque de equipo, pruebas de operatividad y puesta en funcionamiento,  
 Emisión de reporte técnico.

#### 2.- ATENCIONES DE EMERGENCIA.

- \* La atención de las emergencias no está considerada en la presente propuesta por lo que dicha atención tendrá un costo de USD 10.00 mas I.G.V. que corresponde a la movilización del personal y no incluye suministro de accesorios y/o repuestos ni mano de obra para la reparación en caso sea necesario, la misma que será valorizada y realizada previa aprobación del cliente.
- \* Las atenciones de emergencia se realizan dentro de las 24 horas de recibir el llamado por parte del cliente.
- \* Al finalizar la atención de emergencia se informa el estado del equipo con las recomendaciones respectivas.

#### 3.- CORRESPONDERÁ AL CLIENTE:

- \* A recabar, gestionar todos los permisos y/o autorizaciones necesarias para poder ejecutar correctamente los servicios contratados y entrega de los mismos en los tiempos previstos.
- \* Proveer un lugar apropiado para efectuar los trabajos de mantenimiento, en caso los equipos no sean trasladados a nuestro taller.
- \* Inspeccionar en cualquier momento los trabajos contratados.

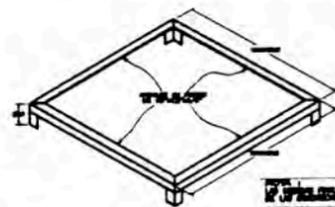
#### 4.- SERVICIOS NO COMPRENDIDOS

- \* Cambio de accesorios y/o repuestos.
- \* Rebobinado de motores eléctricos
- \* Reparación de fuga de gas refrigerante
- \* Recarga de gas refrigerante.
- \* Los repuestos y suministros no comprendidos en nuestra oferta, serán informados y cotizados para su aprobación por parte del cliente.

# **ANEXO 2**

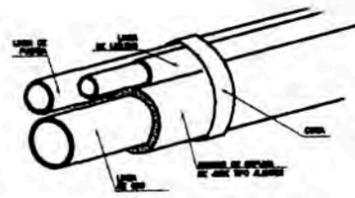
DETALLE DE MONTAJE

BASE PARA EQUIPOS DE 3Ton. a 5Ton.



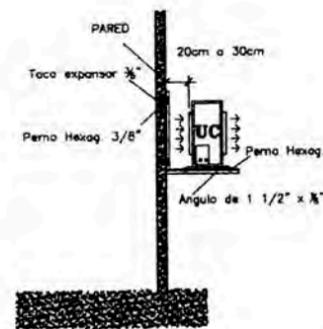
ESTRUCTURA METALICA PARA EL SOPORTE EQUIPOS SOBRE PISO

Esc. = 1/2"



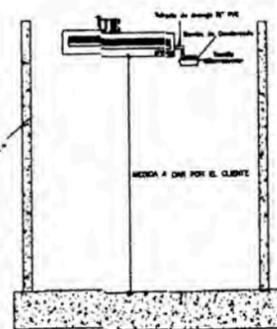
DETALLE DE LINEAS DE REFRIGERANTE

Esc. = 3/4"



DETALLE DE MONTAJE DE UNIDAD CONDENSADORA

Esc. = 3/8"



DETALLE DE MONTAJE DE UNIDAD EVAPORADORA Y BOMBA DE CONDENSADO

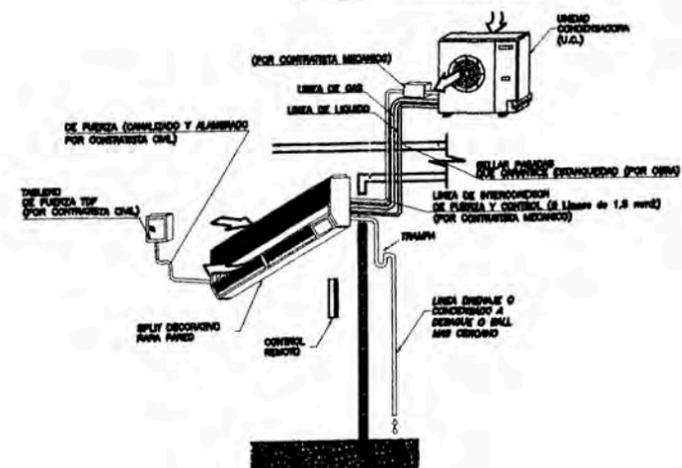
Esc. = 3/8"

UC PARA EQUIPOS DE 3Ton. a 5Ton.



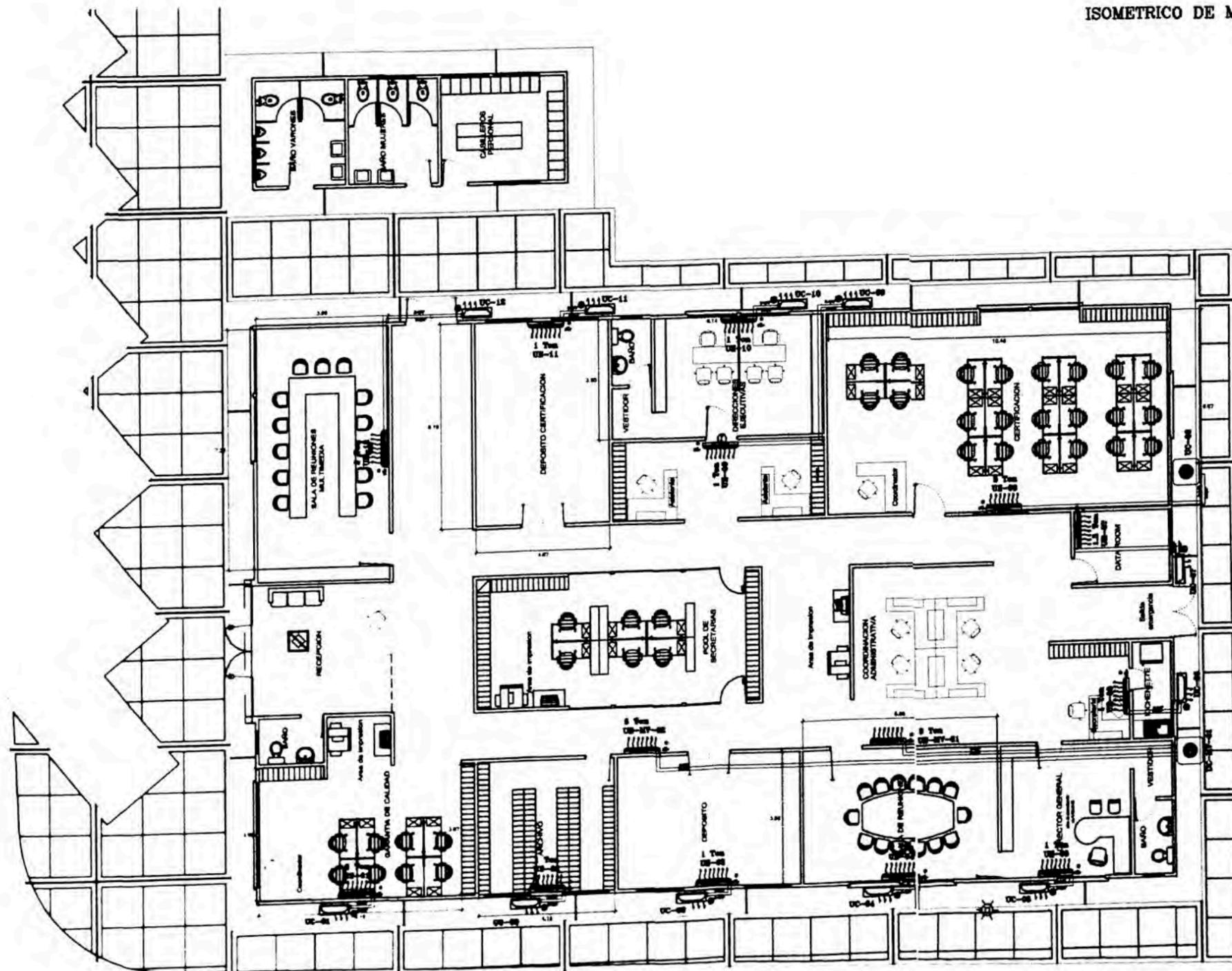
ISOMETRICO DE MINI-SPLIT

UC PARA EQUIPOS DE 1Ton. a 2Ton.



CONEXION TIPICA EQUIPO SPLIT DECORATIVO PARED

Esc. = 3/8"



SIMBOLOGIA AIRE ACONDICIONADO

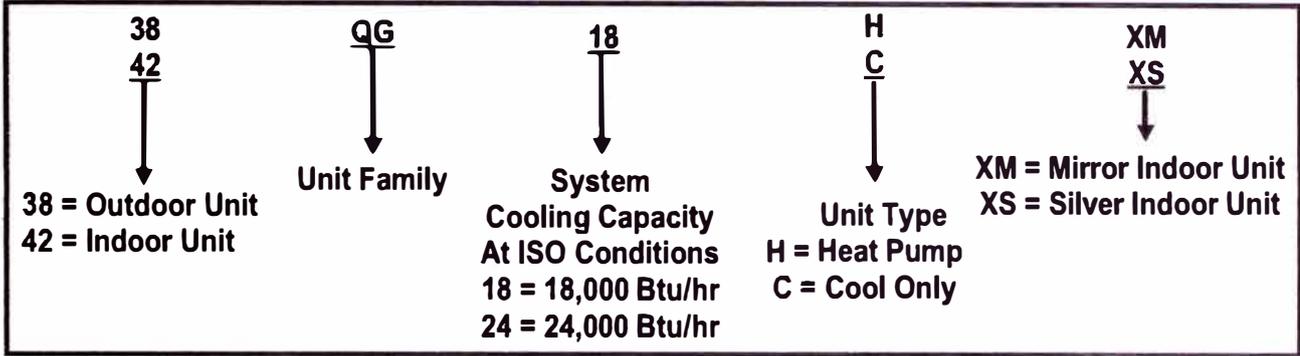
	DAMPER
	EXTRACTOR VISTA EN PLANTA
	EXTRACTOR VISTA EN ELEVACION
	DIFUSOR DE 4 VIAS MEDIDAS INDICADAS
	DIFUSOR DE 3 VIAS MEDIDAS INDICADAS
	REJILLA DE RETORNO MEDIDAS INDICADAS
	DIRECCION DE AIRE
	REJILLA DE SUMINISTRO/RETORNO/EXTRACCION VISTA EN ELEVACION
	EXTRACTOR EN LINEA ENTRECILO
	TERMOSTATO DE PARED
	CAJA TERMICA
	DUCTO DE SUMINISTRO DE A.A. SUBE O BAJA
	DUCTO DE RETORNO DE A.A. SUBE O BAJA
	TUBERIA DE DRENAJE AGUA CONDENSADA
	TUBERIA DE COBRE
	UNIDAD MANEJADORA
	DIFUSOR DE 4 VIAS
	REJILLA DE RETORNO
	MODELO UMA
	MODELO EQ. CONDENSADOR
	MODELO EQ. PAQUETE
	CUBIC FEET PER MINUTE PIES CUADRADOS POR MINUTO
	12000 btu/hr

# **ANEXO 3**

## TABLE OF CONTENTS

	PAGE NO.
<b>1. Unit Model Designation &amp; Identification</b>	<b>1</b>
<b>2. Unit Models &amp; Part Numbers</b>	<b>1</b>
<b>3. Exploded View of Indoor Units</b>	<b>2</b>
<b>4. Part List of Indoor Units</b>	<b>3</b>
<b>5. Exploded View of Outdoor Units</b>	<b>4</b>
<b>6. Part List of Outdoor Units</b>	<b>5</b>
<b>7. Dip Switches Configuration</b>	<b>7</b>

# 1. UNIT MODEL DESIGNATION & IDENTIFICATION



# 2. UNIT MODELS & PART NUMBERS

## SPLIT SYSTEMS FOR LOCAL MARKET

HEAT PUMP	Indoor Unit			Outdoor Unit			
	Model	P/N	Style	Model	P/N	Compressor	
						Type	Supplier
	42QG18-H-XM	46303214	Mirror	38QG18-H	46303126	Rotary	Hitachi
	42QG18-H-XS	46303215	Silver				
	42QG24-H-XM	46303216	Mirror	38QG24-H	46303128	Rotary	LG
	42QG24-H-XS	46303217	Silver				

## SPLIT SYSTEMS FOR MILD AMBIENT EXPORT MARKETS

HEAT PUMP	Indoor Unit			Outdoor Unit			
	Model	P/N	Style	Model	P/N	Compressor	
						Type	Supplier
	42QG18-H-XM	46303214	Mirror	38QG18-H	46303643	Rotary	Mitsushita
	42QG18-H-XS	46303215	Silver				
	42QG24-H-XM	46303216	Mirror	38QG24-H	46303644	Rotary	Mitsushita
	42QG24-H-XS	46303217	Silver				

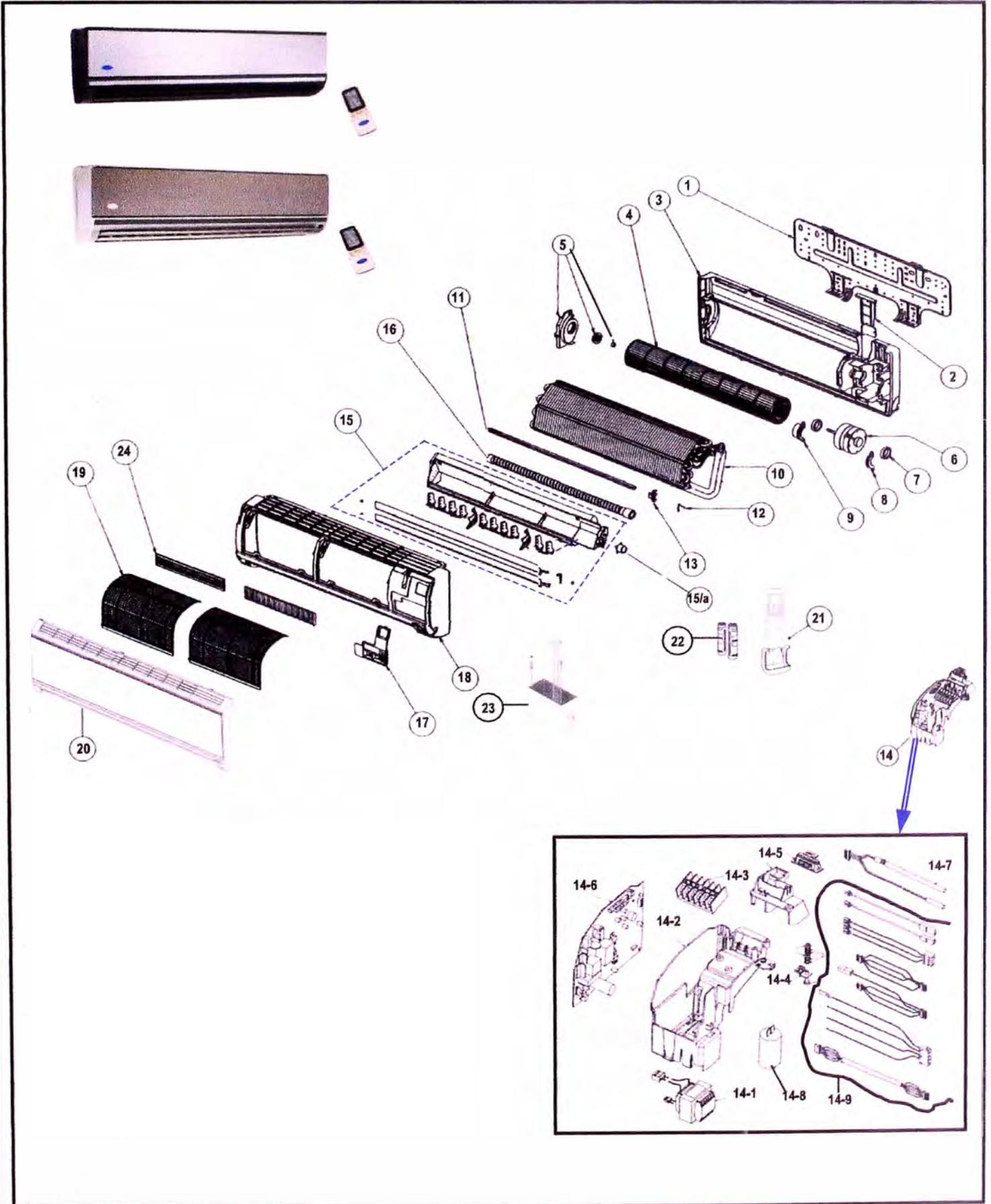
COOL ONLY	Indoor Unit			Outdoor Unit			
	Model	P/N	Style	Model	P/N	Compressor	
						Type	Supplier
	42QG18-C-XM	46303227	Mirror	38QG18-C	46303517	Rotary	Mitsushita
	42QG18-C-XS	46303228	Silver				
	42QG24-C-XM	46303229	Mirror	38QG24-C	46303365	Rotary	Mitsushita
	42QG24-C-XS	46303230	Silver				

## SPLIT SYSTEM FOR HIGH AMBIENT EXPORT MARKETS

HEAT PUMP	Indoor Unit			Outdoor Unit			
	Model	P/N	Style	Model	P/N	Compressor	
						Type	Supplier
	42QG18-H-XM	46303214	Mirror	38QG18-H	46303516	Rotary	Mitsushita
	42QG18-H-XS	46303215	Silver				
	42QG24-H-XM	46303216	Mirror	38QG24-H	46303363	Rotary	Mitsushita
	42QG24-H-XS	46303217	Silver				

COOL ONLY	Indoor Unit			Outdoor Unit			
	Model	P/N	Style	Model	P/N	Compressor	
						Type	Supplier
	42QG18-C-XM	46303227	Mirror	38QG18-C	46303517	Rotary	Mitsushita
	42QG18-C-XS	46303228	Silver				
	42QG24-C-XM	46303229	Mirror	38QG24-C	46303365	Rotary	Mitsushita
	42QG24-C-XS	46303230	Silver				

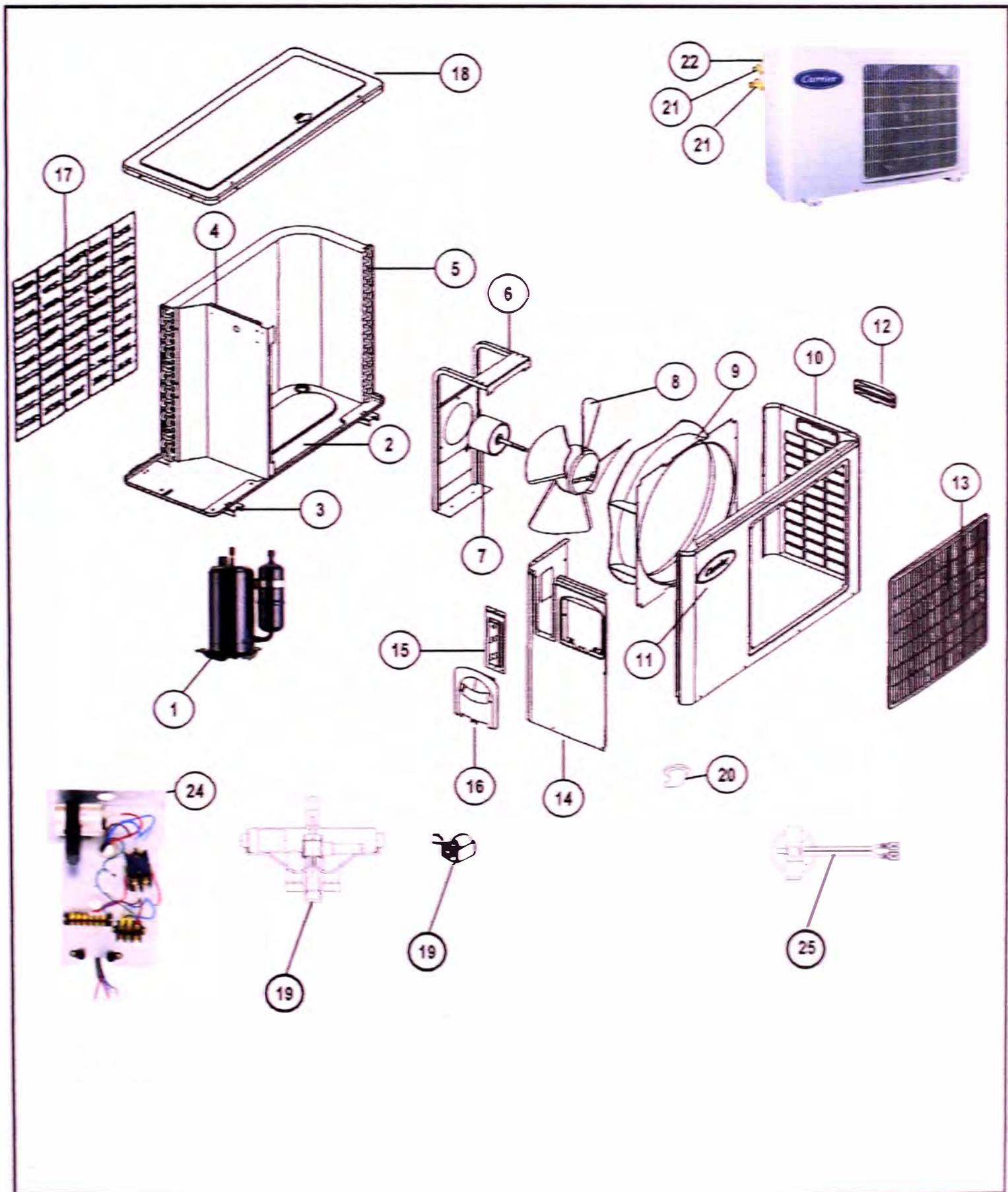
### 3. EXPLODED VIEW OF INDOOR UNITS



#### 4. PART LIST OF INDOOR UNITS

NO.	PART NAME	PART NUMBER	QUANTITY / UNIT							
			Heat Pump				Cool Only			
			Mirror		Silver		Mirror		Silver	
			18	24	18	24	18	24	18	24
1	Mounting Bracket	06313785	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Body Insert	02802627	1	1			1	1		
		02802628			1	1			1	1
3	Body Assy	36314802	1	1			1	1		
		36314803			1	1			1	1
4	Blower	02600408	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Bracket, Bearing & Cushion Assy	02802471	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Fan Motor	02400193	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Motor Cushion	02803030	2	2	2	2	2	2	2	2
8	Motor Bracket R	02802462	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Motor Bracket L	02802463	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Indoor Coil & Headers Assy	02600194	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Coil Guard	02802335	1	1	1	1	1	1	1	1
12	Sensor Clip	02100862	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Sensor Holder	02802165	1	1	1	1	1	1	1	1
14	Control Box Assy	02503203	1	1	1	1	1	1	1	1
14-1	Transformer	02500353	1	1	1	1	1	1	1	1
14-2	Control Box	02500354	1	1	1	1	1	1	1	1
14-3	Terminal Block	02500355	1	1	1	1	1	1	1	1
14-4	Leds & Receiver PCB	02500356	1	1	1	1	1	1	1	1
14-5	Led Bracket	02500357	1	1	1	1	1	1	1	1
14-6	Control PCB	02500358	1	1	1	1	1	1	1	1
14-7	Indoor Coil & Room Air Sensors Assy	02500359	1	1	1	1	1	1	1	1
14-8	Fan Motor Capacitor 1.5MFD – 400VAC	02500360	1	1	1	1	1	1	1	1
14-9	Electrical Wires Set	02500361	1	1	1	1	1	1	1	1
15	Drain Pan Assy C/W Step Motor	36314720	1	1			1	1		
		36314722			1	1			1	1
15.a	Stepping Motor	02400192	1	1	1	1	1	1	1	1
16	Drain Hose Assy	02802473	1	1	1	1	1	1	1	1
17	Cover Terminal Block	02802629	1	1			1	1		
		02802630			1	1			1	1
18	Frame Grille Assy	02802669	1	1			1	1		
		02802670			1	1			1	1
19	Air Filter	02802477	2	2	2	2	2	2	2	2
20	Insert Grille Assy	36314718	1	1			1	1		
		36314719			1	1			1	1
21	Remote Control C/W Bracket	02503204	1	1	1	1	1	1	1	1
22	Battery Size AAA 1.5 Volt - Alkaline	02501125	2	2	2	2	2	2	2	2
23	Optional Ionizer	02501061	1	1	1	1	1	1	1	1
24	Optional Set of Carbon Filter + Photo Catalytic Filter	02802465	1	1	1	1	1	1	1	1

# 5. EXPLODED VIEW OF OUTDOOR UNITS

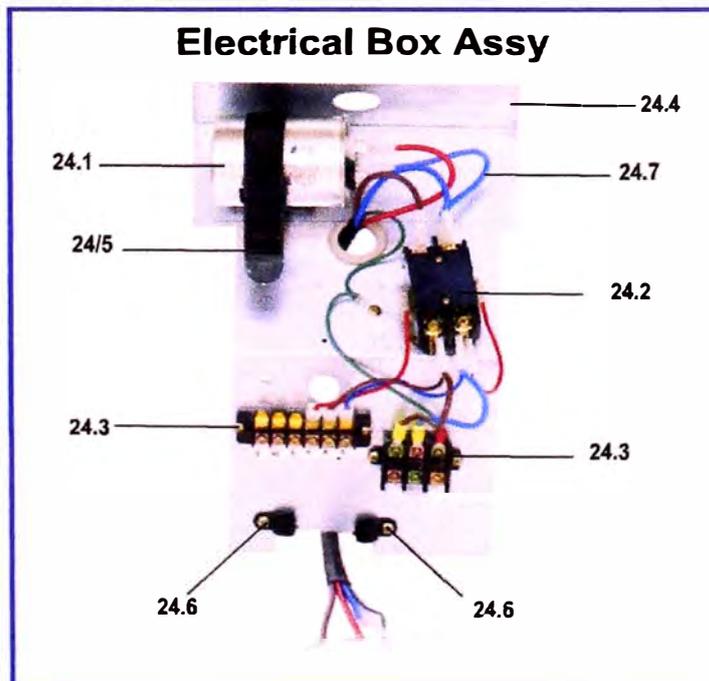


## 6. PART LIST OF OUTDOOR UNITS

SR.	DESCRIPTION	PART NUMBER	QTY./UNIT			
			38QG-H		38QG-C	
			18	24	18	24
<b>1</b>	<b>Compressor c/w Grommets &amp; Spacers</b>					
1.1	Mitsushita Comp. Rotary 2JS324D3AB07	01500240	1		1	
	Hitachi Comp. Rotary SHX33SC4-U	01500237	1			
1.2	Mitsushita Comp. Rotary 2JS438D3FE02	01500241		1		1
	LG Comp. Rotary QP442PBG	01500254		1		
<b>2</b>	<b>Base Assy</b>	<b>08307402</b>	1	1	1	1
<b>3</b>	<b>Supporting Leg Assy</b>	<b>36314043</b>	4	4	4	4
<b>4</b>	<b>Partition</b>	<b>08107457</b>	1	1	1	1
<b>5</b>	<b>Coil Assy.</b>					
5.1	Coil 1 Row – 33.46" x 22" - 15FPI	02600228	1		1	
5.2	Coil 2 Row – 33.15" x 22" - 14FPI	02600229		1		1
<b>6</b>	<b>Motor Support Assy.</b>	<b>08113880</b>	1	1	1	1
<b>7</b>	<b>Motor 1/10 Hp-860 Rpm</b>	<b>02400154</b>	1	1	1	1
<b>8</b>	<b>Propeller c/w Socket Screw 8x8mm</b>	<b>02600441</b>	1	1	1	1
<b>9</b>	<b>Orifice Propeller</b>	<b>02803112</b>	1	1	1	1
<b>10</b>	<b>Shroud</b>	<b>08307406</b>	1	1	1	1
<b>11</b>	<b>Carrier Logo</b>	<b>02900615</b>	1	1	1	1
<b>12</b>	<b>Handle</b>	<b>02803110</b>	1	1	1	1
<b>13</b>	<b>Guard Propeller</b>	<b>02803113</b>	1	1	1	1
<b>14</b>	<b>Back Panel</b>	<b>08307409</b>	1	1	1	1
<b>15</b>	<b>Support – Flare Valves</b>	<b>08307410</b>	1	1	1	1
<b>16</b>	<b>Service Door</b>	<b>02803106</b>	1	1	1	1
<b>17</b>	<b>Coil Guard</b>	<b>02803114</b>	1	1	1	1
<b>18</b>	<b>Cover</b>	<b>08307400</b>	1	1	1	1
<b>19</b>	<b>Reversing Valve &amp; Electric Coil</b>	<b>02200405</b>	1	1		
<b>20</b>	<b>Drain Elbow</b>	<b>02803111</b>	1	1		
<b>21</b>	<b>Flare Valves</b>					
21-1	Flare Valve 1/4"	02300440	1	1	1	1
21-2	Flare Valve 5/8"	02300438	1	1	1	1
<b>22</b>	<b>Service Valve C/W needle &amp; Cap</b>	<b>02300403</b>	1	1	1	1

## PART LIST OF OUTDOOR UNITS (Cont.)

SR.	DESCRIPTION	PART NUMBER	QTY./UNIT			
			38QG-H		38QG-C	
			18	24	18	24
<b>23</b>	<b>Tubing Set</b>					
23.1	Tubing for unit with Hitachi comp.	36314573	1			
	Tubing for unit with Mitsushita comp.	36314921	1			
23.2	Tubing for unit with LG comp.	36319295		1		
	Tubing for unit with Mitsushita comp.	36314924		1		
23.3	Tubing for unit with Mitsushita comp.	36319238			1	
23.4	Tubing for unit with Mitsushita comp.	36319239				1
<b>24</b>	<b>Electrical Box Assy</b>					
24.1	Dual Run Capacitor					
	24.1.1 Dual Capacitor 45+ 5 MFD/440 VAC (Mitsushita Comp.)	02400384	1		1	
	24.1.2 Dual Capacitor 50 + 5 MFD/440 VAC (hitachi Comp.)	02400379	1			
	24.1.3 Dual Capacitor 55 + 5 MFD/400 VAC (LG Comp.)	02400383		1		
	24.1.4 Dual Capacitor 50 + 5 MFD/400 VAC (LG Comp.)			1		1
24.2	Contactora 2 Poles-25 Amps	02400580	1	1	1	1
24.3	Terminal Blocks					
	24.3.1 Terminal Block 6 Poles-30 Amps	02501433	1	1		
	24.3.2 Terminal Block 4 Poles-20 Amps	02501405			1	1
	24.3.3 Terminal Block 3 Poles-30 Amps	02501315	1	1	1	1
24.4	Electrical Box	08107405	1	1	1	1
24.5	Capacitor Clamp	02804078	1	1	1	1
24.6	Cable Clamp	02802523	2	2	2	2
24.7	Electrical Wires Set	02500875	1	1		
		02500887			1	1
<b>25</b>	<b>Sensor - Outdoor Coil</b>	<b>02503123</b>	1	1		



## 7. DIP SWITCH ADJUSTMENT OF INDOOR UNIT

---

MODEL	18 K-H				
	18 K-C				
	24 K-H				
	24 K-C				
Legend		Switch Up ON		Switch down OFF	