



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO PARA
APLICACIONES EN HOSPITALES E INSTALACIONES DE SALUD**

Jorge Alfredo Aguilar Tumax

Asesorado por el Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO PARA
APLICACIONES EN HOSPITALES E INSTALACIONES DE SALUD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
POR

JORGE ALFREDO AGUILAR TUMAX
ASESORADO POR EL ING. LUIS ALFREDO ASTURIAS ZÚÑIGA

AL CONFIRARSE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Pablo Rodolfo Zúñiga Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. Cesar Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López de López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO PARA APLICACIONES EN HOSPITALES E INSTALACIONES DE SALUD

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 9 de marzo de 2018.

Jorge Alfredo Aguilar Tumax

Guatemala, 28 de febrero de 2018

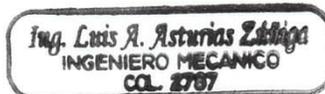
Ingeniero
Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Pérez:

Por este medio hago constar que he revisado el protocolo del estudiante **JORGE ALFREDO AGUILAR TUMAX**, con registro académico **198912541** y CUI **2678 16197 0101**, comprometiéndome a asesorar el trabajo de graduación titulado: **"SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO PARA APLICACIONES EN HOSPITALES E INSTALACIONES DE SALUD"**.

En base a lo anterior, lo someto a su consideración a efecto de continuar con el trámite respectivo para su aprobación, sin otro particular,

Atentamente.




Luis Alfredo Asturias Zúñiga
Ingeniero Mecánico
Colegiado
ASESOR 2787



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.098.2019

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO PARA APLICACIONES EN HOSPITALES E INSTALACIONES DE SALUD** desarrollado por el estudiante **Jorge Alberto Aguilar Tumax**, CUI **26781619700101** y Reg. Académico No. **198912541** y recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Coordinador Área Térmica
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, abril 2019



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

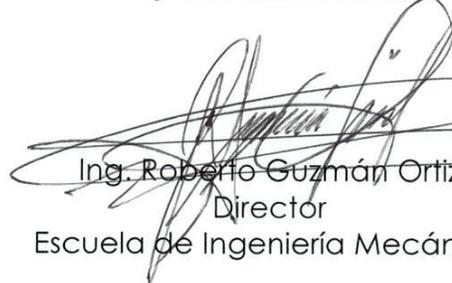
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.243.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Térmica del trabajo de graduación titulado: **SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO PARA APLICACIONES EN HOSPITALES E INSTALACIONES DE SALUD** presentado por el estudiante **Jorge Alfredo Aguilar Tumax**, CUI **2678161970101** y Reg. Académico No. **198912541** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, octubre de 2019

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 449.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO PARA APLICACIONES EN HOSPITALES E INSTALACIONES DE SALUD**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Alfredo Aguilar Tumax**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2019

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser nuestro creador y dador de vida y fortaleza.
- Mis padres** Antonio Aguilar y Sara de Aguilar. Por su apoyo en todo momento.
- Mis hermanos** Otto y Carlos. Por su apoyo y ayuda siempre.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la única universidad que da a conocer la realidad nacional y propone soluciones de beneficio para toda la población.

Facultad de Ingeniería

En especial a los catedráticos que se esfuerzan por tener cada día una facultad mejor.

A mi asesor

Ing. Luis Asturias. Por su ayuda en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX

1. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.....	1
1.1. Parámetros de diseño.....	3
1.2. Sistemas de refrigeración conforme zonas de frío.....	3
1.2.1. Una zona de frío.....	3
1.2.2. Dos o más zonas de frío.....	3
1.3. Sistemas de refrigeración conforme alimentación de refrigerante	4
1.3.1. Expansión seca.....	4
1.3.2. Con recirculación de líquido.....	4
1.4. Tipos y Configuración de sistemas de refrigeración	5
1.4.1. Refrigeración por compresión	5
1.4.2. Sistemas de compresión simple.....	6
1.4.3. Sistemas de compresión múltiple	6
1.5. Sistemas de expansión directa	6
1.5.1. Sistema de una etapa	6
1.5.2. Sistema de doble etapa.	8

1.5.3.	Sistema en cascada	8
1.5.4.	Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo abierto.....	9
1.5.5.	Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo cerrado.....	9
1.6.	Sistemas con recirculado de líquido	10
1.6.1.	Sistema con estanque de recirculado.....	10
1.6.2.	Sistema de compresión múltiple con estanque de recirculado	11
1.7.	Refrigeración por absorción.....	11
1.8.	Máquina frigorífica por compresión mecánica	11
1.9.	Unidades de medida.....	12
1.10.	Máquinas que aplican la refrigeración por compresión.....	13
1.11.	Equipo de refrigeración.....	13
1.12.	Planta frigorífica.....	15
1.13.	El compresor en un sistema de refrigeración	18
1.13.1.	Tipos de compresores de uso en refrigeración.....	19
1.14.	Termostatos.....	23
1.14.1.	Termostatos mecánicos.....	24
1.14.2.	Termostatos para evaporadores.....	25
1.14.3.	Termostato de ambiente.....	26
1.14.4.	Termostatos digitales.....	27
2.	SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO Y CARACTERÍSTICAS DE DE LA CLIMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	31
2.1.	Clasificación de equipos de aire acondicionado.....	36
2.1.1.	Equipos autónomos o de expansión directa.....	36
2.1.2.	Equipos centralizados o de expansión indirecta.....	37
2.2.	Diferencias entre equipos autónomos y equipos centralizados.....	37

2.3.	Clasificación de los equipos autónomos o de expansión directa.....	38
2.3.1.	Equipos condensados por aire (<i>air-cooled</i>).....	39
2.3.2.	Equipos condensados por agua (<i>water-cooled</i>).....	40
2.3.3.	Condensador evaporativo.....	41
2.4.	Inversión térmica del equipo.....	41
2.4.1.	Equipos irreversibles.....	41
2.4.2.	Equipos reversibles.....	41
2.5.	Clasificación de acuerdo a la cantidad de unidades del equipo.....	42
2.5.1.	Equipo compacto.....	42
2.5.2.	Equipos divididos.....	43
2.5.3.	Equipo tipo <i>split</i>	43
2.5.4.	Equipo tipo <i>multi-splits</i>	44
2.5.5.	Equipo tipo paquete.....	45
2.6.	Clasificación de acuerdo a la localización de la unidad interior.....	47
2.6.1.	Tipo suelo.....	47
2.6.2.	Tipo de pared.....	48
2.6.3.	Tipo horizontal de techo.....	49
2.6.4.	Tipo cassette.....	49
2.7.	Equipos de expansión indirecta. La enfriadora de agua.....	50
2.8.	La bomba de calor.....	52
2.9.	Válvula de cuatro vías.....	54
2.10.	Modos de control en equipos de climatización.....	56
2.10.1.	Control todo-nada.....	56
2.10.2.	Control por etapas.....	56
2.10.3.	Control Proporcional.....	57
2.11.	Tecnología <i>Inverter</i>	57
2.12.	Sistemas de volumen de refrigerante variable para	

el acondicionamiento de aire.....	59
2.12.1. Tipos de unidades de caudal variable de refrigerante.....	60
2.12.2. Funcionamiento de los sistemas de caudal variable de refrigerante.....	62
2.13. Diferencias del sistema <i>multi-split</i> inverter frente al sistema de caudal variable de refrigerante.....	64
2.14. Ventajas e inconvenientes de los equipos de caudal de caudal de refrigerante variable.....	67
2.15. Control de niveles de humedad.....	69
2.15.1. Deshumidificación.....	69
2.15.2. Humidificación.....	77
3. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO EN INSTALACIONES DE SALUD.....	87
3.1. Características y clasificación de las diferentes áreas.....	87
3.1.1. Selección de filtros de acuerdo al área en que se utilizara..	93
3.2. Área de cirugía.....	101
3.3. Área de urgencias.....	107
3.4. Laboratorio de anatomía patológica.....	108
3.5. Laboratorio de patología clínica.....	110
3.6. Rayos X.....	111
3.7. Sala de cuidados.....	112
3.8. Habitaciones de aislamiento respiratorio aéreo.....	113
3.9. Características de climatización de los quirófanos, unidad de quemados.....	114
3.10. Aparatos de transferencia de masas en corriente de aire	117

4.	EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO PARA BANCOS DE SANGRE	121
4.1.	Refrigeradores de banco de sangre alimentados por energía solar	123
4.2.	Refrigeradores de banco de sangre con revestimiento frigorífico..	127
4.3.	Congeladores de plasma	128
4.4.	Agitadores de plaquetas	131
4.5.	Refrigeradores portátiles para el transporte de sangre y líquidos refrigerantes.....	132
4.6.	Refrigerante para sangre o plaquetas.....	134
4.7.	Maquina centrifugadora refrigerada	136
	CONCLUSIONES.....	141
	RECOMENDACIONES.....	143
	BIBLIOGRAFÍA.....	145
	ANEXOS.....	147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cámara frigorífica.....	2
2.	Válvula de expansión termostática.....	7
3.	Estanque de recirculado para amoníaco.....	10
4.	Ciclo frigorífico de compresión.....	12
5.	Aislamiento de cuarto frigorífico.....	16
6.	Planta frigorífica industrial.....	17
7.	Motocompresor semihermético recíprocante o de pistones.....	19
8.	Compresor rotativo de pistón rodante.....	20
9.	Compresor de espiral.....	21
10.	Compresor helicoidal de dos rotores	22
11.	Compresores rotodinámicos.....	23
12.	Termostato con bulbo para evaporador.....	25
13.	Termostato ambiental de bulbo.....	26
14.	Termostato ambiental bimetalico.....	27
15.	Termostato digital programable.....	29
16.	Esquema de la expansión directa.....	36
17.	Esquema de la expansión indirecta.....	37
18.	Equipo autónomo partido condensado por aire.....	39
19.	Equipo autónomo compacto condensado por agua.....	40
20.	Equipo autónomo de ventana.....	42
21.	Equipo autónomo tipo <i>Split</i>	43
22.	Equipo autónomo <i>multi-Split</i> , formado por dos unidades interiores y	

	la unidad exterior.....	44
23.	Split con el compresor en la unidad exterior.....	45
24.	Split con el compresor en la unidad interior	45
25.	Diferentes unidades tipo paquete.....	48
26.	Unidad interior tipo suelo.....	47
27.	Unidad interior tipo pared.....	48
28.	Unidad interior tipo horizontal de techo.....	49
29.	Unidad interior tipo <i>cassette</i>	49
30.	Enfriadora de agua condensada por agua.....	50
31.	Enfriadora de aire condensada por aire.....	51
32.	Funcionamiento en refrigeración y calefacción de una bomba de calor.....	53
33.	Esquema del ciclo de refrigeración.....	54
34.	Esquema del ciclo de calefacción.....	55
35.	Diferencias de fluctuaciones de temperatura entre sistema <i>inverter</i> y sistema convencional.....	58
36.	Diagrama de flujo entre el sistema <i>invertir</i>	59
37.	Esquema simplificado de un sistema de caudal variable de refrigerante.....	62
38.	Ejemplo de una instalación con equipo de caudal variable de refrigerante.....	63
39.	Sistema <i>multi-split inverter</i> y sistema CVR.....	65
40.	Ejemplo de sistema de caudal de refrigerante variable con recuperado de calor.....	65
41.	Termómetro-higrómetro.....	70
42.	Higrómetro digital.....	70
43.	Psicrómetro.....	71
44.	Funcionamiento del deshumidificador frigorífico o de condensación.....	75
45.	Deshumidificación por desecantes.....	77
46.	Humidificador de vapor en ductos de aire.....	82

47.	Humidificador para ducto con ventilador integrado.....	83
48.	Humidificador en ductos de aire acondicionado.....	84
49.	Equipos de humidificación por atomización.....	86
50.	Filtración por etapas.....	94
51.	Partes de un filtro HEPA.....	96
52.	Filtros minipleat V.....	97
53.	Filtros MERV de pliegues.....	98
54.	Filtración de máximo nivel (absoluto).....	99
55.	Sistema de ventilación en quirófanos.....	102
56.	Ducto metálico para aire acondicionado.....	103
57.	Presión positiva en quirófano.....	104
58.	Sala de tomografía.....	111
59.	Climatización de los quirófanos.....	116
60.	Refrigerador para banco de sangre para 90 bolsas.....	123
61.	Refrigerador de banco de sangre alimentado con energía solar.....	126
62.	Congelador para plasma sanguíneo.....	130
63.	Cámara ambiental para agitador de plaquetas.....	132
64.	Refrigeradores portátiles para el transporte de sangre.....	133
65.	Bloques refrigerantes.....	134
66.	Centrifugadora de laboratorio refrigerada de gran capacidad.....	137
67.	Esquema de centrifugadora de laboratorio refrigerada.....	139

TABLAS

I.	Eficiencias mínimas de filtración.....	106
II.	Eficiencias de filtración para sistemas de aire acondicionado y ventilación en hospitales generales	109
III.	Eficiencia compuesta promedio por tamaño de partículas.....	115

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Centímetro
CFC	Clorofluorocarbono
COP	Coeficiente de rendimiento
PLC	Control lógico programable
°C	Grados centígrados
h	Hora
Kg	Kilogramo
KW	Kilowatts
m	metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
µm	Micrómetro
mmca	milímetros de columna de agua
HEPA	Recogedor de partículas de alta eficiencia
SI	Sistema internacional
BTU	Unidad térmica británica, unidad de energía

GLOSARIO

Aféresis	Técnica mediante la cual se separan los componentes de la sangre.
Calor latente	Energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, sólido a líquido o de líquido a gaseoso.
Calor sensible	Energía calorífica que suministrada a un cuerpo o un objeto, hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y, por lo tanto, su fase.
Cassette	Término para definir algo de forma cuadrada y compacta. En francés significa cajita.
Disociativo	Enfermedad mental o sicosis que consiste en una alteración global de la personalidad.
Eutéctico	Mezcla de dos componentes con punto de fusión o punto de vaporización mínima, inferior al correspondiente a cada uno de los compuestos en estado puro.
Fan Coils	Equipo de climatización toda agua constituido por un intercambiador de calor, un ventilador y un filtro.

Fotovoltaico	Dispositivo capaz de transformar la energía luminosa en electricidad.
Hidrónico	Empleo de agua como medio de transferencia de calor en los sistemas de calefacción, y un medio de transferencia de refrigeración en los sistemas de refrigeración.
Paliativo	Que sirve para atenuar o suavizar los efectos de una cosa negativa, como un dolor o un sufrimiento.
Parental	De los padres o parientes o relacionado con ellos.
Patógeno	Que causa o produce enfermedad.
Punto de rocío	Es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire.
Serología	Estudio que permite comprobar la presencia de anticuerpos en la sangre.
<i>Split</i>	Equipo de climatización conformado por dos unidades separadas.

RESUMEN

Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado representan una rama de la ingeniería mecánica que más relevancia han tomado en la actualidad debido a la necesidad de aplicarlos a diferentes actividades, tareas y usos tanto tradicionales como de la industria moderna; también, han sido vitales para el desarrollo y descubrimiento de nuevas formas de producción de diferentes materias y productos de los cuales ahora se gozan. El desarrollo e innovación de la refrigeración y el aire acondicionado ha ido de la mano de otras ramas de la industria actual, como la química, la electricidad, la electrónica, entre otras; esto ha dado como resultado que se cuente cada vez con sistemas más eficientes, que provoquen menos contaminación y daño ambiental, que consuman menos energía eléctrica, más compactos y fáciles de instalar y que respondan de manera más adecuada a las diferentes aplicaciones y necesidades que se tiene en la actualidad.

En el caso del aire acondicionado ya no se habla simplemente de este como tal sino que ya se desarrolla dentro de la aplicación de la climatización, en la cual se combinan el control de aspectos como los niveles de humedad, presiones, ruidos, olores, entre otros; esto ha provocado que los diseños e instalaciones sean cada vez más analizados y desarrollados ya que así lo exigen algunas formas nuevas de producción y conservación de la industria moderna; también en el caso del confort y la prestación de algunos servicios, que ya no se piensa solamente en disminuir la temperatura o aumentarla en el caso de la calefacción, sino también crear ambientes más adecuados y agradables para áreas comerciales, de trabajo, turísticas y de descanso, entre otros.

En la aplicación de estos sistemas en el área de hospitales e instituciones que prestan servicios de salud, cuyo tema es parte del desarrollo de esta material, deben tomarse en cuenta aspectos muy importantes y específicos que le dan características especiales a cada una de las áreas que se climatiza; uno de los de mayor relevancia es la del control de niveles de humedad el cual varía de acuerdo al tipo de servicio que se preste en cada área; otro aspecto de gran importancia es el de la pureza del aire que se suministra, para lo cual es necesario utilizar filtros especiales de alta eficiencia, que son capaces eliminar más del 99 % de las partículas y bacterias presentes en el aire especialmente en las áreas donde se corre mayor riesgo de contaminación y transmisión de enfermedades contagiosas.

Otra de las aplicaciones que también es parte del desarrollo del material presentado, es el de los equipos de enfriamiento para bancos de sangre que cuenta con características bastante específicas ya que algunos son de uso exclusivo de esta área, como es el caso de las máquinas centrifugadoras o el de refrigeradores portátiles para transporte de unidades de sangre, los cuales deben cumplir con normas dictadas por organismos internacionales de salud.

El mantenimiento del equipo de refrigeración y aire acondicionado utilizado en hospitales y centros de salud debe ser bastante estricto especialmente en tratar de evitar posibles focos de contaminación y formación de depósitos de humedad que pudieran dar lugar a la reproducción de bacterias que se da muy fácilmente en el agua; así como también en el respetar adecuadamente los periodos programados para realizar dicho mantenimiento y hacer las pruebas necesarias para determinar la eficiencia de los filtros y poder decidir si ya es necesario cambiarlos o no.

OBJETIVOS

General

Describir diferentes sistemas de refrigeración y aire acondicionado que más se utilizan en la actualidad, así como sus distintas formas de funcionamiento.

Específicos

1. Dar a conocer la aplicación de estos sistemas en hospitales e instalaciones de salud.
2. Enfatizar la importancia de los diferentes niveles de temperatura y humedad en esta aplicación.
3. Describir las características del equipo de refrigeración que se utiliza en los bancos de sangre.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado son cada vez más utilizados en la actualidad tanto por la necesidad de conservación de diferentes productos, como para climatizar ambientes en los cuales se realizan trabajos que requieren condiciones de confort adecuadas, tanto de temperatura como de humedad ambiental, y es por ello que se hace necesario conocer más sobre estos sistemas y su forma de funcionamiento, así como los diferentes campos de aplicación.

Es en este último aspecto en donde se puede entender de manera más directa la importancia de la rama de la refrigeración, ya que algunas de sus aplicaciones han tomado mucha relevancia en la actualidad, especialmente en el campo de la producción de nuevos y diferentes productos que requieren condiciones específicas de temperatura y humedad y que de no ser así no se podría mejorar la calidad de la producción.

Los cambios climáticos que se han generado en los últimos años, que por cierto algunos son muy marcados, han provocado que el uso del aire acondicionado pase a ser de una simple opción a una necesidad cada vez más frecuente, ya que el aumento de temperatura y humedad que se ha dado en algunos lugares ha hecho que se aumenten los niveles de contaminación ambiental así como el surgimiento de algunas enfermedades propias de estos cambios, obligando esto a que se generen mejores condiciones en los centros de trabajo, especialmente en los que no se puede suspender las labores durante las veinticuatro horas del día.

En el campo de la salud, nuestro país cuenta con algunas instalaciones hospitalarias muy modernas y eficientes, pero contrario a esto, también se cuenta con algunas de mala calidad en donde las condiciones de trabajo y de confort no son las más adecuadas; es entonces donde se hace necesario generar ideas y propuestas para que nuestros hospitales, clínicas y diferentes instalaciones de salud puedan mejorar sus servicios. Es en este aspecto en donde el campo de la refrigeración y aire acondicionado juega un papel vital e importante.

1. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

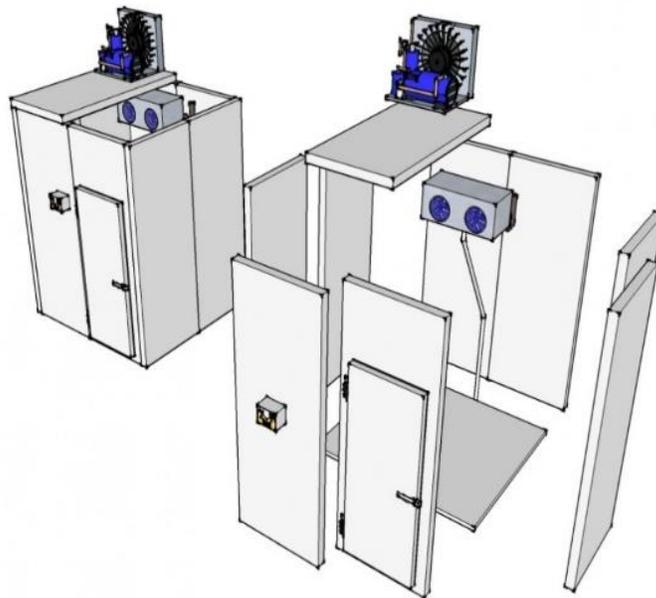
Los denominados sistemas frigoríficos o sistemas de refrigeración corresponden a arreglos mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más puntos, conforme se requiera. Están diseñados primordialmente para disminuir la temperatura del producto almacenado en cámaras frigoríficas o cámaras de refrigeración las cuales pueden contener una variedad de sustancias o productos químicos, conforme especificaciones.

Cabe mencionar la radical diferencia entre un sistema frigorífico y un circuito de refrigeración, siendo este último un mero arreglo para disminuir temperatura el cual se define como concepto, ya que su diseño (abierto, semi-abierto, cerrado), fluido (aire, agua, incluso gas refrigerante), flujo (sólo frío o bomba de calor) varían conforme la aplicación. Esta variación va desde el clásico enfriamiento de motores de combustión interna por medio de agua hasta los utilizados en enfriamiento de computadores.

Los sistemas frigoríficos tienden a ser bastante más complejos que un circuito de refrigeración, en el estudio acabado y diseño de estos sistemas frigoríficos se aplican diversas ciencias, tales como la química, en las propiedades y composición de los refrigerantes; la termodinámica, en el estudio de las propiedades de la materia y su energía interna; la transferencia de calor, en el estudio de intercambiadores de calor y soluciones técnicas; así como la ingeniería mecánica, en el estudio de compresores de gas para lograr el trabajo de compresión requerido.

También, hay que tomar en cuenta aspectos como la electricidad, desde los tradicionales conocimientos en corrientes trifásicas para la alimentación de los equipos, hasta conocimientos relativamente avanzados en automatización y PLC, para el control automático que estos requieren cuando están operando en planta frigorífica. Los sistemas frigoríficos se diferencian entre sí conforme su método de inyección de refrigerante y configuración constructiva, ambos condicionados por sus parámetros de diseño. De esta manera, y haciendo un adecuado balance de masas y energías, es posible encontrar la solución adecuada a cualquier solicitud frigorífica.

Figura 1. **Cámara frigorífica**



Fuente: *Partes y funcionamiento de una cámara fría* | Directorio de Mérida.
directorioindispensable.com/directorio-merida-yucatan/partes-y-funcionamiento-de-u.
Consulta: 5 de junio de 2017.

1.1. Parámetros de diseño

El diseño de estos sistemas frigoríficos se define, principalmente, en función de los siguientes parámetros:

- Temperaturas de operación: temperaturas de evaporación y condensación
- Capacidad del sistema, generalmente denominada en kilo watts (KW) definida en función de la carga térmica.
- Refrigerantes amigables ambientalmente y de amplio efecto refrigerante.
- Costos operativos del sistema.

1.2. Sistemas de refrigeración conforme zonas de frío

Los sistemas de refrigeración implementados tanto en plantas frigoríficas como en refrigeradores domésticos pueden catalogarse primeramente conforme las denominadas zonas de frío o temperaturas de frío para las cuales estos estén diseñados.

1.2.1. Una zona de frío

Es el clásico arreglo en el cual el sistema opera bajo una sola temperatura de régimen de frío, es decir, entre una temperatura de condensación y una sola temperatura de evaporación del refrigerante.

1.2.2. Dos o más zonas de frío

Es aquel sistema en el cual el refrigerante condensado a una sola temperatura se evapora a distintos valores en función de distintos procesos. A modo de ejemplo, y para una planta frigorífica, una cámara de congelado y una

cámara de productos frescos requieren distintas temperaturas de régimen y, por lo tanto, distintas temperaturas de evaporación del refrigerante.

1.3. Sistemas de refrigeración conforme alimentación de refrigerante

Los sistemas de refrigeración conforme alimentación de refrigerante se pueden clasificar de la siguiente forma:

1.3.1. Expansión seca

Se les denomina sistemas de expansión seca, o directa a los sistemas frigoríficos en los cuales la evaporación del refrigerante se lleva a cabo a través de su recorrido por el intercambiador de calor para este efecto, denominado comúnmente como evaporador, encontrándose este en estado de mezcla en un punto intermedio de este. Estos sistemas, si bien son los más comunes, suelen ser de menor capacidad que los de recirculación de líquido.

1.3.2. Con recirculación de líquido

Lo que diferencia a los sistemas de recirculación de líquido a los de expansión directa es que el flujo másico de líquido a los evaporadores supera con creces al flujo de vapor producido en estos. Es común el apelativo de sobrealimentación de líquido para los evaporadores de estos sistemas, los cuales son preferentemente utilizados en aplicaciones industriales, con un número considerable de evaporadores y operando a baja temperatura.

1.4. Tipos y configuración de sistemas de refrigeración

Los diferentes tipos y configuración de sistemas de refrigeración se pueden clasificar de la siguiente forma:

1.4.1. Refrigeración por compresión

La refrigeración por compresión desplaza la energía térmica entre dos puntos; creando zonas de alta y baja presión confinadas en intercambiadores de calor, mientras estos procesos de intercambio de energía se suceden cuando el fluido refrigerante se encuentra en procesos de cambio de estado; de líquido a vapor, y viceversa. El proceso de refrigeración por compresión se logra evaporando un gas refrigerante en estado líquido a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor, denominado evaporador, como mencionamos anteriormente. Para evaporarse este requiere absorber calor latente de vaporización, realizándose un cambio de estado líquido a vapor.

Durante este cambio el refrigerante en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador, bien sea este medio gaseoso o líquido. A esta cantidad de calor contenido en el ambiente se le denomina carga térmica. Luego de este intercambio energético, un compresor mecánico se encarga de aumentar la presión del vapor para poder condensarlo dentro de otro intercambiador de calor conocido como condensador. En este intercambiador se liberan del sistema frigorífico tanto el calor latente como el sensible, ambos componentes de la carga térmica.

Ya que este aumento de presión además produce un aumento en su temperatura, para lograr el cambio de estado del fluido refrigerante y producir el sub-enfriamiento del mismo es necesario enfriarlo al interior del condensador;

esto suele hacerse por medio de aire o agua, ambos combinados o al medio ambiente, conforme el tipo de condensador, definido muchas veces en función del refrigerante. De esta manera, el refrigerante ya en estado líquido, puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión.

1.4.2. Sistemas de compresión simple

Eleva la presión del sistema mediante una sola carrera de compresión. Es el más común de los sistemas de refrigeración ampliamente utilizado en refrigeradores y equipos de aire acondicionado.

1.4.3. Sistemas de compresión múltiple

Solución de compresión ideal para bajas temperaturas debido a las altas relaciones de compresión que estos sistemas superan.

1.5. Sistemas de expansión directa

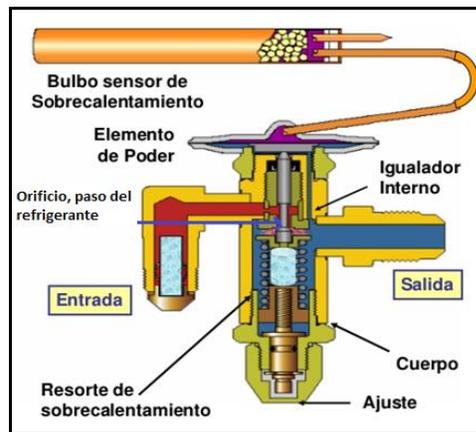
Los diferentes sistemas de expansión directa más utilizados son los siguientes:

1.5.1. Sistema de una etapa

Es el sistema de refrigeración más ampliamente utilizado debido a su simplicidad y versatilidad. Su particularidad, no obstante, consiste en que, por lo general, para lograr bajas temperaturas capaces de absorber grandes cargas térmicas, debe alcanzar elevadas relaciones de compresión. Se puede aplicar en refrigeradores domésticos, vitrinas frigoríficas comerciales, equipos de aire

acondicionado de todo tipo, y sistemas que no absorban grandes cargas frigoríficas. La válvula de expansión termostática genera la expansión directa del refrigerante en este tipo de sistemas frigoríficos.

Figura 2. **Válvula de expansión termostática**



Fuente: *Ingeniero electromecánico: julio 2016.*
leopoldorosario.blogspot.com/2016_07_01_archive.html
Consulta: 5 de junio de 2017.

Otra forma de lograr la expansión es a través de tubo capilar que es el más simple de los controles de flujo de refrigerante, y que se utiliza en la mayoría de sistemas de menor tamaño; consiste de una tubería de longitud fija, de diámetro pequeño, instalada entre el condensador y el evaporador de un circuito frigorífico. Su nombre se origina por la similitud con el espesor del cabello. Es en estos tubos en los que se manifiestan los fenómenos de capilaridad, pueden estar hechos de distintos materiales: aluminio, cobre, aleaciones metálicas, entre otros; en función de su uso o aplicación. Es el tipo más sencillo de dispositivo de expansión, pues consiste únicamente en un tubo, generalmente de cobre, que actúa por tener una gran pérdida de carga, debido a su pequeño diámetro.

Debido a la gran resistencia por fricción que resulta de su longitud y diámetro y por el efecto del estrangulamiento resultante de la formación gradual de gas en el tubo, a medida que la presión del líquido se reduce hasta un valor menor a la presión de saturación, el tubo capilar actúa para restringir o medir el flujo del líquido del condensador hacia el evaporador y también para mantener la diferencia de presión de operación.

Para cualquier longitud y diámetro especificados la resistencia del tubo es fija y constante, de modo que la razón de flujo líquido a través del tubo en cualquier instante de tiempo es proporcional al diferencial de presión entre el lado de baja y el de alta.

1.5.2. Sistema de doble etapa.

La doble etapa permite, mediante un compresor de doble etapa, alcanzar elevadas relaciones de compresión y, por lo tanto, menores temperaturas con capacidad de absorber mayor carga térmica. Sistema propio en cámaras de congelado de alta eficiencia energética.

1.5.3. Sistema en cascada

Existen aplicaciones industriales que exigen temperaturas moderadamente bajas. Esto es especialmente cierto cuando se desean temperaturas en el intervalo de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-10\text{ }^{\circ}\text{F}$ a $-100\text{ }^{\circ}\text{F}$). En general, por desgracia no es posible usar un solo ciclo de compresión de vapor para obtener estas temperaturas moderadamente bajas. La diferencia de temperatura entre el condensador y el evaporador es en este caso muy grande. En consecuencia, la variación de la temperatura de saturación con respecto a la presión de vapor de un solo refrigerante no cumpliría con los valores deseados para el evaporador y

el condensador. Para superar esta dificultad sin abandonar la compresión de vapor, se emplea un sistema de cascada.

Un ciclo en cascada es simplemente una disposición en serie de ciclos simples de compresión de vapor, de tal manera que el condensador de un ciclo a temperatura baja entregue calor al evaporador de un ciclo a temperatura superior. Es común utilizar solo dos unidades, aunque el empleo de tres o cuatro unidades en serie es práctico, en caso necesario. Normalmente se utiliza un refrigerante distinto en cada uno de los ciclos, con el objeto de satisfacer los requisitos de cada intervalo de temperatura y presión. Este sistema es propio en equipos de laboratorio para almacenamiento de muestras biológicas.

1.5.4. Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo abierto

Esta modalidad de compresión múltiple permite, mediante dos compresores y un estanque presurizado conectado entre ambos, realizar una expansión y enfriamiento del refrigerante en circulación antes de ingresar a la etapa de alta presión, propio de sistemas industriales.

1.5.5. Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo cerrado

A diferencia del sistema anterior, al cual también se le puede denominar de inyección total, aquí se produce una inyección parcial del refrigerante al interior del estanque a fin de producir un enfriamiento.

1.6. Sistemas con recirculado de líquido

Los sistemas con recirculado de líquido más utilizados son los siguientes:

1.6.1. Sistema con estanque de recirculado

La recirculación de líquido es un método utilizado con la finalidad de alimentar los evaporadores inundados instalados en una gran instalación frigorífica. Generalmente, se utiliza amoníaco (R717) como refrigerante.

Figura 3. Estanque de recirculado para amoníaco



Fuente: *Sistema de refrigeración por compresión - RUA*
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>
Consulta: 5 de junio de 2017.

1.6.2. Sistema de compresión múltiple con estanque de recirculado

Un sistema de recirculado de compresión múltiple permite bombear refrigerante líquido a menor presión y temperatura a los evaporadores inundados.

1.7. Refrigeración por absorción

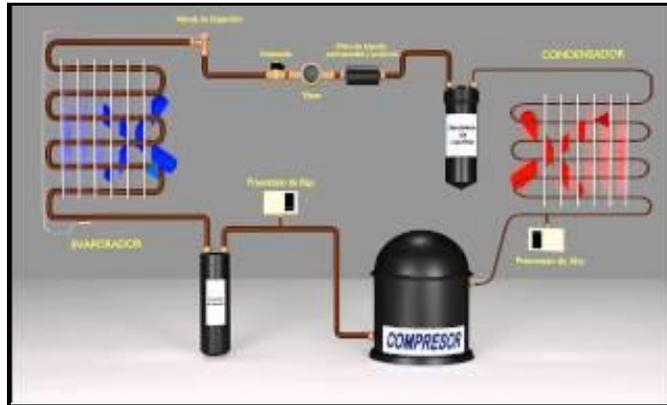
El sistema de refrigeración por absorción es un medio de producir frío que aprovecha las propiedades de ciertas sustancias que absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso. Así como en el sistema de compresión el ciclo se hace mediante un compresor, en el caso de la absorción, el ciclo se basa físicamente en la capacidad que tienen algunas sustancias, como el bromuro de litio, de absorber otra sustancia, tal como el agua, en fase de vapor. Otra posibilidad es emplear el agua como sustancia absorbente (disolvente) y como absorbida (soluto) amoníaco.

1.8. Máquina frigorífica por compresión mecánica

La refrigeración por compresión consiste en forzar mecánicamente la circulación de un fluido en un circuito cerrado creando zonas de alta y baja presión con el propósito de que el fluido absorba calor en un lugar y lo disipe en el otro.

Una máquina frigorífica por compresión tiene por cometido desplazar energía térmica en forma de calor entre dos puntos. La más sencilla de ellas es la refrigeración por compresión mecánica de una etapa descrita en el numeral 1.4.1.

Figura 4. Ciclo frigorífico de compresión



Fuente: *Simulador de una máquina frigorífica de compresión mecánica.*
[https://www.musicjinni.com/qJCbDYdZPIO/Simulador-de-una-maquina-frigorifica-de.](https://www.musicjinni.com/qJCbDYdZPIO/Simulador-de-una-maquina-frigorifica-de)
Consulta: 5 de junio de 2017.

1.9. Unidades de medida

Hay que distinguir, en la potencia, dos magnitudes: potencia absorbida es la cantidad de energía consumida o cantidad de trabajo realizado por un elemento en una unidad de tiempo (en energía mecánica, sea con motor eléctrico, con motor de explosión o con turbina), y potencia de enfriamiento o de refrigeración es la cantidad de calor que se puede extraer o dicho de forma que todo el mundo lo pueda entender es la cantidad de frío que un equipo puede dar, también en una unidad de tiempo, y de lo cual se puede afirmar:

- En el sistema internacional de unidades (SI), la potencia de los equipos frigoríficos se mide en vatios (W) o en múltiplos de sus unidades.
- En el sistema técnico de unidades se utiliza para la potencia de enfriamiento la caloría/hora, aceptada en un anexo del SI, aunque a menudo se llama

frigoría/hora que tiene la misma definición que la caloría/hora y la única diferencia es que se emplea para medir el calor extraído, no el aportado.

- En la práctica comercial norteamericana, que es muy utilizada en otros países, la potencia de refrigeración se mide en toneladas de refrigeración, o en unidades térmicas británicas (BTUs).

1.10. Máquinas que aplican la refrigeración por compresión

- Equipos de refrigeración
- Aire acondicionado o acondicionador de aire
- Refrigerador, nevera o frigorífico
- Enfriador de agua
- Tanque de leche
- Cámara de refrigeración
- Fábrica de hielo
- Aire acondicionado automotor

1.11. Equipo de refrigeración

El equipo de refrigeración comprende un compresor de gas movido en la mayoría de casos por un motor eléctrico, un intercambiador de calor con tubería en forma de zigzag llamado condensador, otro con tubería en forma de serpentín llamado evaporador y el dispositivo de expansión, ya sea una válvula o un tubo capilar, todos interconectados por tubos de cobre formando un circuito cerrado. En el interior de la tubería se introduce el gas refrigerante por medio de la válvula o el capilar. El compresor y el condensador están fuera de la cámara frigorífica mientras que la válvula de expansión y el evaporador dentro de la cámara.

Al trabajar el compresor eleva la presión del gas que llega caliente de la cámara por las calorías que tomó de los productos almacenados. Cuando el gas llega a los valores de presión y temperatura previstas le corresponde al gas pasar por el condensador a la fase líquida emitiendo calor latente de condensación. El condensador está provisto de aletas que transmiten el calor que pasa por las paredes del tubo al aire. Si es necesario se instala un sistema de lluvia de agua en circuito cerrado que ayuda a disipar el calor. El largo del serpentín está calculado para que el gas licuado salga del condensador a temperatura ambiente. Pasa entonces por la válvula de expansión, ya en el interior de la cámara, y pierde presión. Al llegar al evaporador el gas está frío, y sin presión le corresponde volver a su estado gaseoso. Necesita calor latente de evaporación. Este lo toma del tubo de cobre que por ello se enfría y este a su vez toma calor del aire.

Con ayuda de un ventilador se establece una corriente de aire caliente de la cámara que pasa por el serpentín del evaporador entregando calorías del aire y de los productos almacenados. El gas llega caliente al compresor completando el circuito. El proceso continúa enfriando el aire y los productos almacenados hasta que la temperatura llega a ± 1 °C más baja que la fijada. Un termostato cierra la válvula de expansión y un presostato cierra la corriente del compresor. Pasado un tiempo la temperatura sube por el calor que pasa por las paredes y por la apertura de la puerta de la cámara. Cuando llega a ± 1 °C más alta que la fijada se abre la válvula y la corriente. El ciclo vuelve a trabajar.

Desde fines del siglo XIX se usaba amoníaco como gas refrigerante, pero es tóxico y por lo tanto peligroso cuando hay pérdidas de gas. En los años 70 del siglo XIX se lo reemplazó por gas de la familia de los cloro-flúor-carbono CFC llamados comercialmente Freón o R11. Hace unos años se descubrió que estos gases son unos de los principales causantes del agujero de la capa de ozono, y desde entonces se busca un reemplazante que tenga las mismas características

que el Freón pero que se descomponga antes de llegar a la capa de ozono. En el proceso de la refrigeración se sigue usando gases de la misma familia pero que son menos dañinos. En instalaciones grandes con personal de control, se sigue usando amoníaco, también denominado R717.

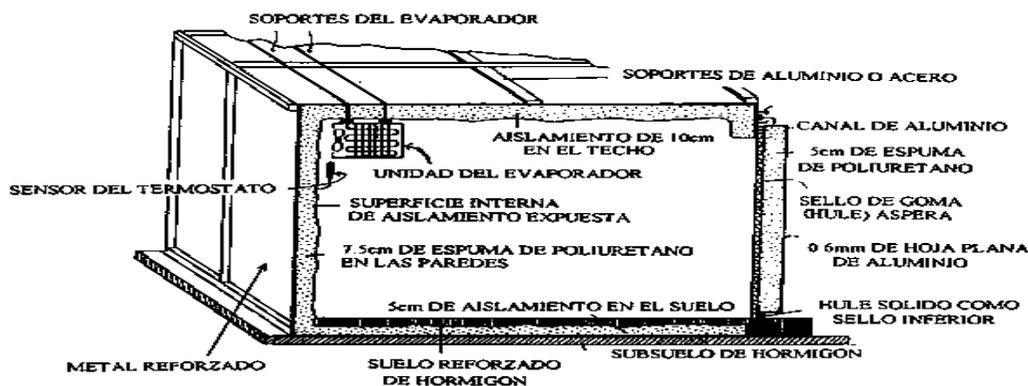
1.12. Planta frigorífica

El edificio de la planta tiene piso, paredes y techo recubiertos con varias capas de material plástico aislante y entre ellas una chapa metálica para impedir la filtración de humedad (vapor de agua). El edificio incluye:

- Cámaras a un costado o a los dos lados de un corredor: cada una con una puerta de cierre hermético manual o automática por la cual entran y salen los productos a enfriar. Para facilitar la circulación del aire frío que llega del evaporador se debe dejar libre 50 cm de la parte superior y 10 cm de las paredes. Los productos que llegan pueden venir en cajones estibados o en cajas sobre tarimas cargados hasta una altura de 1,80 m, las cajas vienen en tarimas de 1,20 x 1,00 m que se estiban hasta una altura de 1,80 m. Hay diferentes modelos de cajas y diferentes medidas y modelos de tarimas incluso con armazones para aumentar la estabilidad. En el caso de tarimas sin refuerzos no es posible montar más que 3 pisos. Los cuartos tendrán una altura de 6,50 m y el montacargas debe tener un mástil capaz de acomodar 3 pisos de tarimas. Cuando se planifica para 2 pisos, tendrá una altura de 4,50 m.
- Corredor: no tiene evaporador. La temperatura ambiente es intermedia entre la del exterior y la de los cuartos. El frío lo recibe por las paredes de los cuartos y a través de las puertas cuando se abren para sacar o introducir productos. El ancho del corredor debe permitir una fila de

tarimas o cajones preparados para entregar un pedido o en espera de introducir mercadería, y a la vez el movimiento del montacargas e incluso la posibilidad de girar 90° para entrar a las cámaras. Sobre el marco de las puertas hay termómetros e higrómetros para controlar las temperaturas y niveles de humedad, y campanas de alarma para cuando la temperatura del cuarto sube más de lo fijado.

Figura 5. Aislamiento de cuarto frigorífico

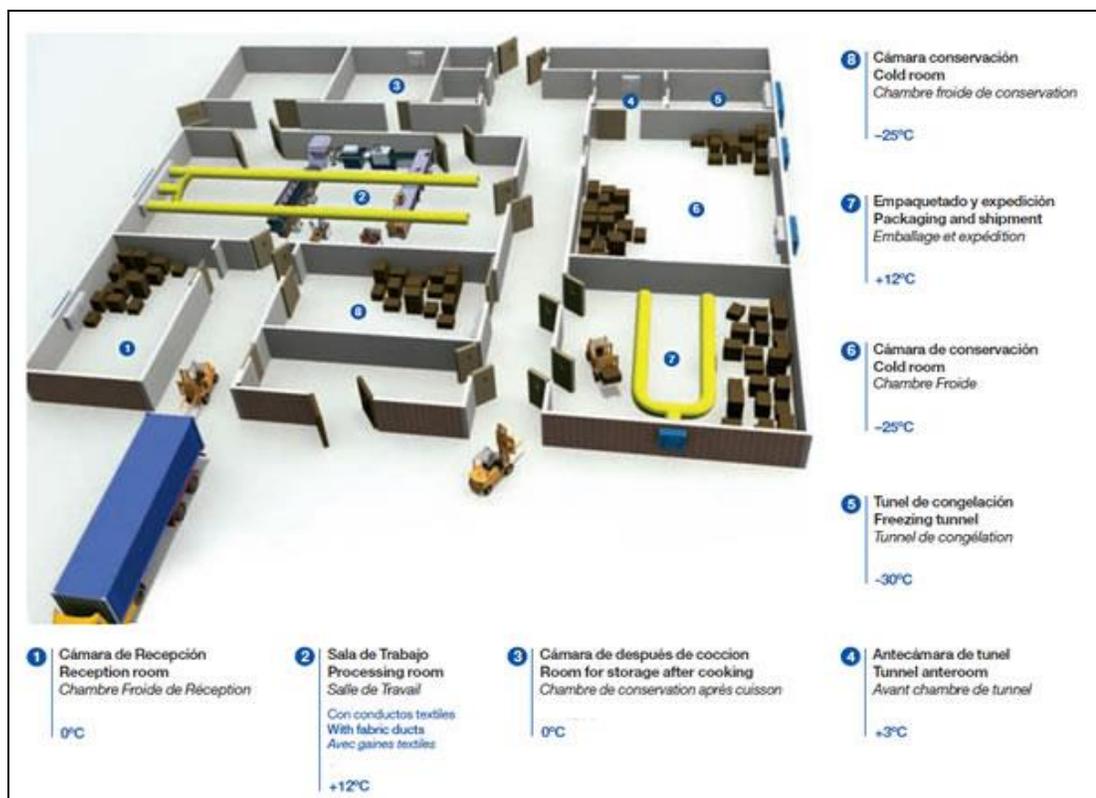


Fuente: *Control de temperatura y humedad relativa.*
www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s09.htm
 Consulta: 5 de junio de 2017.

- Sala de máquinas incluye: compresor y su motor eléctrico, condensador con ventilador para enfriarlo, (cabe señalar que no siempre se encuentra al interior de la sala de máquinas debido a que debe liberar gran cantidad de calor, conforme la magnitud de la instalación) generador y compresor de emergencia capaz de mantener la temperatura dominante en los cuartos en caso de falla del equipo o de la corriente o desperfecto del compresor, tablero de mandos de la maquinaria y la iluminación.

- Oficinas, vestuario y depósito de repuestos: en la planta frigorífica existe una actividad de capital intensivo. El servicio a la inversión en edificio, aislamiento, instalaciones y maquinaria suma el 50 % de los gastos. Otros gastos que son fijos (personal de mantenimiento y vigilancia, impuestos) suman 15 %. Los gastos variables son sólo el 35 %. El inversor debe asegurarse la ocupación de los cuartos. Hay ventajas de escala: los costos del metro cúbico de cuarto frío disminuyen con el tamaño de las instalaciones.

Figura 6. Planta frigorífica industrial



Fuente: *Técnicas de construcción de cámaras frigoríficas industriales.*
<https://www.camarasfrigorificas.es> > Cámaras Frigoríficas > Industriales
 Consulta: 5 de junio de 2017.

1.13. El compresor en un sistema de refrigeración

El compresor está diseñado y construido para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases refrigerantes. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre el compresor y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable. Los compresores son ampliamente utilizados en la actualidad en campos de la ingeniería y hacen posible nuestro modo de vida por razones como:

- Son parte importantísima de muchos sistemas de refrigeración y se encuentran en cada refrigerador doméstico, y en infinidad de sistemas de aire acondicionado.

Además, realizan funciones importantes en diferentes sistemas, entre las que podemos mencionar:

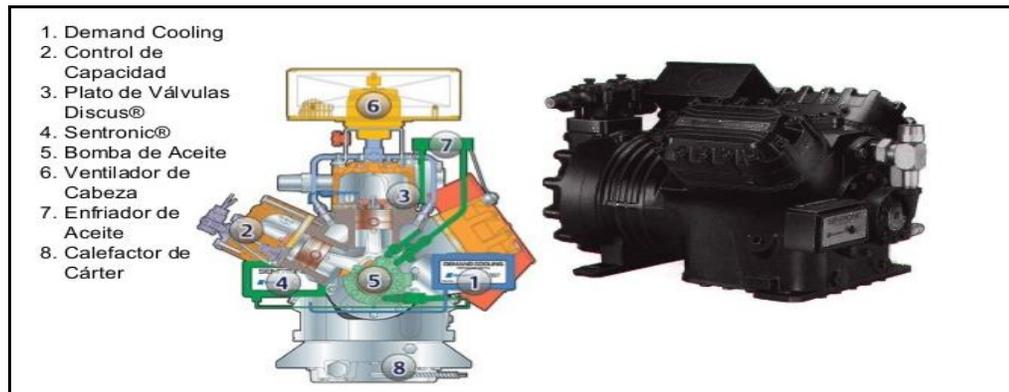
- Se encuentran en sistemas de generación de energía eléctrica.
- Se encuentran en el interior muchos motores de avión, como lo son los turbo reactores y hacen posible su funcionamiento.

- Se pueden comprimir gases para la red de alimentación de sistemas neumáticos, los cuales mueven fábricas completas.

1.13.1. Tipos de compresores de uso en refrigeración

- Reciprocantes o alternativos: utilizan pistones (sistema bloque-cilindro-émbolo como los motores de combustión interna). Abren y cierran válvulas que con el movimiento del pistón aspira/comprime el gas. Es el compresor más utilizado en potencias pequeñas. Pueden ser del tipo herméticos, semiherméticos o abiertos. Los de uso doméstico son herméticos, y no pueden ser intervenidos para repararlos. Los de mayor capacidad son semiherméticos o abiertos, que se pueden desarmar y reparar.

Figura 7. Motocompresor semihermético reciprocante o de pistones



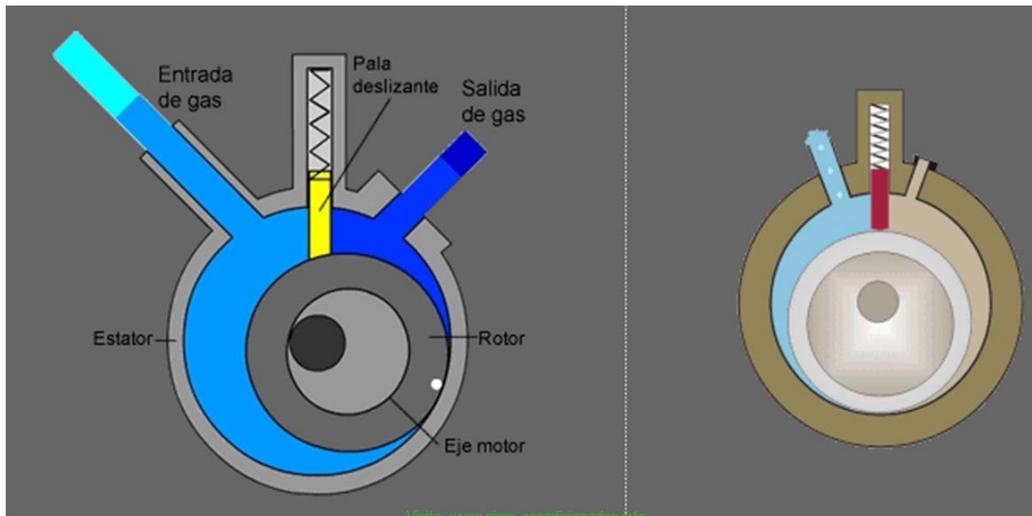
Fuente: VII Expo Frio 2011 - Variables de compresores de refrigeración y aire.
<https://es.slideshare.net/titosangui/vii-expofrio-2011-variables-de-compresores-de-refr.>
 Consulta: 5 de junio del 2017.

- Compresor rotativo de pistón rodante: en general, los compresores de refrigeración y aire acondicionado rotativos poseen acoplamiento directo del

motor y no tienen válvulas de admisión, circulando el gas siempre en el mismo sentido. Admiten elevadas relaciones de compresión ya que el abundante aceite del mismo ayuda a lubricar y además ayuda a eliminar el calor producido por el propio compresor. Estos están sujetos a mucha menos vibración mecánica que los compresores alternativos.

En los compresores de pistón rodante, el eje motor y el eje del estator son concéntricos, mientras que el eje del rotor es excéntrico. Al deslizar el rotor sobre el estator se establece entre ellos un contacto, que en el estator tiene lugar a lo largo de todas y cada una de sus generatrices, mientras que en el rotor solo a lo largo de una, la correspondiente a la máxima distancia al eje motor.

Figura 8. Compresor rotativo de pistón rodante

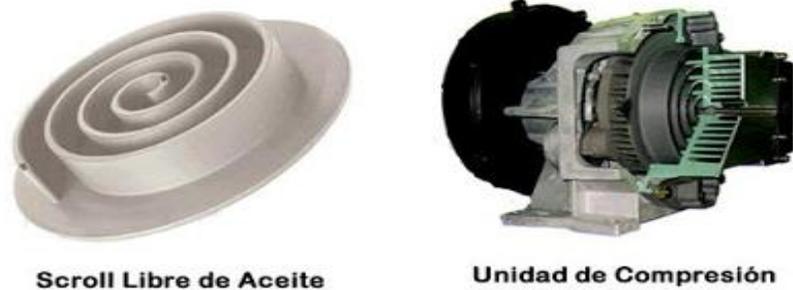


Fuente: *Cómo trabaja compresor rotativo de pistón rodante.*
www.aires-acondicionados.info › Compresor
Consulta: 5 de junio del 2017.

La admisión del gas se efectúa a través de la lumbrera de admisión, el cual es un orificio que la mayoría de veces se encuentra en la parte superior del compresor, y el escape a través de la válvula de escape. El gas aspirado en el compresor, que llena el espacio comprendido entre el rotor y el estator, se comprime de forma que, al girar, disminuye progresivamente su espacio físico hasta que alcanza la presión existente en la válvula de escape, que en ese momento se abre; entonces, tiene lugar la expulsión o descarga del vapor.

- De espiral (orbital, *scroll*): este tipo de compresores utilizan dos espirales para realizar la compresión del gas. Las espirales se disponen cara contra cara. Siendo la superior fija y la que incorpora la puerta de descarga. La inferior es la espiral motriz, Las espirales disponen de sellos a lo largo del perfil en las cargas opuestas. Estos actúan como segmentos de los cilindros proporcionando un sello de refrigerante entre ambas superficies, el centro del cojinete de la espiral y el centro del eje del cigüeñal del conjunto motriz están desalineados.

Figura 9. Compresor de espiral

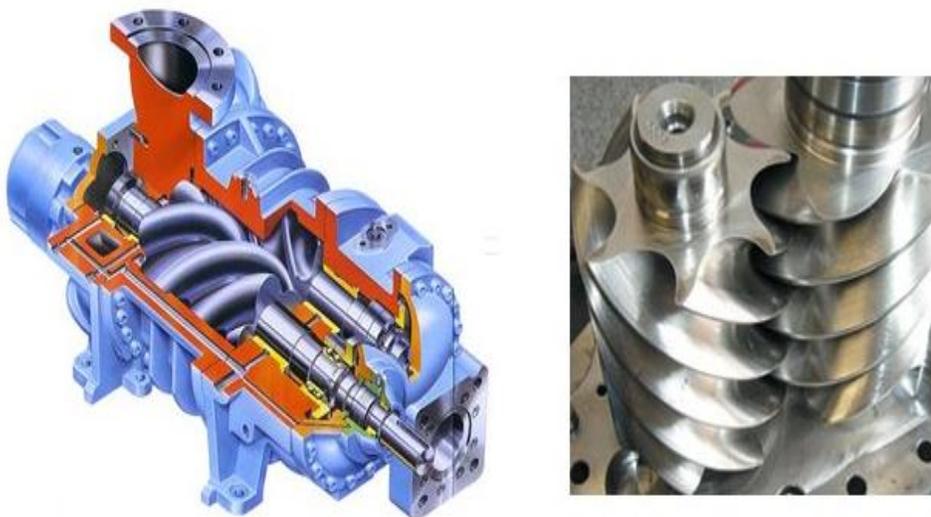


Fuente: VII Expo Frio 2011 - Variables de compresores de refrigeración y aire .
<https://es.slideshare.net/titosangui/vii-expofrio-2011-variables-de-compresores-de-refr>.
Consulta: 5 de junio de 2017.

Esto produce una excentricidad o movimiento orbital de la espira móvil, el movimiento orbital permite a las espirales crear bolsas de gas, y, como la acción orbital continua, el movimiento relativo entre ambas espirales, fija y móvil, obliga a las bolsas de refrigerante a desplazarse hacia la puerta de descarga en el centro del conjunto disminuyendo progresivamente el volumen

- Rotativo-helicoidal (tornillo, *screw*): la compresión del gas se hace de manera continua, haciéndolo pasar a través de dos tornillos giratorios. Son de mayor rendimiento y con una regulación de potencia sencilla, pero su mayor complejidad mecánica y costo hace que se emplee principalmente en elevadas potencias, solamente.

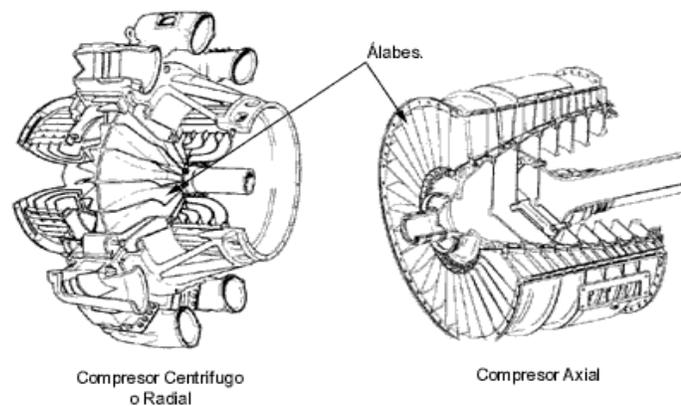
Figura 10. Compresor helicoidal de dos rotores



Fuente: *Compresores*
tecnología-compresores.blogspot.com/
Consulta: 5 de junio de 2017.

- Rotodinámicos o turbomáquinas: utilizan un rodete con palas o álabes para impulsar y comprimir al fluido de trabajo. A su vez estos se clasifican en:
 - Axiales
 - Radiales

Figura 11. Compresores rotodinámicos



Fuente: *propulsores*
bsas-vac.tripod.com/Dfc/Vuelo1/Propulsión/turbina1.htm
Consulta: 5 de junio de 2017.

1.14. Termostatos

El termostato es el componente de un sistema de control simple, su función es conmutar, o sea abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura. Fue inventado por el francés Andrew Ure en 1830, básicamente, es un elemento que permite controlar y, por ende, manejar los grados de temperatura requeridos para determinada tarea, o bien para un determinado ambiente o sistema.

Estos dispositivos mantienen el grado de temperatura, e incluso de humedad, si están preparados para ello en un punto predeterminado. La tecnología ha hecho de los termostatos aparatos de muchos tipos: digitales, analógicos, mecánicos, electrónicos, proporcionales, de una o más etapas. Hoy en día los termostatos ostentan un cuidadoso diseño estético, están concebidos como mandos ergonómicos de uso sencillo con una electrónica capaz de integrarse plenamente con la máquina a la que dan servicio.

1.14.1. Termostatos mecánicos

Como se definía al principio, en su versión más simple, un termostato está compuesto por un **interruptor de encendido/apagado** que se activa cuando un sensor interno en particular detecta una diferencia de temperatura.

Los termostatos mecánicos basan su funcionamiento en el comportamiento físico de diversos materiales. Generalmente, dos delgadas tiras de metales como hierro o cobre que se expanden o contraen hasta tocar un contacto eléctrico y completar un circuito, encendiendo o apagando el sistema de calefacción o de refrigeración; así como también los de bulbo metálico, unido a un fuelle por un tubo delgado y que dentro de estos se encuentra un gas que reacciona a los cambios de temperatura.

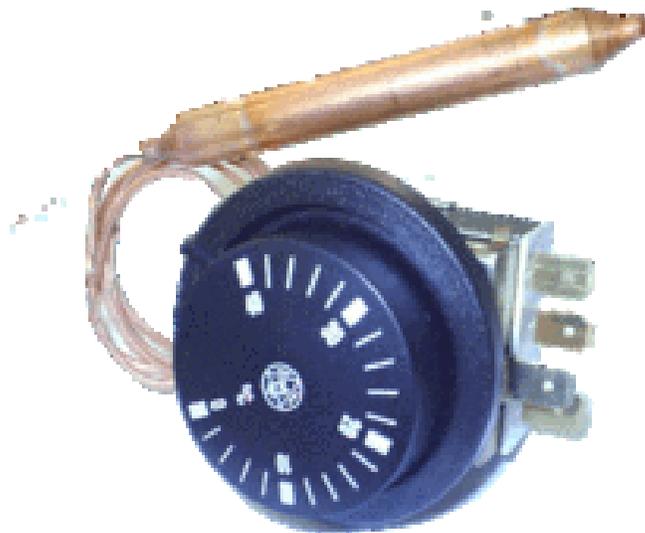
Cuando la temperatura del bulbo termostático se eleva, la presión existente dentro del elemento termostático hace extender o dilatar el fuelle, y por medio de unos elementos mecánicos de enlace provoca el cierre de los contactos del termostato a una determinada temperatura. Cuando la temperatura baja, de nuevo la reacción del bulbo termostático al contraerse provoca la apertura de los contactos.

1.14.2. Termostatos para evaporadores

Este tipo de termostatos son los empleados en refrigeración doméstica y comercial, como botelleros, vitrinas expositoras, fabricantes de hielo, entre otros

Llevan un bulbo que va fijado en un punto del evaporador, normalmente el último tramo, a efecto de poder asegurar una temperatura óptima en el interior del compartimento refrigerado.

Figura 12. Termostato con bulbo para evaporador



Fuente: 6201emec – sextosemestreemec.
Wikispaces<https://sextosemestreemec.wikispaces.com/6201emec>
Consulta: 5 de junio de 2017.

1.14.3. Termostato de ambiente

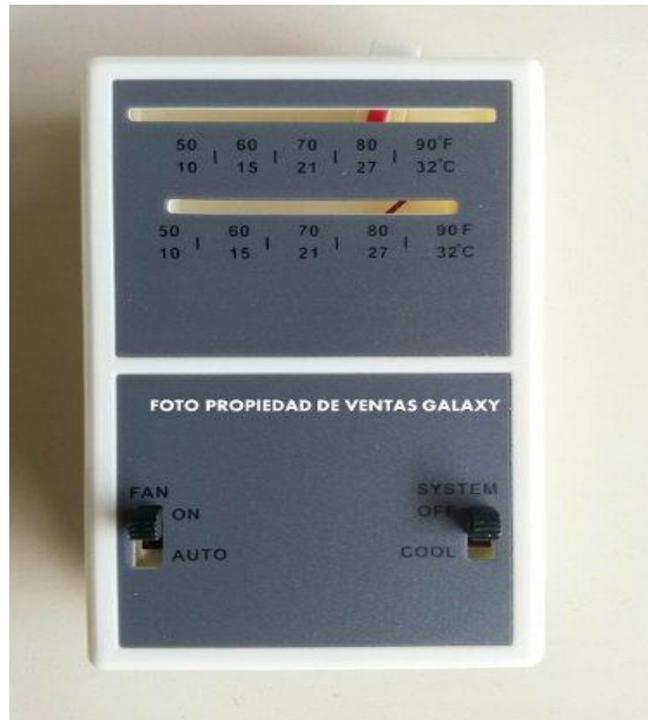
Su misión es la de controlar la puesta en marcha y paro de algún elemento, para de esta forma, poder mantener las condiciones deseadas de temperatura en el interior del local o recinto que se desea climatizar, solo que ahora su elemento sensible reacciona a la temperatura ambiente del lugar, y este puede ser de bimetal o bien uno que normalmente está constituido por un fuelle y un bulbo, y que en su interior contiene una carga de fluido.

Figura 13. Termostato ambiental de bulbo



Fuente: *Ricerca prodotti - IMIT.*
<https://www.imit.it/prodotti.aspx?set=tipo&tf=11>
Consulta: 5 de junio de 2017.

Figura 14. Termostato ambiental bimetálico



Fuente: *Termostato para aire acondicionado - Accesorios y repuestos para electrodomésticos.*
mercadolibre.com.ve › ... › Accesorios y Repuestos
Consulta: 5 de junio de 2017.

1.14.4. Termostatos digitales

Los **termostatos digitales** utilizan **sensores electrónicos de temperatura**, mucho más exactos que los ambientales. Los termostatos digitales muestran una información más completa a través de la pantalla y permiten más funciones de control. Pero sin duda, los elementos de regulación que más control permiten son los cronotermómetros o termostatos digitales programables, ya que cuentan con diversas funciones que permiten adaptar el funcionamiento del sistema de climatización a las necesidades y rutinas de sus usuarios, como son:

- **Programación horaria:** los termostatos digitales programables pueden programarse con distintas temperaturas según la hora del día. Si una familia pasa todo el día fuera de casa, el equipo puede programarse para activarse a partir de las 7 de la tarde, activándose el modo noche con temperaturas más suaves a partir de las 10, por ejemplo.
- **Programación por días:** esta función es realmente útil en segundas viviendas, pudiendo programar el encendido del equipo sólo sábados y domingos, los días en los que se va a utilizar la vivienda.
- **Programación por zonas:** cada zona de la vivienda necesita una temperatura de acondicionamiento diferente, es importante ajustarla en cada caso y ocasión. Los últimos modelos de termostatos digitales cuentan con distintas terminales que permiten un control individualizado de los equipos en zonas diferentes: una habitación, varias o una planta entera, con opción para agrupar estancias con características comunes: las menos utilizadas, las orientadas a la zona norte, primera planta, entre otras.
- **Termostato digital wifi:** la funcionalidad wifi de los termostatos más modernos nos permite controlar el aire acondicionado o la calefacción a distancia y en cualquier momento, a través de dispositivos móviles como el *smartphone* o la *tablet*. Las aplicaciones diseñadas por los fabricantes de termostatos permiten hoy en día programar al detalle el funcionamiento de la instalación lo que convierte a estos termostatos en una herramienta perfecta para ahorrar en calefacción y ganar en confort.

Figura 15. Termostato digital programable



Fuente: *¿Cómo funciona un termostato?* .
www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/02/22/¿cómo-funciona-un-termostato
Consulta 5 de junio del 2017.

2. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CLIMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Es importante diferenciar la climatización industrial del aire acondicionado para confort, este último ha sido concebido para operar en condiciones estándar de 21 °C a 25 °C y 55 % de humedad relativa, con baja o nula incorporación de aire exterior. Otro punto importante es que su diseño prevé que el equipo se utilice en días cálidos en modo frío y según el diseño invierta su ciclo operando en días fríos en modo calefacción, no pudiendo cumplir la función de frío y calor simultáneo. En este aspecto es bueno aclarar que cuando se hace la instalación del equipo con el que se va a trabajar se manejan dos términos:

- Humedad absoluta: es la cantidad de vapor de agua que se encuentra presente en el aire y que es medida generalmente en kg/m^3 .
- Humedad relativa: es el porcentaje de humedad absoluta que se debe añadir al aire para las condiciones adecuadas requeridas según sea el caso, y que no puede ser del 100 %, ya que entonces se provocaría su saturación y se llegaría a lo que se conoce como punto de rocío.

Cuando se habla de un sistema de climatización industrial, se adentra en el terreno donde se requieren características específicas, entre las que podremos encontrar en primer lugar, que los sistemas deberían poder operar todo el año las 24 horas, abarcando todas las condiciones climáticas posibles, incorporando desde un 5 a un 100 % de aire exterior y por supuesto hacerlo de forma automática y confiable.

Posiblemente en algunos casos, los equipos pequeños y tradicionales no serán los más adecuados a utilizar, ni tampoco podrá ser proyectado tomando como única referencia, los metros cuadrados o metros cúbicos del área, carga solar, cantidad de personas y aparatos que operan en su interior, por lo contrario debe pasar por distintos estudios de balance térmico en las distintas condiciones de trabajo, calculo psicométrico para cada caso, evaluación de puntos de equilibrio, cálculos de balance de caudales, cumplimiento de diferenciales de presión, cargas térmicas variables, etc. Teniendo en claro estos puntos se puede entrar en la climatización industrial, en este ámbito nos encontramos con una combinación o la totalidad de las prestaciones que detallamos a continuación:

- Humidificación
- Deshumidificación
- Enfriamiento o calefacción
- Distintos niveles de filtrado
- Distintos rangos de caudal y presión
- Incorporación de aire exterior
- Construcción industrial y sanitaria

En el pasado los requerimientos específicos de eficiencia y prestaciones de sistemas de aires acondicionados, eran muy bajos, esto fue cambiando hasta comenzar una gran escalada en las últimas décadas, damos algunos ejemplos de estos: las granjas para reproducción de pollos y producción de huevos eran simples bodegas con ventanas, actualmente se dispone de ambientes totalmente contruidos con características eficientes para que funcionen en adecuadas condiciones sanitarias, cerrados, con aire acondicionado industrial, el que se encarga de mantener las condiciones de humedad, temperatura, hasta un 100 % de aire exterior todo el año, incluso mantener la presión atmosférica, condiciones

básicas requeridas por los fabricantes de las nacederas e incubadoras que operan en su interior y que multiplican la producción histórica.

Un gran número de laboratorios trabajaron durante decenas de años sin exigencias reales sobre las condiciones en las que se debían elaborar y almacenar productos, también en los últimos años estas exigencias fueron aumentando, así como también los requerimientos para exportar. Esto posicionó a la industria farmacéutica en la escala más alta en cuanto a requerimientos de buenas prácticas y disponer de áreas clasificadas; esto último requiere sin excepción la inclusión de un sistema industrial de climatización, que pueda incorporar varias de las funciones antes mencionadas y un proyecto de distribución de aire y filtrado del mismo que garantice el cumplimiento del requerimiento de usuario.

Dentro de la industria alimenticia en general encontramos muchos puntos en común, la eficiencia requerida por las nuevas máquinas de producción, condiciones ambientales y de filtrado requeridas por estas, obligaron a sustituir los viejos sistemas de ventilación y aire acondicionado adaptado, por equipos industriales especialmente diseñados para cada aplicación y capaces de mantener estas condiciones todo el año, tal es el caso de empresas que transportan neumáticamente productos con nuevos aditivos, que impiden que el proceso se realice simplemente aspirando aire exterior dado que desestabiliza los aditivos, por ejemplo, hoy ya no se admite que un producto dependiendo de las condiciones exteriores, se entregue, con mayor o menor humedad.

Sectores productivos o salas de máquinas donde se desenvuelve personal, nos encontramos con varios casos de empresas con más de 60 años trabajando en condiciones con las que arrancó la planta, es decir temperaturas que pueden llegar hasta los 50 °C, hoy las exigencias en cuanto al ambiente de trabajo de las

personas y problemas técnicos con equipos que operan en el interior, motivaron que se realicen proyectos para mejora de dichas condiciones, temperatura, filtrado, zonas críticas, presión positiva, entre otras. Los puntos mencionados describen, el por qué, de la incorporación de sistemas de climatización a todas estas aplicaciones. Se aprecia también qué en el mejor de los casos, las inversiones realizadas para la incorporación de estos equipos tienen el resultado esperado, en otros, dado que se trata de soluciones muy específicas, los resultados no se logran o lo hacen parcialmente. Para todo proceso que requiera un sistema de climatización industrial debería contratarse a una empresa especialista en el tema, y específicamente con experiencia en el rubro en que se la requiere.

En diferentes países existen dichas empresas, las cuales tomarán contacto con el requerimiento del cliente, ayudaran a confeccionar el mismo aportando su experiencia, estudiaran su proceso específico con el fin de realizar un proyecto específico que permita la incorporación de equipos, instalaciones y servicios, que den como resultado las prestaciones esperadas. En muchos casos lo que sucede con empresas de consultaría e instaladoras es que no están al tanto de toda la tecnología disponible, o lamentablemente les lleva mucho tiempo hacerlo, y el cliente no suele diferenciarlo y darle valor. Esta información pretende aclarar los factores fundamentales por los cuales es altamente conveniente y hasta más económico la contratación previa de un proyecto, y no incurrir en la selección directa de equipos de varias marcas junto con la contratación de un tercero para que lo instale, esto en muchos casos conlleva una falta de predecibilidad de los resultados, una incompatibilidad de los productos, la posibilidad que las prestaciones totales no sean cumplidas y sobre todo un vacío de cobertura al no estar cubiertos por una garantía que los integre.

De aquí surge también la necesidad que las empresas que se dedican a la fabricación y distribución de estos equipos, así como los centros de enseñanza

de esta materia, deban coordinarse para la realización de proyectos de capacitación que puedan instruir adecuadamente al personal técnico que trabaja en esta rama.

Un buen proyecto debería tomar como base los planos civiles del cliente, los requerimientos de humedad, temperatura, clasificación de área, requerimientos específicos en cuanto a cascadas de presión, potencias y tipos de equipo que operan en el área, armar una planilla con las superficies y volumen, potencia de motores, calefactores, iluminación, personal, paredes, entre otros. Con estos datos se debe generar un balance térmico completo que pueda integrar todas las variables del proyecto.

Los caudales que se necesitan según balance nunca deben subdimensionarse, esto suele ocurrir si se calcula por volumen, o por renovaciones hora. Se debe realizar un balance de caudales en otra planilla analizando el recorrido que se pretende que tenga el aire, (sentido de fuga), extracciones, pérdidas por puertas, y renovaciones hora necesarias para la calificación del área, entre otros. Luego se cruza toda la información y se elige la que dé más alta en cada caso, es común encontrarnos con errores por hacer cálculos de sistemas directamente por renovaciones, o salteando algún paso importante. Al disponer del caudal de aire total y exterior, debemos hacer un análisis psicrométrico de los caudales con el fin de determinar la capacidad frigorífica total, la sensible, el punto de rocío del aparato, las condiciones de mezcla entre el aire de retorno y el aire exterior, entre otros aspectos.

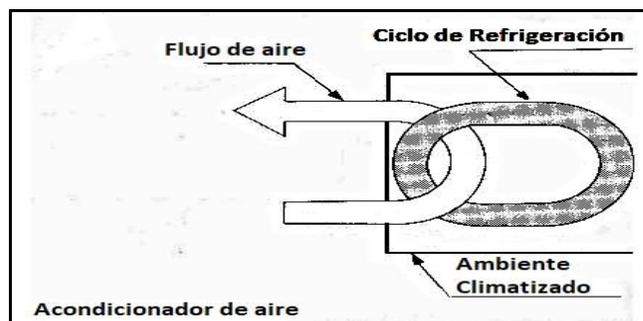
2.1. Clasificación de equipos de aire acondicionado

Los sistemas de climatización se pueden dividir en primer lugar atendiendo al tipo de expansión, en equipos autónomos o de expansión directa y equipos centralizados o de expansión indirecta.

2.1.1. Equipos autónomos o de expansión directa

Estos equipos tienen un intercambio directo entre el aire a acondicionar y el refrigerante, el aire se enfría por la expansión directa de un refrigerante. No utilizan agua como fluido portador de calor y presentan baterías de expansión directa (evaporadores o condensadores). El equipo puede producir frío sólo o frío y calor.

Figura 16. Esquema de la expansión directa.

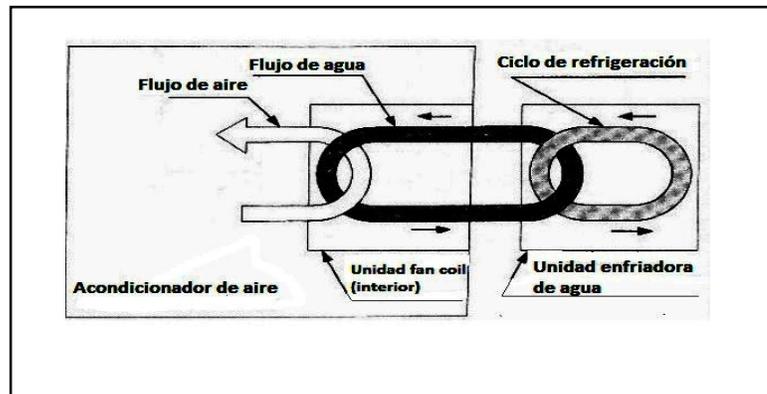


Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

2.1.2. Equipos centralizados o de expansión indirecta

Estos equipos presentan un intercambio indirecto entre el aire a acondicionar y el refrigerante a través de agua como fluido intermedio (sistemas hidráulicos) o salmuera. Las baterías que presentan son baterías de agua fría o caliente.

Figura 17. Esquema de la expansión indirecta



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

2.2. Diferencias entre equipos autónomos y equipos centralizados

Algunas de las diferencias entre los equipos autónomos y centralizados se citan a continuación:

- La temperatura de evaporación de los equipos autónomos es mayor que la de los centralizados con una diferencia aproximada de 5 °C.

- La fuente de calor de los equipos centralizados son calderas y bombas de calor aire-agua, frente a los equipos autónomos que tienen como fuente de calor bombas de calor aire-aire, resistencias eléctricas, y calentador de gas.
- El nivel de filtrado de los equipos centralizados supera al de los autónomos.
- El montaje de los equipos centralizados se realiza en obra y el de los equipos autónomos viene montados de fábrica, no existiendo muchos cambios en obra. Por esto la dificultad de la instalación de los equipos centralizados es mayor que la de los equipos autónomos.
- Los equipos autónomos requieren un mantenimiento mayor que los centralizados.
- El nivel de ruido de los equipos autónomos es mayor que los centralizados.
- La robustez y fiabilidad de los equipos centralizados es mayor que la de los equipos autónomos.
- El espacio que ocupa los equipos centralizados es mayor que el espacio que ocupan los equipos autónomos.
- Los costos iniciales de los equipos centralizados suelen ser mayores que los de los equipos autónomos.

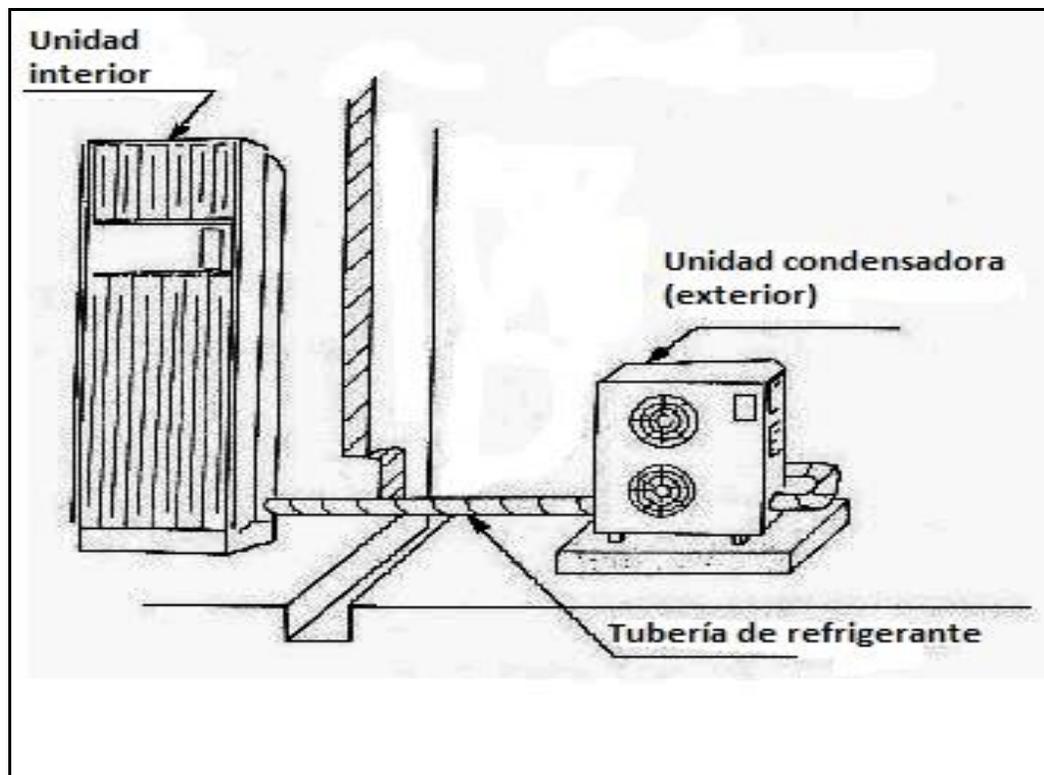
2.3. Clasificación de los equipos autónomos o de expansión directa

Atendiendo al fluido en contacto directo con el condensador se distinguen:

2.3.1. Equipos condensados por aire (*air-cooled*)

Son los llamados equipos aire-aire. Extraen el calor del aire exterior y lo transfieren a los locales mediante una red de conductos.

Figura 18. **Equipo autónomo partido condensado por aire**

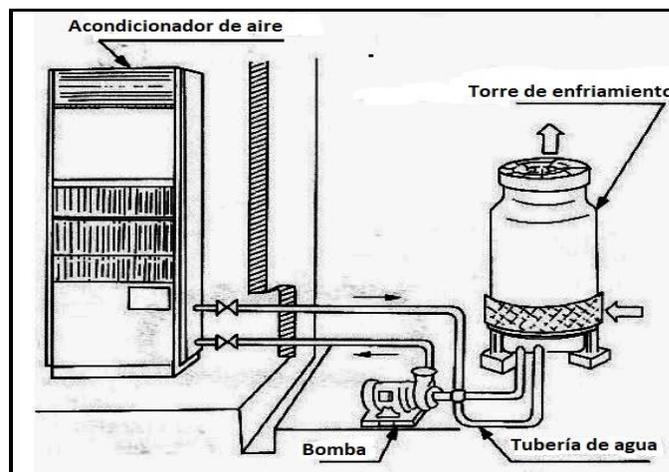


Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

2.3.2. Equipos condensados por agua (*water-cooled*)

Son los llamados equipos agua-aire. El agua utilizada para la condensación puede ser agua de una torre de enfriamiento o puede ser agua perdida de pozos, lagos, ríos, etc. Producen unos rendimientos energéticos mejores que las que utilizan aire exterior, debido a la menor temperatura de condensación y la mayor uniformidad de la temperatura a lo largo del año.

Figura 19. Equipo autónomo compacto condensado por agua



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio del 2017.

Cuando el fluido al que se le cede o absorbe calor es el aire se utiliza un intercambiador de tubos y aletas, si este fluido es el agua el intercambiador recomendado es de concha y tubo. Los equipos condensados por aire son más

ruidosos que los condensados por agua, y a parte para un mismo consumo de potencia aportan menos potencia frigorífica y calorífica.

2.3.3. Condensador evaporativo

En este tipo de condensadores se evapora agua situada en la superficie de los tubos por los que circula el refrigerante. Este tipo de condensadores tienen un rendimiento muy alto porque usan temperaturas de condensación bajas, pero tienen unos costes muy altos, lo que hace que su uso sea escaso.

2.4. Inversión térmica del equipo

Atendiendo a la inversión térmica que sea capaz de realizar el equipo de aire acondicionado, de acuerdo al diseño con el cual hayan sido fabricados, los equipos pueden ser clasificados de dos maneras: irreversibles y reversibles.

2.4.1. Equipos irreversibles

Solo pueden dar frío o calor. Esto quiere decir que pueden dar una función específica nada más, ya sea de enfriamiento cuando se desea disminuir la temperatura en un ambiente cálido, o calentamiento en lugares y ambientes con temperaturas bajas.

2.4.2. Equipos reversibles

Dan frío y calor. Las fuentes de calor usadas son: resistencias eléctricas, calentamiento de gas (intercambiador de gases combustión-aire) y bombas de calor con la inversión del ciclo por una válvula de cuatro vías.

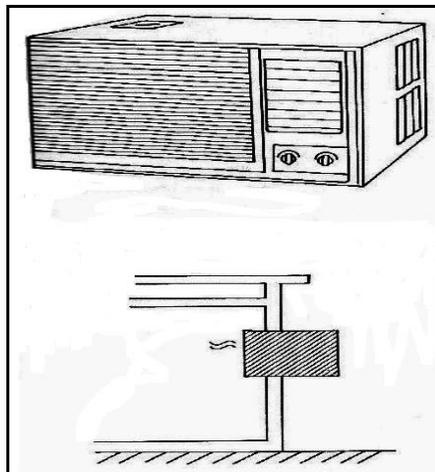
2.5. Clasificación de acuerdo a la cantidad de unidades del equipo

Los equipos de aire acondicionado pueden ser fabricados de diferentes maneras tomando en cuenta diseños establecidos o tradicionales, pero también puede hacerse de acuerdo a las necesidades específicas de su aplicación o tomando en cuenta los lugares donde van a ser instalados. Atendiendo al número de unidades que se divide el ciclo de refrigeración, pueden ser compactos o divididos.

2.5.1. Equipo compacto

Los acondicionadores compactos están formados por una única unidad y normalmente son de baja capacidad de enfriamiento, tienen forma cuadrada o de pequeño paquete y son conocidos comúnmente como tipo ventana.

Figura 20. Equipo autónomo de ventana



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

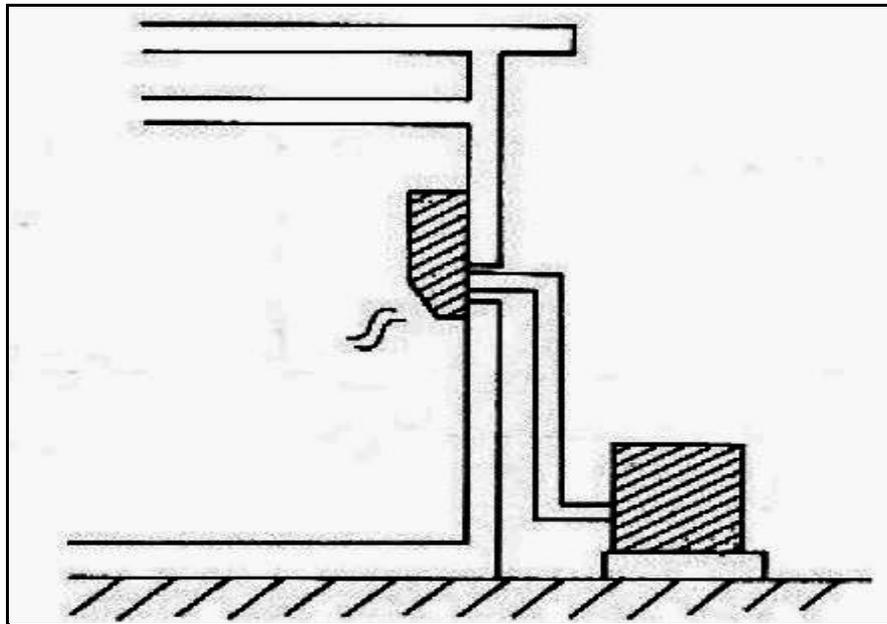
2.5.2. Equipos divididos

Los acondicionadores divididos también se llaman *splits*, y pueden estar formados de varias maneras.

2.5.3. Equipo tipo *split*

Están formados por dos unidades, lo que se denomina *split* (unidad exterior y unidad interior).

Figura 21. Equipo autónomo tipo *split*

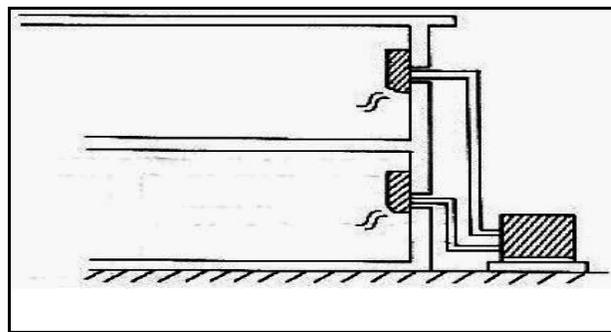


Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

2.5.4. Equipo tipo *multi-splits*

Está formado por una unidad exterior conectada a dos o más unidades interiores las cuales pueden ser colocadas a diferentes distancias y niveles de altura.

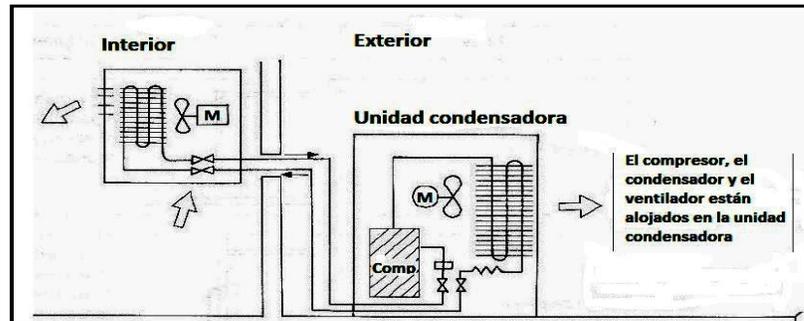
Figura 22. Equipo autónomo *multi-split*, formado por dos unidades interiores y la unidad exterior



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

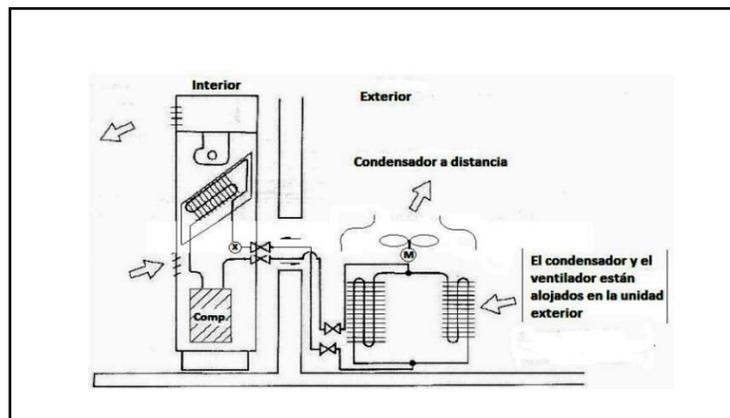
En los equipos *splits*, la unidad interior se sitúa en el local a climatizar y está compuesta fundamentalmente por el evaporador y ventilador, y la unidad exterior está compuesta por condensador y ventilador. Aunque el compresor puede estar en una parte u otra, normalmente está en la parte exterior.

Figura 23. **Split** con el compresor en la unidad exterior



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

Figura 24. **Split** con el compresor en la unidad interior



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

2.5.5. Equipo tipo paquete

Conocidos también como unidades centrales, este tipo de equipo se caracteriza porque todos los componentes del sistema están acoplados en una

sola unidad: compresor, ventiladores, evaporador, condensador, sistema eléctrico, entre otros, y normalmente tienen la forma de una gran caja o paquete, de ahí precisamente su nombre y son sistemas de gran capacidad y flujo de aire.

Debido a su gran tamaño y peso la mayoría de veces se instalan en las terrazas de los lugares donde se van a usar y tienen la capacidad de enfriar grandes áreas incluso con divisiones internas, para lo cual se hace necesario una red de ductos o tuberías para la distribución del aire.

Estas unidades generalmente son de capacidades mayores que las anteriores y también consumen mayor cantidad de energía por lo que para su instalación debe hacerse un análisis previo tanto de costos de instalación como de funcionamiento.

Figura 25. Diferentes unidades tipo paquete



Fuente: *Aire acondicionado tipo paquete*
<https://paquetesdeaireacondicionado.com/aire-acondicionado-tipo-paquete>
Consulta: 10 de junio de 2017.

Si se compara un sistema partido con uno compacto, se pueden destacar algunas diferencias:

- En los sistemas compactos se precisa un orificio grande, mientras que, para un sistema partido, se necesita un orificio pequeño para las tuberías de refrigerante.
- Los equipos compactos realizan más ruido que los partidos, pero se debe tener en cuenta que el ruido que realizan los equipos partidos lo hacen en el exterior.
- En los equipos compactos existe la posibilidad de ventilación, ya que el mismo aparato está conectado al exterior y el interior, sin embargo en un equipo partido no tiene esta posibilidad al tener un aparato en la zona exterior y otro en la zona interior. Cuando la descarga del aire es directamente al local se considera como equipo de descarga directa y cuando la descarga es a través de conductos se considera como de descarga indirecta.

2.6. Clasificación de acuerdo a la localización de la unidad interior

La clasificación de acuerdo a la localización de la unidad interior es la siguiente:

2.6.1. Tipo suelo

La unidad se instala en el suelo, a partir de la cual se distribuye ampliamente el aire acondicionado.

Figura 26. Unidad interior tipo suelo



Fuente: *Aire acondicionado suelo techo Baxi NANUK RZC120 - Gas frío calor.*
<https://www.gasfriocalor.com/aire-acondicionado-suelo-techo-baxi-nanuk-rzc120>
Consulta: 10 de junio del 2017.

2.6.2. Tipo de pared

La unidad se instala en el medio de la pared, así se consigue que se aproveche eficazmente el espacio del ambiente.

Figura 27. Unidad interior tipo pared



Fuente: *Aparatos de aire acondicionado - Como elegirlos y tipos.*
<https://aparatosde.com> > Electrodomésticos
Consulta: 10 de junio de 2017.

2.6.3. Tipo horizontal de techo

La unidad se suspende del falso techo y distribuye horizontalmente el aire acondicionado.

Figura 28. Unidad interior tipo horizontal de techo



Fuente: *Reparación aire acondicionado piso cielo* | | *ciredexsa*
<https://ciredexsa.cl/reparacion-aire-acondicionado-piso-cielo/>
Consulta: 10 de junio del 2017.

2.6.4. Tipo cassette

La unidad se instala en el falso techo de tal forma que se puede utilizar totalmente el espacio del ambiente. Es mejor desde el punto de vista del diseño interior que el modelo horizontal de techo.

Figura 29. Unidad interior tipo *cassette*



Fuente: *Bombas de calor, Ventilación, Aire acondicionado.*
www.archiexpo.es/cat/bombas-calor-ventilacion-aire-acondicionado-AZ.html
Consulta: 10 de junio del 2017.

2.7. Equipos de expansión indirecta. La enfriadora de agua

Los equipos de producción de agua fría están especialmente indicados para los grandes sistemas de acondicionamiento de aire por las ventajas que ofrece en cuanto a distribución y a la centralización de la producción de frío. El agua se utiliza como medio de transferencia de calor secundario. El agua es enfriada en transferencia térmica con un refrigerante. Posteriormente, el agua se distribuye para los acondicionadores del aire.

Las plantas enfriadoras se pueden dividir en dos grupos según el medio que se utilice para el intercambio de calor con el refrigerante en el condensador. Se clasifican según:

- Enfriadoras de agua condensadas por agua, o equipos agua- agua: se benefician del calor específico del agua y su calor latente de vaporización. Requieren una red de suministro de agua, los emisores son radiadores a baja presión y temperatura, *fan-coils* o suelo radiante y permiten mantener un COP (coeficiente de operación) constante y elevado durante toda la temporada.

Figura 30. Enfriadora de agua condensada por agua



Fuente: *Los Chillers – sistemas de enfriamiento ideal para grandes espacios.*
<https://arquigrafico.com/los-chillers-sistemas-de-enfriamiento-ideal-para-grandes-espacio>.
Consulta: 10 de junio de 2017.

- Enfriadoras de agua condensadas por aire, o equipos aire- agua: el aire se toma del ambiente, sin embargo, su bajo calor específico obliga a mover grandes cantidades del mismo para un buen intercambio térmico, lo que hace que sea necesario el uso de ventiladores.

El uso de las plantas enfriadoras de agua condensadas por aire se está extendiendo cada vez más en sustitución de los modelos condensados por agua. El precio del metro cúbico de agua y las restricciones en su consumo que dicho coste implica, inclina la balanza a favor de las plantas condensadas por aire. Además, hay otros factores, tales como el problema de la *legionella* o legionela, que es una bacteria que se transmite a través del agua. Esta bacteria está presente en los canales naturales del agua en pequeñas cantidades y pone en riesgo la salud de las personas.

Figura 31. Enfriadora de aire condensada por aire



Fuente: <http://www.archiexpo.es/fabricante-arquitectura-design/armario-50> .
www.archiexpo.es/kwrefs-ae/sitemap-a.xml
Consulta: 10 de junio de 2017.

Cuando la bacteria permanece en agua estancada a una temperatura elevada, como por ejemplo en un sistema de calderas, en una torre de refrigeración, o en un condensador, ésta se puede reproducir fácilmente y aumentar significativamente el nivel de riesgo. Si el agua contaminada entra en contacto con nuestro sistema respiratorio, a través de la ingestión o vía gotas de agua suspendidas en el aire, se puede manifestar una forma severa de neumonía; también conocida como la enfermedad del legionario, y esto hace que el uso de plantas condensadas por aire crezca cada vez más en importancia.

Otros criterios de clasificación de las plantas enfriadoras son:

- Enfriadoras de agua reversibles (son capaces de producir agua caliente y agua fría) o solo frío.
- Las enfriadoras de agua pueden ser partidas o compactas.

2.8. La bomba de calor

La bomba de calor son aparatos de refrigeración que pertenecen al grupo de equipos autónomos, reversibles.

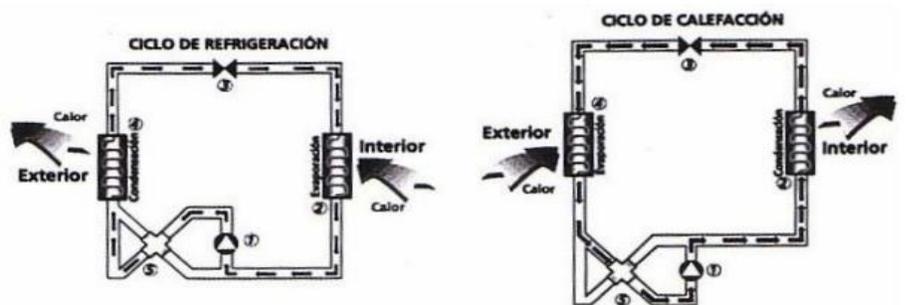
La refrigeración consistía en la eliminación de calor de un lugar en que no resulta deseable y su depósito en un lugar donde su presencia no moleste. De hecho, el calor puede llevarse a un lugar donde sí que se desee su presencia, recuperando así el calor. En esto radica la diferencia entre una bomba de calor y un aparato de solo frío. Con el acondicionador de solo frío solo se puede bombear el calor en un sentido, mientras que la bomba de calor es un sistema de refrigeración que puede bombear calor en ambos sentidos.

Si se compara con cualquier otro sistema eléctrico, las bombas de calor son unos sistemas rentables a largo plazo, con un ahorro de energía considerable. Un convector tradicional de calefacción mediante energía eléctrica obtiene de un consumo de 1 kWh de energía eléctrica 1 kWh de calor, en cambio, una bomba de calor de 1 kWh de consumo eléctrico produce 3 kWh de calor. Este importante ahorro energético es debido a que el transporte de calor requiere exclusivamente el consumo eléctrico del compresor y del ventilador.

El funcionamiento de la bomba de calor viene dado por el ciclo de compresión al igual que en el ciclo de refrigeración, lo que diferencia al equipo de solo frío con la bomba de calor es que en ésta se incorpora una válvula de cuatro vías, para regular la dirección del flujo de calor.

El hecho de que la bomba de calor se pueda utilizar tanto como calefactor y como refrigerador exige que las baterías interior y exterior funcionen como condensador y como evaporador, respectivamente, en régimen de calefacción y como evaporador y condensador en régimen de refrigeración.

Figura 32. Funcionamiento en refrigeración y calefacción de una bomba de calor



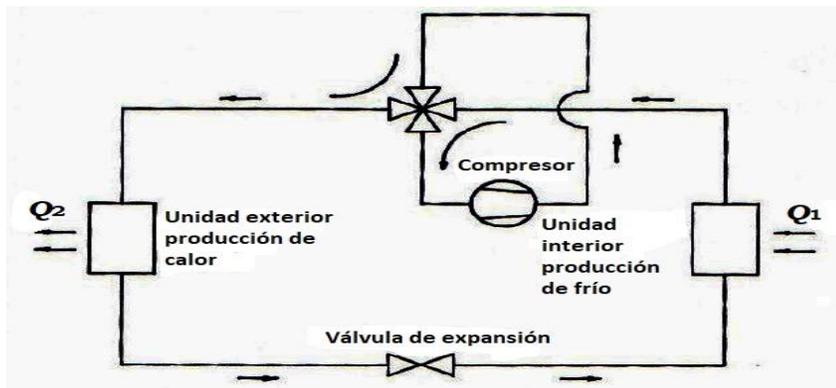
Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
 bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
 Consulta: 10 de junio de 2017.

El dispositivo de expansión que utiliza debe ser de un tipo especial ya que debe funcionar indistintamente en ambos sentidos.

2.9. Válvula de cuatro vías

Esta válvula dirige el gas de descarga y el calor en la dirección apropiada, con el fin bien de calentar el espacio acondicionado, o de enfriarlo.

Figura 33. Esquema del ciclo de refrigeración



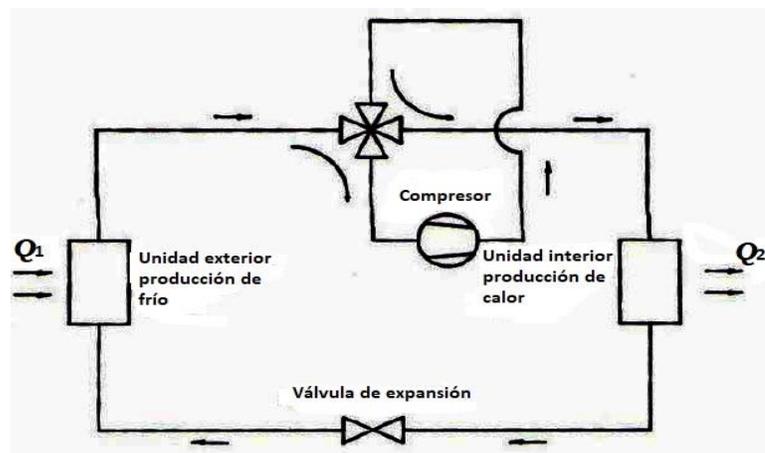
Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

Durante el ciclo de refrigeración, el refrigerante sale del conducto de descarga del compresor en forma de gas caliente. El gas caliente entra en la válvula de cuatro vías y sale hacia la batería exterior que hace de condensador, donde se expelen calor hacia el exterior. El refrigerante se condensa, sale del condensador en estado líquido y fluye hacia la batería interior por la válvula de expansión. El refrigerante se expande y en la batería interior, que hace de evaporador se convierte en vapor. El vapor caliente sale del evaporador entra en el cuerpo de la válvula de cuatro vías. El pistón de la válvula dirige el refrigerante

hacia el conducto de aspiración del compresor, donde el refrigerante se comprime, y el ciclo vuelve a empezar.

El ciclo de calefacción, consiste en que el gas caliente sale del compresor y entra en el cuerpo de la válvula de cuatro vías, como en el caso anterior. Sin embargo, ahora el pistón de la válvula de cuatro vías cambia a la posición de calefacción y el gas caliente entra en el serpentín interior. El serpentín actúa como condensador y expelle calor hacia el espacio acondicionado. El refrigerante se condensa y sale del serpentín interior en estado líquido. Atraviesa la válvula de expansión y llega al serpentín exterior. El refrigerante se expande y absorbe calor mientras se convierte en vapor. El vapor caliente sale del serpentín exterior y entra en la válvula de cuatro vías. La válvula lo dirige hacia el conducto de aspiración del compresor. El vapor se comprime y se desplaza hacia el conducto de descarga del compresor, para repetir el ciclo.

Figura 34. Esquema del ciclo de calefacción



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

2.10. Modos de control en equipos de climatización

Los modos de control en equipos de climatización más utilizados son los siguientes:

2.10.1. Control todo-nada

En estos sistemas el compresor se pone en funcionamiento cuando el termostato percibe una temperatura inferior a la de su punto de consigna y se para cuando detecta una temperatura superior. Entonces su funcionamiento se basa en el compresor a pleno rendimiento o apagado, es decir, los compresores arrancan y paran frecuentemente. Cuando se pone en marcha el sistema, arranca el compresor y se mantiene en funcionamiento hasta que se alcanza la temperatura solicitada. En ese momento el compresor para y no se volverá a poner en marcha hasta que la temperatura lo solicite de nuevo.

Es el sistema de funcionamiento de los equipos de climatización más comunes ya que es el tipo de acondicionadores de coste inicial menor.

2.10.2. Control por etapas

Este modo de control se usa en equipos con compresores de tornillo. La regulación se realiza gracias a una válvula corredera discreta. Cuando se mueve, una parte del gas que está en la cámara cerrada sale, por tanto, comprime menos cantidad. Entonces, se dice que el equipo trabaja a carga parcial. También, es un modo típico de funcionamiento de los compresores alternativos, en ellos se consigue un control por etapas con la carga y descarga de cilindros.

2.10.3. Control proporcional

La cantidad de fluido refrigerante bombeado a las baterías aumenta o disminuye proporcionalmente a la proximidad de la temperatura del local con respecto al punto de consigna. Los sistemas *Inverter* consiguen que el compresor, en lugar de parar, baje el régimen de funcionamiento, consiguiendo evitar continuos arranques y paradas del compresor, reduciendo así el consumo del sistema y manteniendo la temperatura real con menos variaciones sobre la temperatura solicitada y a un menor nivel sonoro.

Este sistema de control es el que usa los equipos de climatización llamados *Inverter* y los sistemas de caudal de refrigerante variable. Los compresores de tornillo que usan este modo de control tienen la válvula de corredera continua. Los compresores *scroll* también son usados con este tipo de control.

2.11. Tecnología *Inverter*

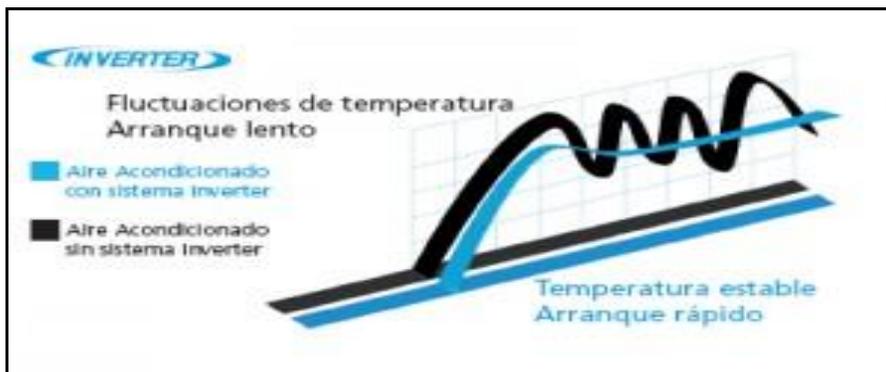
El régimen del compresor *Inverter* se adapta a la variabilidad de la carga térmica del edificio. Los sistemas convencionales trabajan en corriente alterna y regulan la temperatura con un control todo-nada o por etapas, los sistemas de tecnología *inverter* son capaces de variar la corriente en el compresor de alterna a continua y variar su velocidad para ajustar las potencias frigoríficas a las demandas energéticas.

Algunas de las ventajas de la tecnología *Inverter*, son:

- Se consiguen grandes ahorros energéticos, gracias al funcionamiento del régimen del compresor.

- Reducidos niveles sonoros.
- Se alcanza antes la temperatura deseada.
- Reducción de las fluctuaciones de temperatura (mayor confort).

Figura 35. **Diferencias de fluctuaciones de temperatura entre sistema *inverter* y sistema convencional**



Fuente: *INVERTER*, sí. ¿Qué es un sistema inverter? | CENIT climatización
www.cenitclimatizacion.com/sistema-inverter/
 Consulta: 10 de junio de 2017.

Los elementos fundamentales del sistema *Inverter* son:

- Convertidor: transforma la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC).
- *Inverter*: dispositivo electrónico de control situado en la unidad exterior con esto se consigue variar la frecuencia y por tanto variar la velocidad del compresor.

- Compresor: compresor especial de velocidad variable.

Figura 36. Diagrama de flujo del sistema *Inverter*



fuelle: *Equipos de climatización.pdf*
bing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

Los compresores utilizados normalmente por los fabricantes son compresores *scroll* y compresores rotativos.

La tecnología Inverter se utiliza en algunos equipos autónomos y en los sistemas VRV (*variable refrigerant volume*). El ahorro energético comparado con la tecnología estándar de este tipo de equipos *Inverter* llega hasta un 30 %.

2.12. Sistemas de volumen de refrigerante variable para el acondicionamiento de aire

Los sistemas de caudal variable de refrigerante son sistemas de climatización relativamente modernos en comparación con otros sistemas (sistema todo aire, toda agua, entre otros) que se han utilizado desde hace años. Estos sistemas, gracias a un sistema complejo de control han conseguido que

sean muy sofisticados tecnológicamente. Se han expandido mucho en los últimos tiempos y cada vez es más común su uso. Son conocidos en el mercado con las iniciales en inglés VRF (*variable refrigerant flow*), VRV (*variable refrigerant volume*) o en español CVR.

Han surgido de la evolución de los sistemas *multi-split*, con tecnología *Inverter* y consiguen que se cumplan con lo que se le demanda hoy en día a un sistema de climatización: facilidad de diseño, flexibilidad, eficiencia energética, fiabilidad, facilidad de instalación, reducido mantenimiento, silencioso, facilidad de uso y respetuoso con el medio ambiente. Son sistemas de bomba térmica reversible que permiten conectar varias unidades interiores con una sola unidad exterior a través de dos tuberías de cobre, debidamente aisladas según la normativa correspondiente, por donde circula el fluido refrigerante.

Los sistemas de caudal variable de refrigerante son ideales para aplicaciones de carga variable, ya que su diseño se basa en la tecnología *Inverter*. Lo que se consigue es que se ajuste la cantidad de calor que se absorbe o se cede a la demanda de cada zona, incluso pudiendo trasvasarse calor de unas zonas a otras. Estos sistemas presentan múltiples aplicaciones tales como oficinas, hoteles, comercios, residencias, viviendas unifamiliares, bloques de apartamentos, entre otros, y son muy empleados en reformas de edificios. Son principalmente aplicaciones comerciales y residenciales.

2.12.1. Tipos de unidades de caudal variable de refrigerante

Hay 3 tipos de sistemas dentro del caudal variable de refrigerante, atendiendo al modo en que funcionan:

- Sólo frío: La potencia que entrega solo es de refrigeración. Son los sistemas menos usados.
- Bomba de calor: Todas las unidades interiores funcionan en modo frío o en modo calor. Son los sistemas más usados.
- Recuperación de calor: Pueden dar calor y frío simultáneamente adecuándose a las necesidades de cada zona. Estos sistemas se usan menos porque tienen mayor coste inicial.

Atendiendo al sistema de distribución del refrigerante, se pueden distinguir:

- Sistemas a dos tubos: tubería de líquido y tubería de gas (aspiración en frío y descarga en calor).
- Sistemas a tres tubos: tubería de líquido, tubería de aspiración de gas y tubería de descarga de gas.

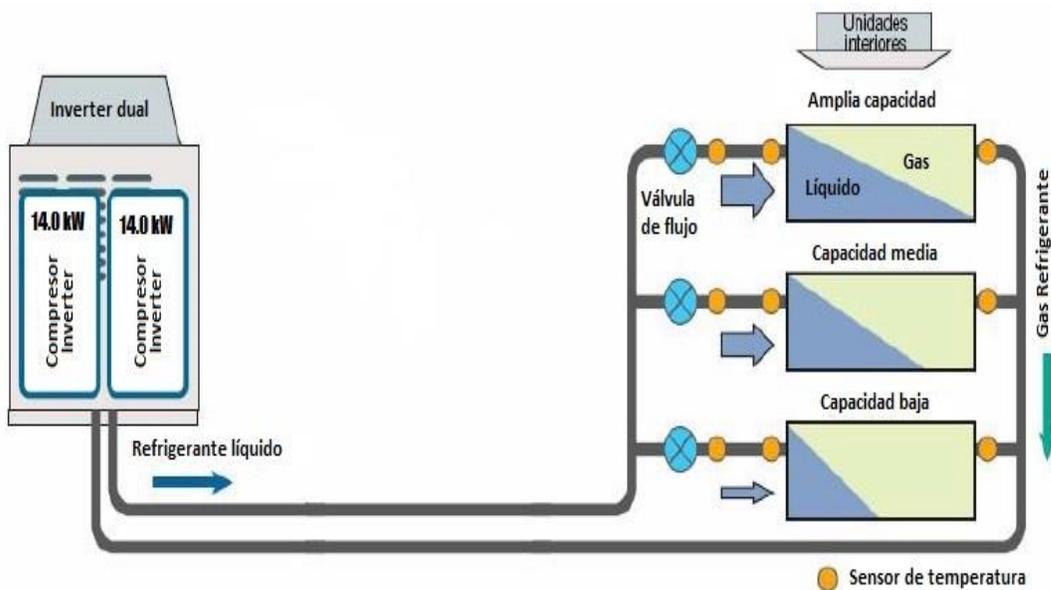
Atendiendo a los fluidos que están en contacto con el refrigerante:

- Sistemas aire-aire: el fluido que utilizan para la condensación es el aire exterior. Son los sistemas bomba de calor y recuperación de calor.
- Sistemas agua-aire: el fluido que utilizan para la condensación es el agua. Se usan también para bombas de calor, pero mucho menos que los sistemas aire-aire.

2.12.2. Funcionamiento de los sistemas de caudal variable de refrigerante

El funcionamiento de estos sistemas es parecido al de las bombas de calor que tienen tecnología *Inverter*. Pueden controlar el caudal de refrigerante y en consecuencia a esto, controla la potencia frigorífica o calorífica que puede dar y por tanto, la temperatura de cada recinto a climatizar. Por lo comentado anteriormente, lo que consume en estas unidades no es el total, sino que es función de la potencia que entrega en cada caso, lo que conlleva un importante ahorro energético.

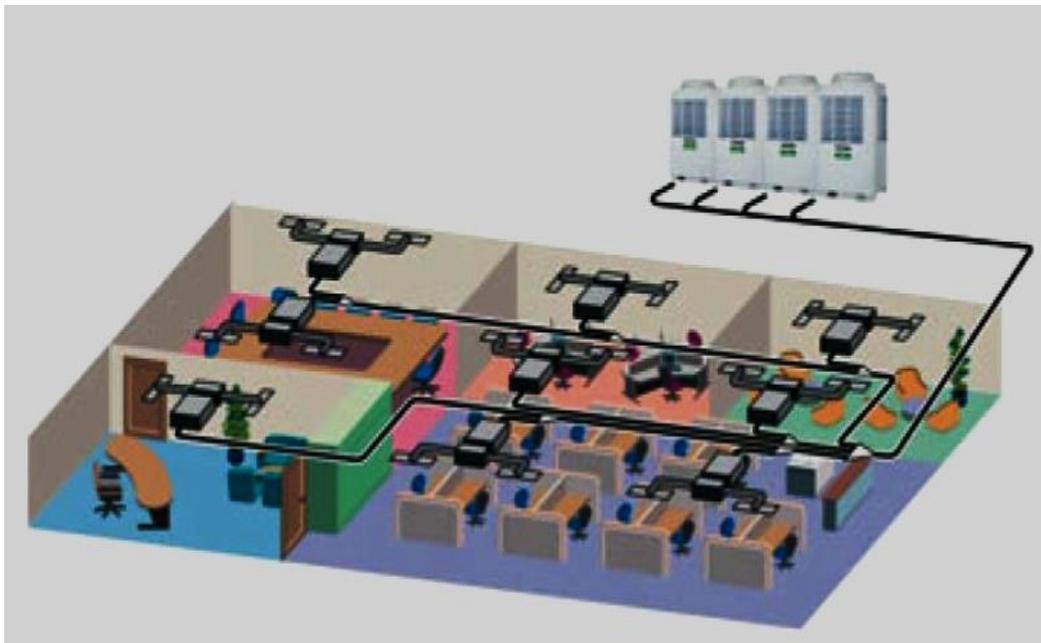
Figura 37. Esquema simplificado de un sistema de caudal variable de refrigerante



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*.
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

El control del refrigerante, se consigue regulando el funcionamiento del motor del compresor. El motor del compresor tiene un dispositivo que hace variar su frecuencia entre 20 Hz y 100 Hz, como en los equipos *Inverter*. Así el compresor trabajará a menor o mayor rendimiento dependiendo de la información recibida del sistema de control del local. Con esto se consigue que el compresor reduzca las marchas y los paros que son lo que provoca el desgaste del mismo. Lo que consigue estos efectos de regulación de cantidad de refrigerante, son la tecnología *Inverter* de los compresores y las válvulas de expansión electrónicas (PMV – *pulse motor valve*) o válvulas de modulación de impulsos, incorporadas en unidades interiores y exteriores.

Figura 38. Ejemplo de una instalación con equipo de caudal variable de refrigerante



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*.
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

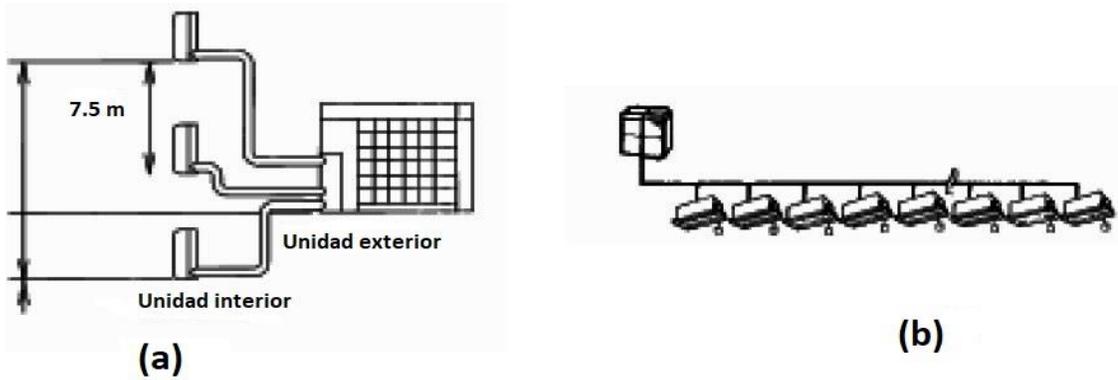
El régimen del compresor *Inverter* se adapta a la variabilidad de la carga térmica del edificio. Si el compresor reduce la potencia, lo que se consigue es que, entre menor cantidad de caudal al evaporador o condensador, se disminuirá por tanto la cantidad de calor cedido o absorbido a la sala y se controlará la temperatura. Un aspecto importantísimo que se consigue con esta tecnología es la independencia climática en cada sala. Cada unidad interior trabajará de forma independiente de las demás y una válvula de expansión electrónica dejará pasar el fluido refrigerante que necesite cada unidad interior.

2.13. Diferencias del sistema *multi-split inverter* frente al sistema de caudal variable de refrigerante

Los sistemas de caudal variable de refrigerante y los *multi-split inverter* son muy parecidos, ya que en los dos tipos de sistemas se consigue un importante ahorro energético gracias a la tecnología *Inverter*, la diferencia entre ellos estriba en la forma de conexión de las tuberías y en el lugar donde se lleva a cabo la expansión. En los sistemas *multi-split*, de cada unidad exterior salen dos tuberías para cada unidad interior, de manera que las unidades interiores quedan conectadas en paralelo como se muestra en la siguiente figura. En los sistemas de caudal de refrigerante variable, de cada unidad exterior salen únicamente dos tuberías, que hacen que se conecten todas las unidades interiores en serie.

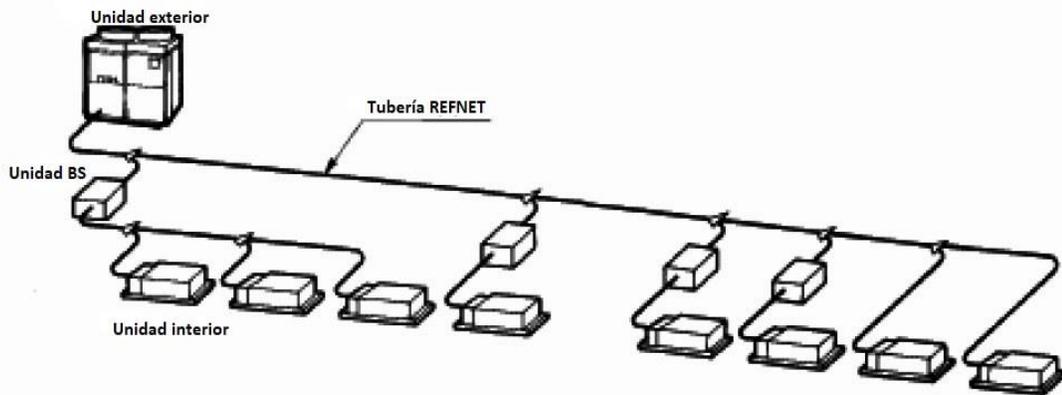
Esta disposición de los conductos implica un ahorro importantísimo a la hora del diseño de tuberías y una clara mejora en cuanto a sencillez de la instalación. En cuanto a la expansión, en el sistema *multi-split inverter* la expansión se produce en la unidad exterior, mientras que la expansión en los sistemas de caudal de refrigerante variable se realiza en las unidades interiores.

Figura 39. Sistema *multi-split inverter* y sistema CVR



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*.
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

Figura 40. Ejemplo de sistema de caudal de refrigerante variable con recuperador de calor



Fuente: *Equipos de climatización.pdf*
bibing.us.es/proyectos/abreproy/4049/.../3. +EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN
Consulta: 10 de junio de 2017.

Por tanto, a las unidades interiores lo que llega es un tubo de aspiración o descarga de gas y un tubo de líquido. En función de la temperatura ambiente se selecciona el tubo de aspiración de gas o el de descarga de gas. Para conseguir este efecto de recuperación de calor, el refrigerante cuando sale del evaporador se conduce a las unidades que requieren calefacción, produciéndose allí la condensación de gas y por tanto se consigue un flujo de calor de calefacción en el aire.

El sistema electrónico que se necesita para realizar estas manipulaciones de refrigerante es muy complejo. Si se elige un sistema de caudal de refrigerante variable con recuperador de calor hay que estudiar la rentabilidad muy detalladamente porque estos sistemas tienen el defecto de que poseen un coste inicial muy alto, el aspecto positivo es que la reducción que se obtiene de capacidad de la instalación llega de un 10 % a 20 %.

Si se decidiera usar la recuperación de calor hay que estudiar las unidades interiores que estarán unidas a la misma unidad exterior, ya que entre estas unidades interiores es donde se realizará el intercambio de calor. Es decir, a la misma máquina exterior se unirán máquinas interiores con orientaciones opuestas (unas salas estén encaradas hacia el exterior, con presencia de ventanas, y otras con una orientación interior) y de usos distintos (unas salas que tengan un uso más bien esporádico y otras tengan mayor concurrencia de gente).

Con estas características se podrá prever si es viable la recuperación de calor y se podrá precisar calefacción en unas salas y refrigeración en otras de forma simultánea. Una característica de las unidades terminales es su bajo nivel sonoro y una filtración del aire más elevada.

Las unidades exteriores pueden ser sistemas modulares o sistemas en los que la condensadora es un bloque único. En los sistemas modulares hay una combinación de distintos módulos o unidades exteriores las cuales consiguen la potencia necesaria para la instalación. Los distintos módulos se conectan entre sí mediante el circuito frigorífico y la tubería de equilibrado de aceite. Las unidades condensadoras se pueden instalar también en zonas internas de los edificios gracias a la presión estática disponible de los ventiladores. Además, como característica importante de estos sistemas es que las unidades exteriores se pueden instalar casi pegadas, dejando una mínima distancia de 2 cm.

2.14. Ventajas e inconvenientes de los equipos de caudal de refrigerante variable

Como ventajas se destacan:

- Notable ahorro energético, se consigue ajustar la capacidad a la demanda. En los sistemas de Caudal de Refrigerante Variable con recuperación de calor se añade que pueden trasladar calor de una sala a otra, por lo que el ahorro es aún mayor.
- Control eficaz de la temperatura, las variaciones con respecto a la temperatura de consigna son menores y más suaves. A parte se eligen las condiciones ambientales de manera individual en cada sala.
- Instalación muy sencilla.
- Máxima zonificación. Cada usuario o espacio dispone de su control.
- Mantenimiento mínimo.

- Alta fiabilidad.
- Bajos niveles sonoros.
- Reducido espacio de instalación de las unidades exteriores (unidades exteriores compactas).
- Elevada flexibilidad, en cuanto a trazados de los circuitos, longitudes del sistema, número de unidades interiores por sistema, adaptación a cambios.
- Menores espacios de paso de tuberías.
- Múltiples tipos de unidades interiores. Los tipos que nos podemos encontrar son *cassette*: 1, 2 y 4 vías, conductos: baja silueta, estándar y alta presión, techo, pared y suelo.
- Funcionamiento en modo calor a bajas temperaturas, hasta a -20 °C.
- Posibilidad de contabilizar el consumo energético de cada usuario.

Los inconvenientes, son:

- Su elevado coste inicial.
- Distribución de refrigerante por medio de una red de tuberías de cobre susceptible de fugas.
- En sí mismos no permiten el control de la humedad.

- Distancia vertical y horizontal entre unidades limitada.

2.15. Control de niveles de humedad

El control de los niveles de humedad se realiza de dos maneras las cuales se describen a continuación:

2.15.1. Deshumidificación

El exceso de humedad en las paredes de las casas, en la ropa y en los libros puede provocar, además de las conocidas incomodidades para su habitabilidad, uso y conservación, graves consecuencias para el medio ambiente y la salud, sobre todo para las personas mayores con problemas respiratorios y para los enfermos de asma.

La temperatura se mide con un termómetro. Según el mismo principio, la humedad o higrimetría del aire se mide con un Higrómetro. La humedad se expresa en porcentaje (%). El porcentaje aceptable de humedad se sitúa entre 45 % y un 60 % de humedad relativa. Cuando algunas señales dejan suponer un excedente de humedad, el higrómetro permitirá comprobar el tipo de humedad relativa. Un higrómetro o higrógrafo es un instrumento que se utiliza para medir el grado de humedad del aire o de otros gases. En meteorología es un instrumento usado para medir el contenido de humedad en la atmósfera.

Los instrumentos de medida de la humedad por lo general se basan en las mediciones de alguna otra magnitud como la temperatura, la presión, la masa o un cambio mecánico o eléctrico en una sustancia cuando absorbe la humedad. Mediante la calibración y el cálculo del funcionamiento del higrómetro, una vez conocidas estas otras magnitudes es posible deducir la medición de la humedad.

Los dispositivos electrónicos modernos usan la temperatura de condensación (el punto de rocío), o cambios en la capacitancia o en la resistencia eléctrica para medir las diferencias de humedad. Un higrómetro que para calcular la humedad se vale de la diferencia de temperaturas entre un termómetro con el bulbo seco y otro con el bulbo húmedo, normalmente se denomina psicrómetro.

Figura 41. Termómetro-higrómetro



Fuente: *Termómetros higrómetros*

<https://www.amazon.es/Termometros-Higrometros/s?ie=UTF8&page=1&rh=i%3Aaps>.

Consulta: 10 de junio de 2017.

Figura 42. Higrómetro digital

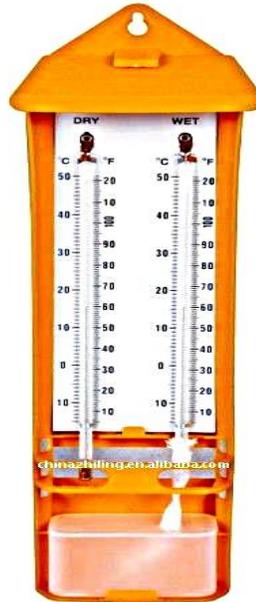


Fuente: *Multifunction Environmental Measuring Meters and. - Test-Meter.co.uk*

<https://www.test-meter.co.uk> > Environmental

Consulta: 10 de junio de 2017.

Figura 43. **Psicrómetro**



Fuente: *Cabestrillo tradicional plástico psicrómetro*
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/traditional-sling-plastic-psychrometer-1889621877.html>
Consulta: 10 de junio de 2017.

El deshumidificador, un aparato de aspecto similar al del aire acondicionado, contribuye a sacar del aire el agua que le sobra, almacenándola en un depósito o llevándola por medio de una bomba a un desagüe. Dada la diversidad de modelos, sistemas, capacidades y potencias, el gasto energético vendrá determinado por el sistema escogido y las condiciones en las que deba trabajar el aparato.

Los deshumidificadores son aparatos especialmente concebidos para dar una solución inmediata, rápida y eficaz a todos los problemas originados por el exceso de humedad, sin necesidad de instalación en el caso de los pequeños

equipos domésticos, y mínimos gastos de instalación y mantenimiento en los equipos industriales y de mayor capacidad del aire.

Estos aparatos, capaces de lograr que el calor no sea tan pegajoso en verano, funcionan según el principio de la condensación. El aire húmedo es aspirado por el ventilador y se hace pasar a través de la tubería del evaporador, donde se enfría por debajo de su temperatura de rocío. De esta forma, la humedad contenida en el aire se condensa en forma de agua y es recogida en la bandeja de condensación. El aire frío y seco pasa a través de la tubería condensadora donde es recalentado y enviado nuevamente al recinto.

Los deshumidificadores se presentan muchas veces como la única opción que contribuye a evitar serios problemas de habitabilidad y mal aprovechamiento de espacios a causa de un alto porcentaje de humedad en el aire. Incluso, solucionan problemas domésticos, En verano evitan que la humedad se instale en las viviendas y en invierno, en casas donde se condensa el calor, evita que se formen las molestas goteras que pueden, incluso, provocar importantes daños materiales en el hogar. No obstante, sus ventajas van más allá: en viviendas, locales comerciales e industrias estos equipos no sólo extraen la humedad sobrante, sino que también permiten mantener el porcentaje de humedad de forma automática, controlada y constante, y se extienden hasta el ámbito sanitario. Esto último es debido a que mantienen el porcentaje de humedad aconsejable para la salud y el confort humano, evitando futuras enfermedades y dolencias óseas, consecuencia de un entorno constantemente húmedo.

En zonas de mayor humedad, un deshumidificador puede reducir notablemente el crecimiento de los ácaros y de los hongos, siempre y cuando se utilice de forma constante y en lugares cerrados. En este sentido, hay que tener en cuenta que el porcentaje de humedad relativa adecuado para el confort y la

salud está entre el 45 % y el 60 % sea verano o invierno. Lo ideal es conseguir que siempre, se tenga o no calefacción o aire acondicionado, ese porcentaje se mantenga.

Además, manteniendo estos niveles, se previene la proliferación de moho y bacterias y los consiguientes malos olores que se derivan de ellos; evitan las anomalías y daños a equipos electrónicos y mecánicos, como la corrosión; evitan el deterioro de elementos de decoración como cortinas o alfombras, cuadros, pergaminos; reducen las dolencias de las vías respiratorias; ayudan a prevenir problemas de salud tales como articulaciones dolorosas o exceso de sudoración, e, incluso, previenen el deterioro de sustancias orgánicas como los productos alimenticios.

La tecnología y las prestaciones de estos aparatos son tenidas en cuenta sobre todo en los sectores industriales. En cambio, en el ámbito doméstico, especialmente en viviendas y oficinas, se tiene más consideración a la estética y el diseño.

Si el tamaño es uno de los factores más importantes a tener en cuenta, también es importante fijarse en la capacidad de absorción. Hay que comparar la cantidad de litros que extrae cada 24 horas y analizar muy bien en qué condiciones de temperatura y humedad relativa viene dado ese dato. Los litros que se aspiran al día vienen determinados por la temperatura ambiente y la humedad relativa existente en el local a deshumidificar.

Para su funcionamiento, en el caso de los equipos domésticos, no se requiere ninguna instalación especial: basta con enchufarlo. El propio aparato dispone de un depósito con sensor para indicar cuándo está lleno. En ese caso, la unidad se detiene para evitar fugas de agua. Son equipos de fácil uso. En el

caso de los domésticos, van conectados a la red y su ubicación depende de las necesidades, ya que son portátiles y cuentan con ruedas para su sencillo traslado. Si se trata de equipos de mayor tamaño, conocidos como equipos frigoríficos, hay dos posibilidades de instalación: en ambiente o para conductos. Los primeros pueden ser colocados en el suelo o la pared y lo único que necesitan es la alimentación eléctrica y un tubo de desagüe. Y en el caso de los equipos de conducto se requiere la instalación de los conductos para repartir por toda la superficie del local el aire deshumidificado.

Las aplicaciones de los deshumidificadores son múltiples, tantas como las funciones que desempeñan. Capaces de sacar del aire toda el agua que sobra, y se han convertido en un aliado para las viviendas de las zonas más húmedas, que durante todo el año tienen un porcentaje de humedad por encima del recomendado.

Y es que mantener un equilibrio entre la temperatura y la humedad existente en el ambiente es fundamental. Sólo con estos aparatos se puede preservar la salud, reducir los índices de contaminantes en la atmósfera, disminuir los valores alérgenos en recintos cerrados, proteger los bienes, mantener en buen estado los muebles, evitar la deshidratación, deterioro, enmohecimiento, mermas de peso y calidad en productos, entre otras muchas más aplicaciones.

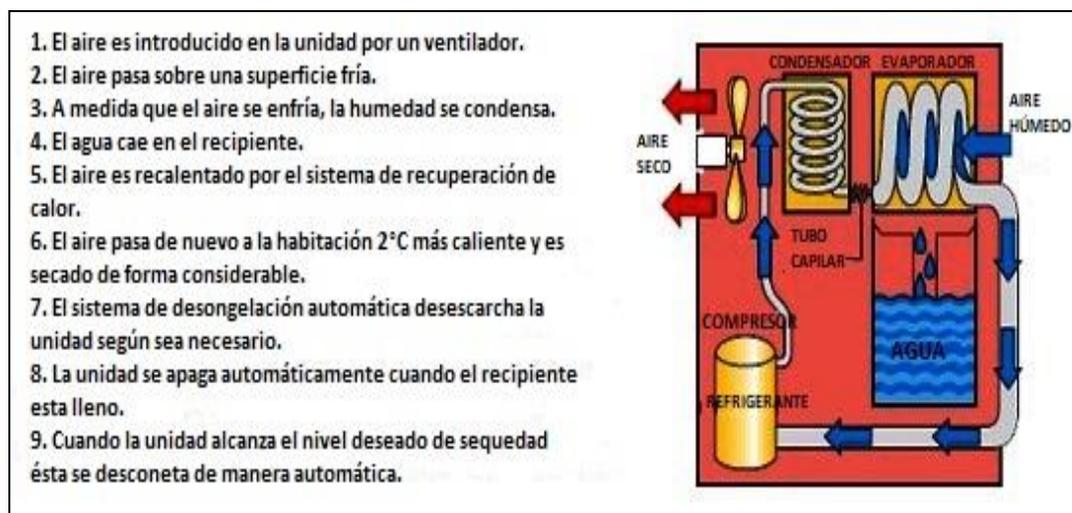
De ahí que cada vez se utilicen más en viviendas, oficinas, locales comerciales y de almacenamiento de materias como papel, tela, cuero, madera o de artículos y productos manufacturados. Lo mismo ocurre en los sectores industriales en los que hay determinados procesos de fabricación y almacenaje y donde se exige un control en el porcentaje de humedad. Es imprescindible su presencia en los museos, salas y galerías de arte, donde el exceso de humedad pueda dar lugar al deterioro de las obras de arte que albergan, así como en

hospitales, piscinas cubiertas, balnearios, centros deportivos y todos aquellos espacios susceptibles de condensación.

Por ello, para adaptarse a cada necesidad existen diversos métodos de deshumidificación, diferenciados por el sistema que utiliza para conseguir su propósito y que es recomendable y aplicable según las condiciones y necesidades que demande la aplicación. Los dos principales son:

- Frigoríficos o de condensación: Usan un circuito convencional hermético de refrigeración. Es muy eficaz para extraer la humedad del aire, siempre que el aire de entrada tenga un punto de rocío superior de 12 °C. Cuanto mayor sea, mejor.

Figura 44. Funcionamiento del deshumidificador frigorífico o de condensación



Fuente: *deshumidificador con bomba cap. 3ph 440v. marca ebac ... - H2OTEK*
<https://h2otek.com/tienda/estacionarios/650-deshumidificador-con-...>
Consulta 10 de junio de 2017.

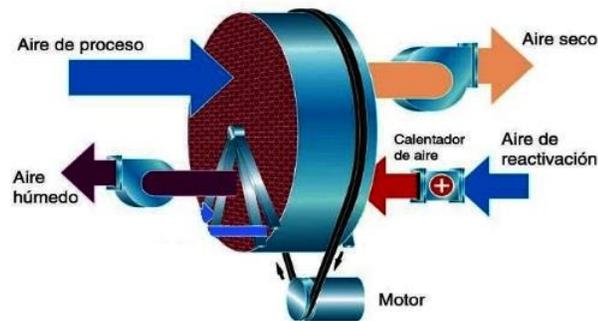
- **Desecante o de absorción:** Un desecante es una sustancia química que tiene una gran afinidad por la humedad, es decir, es capaz de extraer o liberar vapor de agua del aire, en cantidades relativamente grandes con relación a su peso y volumen. Los desecantes pueden ser sólidos o líquidos, varios tipos de desecantes sólidos son ampliamente usados entre ellos tenemos: la sílica gel, cloruro de litio y malla molecular. La sílica gel contiene numerosos poros y capilares en la cual el agua es condensada y contenida, tiene una alta capacidad de absorber la humedad y puede regenerarse si se somete a una alta temperatura. Cuando retienen o liberan humedad lo hacen sin estar acompañado de cambios químicos, el único cambio es la adición de la masa de vapor de agua al desecante.

La deshumidificación del aire con desecantes ocurre cuando la presión de vapor de la superficie del desecante es inferior a la del aire ambiente, entonces el desecante absorbe vapor de agua del aire. Cuando el vapor de agua es absorbido la presión de vapor en el desecante se incrementa hasta experimentar el equilibrio. Para poder reusar el desecante es necesario regenerarlo, es decir, quitarle la humedad. La regeneración del desecante se logra calentándolo para que se incremente su presión de vapor, seguida por el contacto de una corriente de aire que tiene una presión de vapor de agua más baja, repitiéndose el ciclo una y otra vez.

Estos deshumidificadores están especialmente indicados para conseguir y mantener niveles muy bajos de humedad a bajas temperatura (hasta $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), o cuando se requiere mantener porcentajes muy bajos de humedad con independencia de la temperatura. Este método se utiliza en la mayoría de las industrias de la alimentación, químicas, plásticos, navales y farmacias, pistas de hielo, plantas depuradoras de agua y almacenes del ejército.

El impacto de los deshumidificadores en la industria es realmente importante pues además de conservar los productos brinda un ambiente confortable para las personas; existe una gran variedad de equipos con diferentes capacidades según sea su aplicación, se recomienda adquirir aquellos que cuenten con un apropiado respaldo técnico tanto como de *stock* de repuestos.

Figura 45. Deshumidificación por desecantes



Fuente: *Remoción de humedad con deshumidificadores.*
foromantenimientoindustrial.blogspot.com/2011/07/remocion-de-humedad-con.html
Consulta: 10 de junio del 2017.

2.15.2. Humidificación

La humidificación es una operación que consiste en aumentar la cantidad de vapor presente en una corriente gaseosa; el vapor puede aumentar pasando el gas a través de un líquido que se evapora en el gas. Esta transferencia hacia el interior de la corriente gaseosa tiene lugar por difusión y en la interfase hay, simultáneamente, transferencia de calor y de materia.

A grandes rasgos, el proceso que tiene lugar en la operación de humidificación es el siguiente:

- Una corriente de agua caliente se pone en contacto con una de aire seco (o con bajo contenido en humedad), normalmente aire atmosférico.
- Parte del agua se evapora, enfriándose así la interfase.
- El seno del líquido cede entonces calor a la interfase, y por lo tanto se enfría.
- A su vez, el agua evaporada en la interfase se transfiere al aire, por lo que se humidifica.

La principal aplicación de la humidificación es en el acondicionamiento de aire y en el secado de gases. El conocimiento de los procesos de humidificación así como sus cálculos implicados en ella, serán útiles en el diseño y análisis de diferentes sistemas de almacenamiento y procesado de alimentos y diferentes productos. Así mismo, resulta imprescindible conocer las propiedades de las mezclas aire – vapor de agua en el diseño de sistemas tales como equipos de aire acondicionado para conservar alimentos frescos, secaderos de granos de cereal y torres de enfriamiento en plantas de procesado de alimentos, entre otros.

Se pueden realizar dos tipos de humidificación las cuales son:

- Humidificación isotérmica: el vapor saturado suministrado ya se encuentra en estado gaseoso debido a la energía provista por el humidificador (corriente eléctrica, gas, carbón, etcétera), y, por lo tanto, se mezcla con el aire sin ninguna dificultad. Durante el proceso de la humidificación, a

medida que la humedad relativa aumenta, la temperatura se mantiene constante.

- **Sistemas isotérmicos:** estos son frecuentemente utilizados en instalaciones familiares y comerciales. Tienen dos componentes principales: la unidad que genera el vapor y el dispositivo que distribuye el vapor en la corriente de aire. Estos humidificadores pueden ser:
 - Eléctricos, por medio de resistencias
 - A electrodos sumergidos
 - A gas
 - Calderas centrales generadoras de vapor

- **Humidificación adiabática:** durante el proceso de humidificación, a medida que la humedad relativa va en aumento, la temperatura disminuye. Se entrega al ambiente agua atomizada y, aunque se encuentre extremadamente atomizada, aún su estado es líquido (la energía, para pasar del estado líquido al gaseoso, es suministrada por el aire con la consecuente reducción en la temperatura).

- **Sistemas adiabáticos:** estos dispositivos crean una gran superficie de interfase entre el aire y el agua en estado líquido, donde se forma una fina capa de vapor saturado, con una presión parcial igual a la presión de saturación a la temperatura del líquido. Se utilizan frecuentemente en aquellas instalaciones en donde el aire de alimentación deba ser enfriado y humidificado, o donde haya calor sensible en exceso en el aire de retorno que pueda ser utilizado para la evaporación.

En estos sistemas el tamaño de la gota influye directamente sobre la eficacia del sistema, pues entre más chica sea la gota, más rápida va a ser su evaporación, disminuyendo de esta manera los riesgos de condensación. En estas situaciones, los costos de operación serán notablemente inferiores a los de una humidificación isotérmica.

Los humidificadores adiabáticos más usados son:

- Centrífugos
- Atomizadores con aire comprimido
- Atomizadores con agua presurizada
- Ultrasónicos

En aplicaciones pequeñas y medianas, se utilizan mayormente los sistemas isotérmicos, ya que generalmente esas unidades ofrecen menores costos de instalación, menor tamaño físico, menos controles y más simples.

En instalaciones más grandes, aplicaciones agrícolas y también para niveles de humedad más bajos, se utilizan generalmente humidificadores adiabáticos. Son más sencillos y económicos cuando hablamos de grandes capacidades. También hay unidades adiabáticas de dimensiones muy pequeñas para uso personal. Cada tecnología tiene sus ventajas y desventajas, dependiendo de las necesidades de cada instalación. En general, se pueden clasificar las siguientes aplicaciones:

- Sistemas isotérmicos
 - Casas de familias (confort, problemas de salud, preservación de muebles).
 - Hospitales (por su producción de vapor estéril e inodoro).

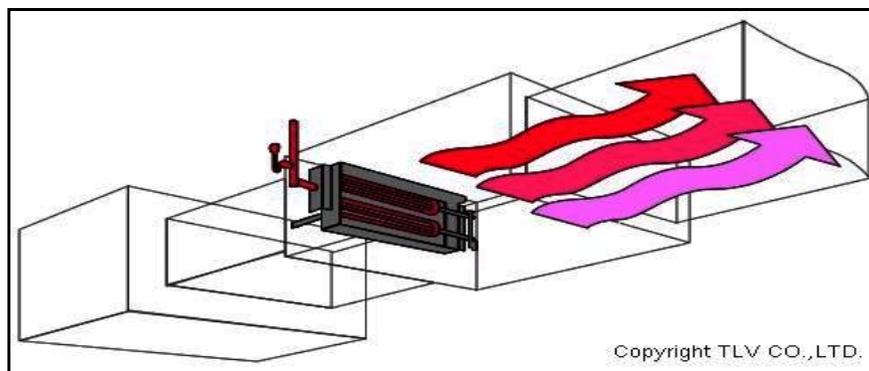
- Museos (para preservar valiosas obras de arte).
 - Laboratorios.
 - Industrias de elaboración y conservación de alimentos.
 - Industrias textiles, tipográficas, farmacéuticas (de pequeñas dimensiones).
- Sistemas adiabáticos
 - Cámaras frigoríficas y de almacenamiento de productos frescos.
 - Imprentas.
 - Industrias textiles.
 - Automotrices.
 - Cabinas de pinturas.
 - Sistemas de climatización por enfriamiento adiabático (pensando principalmente en el ahorro de energía).
 - Cualquier aplicación con temperaturas cercanas a los 0°C o incluso por debajo, siempre y cuando exista algún sistema que evite el congelamiento del agua.
 - Distribución en ambiente o en conductos: en la distribución del vapor es muy importante saber cómo se comportan estas dos grandes familias, ya que no es lo mismo inyectar en un conducto de aire acondicionado vapor en estado gaseoso que agua, con los riesgos de condensación que esto implica. En el primer caso, prácticamente sin dificultad, el vapor se mezcla rápidamente con el aire, y cualquier condensación que se pueda producir en los distribuidores es fácil de remover simplemente con algún pequeño drenaje.

Por el contrario, al atomizar agua, habrá que tener muy en cuenta la sección del conducto y la velocidad del aire para calcular la cantidad máxima de toberas a colocar y su distribución, siendo sumamente aconsejable la utilización de un

segundo sensor de humedad del cero al ciento por ciento de humedad relativa en el conducto para chequear la saturación y minimizar los riesgos de condensación.

En el caso de atomizar el agua directamente en los ambientes, estos riesgos de condensación prácticamente desaparecen, mientras se controle la altura de colocación de las toberas y el libre recorrido de las partículas de agua hasta su completa evaporación.

Figura 46. Humidificador de vapor en ductos de aire



Vapor usado para humidificar el aire dentro de un conducto de aire antes de ser distribuido hacia otras áreas de un edificio.

Fuente: *Aplicaciones principales para el vapor de agua*
<https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/principal-applications->
Consulta: 25 de junio de 2017.

Muchas grandes instalaciones industriales y comerciales, especialmente en climas más fríos, utilizan vapor saturado a baja presión como la fuente de calor predominante para calentamiento interior estacional. Los evaporadores, serpentines o condensadores para aire acondicionado o para calefacción, normalmente combinadas con humidificadores de vapor, son el equipo usado

para el acondicionamiento del aire, para confort interno, preservación de registros y libros, y de control de infecciones. Cuando se calienta el aire frío por los serpentines de vapor, la humedad relativa del aire gotea, y entonces deberá ser ajustada a los niveles normales en adición a una inyección controlada de vapor seco saturado en la línea inferior del flujo de aire.

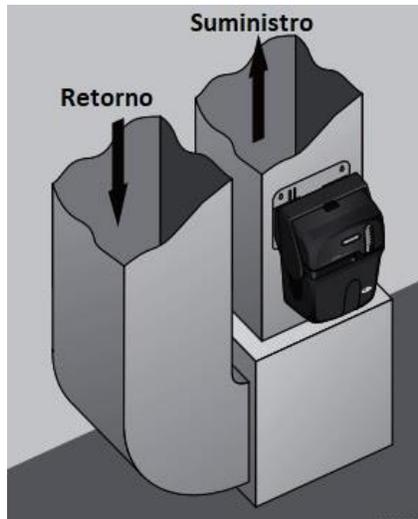
Figura 47. Humidificador para ducto con ventilador integrado



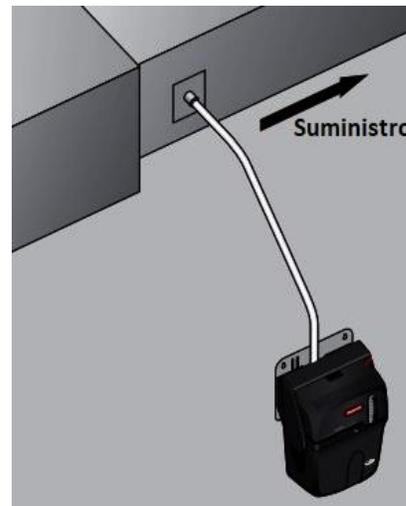
Fuente: *Humidificadores para ducto Hvac.*
www.h2otek.com/blog/category/humidificadores-para-ducto-hvac/
Consulta: 25 de junio de 2017.

Figura 48. Humidificador en ductos de aire acondicionado

Montaje en conducto



Montaje a distancia



Fuente: [PDF]69-2286S-03 - Manual del propietario del humidificador.
<https://customer.honeywell.com/resources/techlit/TechLitDocument..>
Consulta: 25 de junio de 2017.

En ciertas ocasiones el humidificador de vapor se instala a cierta distancia del conducto de suministro de su sistema de ventilación. Una manguera con aislante lleva el vapor desde el humidificador de vapor hasta una ubicación adecuada del conducto de suministro. El montaje a distancia se efectúa generalmente cuando no se puede encontrar una ubicación adecuada para el montaje en el conducto.

Uno de los usos más comunes se da en los vegetales que consumimos en estado fresco, como las frutas y hortalizas, que aun después de recolectadas, continúan realizando sus funciones vitales, entre ellas la respiración y la

transpiración e intercambian agua, en forma de vapor, con la atmósfera que las rodea.

El fenómeno transcurre con mayor o menor intensidad, en función de la actividad fisiológica del producto que está íntimamente relacionada con factores como temperatura del ambiente y su humedad. Esto conlleva pérdidas de peso, tanto más rápidas y cuantiosas cuanto más baja es la humedad de la atmósfera en cuestión.

Las pérdidas de peso a temperatura ambiente son muy elevadas; se manejan cifras del orden del 10 al 15 por 100 diarias. Para prevenirlas, es conveniente conservar los productos en cámaras a temperaturas bajas y humedad relativa alta y así reducir dichas pérdidas.

Cuando los cultivos son cosechados en los meses de verano, especialmente los vegetales de hojas verdes, los mismos se encuentran a la misma temperatura que el ambiente de ese día en particular. Para que la cosecha llegue al consumidor tiene que mantenerse fresca y, para lograrlo, debe refrigerarse rápidamente entre 2 °C y 4 °C. Si los vegetales fueron cosechados a temperaturas mayores de 20 °C, el grado de refrigeración requerido para llevarlos a la temperatura de almacenamiento, los dañará.

Para evitarlo, se le agrega humedad durante el periodo de refrigeración. Sin embargo, no es posible humidificar durante todo el periodo de refrigeración porque la exigencia sería tan alta que no sería comercialmente viable. Por lo tanto, se prevé realizar la humidificación cuando la refrigeración está apagada, para crear una neblina en el recinto y que los vegetales puedan reabsorber la humedad para prevenir la pérdida de humedad durante el siguiente ciclo de enfriamiento.

Así pues, el conocimiento de las propiedades del aire húmedo, su medida y regulación se hacen imprescindibles como técnicas a manejar, tanto en el almacenamiento y conservación de las producciones de origen vegetal y animal, así como en aplicaciones donde es necesario crear condiciones adecuadas para la salud y el confort de las personas.

Figura 49. Equipos de humidificación por atomización



Fuente: *Equipos de humidificación por atomización 45400* .
www.interempresas.net/Informatica_Industrial/FeriaVirtual/Producto-Equipos-de-hum...
Consulta 25 de junio de 2017.

3. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO EN INSTALACIONES DE SALUD

3.1. Características y clasificación de las diferentes áreas

El sistema de climatización de los hospitales debe estar zonificado según la actividad o departamento, por ello esta especialidad debe estar en estrecha relación con la de la arquitectura, al concebir un proyecto. Las principales áreas y por ende zonas que tendrán sistemas de suministro, retorno o extracción de aire separados serán: cirugía, cuidados de pacientes, patología, laboratorios, administración, tratamiento y diagnóstico, esterilización y servicios, entre otras.

Los servicios que ofrecen los hospitales pueden clasificarse en tres áreas: de atención en casos de enfermedades graves, cuidados paliativos y convalecencia. Cada uno de ellos, por sus características, debe contar con condiciones de higiene y comodidad específicas y suficientes para ofrecer una atención médica adecuada. Por tal motivo, los hospitales resultan de los edificios más complejos, que precisan la intervención de disciplinas ajenas al sector de la salud para hacerse cargo de los aspectos de limpieza y control de riesgos en las áreas donde los pacientes se encuentran más vulnerables.

El diseño de un edificio para la salud es una labor que enfrenta al arquitecto o diseñador con un amplio panorama de cuestiones por cubrir, no sólo relativos a la planeación de espacios y la estética del lugar, sino a los relacionados con la comunidad usuaria, los avances tecnológicos, entre otros elementos que se vuelve necesario considerar para que el diseño sea útil y eficaz.

Diseñar un hospital implica contar con conocimiento suficiente sobre su complejidad, de modo que se logren conjugar alta tecnología, espacios con amplitud suficiente, sincronización entre áreas especializadas, rutas de tránsito interior, ventilación, temperaturas, manejo de residuos, abastecimiento eléctrico, entre muchos otros aspectos que deben estructurarse de una forma estratégica, pues la vida de los pacientes dependerá de su funcionamiento adecuado.

El suministro de un centro médico incluye varios elementos. Entre los más importantes se encuentra el aire acondicionado, el cual puede convertirse en un medio de transmisión de microorganismos si no cuenta con los elementos adecuados. Por ello, los procedimientos para disponer de purificación ambiental son de vital importancia, sobre todo en áreas críticas de hospitales, donde es bien sabido que se necesita un entorno bacteriológicamente limpio.

Para el buen diseño de diferentes instalaciones de equipos que son necesarios en los hospitales, es necesario que sus áreas se clasifiquen, de modo que cumpla con sus principales funciones: prevenir, diagnosticar y tratar enfermedades, es por esto que se debe purificar el ambiente del hospital constantemente para mantener las condiciones de higiene apropiadas. Tomando en cuenta esto podemos clasificarla de la siguiente forma:

- Áreas críticas o de alto riesgo de infección: quirófanos, las salas de parto, el área de urgencias, la central de esterilización, las unidades de diálisis, áreas de preparación de soluciones de aplicación intravenosa e intramuscular y terapia intensiva.
- Áreas semi-críticas: laboratorios, radiología, morgue, servicios de hospitalización, oncología y servicios de alimentos.

- Áreas no críticas: personal administrativo y docente.
- Servicios generales: área de mantenimiento, lavandería, almacén general, vestuarios.

De esta consideración, surge la necesidad de cumplir ciertos parámetros para la calidad del ambiente interior en un cuarto crítico, uno de los más importantes es el requerimiento de limpieza del aire y espacio y esto conlleva todo lo demás, que es dilución, filtración, calidad, temperatura y humedad. Pero no solamente la limpieza del aire y el espacio son importantes, sino su adecuada planeación, su diseño y la determinación de tomas de aire, las entradas y salidas, la selección de filtros y pre-filtros, y la presión, pues se ha afirmado por algunos expertos en esta materia que “el aire acondicionado es el corazón de un hospital”.

En el diseño, influyen directamente diversas normas y estándares para asegurar la calidad en la infraestructura del edificio. Dichas normas abordan temas relacionados con la presión, la inyección de aire, mecanismos para el control de asepsia y desinfección en quirófanos, ventilación artificial, sistemas de filtración de aire, muros con diseños y acabados que faciliten las labores de limpieza, entre otros aspectos.

Se entiende entonces que el acondicionamiento del ambiente es fundamental para evitar posibles infecciones contraídas en el mismo recinto y mantener condiciones de trabajo confortables y seguras. En las áreas críticas, el acondicionamiento de aire debe cumplir con una serie de condiciones y requisitos de acuerdo con las exigencias del área, entre las cuales se puede mencionar:

- Dilución: disminuir la concentración de una sustancia química del ambiente.
- Filtración: para el control y prevención de infecciones y multiplicación de agentes patógenos.
- Temperatura: la norma que evalúa la temperatura y humedad máxima y mínima de un quirófano de ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers*), (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado) la establece entre 20 ° y 24 °C.
- Humedad: según las normas de ASHRAE debe mantenerse entre 30 % y 60 %, dependiendo las características y necesidades de cada área.
- Presión: es la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie. Dentro de un centro hospitalario, ésta debe ser positiva; es decir, que estará por encima de la presión atmosférica.

Según las guías de diseño de ASHRAE, para la presurización de cuartos y habitaciones debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- Requerimientos de presión diferencial de cuartos con un mínimo de 100 pies cúbicos por minuto, pero no menos de 0,01 pulgadas de presión estática en puertas.
- Adecuada inyección de aire; ésta debe ser proporcionada en los corredores para mantener la presión estática.

- Cuartos de aislamiento que requieren presurizaciones positivas o negativas deben mantener un medidor de presión, de preferencia en la puerta para monitorear la presión estática diferencial.

Es necesario también conocer las diferencias principales entre el aire acondicionado para hospitales e instalaciones de salud, y para otro tipo de recintos:

- La restricción de aire entre las diversas áreas.
- Los requerimientos específicos de ventilación para eliminar microorganismos, olores y virus de cada zona.
- El nivel de temperatura y humedad requerido para cada lugar.
- El control de las condiciones ambientales.

Dentro de la estructura de espacios, es elemental la distinción de áreas y la claridad en los recorridos; asimismo, la diferenciación de circulaciones deberá estar bien establecida para definir si es circulación del personal y pacientes, si es circulación pública o estrictamente restringida. Así pues, un aspecto que se torna necesario es determinar las relaciones funcionales entre las diferentes áreas. Durante la etapa de diseño y construcción del hospital, un elemento clave es el suministro, pues algunas áreas requieren conexiones de aire comprimido, vacío, gases médicos (oxígeno) las 24 horas del día, los siete días de la semana, en especial las áreas críticas.

Se hace necesario para este tipo de diseños seguir las reglas y normas para el control de temperatura y humedad de la Sociedad Americana de Ingenieros de

Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, conocidas como ASHRAE 170, las cuales determinan los siguientes aspectos:

- Zonificación de los sistemas mecánicos. Es básico para determinar cómo se deben utilizar de la mejor manera los espacios del territorio, de una forma equitativa entre quienes lo habitan y el aprovechamiento de los recursos con los que se cuenta.
- Control del propio ambiente (paciente-residente-equipo de trabajo). Disminuir la mayor cantidad de microorganismos contaminantes y suciedad del medioambiente; brindar condiciones de bienestar y comodidad tanto a pacientes como a residentes del centro de salud, y optimizar la temperatura para el funcionamiento adecuado del equipo de trabajo.
- Mantenimiento de las condiciones ideales de ventilación y humedad acordes para el proceso de curación del paciente:
 - Controles sanitarios para cuarto crítico
 - Control de confort en multiespacios
 - Control térmico por cuarto

En cuanto a las salidas de aire expulsado por el sistema de extracción, estas deben estar alejadas 9 metros como mínimo de cualquier toma de aire exterior, ventanas y entradas de personas, a una altura de 1 metro por encima de la cubierta del edificio, teniendo en cuenta la dirección de los vientos predominantes. Las tomas de aire exterior deberán situarse a 9 metros como mínimo de cualquier salida de humos de combustión, extracción, torres de enfriamiento, fuentes ornamentales, o sistemas de vacío. En altura a no menos de 1,80 metros por encima del nivel principal.

En muchos casos el aire acondicionado de los hospitales es un factor determinante en los tratamientos de los pacientes con afecciones cardíacas, de tiroides, respiratorias, quemaduras y sida. Precisamente por el cuidado extremo al que se ven sometidos estos, es que los sistemas de climatización son especiales y difieren bastante de las aplicaciones comerciales, porque necesitan:

- Determinado comportamiento de los flujos de aire, control de la presión y restricción de este al área para evitar contaminaciones.
- Requerimientos específicos de filtrado y aire exterior para remover olores, sustancias químicas peligrosas, radiactivas o evitar la proliferación de virus y microorganismos.
- Control zonal de diversos valores de temperatura y humedad.
- Un sofisticado sistema de control automático para regular el funcionamiento de los sistemas zonales.

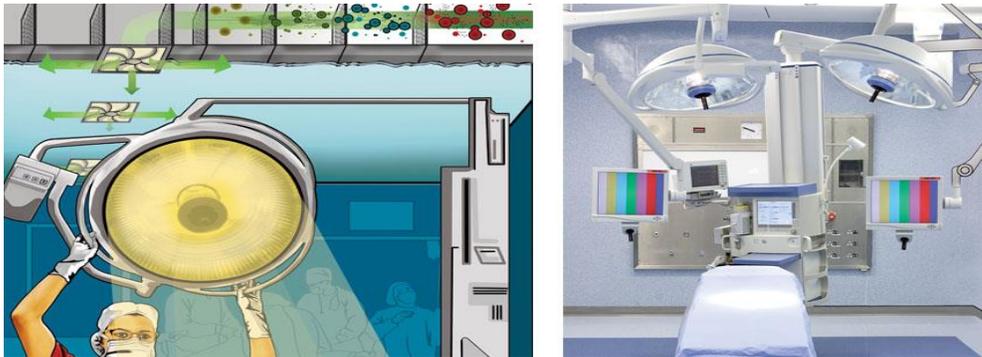
3.1.1. Selección de filtros de acuerdo al área en que se utilizará

La selección de los filtros que se van a instalar no es tan fácil y requiere de un análisis consiente, ya que se utilizan para remover microorganismos patógenos aerotransportados como el hongo *Aspergillus* (2,5-3,0 μm), que se origina en el polvo y suelo, especialmente durante la construcción o remodelación de hospitales y puede ser fatal en pacientes con leucemia, trasplantes de médula ósea y otros inmunosuprimidos.

La filtración en hospitales consiste en sistemas de filtración de 2 o 3 etapas. Generalmente se utilizan pre-filtros para capturar las partículas más grandes y

alargar la vida de los filtros finales que son de alta eficiencia, preservando además su integridad para partículas más pequeñas.

Figura 50. Filtración por etapas



Fuente: Mundo HVACR - Áreas críticas en hospitales -
<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2013/12/areas-criticas-en>.
Consulta: 1 de julio de 2017.

La selección de los filtros se hace en base al Valor Mínimo Reportado de Eficiencia (MERV), por sus siglas en inglés, del Estándar 52.2-2007 del ASHRAE. El MERV reporta la eficiencia mínima por tamaño de partícula que un filtro puede remover y los clasifica de manera numérica, siendo los de mayor uso los del 1 al 16. El estándar 52.1 del ASHRAE que reportaba la eficiencia de filtros, en base al porcentaje promedio retenido de polvo con capacidad de manchar, ya ha sido retirado. Se ha incluido una tabla con un comparativo aproximado del estándar 52.1 y 52.2.

El Estándar 170-2008 del ASHRAE/ASHE, *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers/ American Society of Healthcare Engineers*, (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado/Sociedad Americana de Ingenieros para el Cuidado de la

Salud), provee los requerimientos mínimos de ventilación y filtración para hospitales. Este estándar además ha sido incorporado a: Las guías para el diseño y construcción de hospitales y edificios para el cuidado de la salud.

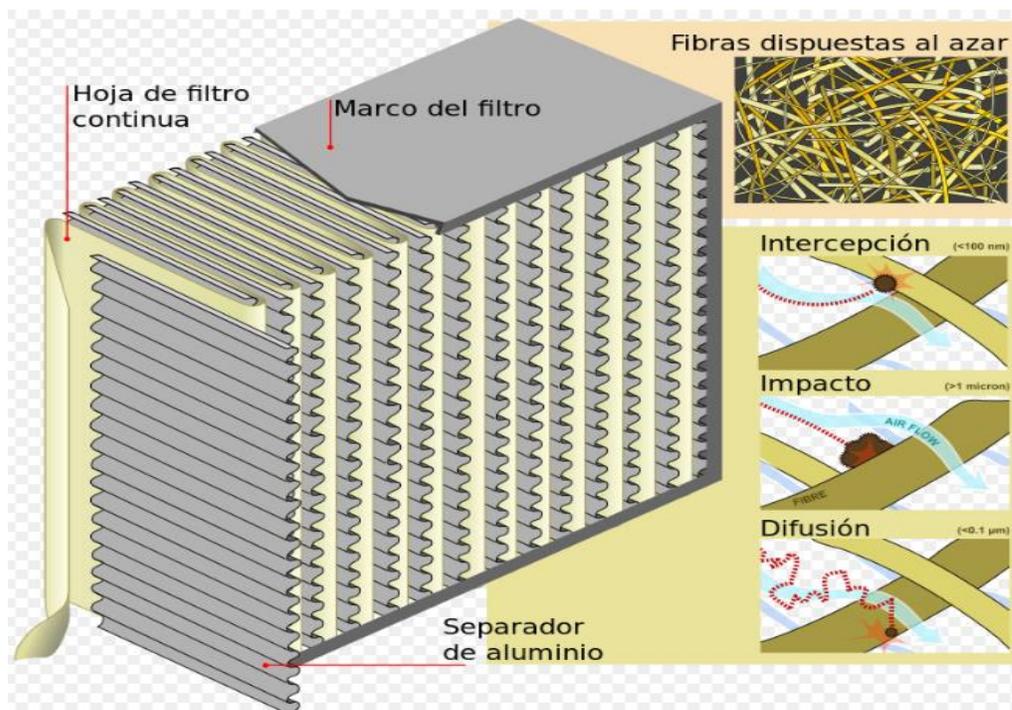
El Estándar 170-2008 del ASHRAE especifica sólo los requerimientos mínimos. Sin embargo, hay quirófanos en los que se realizan operaciones de alto riesgo, por lo que el manual del ASHRAE 2007 recomienda utilizar filtros HEPA, (*High Efficiency Particulate Air*), que son filtros de alta eficiencia y deben ser instalados a la salida de la inyección. Estos filtros están compuestos por una malla de microfibras dispuestas al azar en pliegues y separado mediante hojas de aluminio corrugado permitiendo el mayor desempeño a una resistencia mínima del filtro; las fibras típicamente están compuestas por fibra de vidrio y con diámetros entre 0,5 y 2,0 μm . Los factores más importantes a tener en cuenta en un filtro HEPA son el diámetro de las fibras, el espesor del filtro y la velocidad de las partículas. El espacio entre las fibras es mucho mayor de 0,3 μm , pero eso no significa que las partículas con un diámetro menor puedan pasar.

Las partículas son atrapadas (se adhieren a una fibra) mediante una combinación de estos mecanismos:

- Intercepción: donde las partículas que siguen a un flujo de aire rozan una fibra y se adhieren a ella.
- Impacto: donde las partículas grandes no son capaces de evitar las fibras mientras siguen al flujo de aire y son obligadas a impactar directamente con una de ellas. Este efecto aumenta con la disminución de la separación entre fibras y el aumento de velocidad en el flujo de aire.

- Difusión: las partículas más pequeñas, especialmente las menores de $0,1 \mu\text{m}$, colisionan con las moléculas de gas lo que impide y retrasa su paso por el filtro. Este comportamiento es similar al movimiento browniano y aumenta la probabilidad de que una partícula sea detenida por uno de los dos mecanismos anteriores. Es la más dominante cuando el flujo de aire es lento.

Figura 51. Partes de un filtro HEPA



Fuente: HEPA-Wikipedia, la enciclopedia libre
<https://es.wikipedia.org/wiki/HEPA>
 Consulta: 2 de julio de 2017.

Un ejemplo de un filtro MERV 7 es un filtro de pliegues. Generalmente los filtros de pliegues vienen en MERV 7, 8, 11 y 13. Estudios recientes sugieren que la eficiencia mínima más apropiada es MERV 8 para lograr mantener una buena

limpieza de los ductos del sistema de aire acondicionado y la correcta operación del sistema. Ejemplos de filtros MERV 13 o 14 serían filtros tipo bolsa, *minipleat* tipo panel, *minipleat* en configuración V, rígido tipo caja o rígido tipo celda. Los filtros tipo HEPA tienen una eficiencia mínima inicial de 99,97 % en la remoción de partículas de 0,3 micrones (también referenciados como MERV 17 en base a la versión pasada del Estándar 52,1-92), sin embargo, estos son aún más eficientes en la remoción tanto de partículas mayores y menores de 0,3 micrones.

Figura 52. Filtros *Minipleat V*



Fuente: *INOVAFILTER - Productos*
www.inovafilter.com/productos/
Consulta: 3 de julio de 2017.

Figura 53. Filtros MERV de pliegues



Fuente: Filtro de pliegues / Pleated - Air care
www.aircare.com.mx › Filtros › Eliminación de partículas
Consulta: 3 de julio del 2017.

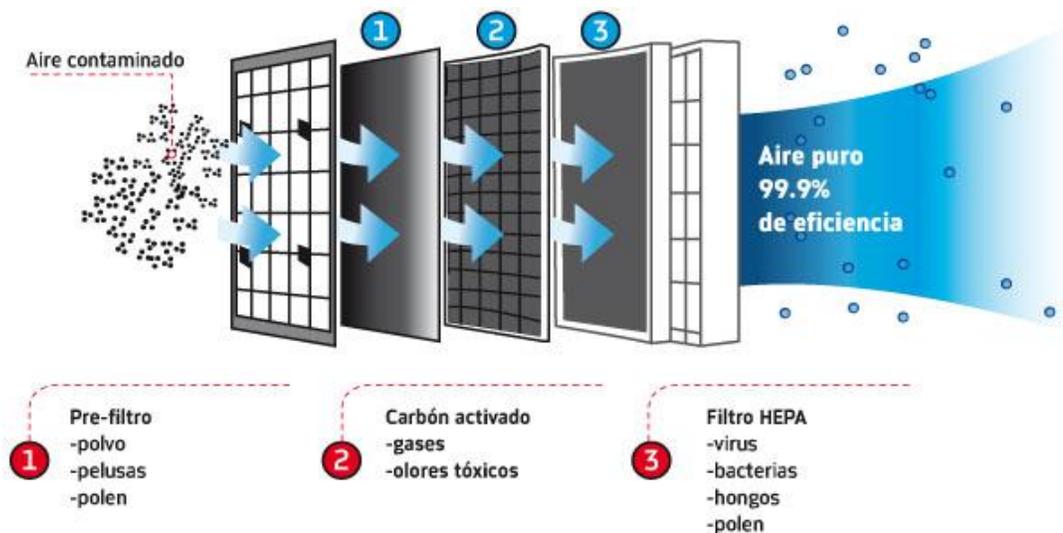
El 99,9 % de las bacterias pueden ser removidas con filtros MERV 14, algunos ejemplos de bacteria altamente infecciosas y transportadas por aire son *Mycobacterium tuberculosis* o *Legionella pneumophila*.

Los filtros HEPA están especialmente diseñados para detener el paso de contaminantes muy pequeños que en circunstancias normales pasarían por entre las fibras del filtro. Las partículas más pequeñas que directamente no impactan contra las fibras del filtro son detenidas y así aumenta la probabilidad de que sean detenidas por el filtro.

Los filtros HEPA se utilizan para remover partículas sub-micrónicas como el virus de la rubeola, influenza o el sincitial respiratorio, que ocasiona neumonía y

es común en pabellones pediátricos. También pueden ser utilizados los filtros de carbón activado que son de uso común y muy eficientes para eliminar gases y olores que pueden ser tóxicos o desagradables.

Figura 54. Filtración de máximo nivel (absoluto)



Fuente: *Áreas Críticas en hospitales - Revista Mundo HVACR*.
<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2013/12/areas-criticas-en-hospitales>
Consulta: 5 de julio de 2017.

En las áreas como quirófanos, central de esterilización y unidad de cuidados intensivos, el nivel de filtración es de máximo nivel y también se le conoce como absoluto.

El filtro HEPA se puede lavar. Este tipo de filtro también se utiliza después de la limpieza y en otros equipos.

La instalación correcta de los filtros es de suma importancia ya que una fuga de 10 mm puede bajar un filtro de MERV 15 a MERV 8, según se demostró por expertos de la Universidad de Austin. Para cumplir con el estándar 170 se deberán instalar empaques o sellos para crear un hermetismo y evitar fugas de aire, además instalar manómetros o un dispositivo de medida de presión diferencial en cada banco cuya eficiencia sea mayor a MERV 12 y en caso de requerir dos etapas de filtrado, la primera debe de ser aguas arriba de los serpentines de calefacción y enfriamiento y la segunda etapa debe de estar aguas debajo de los serpentines y el ventilador.

Posterior a la instalación, surge una pregunta común: ¿cuánto dura un filtro?, la respuesta es: depende. Existen varios factores que determinan la vida útil del filtro como son la exposición de contaminantes, el tiempo de uso y la composición del filtro. La caída de presión indica cuándo se deben de cambiar los filtros. Generalmente los filtros HEPA se cambiarán cuando su caída de presión es de 2,0 pulgadas o 51 milímetros de columna de agua, y para esto deben ser monitoreados como se mencionó ya, por caída de presión a través del medio filtrante. Una vez que está se vuelve inaceptable, el filtro debe ser reemplazado. La caída típica de presión para un filtro limpio es de 25 milímetros o 1 pulgada de columna de agua, un incremento en el rango de 51 a 102 milímetros de columna de agua, indica el fin de la vida de servicio de un filtro. Los filtros HEPA son típicamente operados bajo presiones de aproximadamente 203 milímetros de columna de agua; las altas presiones de operación pueden romper el filtro

3.2. Área de cirugía

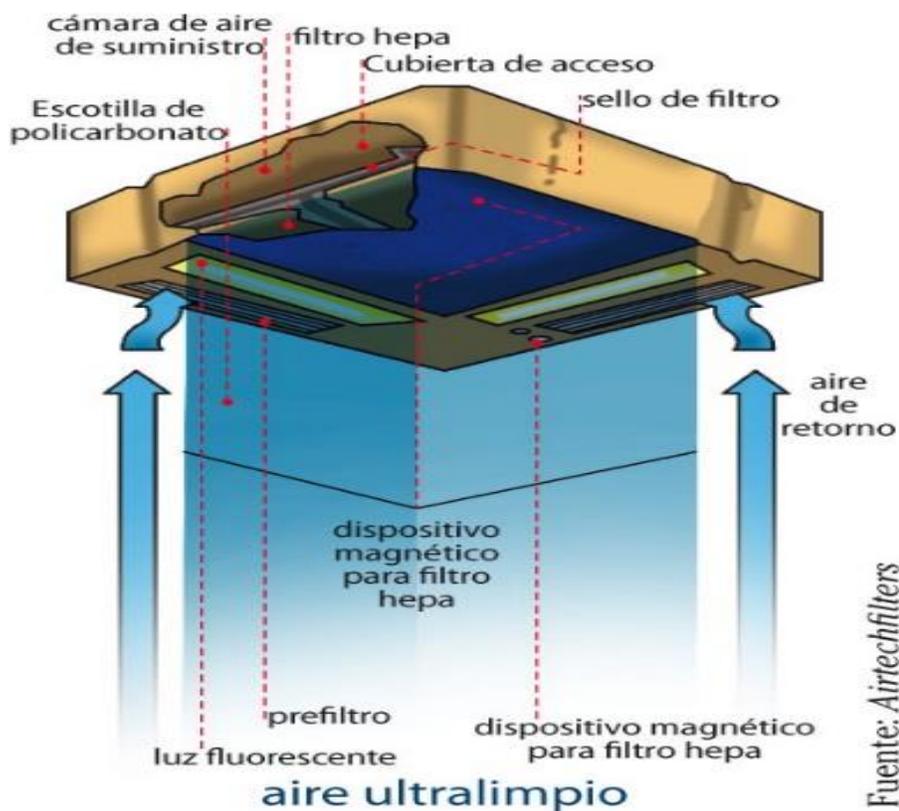
Ninguna área hospitalaria requiere un control más cuidadoso de las condiciones ambientales y de la asepsia. Aunque una sala de operaciones (quirófano) podrá considerarse como una sala limpia en muchos aspectos de su diseño, no tendrá una clasificación como tal, de su nivel de limpieza ya que, en este tipo de aplicación, prima limitar la cantidad de bacterias, virus o microorganismos, más que cantidad de partículas.

Es conveniente advertir, que se respeten las recomendaciones constructivas de obra, los ciclos de desinfección y comportamiento del personal, para lograr realmente la limpieza y calidad del aire que se propone. El área debe estar diseñada como una isla, de forma que no tenga ventanas al exterior.

El aire exterior será de 100 % en sala de operaciones, esto significa que la totalidad del aire que ingresa proviene del exterior y no debe haber recirculación de aire del interior, y todos los ambientes aledaños pertenecientes al área de cirugía para diluir los gases anestésicos y limitar el riesgo de una posible explosión. Si se estima necesario, será conveniente prever un sistema de extracción independiente, en cada sala de operaciones, para eliminar la concentración de gases anestésicos al terminar la operación. El sistema de vacío eliminará los gases no inflamables. Los pre-filtros que alargan la vida de los filtros terminales, estarán alojados en cada unidad de tratamiento de aire. Los filtros de aire terminales de impulsión en la sala de operaciones serán del tipo HEPA, con eficiencia de 99,97 %. Estarán alojados en cajas de difusión, acabadas en pintura epóxica y perfectamente selladas al techo. El cambio de luminarias y filtros, se realizará desde dentro del ambiente.

El conducto principal de impulsión será de acero inoxidable o aluminio, unido por bridas con juntas selladas, aislado y con registro hermético en su inicio para desinfección. Deben ser siempre metálicos, otro material de conducto colmataría más rápidamente los filtros. Siempre que un conducto atraviese la pared cortafuego de la sala de operaciones, debe instalarse una compuerta cortafuego.

Figura 55. Sistema de ventilación en quirófanos



Sistema de ventilación para quirófanos

Fuente: Áreas críticas en hospitales - Revista mundo HVACR
<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2013/12/areas-criticas-en-hospitales>
 Consulta: 5 de julio de 2017.

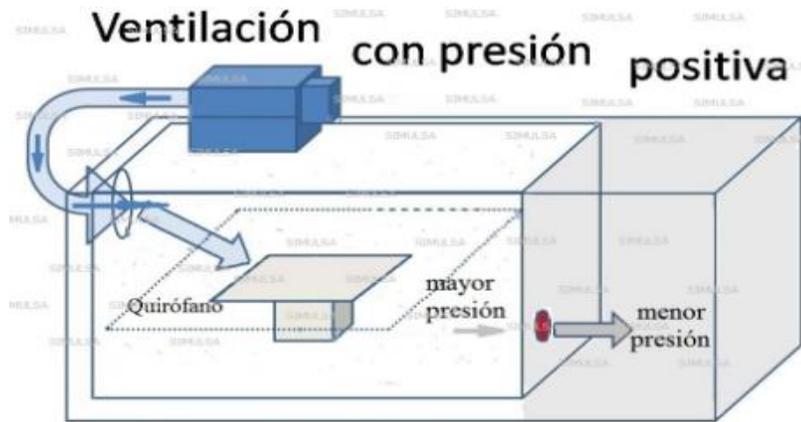
Figura 56. Ducto metálico para aire acondicionado



Fuente: *Ductería en lámina galvanizada, lámina pintada, lámina ...*
<https://www.pinterest.com/pin/398076054540054369>
Consulta: 5 de julio de 2017.

La impulsión se realizará desde el techo y saldrá del ambiente, por al menos dos rejillas de extracción montadas en la parte baja de la pared. Este aire saldrá por dobles paredes estancas a ambos lados del local, paralelas a la mesa de operaciones. Las rejillas de extracción deben poseer un cierre hermético, para ser cerradas en caso de inactividad en el local y parada del sistema de climatización. Uno de los diseños que es usado en algunas ocasiones es donde se coloca la rejilla de difusión de aire sobre la mesa de operaciones, en este o cualquier otro diseño que se emplee debe cuidarse que el flujo de aire sea de forma laminar. En todos los ambientes se mantendrá de 15 a 20 C/H (cambios de aire por hora), 22° C y HR (humedad relativa) de 55 %. Para la humidificación, debe emplearse vapor desde una fuente exterior o producida en el propio humidificador, controlado. Todos los ambientes estarán a sobrepresión, o sea presión positiva, (por encima de la presión atmosférica).

Figura 57. **Presión positiva en quirófano**



Fuente: *Presión positiva* | SIMULSA
<https://simulsa.com.mx/presion-positiva/>
Consulta: 5 de julio de 2017.

Renovaciones de aire por hora o cambios de aire por hora, es una forma de medir la renovación del aire en un volumen dado por unidad de tiempo. Se expresa en m^3/h (metros cúbicos por hora), o en porcentaje de volumen renovado por hora. Generalmente se aplica a un espacio de un edificio de viviendas para analizar la calidad del aire interior, en fábricas para determinar la desaparición de gases peligrosos, laboratorios, cocinas con los olores, locales cerrados como discotecas, entre otros. La renovación puede hacerse naturalmente mediante corrientes entre aberturas en paredes y cubiertas. En los espacios con buenos sistemas de ventilación los cambios de aire por hora alcanzan a un 63 % del volumen por hora.

El control de estos factores en el área quirúrgica debe ser automático, con sensores de ambiente que envíen una señal a los reguladores, y éstos, a su vez, deberán gobernar las etapas de producción de frío o calor.

El aire debe ser expulsado desde los quirófanos hacia las zonas no estériles, extrayendo las partículas flotantes. Para conseguir este objetivo, la instalación del sistema de aire acondicionado debe estar calculada para obtener mayor presión en el quirófano.

Las presiones positivas serán escalonadas con una diferencia de presión entre ambientes de 0,5 mmca (milímetros de columna de agua). Estas diferencias serán controladas con compuertas reguladoras en cada conducto secundario de extracción, accionadas por un sensor de presión en cada ambiente, que funcionarán al abrirse una de las puertas.

La puerta hermética de la sala de operaciones deberá, poseer brazo hidráulico para que cierre lentamente sin alterar el comportamiento del flujo de aire del ambiente. Encima de la puerta de la esclusa de entrada al área de cirugía, alejada de cualquier aseo exterior al área, deberá instalarse una cortina de aire. Todas las puertas deben abrir en contra de la presión. Deberán implementarse mecanismos automáticos, que aseguren que no se abran dos puertas a la vez.

Se recomienda un sistema de climatización independiente por cada bloque de salas de operaciones, ya que existen horarios diferentes de uso de las instalaciones, todo el año. Además, se debe prever un dispositivo de parada automático de los sistemas del área en caso de incendio. Será muy conveniente dotar al área de un piso técnico superior sobre los bloques de quirófanos, para el montaje de unidades de tratamiento y ventiladores, pues cada unidad puede alcanzar dimensiones de más de 3,60 metros de longitud y sección de 0,70 x 0,70 metros además del espacio en todo su perímetro para el mantenimiento.

Tabla 1. **Eficiencias mínimas de filtración**

ANSI/ASHRAE/ASHE STANDARD 170-2008 EFICIENCIAS MINIMAS DE FILTRACION		
	Banco de filtro # 1 (MERV) ^a	Banco de filtro # 2 (MERV) ^a
Asignación de zona (de acuerdo a su función)		
Cirugía clase B y C, radiología diagnóstica y terapéutica para pacientes hospitalizados y ambulatorios; salas de labor y espacios de recuperación.	7	14
Cuidado, tratamiento y diagnóstico de pacientes internados y aquellos espacios que proporcionen un servicio directo o suministros limpios y en proceso de esterilización (Excepto como se anota abajo); Cuartos de aislamiento por infecciones transmitidas por el aire	7	14
Habitaciones con protección ambiental	7	17(HEPA) ^c
Laboratorios, Cirugía Clase A y espacios asociados semi-restringidos	13b	n/r*
Administración; almacenaje; espacios para preparación de alimentos y lavandería	7	n/r
Todos los espacios para pacientes no internados	7	n/r
Instalaciones de enfermería	7	n/r
<p>*n/r: no requerido. Nota a: Valor mínimo Reportado de Eficiencia basado en la norma ANSI/ASHRAE 52 2-2007. Nota b: Prefiltros adicionales pueden usarse para reducir el mantenimiento con filtros con eficiencias mayores que MERV 7. Nota c: El banco de filtros #2 puede ser MERV 14 si un tercer filtro terminal MERV 17 es suministrado para estos espacios.</p>		
<p>© copyright 2008, ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2008</p>		

Fuente: *Filtración para la prevención y control de infecciones en hospitales.*
<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2011/04/8539/>
 Consulta: 6 de julio de 2017.

Hay tres clasificaciones distintas para el tipo de cirugía que se realizará: cirugía de clase A, B, y C, que generalmente soporta procedimientos invasivos. Clase A de la cirugía implica procedimientos quirúrgicos menores realizados con anestesia local sin sedación preoperatoria. Se excluyen los procedimientos intravenosos, espinales y epidurales, que son de clase B o C. Cirugía clase B

ofrece procedimientos quirúrgicos menores o mayores realizadas conjuntamente con las oral, parenteral, o sedación intravenosa o realizados con el paciente bajo analgésicos o drogas disociativas. Cirugía clase C incluye los principales procedimientos quirúrgicos que requieren anestesia y apoyo de las funciones vitales del cuerpo.

3.3. Área de urgencias

Esta es la unidad o departamento más contaminado de todo el hospital por la gran cantidad de enfermos y acompañantes que acuden (una densidad de 2,60 m² por persona).

Está compuesto por ambientes de uso frecuente para atención primaria, trauma y observación.

La temperatura y humedad deben estar dentro de los límites de confort, pero la ventilación debe estudiarse cuidadosamente. En general deben existir entre 5 a 12 C/H de aire, presión positiva y un índice elevado de aire exterior (42 m³/h mínimo por persona), con filtros para impulsión y filtros de carbón activado en el retorno.

La sala de operaciones de emergencia debe tener consideraciones similares a los quirófanos, aunque se puede recircular algo del aire con filtros de alta eficiencia. El área de almacenes debe tener una extracción permanente con 8 C/H. La estación de enfermeras debe tener condiciones de confort, pero el aire que se inyecta por arriba, debe salir cerca del suelo.

3.4. Laboratorio de anatomía patológica

Está compuesto por el laboratorio de anatomía patológica y la sala de autopsias, en ambos existe un punto común: fuertes olores.

La sala de autopsia está sujeta a una fuerte contaminación bacterial y olores de los cadáveres, además de que se utilizan grandes cantidades de formaldehído, bajo campanas de laboratorio, no obstante, el sistema debe ser de 100 % de aire exterior, 12 C/H, con extracción por el techo y la parte baja de la pared y dirigido a la cubierta del hospital previo paso por un filtro de carbón activado.

El laboratorio de anatomía patológica se dedica a dos funciones, la histopatología: estudios de tejidos procedentes de biopsias, autopsias y quirófanos y la citopatología: Estudio de células, médula, sangre y orina, esputos y semen, en estrecha relación con el laboratorio de bioquímica, que analiza la composición de sustancias en los fluidos corporales.

Los tejidos se reciben en estado fresco o dentro de frascos en una solución de formaldehído y agua (formalin), bastante irritante e inflamable, además de que los propios tejidos pueden contener algún patógeno peligroso y se utilizan solventes como: Xylene, Tolueno, y alcoholes, porque el trabajo se realiza bajo cabinas de seguridad biológica y los cortes en un local especial dedicado a ello, que al ser el más sucio, debe dirigirse hacia el aire, cuando se abren puertas, es decir que la presión debe ser negativa en toda el área, pero escalonada y debe existir una trampa o esclusa a la entrada.

Tabla 2. **Eficiencias de filtración para sistemas de aire acondicionado y ventilación en hospitales generales**

2007 ASHRAE HANDBOOK HVAV Applications. Eficiencias de filtración para sistemas de Aire Acondicionado y Ventilación en Hospitales Generales			
Cantidad mínima de bancos de filtros	Designación de zona	Eficiencia de Filtros, MERV Banco de Filtros	
		No. 1	No. 2
2	Quirófano de Ortopedia	8	17b
	Quirófano para trasplante de médula		
	Quirófano para trasplante de órganos		
2	Quirófano para procedimientos generales	8	14
	Sala de partos		
	Cuneros		
	Unidades de cuidado intensivo		
	Habitaciones para pacientes. Áreas de tratamiento		
	Áreas de diagnóstico y relacionados		
1	Laboratorios	13	
	Almacén de material esterilizado		
1	Áreas de preparación de alimentos	8	
	Lavandería		
	Áreas administrativas		
	Almacén general		
	Cuartos de ropa sucia		

© Copyright 2007 ASHRAE HANDBOOK HVAC

Fuente: *Filtración para la prevención y control de infecciones en hospitales.*
<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2011/04/8539/>
 Consulta 6 de julio de 2017.

Como mínimo se garantizarán unos 6 C/H y 100 % de aire exterior, o dos sistemas (recomendado) uno para el laboratorio con 34 m³/h de aire exterior por persona y otro suplementario para vencer las cargas por las extracciones: un 10 % de aire de extracción al nivel del suelo, 50 % por rejillas sobre banco de

trabajo y 40 % por el techo, debe filtrarse con filtros de carbón activado y expulsarlo por encima de la cubierta. La impulsión tendrá como mínimo una eficiencia del 85 %.

3.5. Laboratorio de patología clínica

Comprende los laboratorios clínicos de bacteriología, bioquímica, serología, lavado, esterilización y además los de medicina nuclear y radiología. La temperatura y humedad en estos estarán en los límites del confort y un filtrado de aire de 85 % a 90 % de eficacia salvo casos específicos, 6 a 10 C/H y 100 % de aire exterior determinado por las campanas de extracción y presión negativa, excepto bioquímica con presión positiva.

El aire puede recircular dentro del propio laboratorio, pero no debe ponerse en contacto unos con los otros, por lo que se recomiendan sistemas independientes para cada tipo con filtros de carbón activado.

El en laboratorio de bacteriología, específicamente el local de cultivo de tejidos debe tener aire de impulsión filtrado con filtro HEPA terminal y muy bajas velocidades en el ambiente, además de cabinas de seguridad biológica. Este laboratorio junto al de serología, debe tener presión negativa pero superior a la de los otros laboratorios.

La presión negativa es lograda cuando se colocan extractores con mayor capacidad de flujo que los difusores de aire de ingreso, y debe tomarse en cuenta este aspecto para ser cuidadoso cuando se diseñan los sistemas de climatización, ya que por las características especiales de cada área no pueden ni deben tener la misma presión cada una de ellas.

3.6. Rayos X

El ambiente de rayos x, no tiene consideraciones climáticas especiales, salvo el cuarto oscuro, que debe estar a presión negativa, 100 % aire exterior, a no ser que el equipamiento tenga extracción individual. En toda el área de radiología deben garantizarse 10 a 15 C/H y presión negativa.

El aire acondicionado donde se encuentra el equipo de tomografía cumple un papel muy importante en la temperatura con que debe contar el ambiente para que el componente más importante que es el *gantry*, la parte encargada de rotar tubo y detectores para adquirir imágenes, y su tubo de rayos x funcionen correctamente para lo cual el equipo debe de cumplir los siguientes parámetros:

- La temperatura en la sala de tomografía debe ser de 20 °C a 23 °C.
- La humedad relativa debe ser de 41 % a 43 %.

Figura 58. Sala de tomografía



Fuente: *Sanatorio AMSA - PROMED - Somos protección médica.*
www.promed.com.py/amsa.php
Consulta: 6 de julio de 2017.

3.7. Sala de cuidados

Estas salas pueden ser: salas de cuidado convencional, sala de cuidados intensivos, y salas de aislamiento. Todas con sistemas independientes y con doble etapa de filtración 25 % y 90 %, además de filtros absolutos en salas de aislamiento, aunque pueden usarse cubiertas de flujo laminar con filtros HEPA.

Las salas de cuidados convencionales, pueden ser para varias camas o habitaciones individuales controladas individualmente. En cualquier caso, se recomiendan 24 °C y 30 % HR en invierno y 24 °C y 50 % HR en verano, 4 C/H de aire, sin control de presión, pero extrayendo el aire hacia los aseos y baños y evitar que el aire venga desde salas de pacientes infecciosos.

Las salas de cuidados intensivos, son para pacientes seriamente enfermos, que pueden llegar de postoperatorio o no, es conveniente dividir las en varias habitaciones, con presión positiva controlada, de manera que no se intercambie aire entre ellas. Debe diseñarse un rango variable de temperaturas, fácilmente ajustable entre 20 °C a 30 °C y humedad entre 30 % a 60 %.

Los sistemas de las salas de aislamiento estarán sub divididas en: salas de quemados, 25 °C a 32 °C y 95 % HR, salas de pacientes con sida, salas de pacientes con enfermedades infecciosas; la presión debe ser positiva en salas, pero negativa en los pasillos circundantes, evitando así la contaminación cruzada y la de los propios enfermos.

Muchos médicos prefieren los aisladores de flujo laminar, pero otros dicen que puede influir psicológicamente en estos por la sensación de encierro que provoca. Por esto es conveniente dotar a todos los sistemas del área con filtración absoluta de al menos 95 % de eficiencia y el aire inyectado por el techo debe

retornar hacia la unidad de aire, con filtros de carbón activado, por la parte baja de la pared, y garantizar 15 C/H.

3.8 Habitaciones de aislamiento respiratorio aéreo

Este tipo de habitaciones está diseñado para la internación de pacientes con:

- Tuberculosis
- Sarampión
- Varicela
- Influenza

La habitación será individual y debe poseer las siguientes características:

- Presión negativa en su interior.
- Tasas de recambio de aire por hora entre 6 a 12 C/H.
- Extracción del aire ambiente hacia el exterior, previo filtrado o emisión hacia áreas donde no circulen personas (ideal: aire dirigido hacia los techos con salida a los cuatro vientos).
- Las puertas y ventanas deben mantenerse cerradas, y las rendijas de ambas deben ser debidamente selladas.
- Las condiciones de temperatura y humedad pueden ser similares a las de salas de cuidados intensivos.

En algunas ocasiones se recomiendan el uso de antesalas en estas habitaciones y sus características deben estar destinadas a evitar que las corrientes de aire trasladen los microorganismos presentes hacia otras áreas del hospital y provean seguridad al personal que ingresa en ella y circula por áreas adyacentes y a los pacientes internados en áreas cercanas, esto debido a que como en el caso de la bacteria de la tuberculosis puede ser aerotransportada cuando el paciente estornuda o tose y otras personas pueden ser contagiadas cuando inhalan. Es por esto que es importante dotar estas áreas con presión negativa, ya que es así como se evita la aerotransportación.

3.9. Características de climatización de los quirófanos, unidad de quemados

El control del bloque quirúrgico tiene la finalidad de prevenir la inoculación de esporas en el campo quirúrgico durante las intervenciones. El control se realizará sobre la infraestructura de climatización del bloque y sobre la limpieza de las instalaciones de los quirófanos la cual es considerada de suma importancia. Es por ello que se hace necesario recalcar algunos aspectos que se consideran relevantes. Los quirófanos se clasifican en dos grupos según el tipo de cirugía que en ellos se realiza: los del grupo I son los quirófanos de cirugía convencional y los del grupo II son los quirófanos de cirugía especial (cirugía cardíaca, vascular, neurocirugía, trasplante de órganos, traumatología especial).

Cabe recalcar que un quirófano siempre es considerado en un centro hospitalario como un área de alto riesgo de contaminaciones y es por ello que no debe escatimarse en la construcción interna de su infraestructura, especialmente en la que coadyuva a que no se formen posibles espacios donde puedan acumularse bancos de partículas contaminantes.

Tabla 3. **Eficiencia compuesta promedio por tamaño de partículas**

Est. 52,2 Valor Mínimo Reportado de Eficiencia (MERV)	Eficiencia compuesta promedio por tamaño de partículas, %			Est. 52,1 % Eficiencia Promedio
	Rango de Tamaño, mm			
	0,3 a 1,0	1,0 a 3,0	3,0 a 10	
	E1	E2	E3	
1	n/a	n/a	E3<20	<20 %
2	n/a	n/a	E3<20	<20 %
3	n/a	n/a	E3<20	<20 %
4	n/a	n/a	E3<20	<20 %
5	n/a	n/a	20≤E3<35	<20 %
6	n/a	n/a	35≤E3<50	<20 %
7	n/a	n/a	50≤E3<70	25-30 %
8	n/a	n/a	70≤E3	30-35
9	n/a	E2<50	85≤E3	40-45
10	n/a	50≤E2<65	85≤E3	50-55
11	n/a	65≤E2<80	85≤E3	60-65
12	n/a	80≤E2	90≤E3	70-75
13	E1 < 75	90≤E2	90≤E3	80-90
14	75≤E1<85	90≤E2	90≤E3	90-95
15	85≤E1<95	90≤E2	90≤E3	mayor 95
16	95≤E1	95≤E2	95≤E3	

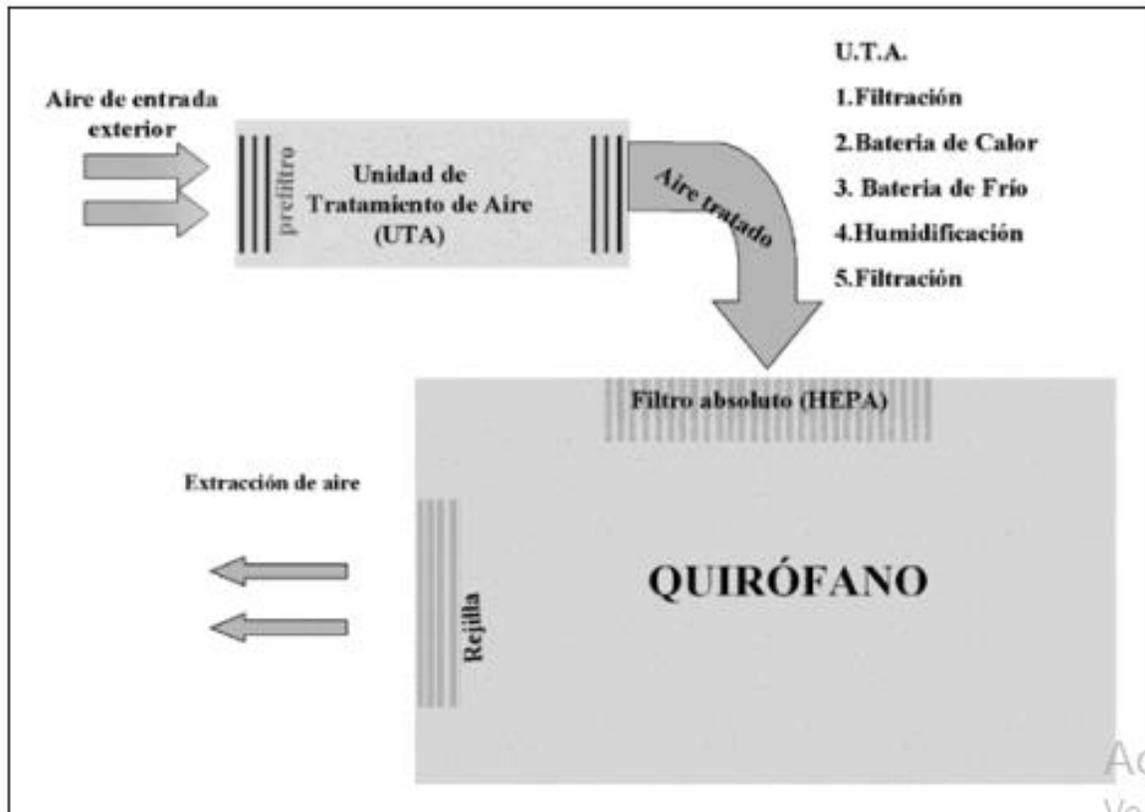
Fuente: *Filtración para la prevención y control de infecciones en hospitales.*
<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2011/04/8539/>
 Consulta: 6 de julio de 2017.

Las características aquí descritas afectan tanto a quirófanos del grupo I como del II. El proceso de climatización es un conjunto de actividades encadenadas que se inicia con la toma de aire del exterior, la filtración del aire, presurización, temperatura, humedad, nivel de ruido, la velocidad de aire en la sala climatizada, y las renovaciones del mismo. En cuanto a la toma de aire para el bloque quirúrgico, se tomará todo el aire del exterior a efectos de asegurar que la concentración de los gases anestésicos de deshecho se mantenga por debajo del límite permitido de toxicidad. La toma estará alejada de la salida de gases, humos y malos olores.

En cuanto a la filtración del aire que por la conducción de la climatización llega a los quirófanos debemos considerar 3 escalones: prefiltración, filtración de alta eficacia y filtración absoluta.

- Prefiltración: este escalón evita la contaminación del climatizador por el aire exterior. Esta filtración tiene una eficacia del 25 % con una velocidad media de paso de 1,5 a 3 m/seg, medida por medio de una prueba gravimétrica.

Figura 59. Climatización de los quirófanos



Fuente: *Sistemas de aire acondicionado en instalaciones de salud - DGIEM*
www.dgiem.gob.pe/sistemas-de-aire-acondicionado-en-instalaciones-de-salud/
consulta: 7 de julio de 2017.

- Filtración de alta eficacia: esta filtración tiene una eficacia del 90 % con una velocidad media de paso de 0,3 a 0,5 m/seg. Esta eficacia se mide por medio de pruebas fotométricas.
- Filtración de muy alta eficacia o absoluta (HEPA): esta filtración tiene una eficacia del 99,97 a 99,99 % (según tipo de filtro) para partículas de 0,3m con una velocidad media de paso de 0,03 a 0,05 m/seg. Esta eficacia se mide por un método óptico.

Algunos centros hospitalarios tienen como especialidad el tratamiento general a pacientes con quemaduras graves, esto hace que las características de sus diferentes departamentos sean bastante similares a las de los quirófanos tanto en la filtración del aire como en las condiciones de asepsia de sus diferentes áreas inclusive el equipo y vestimenta del personal son de las mismas características a el que se usa en los quirófanos ya que los riesgos de contaminaciones y transmisión de enfermedades son elevados debido a las condiciones en que se encuentran los pacientes, algunos inclusive con heridas expuestas. Todo esto hace que necesariamente la mayoría de sus departamentos sean considerados como áreas críticas o de alto riesgo de infección, y como ya habíamos mencionado cuentan con salas especiales de aislamiento para cuidados especiales con condiciones de temperatura de 25 °C a 32 °C y 95 % de humedad relativa, el cual es un porcentaje elevado, y tiene como objetivo contribuir a una mejor humectación de la piel.

3.10. Aparatos de transferencia de masas en corriente de aire

Para reducir al máximo los riesgos de contaminación, multiplicación y dispersión de bacterias entre ellas la *Legionella* en estas instalaciones se proponen medidas a dos niveles:

- En la fase de diseño y montaje de las instalaciones mediante la adopción de medidas estructurales tendentes a facilitar la accesibilidad a los equipos para su limpieza y desinfección, con la utilización de materiales susceptibles de ser desinfectados en caso necesario, evitando la utilización de materiales y temperaturas que favorezcan el crecimiento de *Legionella*, y evitando el vertido de aerosoles en zonas transitadas. Las nuevas instalaciones deberán adecuarse a la reglamentación vigente sobre normas básicas para la prevención de la *Legionella* en instalaciones (temperatura 70 °C).
- En las labores de mantenimiento se incluirán al mismo tiempo las tareas de limpieza y desinfección de los componentes estructurales de las mismas garantizándose así la ausencia de desperfectos, incrustaciones, corrosiones, lodos, entre otros, que pudieran alterar el correcto funcionamiento de los equipos. Para ello se tendrá en cuenta los reglamentos de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria y disposiciones complementarias.

Se controlará igualmente la temperatura del agua y los niveles de desinfectante residual. Las tomas de aire de los equipos dispondrán de barreras apropiadas para disminuir la entrada de suciedad al interior del equipo. Los equipos dispondrán de un dispositivo para realizar la toma de muestras de agua de recirculación. Este será fácil de abrir y poseerá un cierre manual, estando en un lugar accesible. Se ubicarán alejados de elementos de riesgo como ventanas, tomas de aire de sistemas de refrigeración y lugares frecuentados. De cualquier forma, la descarga de aire del equipo estará siempre a una cota de dos metros por encima de la parte superior de cualquier elemento o lugar a proteger, cuando la distancia horizontal sea menor de 10 metros, preferiblemente en cubierta de edificios. Si las instalaciones son de funcionamiento continuo, se someterán

como mínimo a una limpieza y desinfección general dos veces al año. La limpieza ha de realizarse de forma obligatoria cuando:

- Se ponga en funcionamiento por primera vez la instalación, con el fin de eliminar la contaminación que pudiera haberse producido durante la construcción.
- Antes de volver a poner en funcionamiento la instalación, cuando hubiera estado parada durante un tiempo igual o superior al mes.
- Antes de volver a poner en funcionamiento la instalación, si la misma hubiera sido manipulada en operaciones de mantenimiento o modificada su estructura original por cualquier motivo, de manera que pudiera haber sido contaminada.

A lo largo del período de funcionamiento se aplicará un programa de mantenimiento y desinfección preventivo que constará, al menos, de las siguientes operaciones:

- Como ya se mencionó se debe realizar el mantenimiento y limpieza de los componentes estructurales de la instalación que garantice la ausencia de desperfectos, incrustaciones, corrosiones, lodos, suciedad en general, acumulación de bancos de agua en los cuales se pueda dar lugar a la creación de algas o reproducción de bacterias, así como criaderos de insectos y cualquier otra circunstancia que altere o pueda alterar el buen funcionamiento del equipo, para ello se debe evitar esta acumulación de líquidos.
- Para el mantenimiento y limpieza de los evaporadores y condensadores de los equipos de aire acondicionado se pueden utilizar los materiales tradicionales que se encuentran a la venta, elaborados con ácido clorhídrico

y materiales corta grasa y que se disuelven con agua para disminuir su capacidad de corrosión. Así también puede utilizarse el hipoclorito de calcio o el hipoclorito de sodio disueltos en agua, el cual conocemos comúnmente como cloro ya que es muy eficiente debido a su elevado poder antiséptico y puede eliminar algas, bacterias, hongos y microorganismos. Si se tiene la disponibilidad también puede utilizarse ozono que es un gas con un gran poder oxidativo, lo que lo convierte en un agente con una enorme capacidad para la eliminación de microbios y microorganismos patógenos como virus, bacterias, esporas y hongos. Diluido en las concentraciones adecuadas, el ozono es capaz de crear ambientes purificados, libres de agentes contaminantes, frescos y sin ningún tipo de olor desagradable.

- Desinfección del agua del circuito de refrigeración de manera que se garantice el control de reproducción microbiana. Toda instalación deberá permitir el acceso fácil para las operaciones de limpieza y mantenimiento.

4. EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO PARA BANCOS DE SANGRE

El refrigerador para la conservación de sangre es el equipo básico imprescindible en todo banco de sangre. A diferencia de los refrigeradores domésticos, los refrigeradores de los bancos de sangre presentan las siguientes características de diseño fundamentales:

- Aislamiento más acentuado en todo el contorno que prolonga el tiempo de conservación del frío logrando una mayor autonomía frigorífica, en el caso de que se produzca un corte en el suministro eléctrico y le da la capacidad de mantener la temperatura entre 2 °C y 6 °C.
- Un ventilador de refrigeración que distribuye el aire en el interior de la cámara de forma eficiente y homogénea.
- Dispositivos de vigilancia de la temperatura, compuestos por un indicador externo de la temperatura y un sistema de alarma que advierte de peligros como una temperatura anormal o un corte en el suministro de energía eléctrica, entre otros.
- Revestimiento interior de la cámara resistente a los golpes y ralladuras, este puede ser de acero inoxidable o aluminio.
- Puerta delantera de cristal u otro material con características similares que permita al usuario ver el contenido de la cámara sin que ello afecte a la

temperatura, y cajones o estantes con correderas para depositar las unidades de sangre. Algunos refrigeradores pueden estar dotados de dos compresores, aunque no funcionan los dos compresores a la vez, este diseño reduce el tiempo de inactividad ocasionado por fallos del compresor. Por este motivo, el refrigerador de banco de sangre de compresión es el único tipo recomendado para la conservación de sangre.

Aunque el refrigerador de compresión eléctrica de tipo doméstico es más económico y pueda, por tanto, adquirirse con facilidad y esté respaldado por la industria nacional, su diseño no es adecuado para la conservación de sangre, principalmente por los siguientes motivos:

- Generalmente, cuenta con un aislamiento deficiente y no está diseñado para mantener las temperaturas recomendadas.
- En caso de corte de electricidad, su aislamiento provoca que se caliente rápidamente.
- A temperaturas ambiente elevadas que se pueden presentar en algunos lugares, y llegar a ser superiores a 43° C puede dejar de funcionar.
- En las zonas próximas al compartimento de congelación, las temperaturas suelen ser inferiores a la temperatura de congelación, particularmente en los modelos con aislamiento insuficiente del compartimento de refrigeración.
- El aislamiento de las puertas es deficiente.
- No está dotado de dispositivos de vigilancia en serie de la temperatura. Por regla general, la sangre entera se deposita en el refrigerador a temperatura

ambiente. Cuanto mayor sea el volumen total de sangre, mayor será el tiempo de enfriamiento de la sangre hasta la temperatura de conservación aceptable de 4° C. Si se divide en unidades con volúmenes más pequeños, la sangre se puede enfriar más rápido, pero el espacio necesario para conservar la misma carga total de sangre aumenta.

Figura 60. Refrigerador para banco de sangre para 90 bolsas



Fuente: *Refrigeradores para banco de sangre . Delca Científica.*
www.delca.com.mx/html/productos/bancodesangre
Consulta: 10 de julio de 2017.

4.1. Refrigeradores de banco de sangre alimentados por energía solar

En muchos países en desarrollo, las transfusiones de sangre se realizan en ocasiones en centros de salud u hospitales de áreas rurales, que no tienen

acceso a la red de abastecimiento de energía eléctrica nacional. En algunos centros de salud, el generador eléctrico sólo puede utilizarse en horas nocturnas tras la puesta del sol. Los refrigeradores de banco de sangre deben ser capaces, en estas condiciones, de mantener la sangre a entre 2 y 6 °C durante las 24 horas del día. En los países con luz solar suficiente a lo largo del año, los refrigeradores alimentados por energía solar pueden ser la solución.

El diseño de la cámara de los refrigeradores de compresión alimentados por energía solar es distinto que el de los refrigeradores eléctricos convencionales. El aislante es más grueso, no está equipado con refrigeración por ventilador y, dado el tipo de establecimiento sanitario en el que se utiliza que generalmente son hospitales y centros de salud pequeños, tiene una capacidad máxima de 50 unidades de sangre. Los requisitos energéticos también son bajos y para conservar el frío, el diseño del equipo es de tipo cofre con puerta superior y la cámara no tiene iluminación interior. Estos equipos deben contar con los mismos dispositivos de vigilancia de la temperatura que el refrigerador eléctrico convencional. Los refrigeradores y los congeladores de bloques refrigerantes alimentados por energía solar utilizan gas refrigerante sin clorofluorocarbonos conocidos por las siglas CFC.

Los primeros pueden estar dotados de un congelador de bloques refrigerantes. El consumo energético recomendado es inferior a 0,7 kWh/24 horas en los equipos con un volumen bruto inferior a 50 litros, e inferior a 0,1 kWh por cada 10 litros adicionales de volumen bruto. La temperatura del compartimento congelador de los equipos alimentados por energía solar suele ser inferior a -10 °C. Esta temperatura no es idónea para conservar plasma fresco congelado a mediano y largo plazo. Las características básicas de los equipos alimentados por energía solar son:

- **Generador fotovoltaico:** los generadores están diseñados para soportar vientos de una fuerza de 200 kg/m² y disponen de anclajes para su instalación en el suelo o sobre el tejado. El regulador de la carga de la batería y otros componentes están protegidos contra los efectos de los rayos. El sistema está concebido para asegurar el funcionamiento continuo del refrigerador y del congelador cargado y con bloques refrigerantes durante los periodos del año de menor luz solar. En el caso de que el sistema incluya cargas adicionales, como la iluminación, éstas deben conectarse a una fuente de alimentación independiente y en ningún caso deben depender de las baterías que alimentan el refrigerador.
- **Cable del generador al refrigerador:** la dimensión de este cable debe ser tal que cuando el generador alcanza la temperatura de funcionamiento y el rendimiento máximos la tensión que transporta debe ser suficiente para cargar las baterías a su velocidad de carga máxima. Los fabricantes proporcionan recomendaciones para el dimensionamiento del cable en función de la distancia entre el generador y la caja de control.
- **Juego de baterías:** las baterías deben soportar un mínimo de 1 000 ciclos hasta una descarga del 50 %. La frecuencia del mantenimiento debe ser, como máximo, semestral. No se deben utilizar pilas secas como fuente de alimentación de los instrumentos o de los controles. Las baterías deben estar alojadas en una cámara ventilada y dotada de un cierre con llave, con un acceso para las inspecciones de mantenimiento. Las baterías deben cumplir las especificaciones de diseño de la Organización Mundial de la Salud, OMS, y deben ir acompañadas de la documentación que las acredite. Las baterías deben suministrarse secas y cargarse con ácido suministrado en recipientes herméticos independientes.

- Regulador de carga de la batería: los reguladores de carga de la batería deben cumplir las especificaciones de diseño de la OMS, y también deben ir acompañados de la documentación que lo acredite. Deben estar calibrados con precisión en función de los requisitos de carga y temperatura de la batería a la que van a acoplarse y deben desconectar el proceso de carga cuando la batería haya alcanzado un estado de carga que pueda repetirse durante un mínimo de 1 000 ciclos. Deben estar dotados de protección contra sobretensión por descargas atmosféricas. La carga volverá a conectarse automáticamente cuando la tensión del sistema recupera su valor normal.

Figura 61. Refrigerador de banco de sangre alimentado por energía solar



Fuente: *Solar refrigerador de vacunas TCW 40 SDD.*
<https://www.bmedicalsystems.com/es/product/tcw-40-sdd/>
Consulta: 10 de julio del 2017.

La tecnología solar ha llegado a ser muy confiable, no obstante, un estudio de los equipos de conservación de vacunas alimentados por energía solar realizado por la OMS y UNICEF (*United Nations International Children's Emergency Found*), Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia, demostró entre otras cosas, que el mantenimiento y la sustitución de piezas como las baterías y los reguladores necesarios tras cinco años de funcionamiento por término medio, siguen siendo el principal problema, dado que estos sistemas suelen estar ubicados en zonas aisladas y raramente se reservan fondos para estos fines.

4.2. Refrigeradores de banco de sangre con revestimiento frigorífico

Los refrigeradores con revestimiento frigorífico están especialmente diseñados para prolongar su autonomía frigorífica. Esto significa que a diferencia de los refrigeradores de banco de sangre eléctricos convencionales, tras un corte de la corriente los refrigeradores que tienen revestimiento frigorífico pueden conservar la temperatura por debajo de 10 °C durante hasta 72 horas. Para ello, se reviste la cámara con recipientes de agua y hielo o se sitúan junto a la zona de conservación de la sangre compartimentos con bloques refrigerantes.

Durante los periodos de corte del suministro eléctrico y desconexión de carga, los bloques refrigerantes actúan como medio de conservación del frío para proteger las unidades de sangre almacenadas en el refrigerador. Se recomienda enfáticamente el uso de refrigeradores con revestimiento frigorífico en los bancos de sangre ubicados en zonas cuyo suministro eléctrico sea poco confiable y sufra interrupciones frecuentes, generalmente en centros rurales o regionales.

No obstante, para cumplir las normas de la OMS, los equipos con revestimiento frigorífico deben estar equipados con dispositivos de vigilancia de

la temperatura y con sistemas de alarma. No se recomienda utilizar el compartimento congelador del equipo para conservar unidades de plasma puesto que la temperatura de este compartimento de los equipos con revestimiento frigorífico no suele bajar de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, que no es suficientemente baja para conservar plasma fresco congelado a mediano y largo plazo. Los bloques refrigerantes también se pueden utilizar en los refrigeradores portátiles para el transporte de sangre.

Para congelar el revestimiento de agua en el número limitado de horas en las que se dispone de suministro eléctrico, el compresor debe funcionar a pleno rendimiento y la zona de conservación de la parte inferior del equipo alcanza una temperatura inferior a baja de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por consiguiente, no se deben almacenar unidades de sangre en los 15 cm inferiores de la base de estos modelos. Otra limitación de este tipo de equipos es que, a pesar de que el diseño de cofre garantiza la conservación a baja temperatura mediante la reducción de las pérdidas de aire frío durante la apertura del equipo, para acceder a las unidades de sangre que se encuentran debajo del estante superior es preciso retirar toda la canasta. Esta operación a menudo es complicada y la temperatura de la cámara puede aumentar rápidamente. También, es necesario proteger las unidades de sangre al tiempo que se procura alcanzar temperaturas inferiores a la de congelación en el revestimiento frigorífico.

4.3. Congeladores de plasma

Todos los refrigeradores que han sido descritos hasta aquí son de compresión. La OMS ha evaluado congeladores de plasma de compresión que usan gas refrigerante sin CFC, y se conectan a la red eléctrica nacional. Los

congeladores de plasma no precisan estar conectados a un generador eléctrico de reserva, ya que estos suelen mantener una temperatura inferior a la congelación durante más de 24 horas siempre que no se abra la puerta con frecuencia. Estos congeladores están especialmente diseñados para conservar plasma y están equipados con un mecanismo interno de refrigeración por ventilador que distribuye el aire de forma homogénea y eficiente en el interior del equipo y en torno a los dispositivos de vigilancia de la temperatura.

En un diseño ideal tras abrir la puerta frontal, cada estantería se puede abrir de forma independiente, conservando así la temperatura. El aislamiento de estos equipos es más espeso que el de los congeladores domésticos convencionales, lo cual ayuda a mantener la temperatura por debajo de $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los factores clave para obtener un rendimiento óptimo son los tiempos de enfriamiento y de congelación. Cuando se deposita en el congelador, el plasma está a temperatura ambiente, cuanto mayor sea el volumen de plasma depositado, más tiempo se necesitará para enfriarlo a la temperatura de conservación aceptable, la cual es inferior a $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. El usuario puede optar por reducir la carga con el fin de alcanzar más rápidamente temperaturas de conservación seguras. Esto implica que se necesitará más espacio para la conservación de una determinada carga de plasma preparada.

Aunque pueden adquirirse con facilidad congeladores domésticos en el mercado local, se desaconseja utilizarlos para conservar plasma por los siguientes motivos:

- No alcanzan temperaturas de funcionamiento inferiores a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- El tiempo de enfriamiento de una carga de plasma es excesivo.

- Suelen tener un aislamiento deficiente, especialmente las puertas, y no están diseñados para mantener las temperaturas recomendadas.
- Cuando se produce un corte de corriente, se calientan rápidamente.
- Pueden dejar de funcionar cuando la temperatura ambiente es elevada.
- No están equipados con dispositivos de vigilancia en serie de la temperatura.

Esto da a entender que si se conserva plasma en congeladores domésticos su tiempo de conservación es más corto que en congeladores de plasma y podría peligrar su calidad.

Figura 62. Congelador para plasma sanguíneo



Fuente: *Congelador para plasma sanguíneo / empotrable.*
www.medicalexpo.es › *Gestión de muestras* › *Congelador para plasma sanguíneo*
Consulta: 12 de julio de 2017.

4.4. Agitadores de plaquetas

Los agitadores de plaquetas están diseñados para la conservación de plaquetas a una temperatura de entre 20 °C y 24 °C. Las plaquetas deben mantenerse en agitación continua para que conserven su viabilidad y propiedades adhesivas. Es preferible utilizar agitadores horizontales, ya que se ha demostrado que con ellos se consigue una mejor agitación que con los de tipo rotativo. El agitador de plaquetas puede encajarse en el interior de una incubadora que mantenga la temperatura deseada, o bien colocarse como unidad autónoma en una sala climatizada a una temperatura de entre 20 °C y 24 °C.

Existen distintos tamaños y diseños y debido a que la agitación es continua el equipo debe ser robusto y poco ruidoso. Son factores cruciales para su funcionamiento el grado de amplitud de la agitación y el número de oscilaciones por minuto, ya que permiten medir la intensidad de agitación a fin de garantizar el efecto máximo y, en consecuencia, el libre intercambio de gases en el interior de la unidad de sangre y con el exterior. La cantidad de concentrados plaquetarios que puede manejar un determinado agitador dependerá de si son de aféresis o de múltiples donantes. Las unidades de concentrados plaquetarios de aféresis suelen pesar hasta seis veces más que las de concentrados plaquetarios de donante de sangre entero.

Es indispensable para la vigilancia del agitador una alarma que alerte de los fallos de movimiento, y si la agitación se realiza en una incubadora, se necesita un dispositivo de vigilancia de la temperatura semejante a los que se encuentran en los refrigeradores convencionales para la conservación de sangre, con sistemas de alarma visual y sonora que avisan de cortes del suministro eléctrico o de temperaturas que se salen del margen correcto, así como registros gráficos de siete días.

El diseño de la puerta permite al usuario inspeccionar el contenido sin necesidad de abrirla, lo cual reduce al mínimo los cambios de temperatura en la incubadora que alberga el agitador de plaquetas. También es importante que los estantes sean resistentes a la corrosión debido a los posibles derramamientos de los tubos piloto de las unidades de plaquetas.

Figura 63. **Cámara ambiental para agitador de plaquetas**



Fuente: *Cámara ambiental para agitador de plaquetas* » SEV-PRENDO .
www.sevmexico.com/categorias/productos/?pr=136
Consulta: 12 de julio de 2017.

4.5. Refrigeradores portátiles para el transporte de sangre y líquidos refrigerantes

Las características y propiedades de los refrigeradores para transporte de sangre, son analizados y determinados por el Departamento de Vacunas y Productos Biológicos de la Organización Mundial de la Salud, basándose en

pruebas para dilucidar si el equipo cumple con las especificaciones de la OMS/UNICEF. Todos los refrigeradores portátiles y otros medios de transporte aparecen en la sección dedicada a refrigeradores portátiles y porta vacunas de las hojas de información sobre productos del Programa Ampliado de Inmunización de la OMS, y cuentan con códigos numéricos y prefijos distintos para cada sección, por ejemplo existe una que describe la calidad de los porta vacunas así como existe otra diferente que indica los datos correspondientes a sus prestaciones como embalaje para el transporte de sangre.

Figura 64. Refrigeradores portátiles para el transporte de sangre



Fuente: *Refrigerador de banco de sangre / portátil / con 1 ... - Medical Expo*
www.medicalexpo.es › *Gestión de muestras* › *Refrigerador de banco de sangre*
Consulta: 14 de julio de 2017.

Para que su autonomía frigorífica sea aceptable, los refrigeradores portátiles para el transporte de sangre deben contener bloques rellenos de solución refrigerante, conocidos como bloques refrigerantes los cuales previamente son enfriados en congeladores especiales de alta capacidad de enfriamiento, o sea que logran temperaturas bastante bajas para solidificar su contenido. Es importante contar siempre con un juego de bloques refrigerantes

de repuesto para cada modelo, a fin de hacer frente a las posibles pérdidas y para garantizar la disponibilidad constante de bloques congelados para uso regular.

Debe tenerse cuidado de que el punto de congelación no sea inferior al del agua, lo cual puede poner en peligro la sangre entera o los concentrados de glóbulos rojos, que nunca deben congelarse

Figura 65. Bloques refrigerantes



Fuente: *Categoría alimenticia HDPE al por mayor 1000 ml gel .*
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/wholesale-1000ml-food-grade-hdpe-medic...>
Consulta: 14 de julio de 2017.

4.6. Refrigerante para sangre o plaquetas

El refrigerante es una solución eutéctica o sea una mezcla de dos componentes con punto de solidificación mínimo, que tiene una gran capacidad termo-energética y una gran estabilidad a su temperatura de cambio de estado, que típicamente es de 16 °C a 20 °C, esta solución normalmente es un glicólido,

que alcanza un punto de congelación muy superior al del hielo común, lo cual hace que tarde mucho más en disipar su frío y que se puede encontrar a temperatura ambiente en estado líquido o gel, y es este el material del cual se encuentran rellenos los bloques refrigerantes. Tras su solidificación los refrigerantes se mantienen a 4 °C y están listos para utilizarse tras dos horas a temperatura ambiente.

Este cambio de estado, de sólido a líquido, proporciona protección térmica a la sangre o a las plaquetas y es mucho más eficaz que el cambio de fase de hielo a agua que se produce a 0 °C. Para una mayor protección, el refrigerante se puede alojar en bloques como ya se mencionó o en una doble bolsa, es decir una bolsa sellada que a su vez se encuentra dentro de otra. La refrigeración más eficaz se produce cuando la bolsa de refrigerante se halla en contacto directo con la unidad de sangre o de plaquetas.

Sin embargo, lo más importante es el hecho de que la eficacia del refrigerante depende de la capacidad aislante del refrigerador portátil para el transporte de sangre. El refrigerante es reutilizable y, por tanto, económico, y evita así el uso de hielo y agua, que puede resultar engorroso. Proporciona estabilidad térmica entre 20 °C y 24 °C en climas fríos y cálidos y, así, resulta útil en las siguientes situaciones:

- Para enfriar con rapidez sangre entera de 37 °C a 20 °C.
- Para ayudar a mantener la temperatura de la sangre entera a unos 20 °C durante su transporte antes del procesamiento de los componentes.
- Para proporcionar estabilidad térmica durante la conservación de plaquetas a una temperatura comprendida entre 20 °C y 24 °C.

- Para el transporte de unidades de plaquetas desde el laboratorio hasta el paciente receptor.

4.7. Máquina centrifugadora refrigerada

La centrifugadora es un **instrumento de laboratorio** que ha sido diseñada para utilizar la fuerza centrífuga que se genera en los movimientos de rotación, con el fin de separar los elementos constituyentes de una mezcla. Existe una amplia diversidad de centrífugas para poder atender necesidades específicas de la industria y la investigación.

Esta máquina se ha diseñado para utilizar la fuerza centrífuga para separar sólidos suspendidos en un medio líquido por sedimentación o para separar líquidos de diversa densidad. Los movimientos rotacionales permiten generar fuerzas mucho más grandes que la gravedad, en periodos controlados de tiempo.

En el laboratorio las centrífugas se usan generalmente en procesos como la separación por sedimentación de los componentes sólidos de los líquidos biológicos y, en particular, en la separación de los componentes de la sangre: glóbulos rojos, glóbulos blancos, plasma y plaquetas, entre otros, dividiendo el plasma sanguíneo y el suero sanguíneo en un proceso de análisis de sangre y para la realización de múltiples pruebas y tratamientos. También se utiliza para determinar el hematocrito mediante una toma de muestra capilar. En este caso la máquina utilizada se denomina micro centrífuga.

Hay diversas clases de centrífugas, entre las que se citan las siguientes:

- La centrífuga de mesa
- La ultracentrífuga

- La centrífuga para micro hematocrito
- La centrífuga de pie

Estos son los de más amplio uso en los laboratorios de salud pública, de investigación y clínicos, entre otros.

Figura 66. Centrifugadora de laboratorio refrigerada de gran capacidad



Fuente: *Centrifugadoras de gran capacidad*
DirectIndustrywww.directindustry.es › Equipos de Laboratorio
Consulta 16 de julio de 2017.

Los componentes más importantes de una centrífuga son los siguientes:

- Control de encendido y apagado, control de tiempo de operación o temporizador, control de velocidad de rotación en algunas centrífugas, control de temperatura en centrífugas refrigeradas, control de vibraciones el cual es un mecanismo de seguridad, y sistema de freno.
- Sistema de refrigeración.
- Sistema de vacío, en ultracentrífugas.
- Base.
- Tapa.
- Carcaza.
- Motor eléctrico.
- Rotor. Existen rotores de diverso tipo, los más comunes son los de ángulo fijo, los de cubo pivotante, los de tubo vertical y los de tubo casi vertical, los cuales se explican a continuación.

En el rotor es donde se coloca la muestra por centrifugar. Existen dos tipos de rotores:

- Fijos. Los tubos se alojan con un ángulo fijo con respecto al eje de giro. Se usan para volúmenes grandes.

- **Basculantes.** Los tubos se hallan dentro de carcasas colgantes, unidas al rotor con un eje. Se mueven cuando el mecanismo centrifugador gira. Se usan para volúmenes pequeños y para separar partículas de coeficiente de sedimentación igual o casi igual. El mecanismo centrifugador está colocado en el interior de una cámara acorazada, a unos 4 °C. Si no existiera esta cámara, al comenzar la centrifugación y debido al rozamiento con el aire, se incrementaría la temperatura de la muestra y podría desnaturalizarse.

Figura 67. Esquema de centrifugadora de laboratorio refrigerada



Fuente: *Productos y accesorios para el banco de sangre - Hettich*
www.hettichlab.com/.../bf95d3b0-25f2-4414-a2e2-0e965c2036d5
Consulta: 16 de julio de 2017.

CONCLUSIONES

1. Es necesario estar actualizado respecto a los sistemas de refrigeración y aire acondicionado más modernos para desarrollar sus aplicaciones de la manera más adecuada especialmente cuando entramos al ámbito de la climatización industrial.
2. Se demuestra plenamente que el mantenimiento de estos sistemas aplicados a la rama de hospitales e instalaciones de salud debe realizarse adecuadamente y sin escatimar ningún aspecto importante, para no provocar ningún foco de contaminación o transmisión de enfermedades contagiosas.
3. Es importante tomar siempre en cuenta aspectos relacionados con el cuidado del medio ambiente y el ahorro de energía ya que de no ser así se estaría auto limitándose el campo de trabajo debido a que así lo exige el desarrollo de los proyectos en la industria moderna
4. Se hace necesario promover la investigación y el desarrollo de proyectos que tengan como objetivo aportar nuevos conocimientos en la rama de la refrigeración y aire acondicionado, ya que en nuestro país existen muchas opciones en las cuales podrían aplicarse estos sistemas y así generar opciones de desarrollo de la industria en general.

RECOMENDACIONES

1. Es indispensable que en nuestro país se generen programas de capacitación constante y actualizada de conocimientos técnicos que son necesarios para desarrollar la rama de la refrigeración y aire acondicionado en sus distintas aplicaciones, ya que actualmente estos programas son escasos; también es conveniente que en estos se involucren las instituciones educativas de todo nivel incluyendo a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la cual podría aportar grandes beneficios a los conocimientos técnicos en esta rama.
2. Se debe promover de manera más enfática el uso de energías alternativas para el funcionamiento y desarrollo de la industria en Guatemala, ya que actualmente no solo se cuenta con escasas fuentes de energía, también, se está aumentando los niveles de contaminación ambiental de manera acelerada, sin darse cuenta que esto repercute en cambios climáticos y en daños ecológicos severos.
3. Debe promoverse por parte de las autoridades del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social la creación de programas de supervisión de los planes de mantenimiento de los distintos centros hospitalarios e instituciones de salud, tanto públicos como privados, ya que algunos de estos no cuentan con un programa de mantenimiento continuo y en algunos otros es muy deficiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Áreas críticas en hospitales – Mundo HVACR*. Revista digital. [en línea]. <[https://www.Mundohvacr.com.mx/2013/...áreas-críticas-en hospital](https://www.Mundohvacr.com.mx/2013/...áreas-críticas-en-hospital)> [Consulta junio de 2017].
2. CENGEL, Yunes; BOLES, Michael. *Termodinámica*. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2012. 1044 p.
3. *Equipos de climatización*. [en línea]. <[https://bibing.us.es/proyectos/... /3.+EQUIPOS + DE + CLIMATIZACIÓN.pd](https://bibing.us.es/proyectos/.../3.+EQUIPOS+DE+CLIMATIZACIÓN.pdf)>. [Consulta junio de 2017]
4. *La cadena de frío en la sangre. Guía para la selección y adquisición de equipos y accesorios*. <[https://libdoc.who.int/publications/ 2004/9243545795. pdf](https://libdoc.who.int/publications/2004/9243545795.pdf)> [Consulta: junio de 2017]
5. *Sistemas de aire acondicionado en instalaciones de salud*. [en línea]. <https://www.academia.edu/.../SISTEMAS_DE_AIRE_ACONDICIO> [Consulta: junio de 2017].
6. *Sistema de refrigeración por compresión*. [en línea]. <<https://rua.ua.es/dsPace/bitstream/10045/17271/1/refrigeración.pdf>> [Consulta: junio de 2017].
7. Sistema frigorífico. [en línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_frigorífico> [Consulta: junio de 2017].

8. WARREN MARSH, R.; THOMAS OLIVO, C. *Principios de la refrigeración*.
2a ed. México. Diana, 1993. 572 p.

ANEXOS

Anexo 1. Mantenimiento de los equipos de masas de aire

<i>Equipo</i>	<i>Inspección</i>	<i>Limpieza</i>	<i>Desinfección</i>
Torres de refrigeración	Mensual	Mensual: drenar y limpiar bandejas. Anual: Limpiar circuito y controlar separador de gotas	Mínimo 1 vez/año Siempre tras parada de larga duración o tras reparación
Condensadores de equipos			
Aparatos de humidificación y enfriamiento evaporativo			
Unidades de tratamiento de aire	Mensual. Las bandejas se mantendrán secas	Cada 6 meses: aletas y bandejas Anual: toda la superficie de contacto con aire tratado o a tratar	
Unidades terminales con batería		Mensual: todas las superficies.	
Unidades terminales sin batería		Cada 6 meses: limpieza de superficies interiores.	

Fuente: *Sistemas de aire acondicionado en instalaciones de salud - DGIEM.*
www.dgiem.gob.pe/sistemas-de-aire-acondicionado-en-instalaciones-de-salud/
 Consulta: 5 de julio de 2017.

Anexo 2. **Técnica de desinfección con cloro de torre de refrigeración y condensadores evaporativos**

<i>Tareas</i>	<i>Desarrollo</i>
<i>Clorar</i>	Inyectar cloro: 5 ppm + biodispersante + anticorrosivo en la bandeja de condensación
<i>Recircular</i>	Recircular agua durante 3 horas con ventiladores parados reponiendo cada hora el cloro
<i>Neutralizar</i>	Neutralizar con Tiosulfato sódico 0,005/m ³ de agua por las partes por millon de cloro añadido
<i>Vaciar</i>	Vaciar y rellenar hasta que el drenado esté limpio
<i>Clorar</i>	Añadir agua limpia y cloro 15 ppm con anticorrosivo
<i>Recircular</i>	Recircular agua durante dos horas con ventiladores parados y reponer cloro cada 30 minutos
<i>Neutralizar</i>	Neutralizar cloro con Tiosulfato sódico, vaciar el sistema y rellenar con agua limpia
<i>Clorar</i>	Clorar agua a 2 ppm + anticorrosivo
<i>Piezas</i>	Las piezas desmontables se desinfectaran por medio de inmersión en agua clorada a 15ppm/20minutos

El **tiosulfato de sodio** se utiliza para declorar el agua del grifo, incluyendo la reducción de los niveles de cloro para su uso en acuarios y piscinas y spas y dentro de las plantas de tratamiento de agua para tratar el agua de retrolavado sedimentada antes de su liberación a los ríos. La reacción de reducción es análoga a la reacción de reducción de yodo, el tiosulfato reduce el hipoclorito (ingrediente activo en cloro) y al hacerlo se oxida al sulfato. El objetivo de usarlo es poder evitar la posibilidad de que el cloro en el agua que se utiliza para las labores de limpieza y mantenimiento pueda provocar corrosión a las piezas metálicas, cuando este riesgo exista.

Fuente: *Sistemas de aire acondicionado en instalaciones de salud - DGIEM.*
www.dgiem.gob.pe/sistemas-de-aire-acondicionado-en-instalaciones-de-salud/
 Consulta: 5 de julio del 2017.