



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

**PROPUESTA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS
DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**

Otto René Castillo Mayén

Asesorado por el Ing. Allen Raúl Gustavo Roca Recinos

Guatemala, enero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS
DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OTTO RENÉ CASTILLO MAYÉN

ASESORADO POR EL ING. ALLEN RAÚL GUSTAVO ROCA RECINOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

PROPUESTA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 17 de febrero de 2015.



Otto Rene Castillo Mayén

Guatemala, 10 de febrero de 2015

Ingeniero
Julio Cesar Campos Paíz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Campos:

Por este medio hago constar que he revisado el protocolo del estudiante **OTTO RENÉ CASTILLO MAYÉN**, con carné **200117215**, comprometiéndome a asesorar el trabajo de graduación titulado: **“PROPUESTA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO”**.

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,


Allen Raúl Gustavo Roca Recinos
Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 10461
ASESOR





USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.266.2015

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: **PROPUESTA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO** del estudiante **Otto René Castillo Mayén**, carné No. **200117215**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberta Guzman Ortiz
Coordinadora del Área Térmica
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, junio de 2015

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: **PROPUESTA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO** del estudiante **Otto René Castillo Mayén**, carné No. **2001-17215** 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





DTG. 012.2016

El Decano 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: **PROPUESTA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Otto René Castillo Mayén**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, enero de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por acompañarme durante todo el camino de mi vida y saberme guiar en los momentos más difíciles, darme la fuerza para continuar adelante y ayudarme a cumplir una meta más de las etapas de mi vida.

Mi padre

Otto René Castillo Méndez (q. e. p. d.), por todo el cariño y comprensión que me diste durante el tiempo que te tuve a mi lado y saberme guiar de las cosas buenas y malas para ser un hombre de bien, y en el lugar que te encuentres, esta tesis va dedicada a ti con mucho cariño, tu hijo.

Mi madre

Marina del Carmen Mayén López. Te agradezco por la paciencia, el cariño, la fuerza y la perseverancia que me has transmitido durante todo el tiempo de mi vida y las enseñanzas de no desmayar en los momentos más perturbadores.

Mi abuelo

Francisco Mayén Cruz, por estar siempre presente en mi vida, transmitiéndome su experiencia y consejos de la lucha por la vida, aun en los tiempos difíciles.

Mi hermana

Marilyn Melissa Castillo Mayén, por estar presente siempre, alentarme a seguir adelante y compartir este éxito en mi vida.

Mis tíos

Francisco Mayén, Olga Palencia, Jorge Hernández, Norma Palencia, Enrique Mayén, Eugenia Mayén, Catalina Mayén, Carlos Hermosilla, Fredy Morales, Olga Castillo, Silvia Castillo y Fernando Lopez, por su cariño, apoyo incondicional hacia mi persona y mi familia, ya que en su momento supieron aconsejarme y guiarme en el camino de la vida y estar pendiente de la culminación de mi carrera.

Mis primos

Giovanni Hermosilla, Mynor Hermosilla, Jonathan Hermosilla, Fabricio Hermosilla, Estephanie Hermosilla, Victoria Hermosilla, Cacia Morales, Claudia Morales, Débora Morales, Gabriela Morales, Eduardo Mayén, Gabriela Ramírez, Edwin Haroldo Ramírez, Ana Liz Ramírez, Marlith de León, Jimena de Leon, Karolyn Paz, Dayan Paz, Alejandro Castillo, Carlos Castillo, Gustavo Castillo, Priscilla Hernández, por los momentos compartidos.

Mis amigos

Que de una u otra forma estuvieron involucrados en apoyarme en la culminación de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de ser parte de tan prestigiosa Universidad y lograr culminar mis estudios.
Facultad de Ingeniería	Por ser una importante influencia en mi carrera y mi formación en el área de mecánica.
Mis amigos de la Facultad	Alejandro Cano, Daniel Corado, Javier Fernández, Josman Carreto, Karin Arredondo, Rafael Álvarez, Ivanoa Mencos, Rosmery Briones, Roberto Díaz, David Pérez, Luis Pablo Guirola, Mélany López, Carlos Aroche, Juan Carlos Molina, Luis Tello, Zury Baruz, José Zúñiga, Jorge Mayén, Jenifer López, Samuel Girón, Jessicka Juárez, Jorge Luis Gutiérrez, Luis Roberto Soria, José Soria, Pablo Arzú, Guillermo Martínez, Antonio Carpio, Gabriel Nunfio, Donald Ruano, Robinson López, Herbert Figueroa, Jorge Doradea, Janet Reyes, Daniela Castillo, Manuel Castillo, Manuel Navarro, Gladis Ramírez, Juan José Catalán, Mario Ramírez, Gustavo Figueroa, Gerson Ávila, Sergio Garcia.

Tíos	Francisco Mayén, Olga Palencia, Jorge Hernández, Carlos Hermosilla. Gracias por el apoyo desde el inicio de mi carrera hasta culminarla.
Familia Colindres	Por ser una parte importante en mi carrera, apoyándome con muestras de cariño, también brindándome su confianza y la oportunidad de aprender a trabajar en la empresa que está a su cargo, especialmente al señor Rodolfo Figueroa, muchas gracias.
Familia Solares	Por estar presentes en mi formación profesional y su apoyo incondicional hacia mi persona y mi familia. Daniel Solares en especial por su apoyo.
Señorita Carmen Raquel Morataya Astorga	Gracias por tu apoyo incondicional y alentarme a ser una mejor persona tanto humana como profesional, y estar siempre presente y al tanto de mí.
Ing. Allen Raúl Gustavo Roca Recinos	Por su asesoría y aporte profesional en el desarrollo de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	1
1.1. Funciones básicas del aire acondicionado	1
1.1.1. Calentamiento.....	1
1.1.2. Humectación.....	2
1.1.3. Ventilación	2
1.1.4. Filtrado.....	3
1.1.5. Enfriamiento y deshumectación.....	3
1.1.6. Circulación	4
1.2. Tipos de aires acondicionados	4
1.2.1. Equipo tipo Split.....	5
1.2.2. Equipo tipo Chiller.....	9
1.2.3. Equipo tipo paquete.....	11
1.3. Confort térmico	15
1.4. Balance energético.....	16
1.5. Refrigerantes	17
1.5.1. Definición.....	18
1.5.2. Clasificación.....	19

2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS.....	21
2.1.	Planta arquitectónica del área de cuidados intensivos.....	21
2.1.1.	Descripción del edificio.....	21
2.1.2.	Determinación del ambiente a climatizarse	24
2.1.3.	Medición del área a climatizarse	27
2.1.4.	Plano	28
2.2.	Condiciones exteriores a considerar	29
2.2.1.	Conducción de superficies	30
2.2.2.	Conducción de paredes y techos	31
2.2.3.	Temperatura de bulbo seco.....	32
2.2.4.	Humedad relativa	34
2.3.	Condiciones interiores.....	35
2.3.1.	Ganancia de calor interno	35
2.3.2.	Factor de carga de enfriamiento.....	36
2.3.3.	Ocupantes.....	37
2.3.4.	Iluminación	38
2.3.5.	Equipo médico.....	39
2.4.	Cálculo de cargas térmicas sensibles y latentes.....	41
2.4.1.	Carga térmica en techo y paredes	41
2.4.2.	Carga de enfriamiento interno	46
2.4.2.1.	Personal	46
2.4.2.2.	Iluminación	47
2.4.2.3.	Equipos médicos	48
2.5.	Infiltración del aire en puerta	50
2.5.1.	Calor sensible.....	51
2.5.2.	Calor latente	52
2.5.3.	Calor total ganado	54
2.6.	Resumen del cálculo de cargas térmicas totales	54

3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS	57
3.1.	Especificaciones técnicas de los equipos.....	57
3.2.	Selección del equipo	60
3.2.1.	Sistema de climatización	60
3.3.	Diseño de los ductos del sistema de aire acondicionado	66
3.3.1.	Consideraciones en el diseño de ductos	66
3.4.	Rejillas de aire	72
3.4.1.	Tipos de rejillas de aire	72
3.4.2.	Selección del tipo de rejilla para aire	76
3.5.	Costo de la propuesta del sistema de aire acondicionado.....	78
4.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS.....	81
4.1.	Plan de mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado	81
4.2.	Formato de mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado	84
4.3.	Formato de mantenimiento preventivo de los ductos del aire acondicionado	85
4.4.	Capacitación al personal de mantenimiento	86
4.5.	Costo del plan de mantenimiento preventivo para el sistema de aire acondicionado	86
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	APÉNDICES	95

ANEXOS.....97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Aire acondicionado tipo Split.....	6
2.	Partes de unidad interior y exterior de equipo tipo Split.	6
3.	Aire acondicionado tipo chiller.....	10
4.	Equipo tipo paquete	11
5.	Forma de operación de equipo tipo paquete.....	13
6.	Ubicación del Hospital Nacional de Chimaltenango.....	21
7.	Vista exterior de Hospital Nacional de Chimaltenango	23
8.	Vista de las oficinas interiores.....	23
9.	Vista del módulo de área de Cuidados Intensivos de Adultos.....	27
10.	Plano de la unidad de Cuidados Intensivos de Adultos.....	29
11.	Zona de confort para la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Chimaltenango	42
12.	Aire acondicionado tipo paquete Carrier 50ZP.....	60
13.	Vista de ducto rígido.....	68
14.	Detalle de fijación de ducto rígido a techo.....	68
15.	Plano de ducto rígido para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos	71
16.	Rejilla de impulsión de aire	70
17.	Rejilla de retorno de aire	74
18.	Rejilla motorizada.....	75
19.	Difusor de aire.....	76
20.	Detalle de difusor fijo de 4 vías aleta a 30°	77
21.	Vista de difusor de 4 vías	77

22.	Herramienta para equipo de refrigeración	83
23.	Formato de rutina de mantenimiento preventivo para equipo de aire acondicionado tipo paquete	84
24.	Formato de rutina de mantenimiento de ductos.....	85

TABLAS

I.	Temperatura máxima, municipio de Chimaltenango.....	33
II.	Humedad relativa, municipio de Chimaltenango.....	34
III.	Valores de cargas de calor sensible y latente.....	36
IV.	Coeficiente de transferencia de calor para puertas madera	43
V.	Coeficiente de transmisión de calor de materiales típicos de construcción.....	45
VI.	Producción de calor en motores eléctricos	49
VII.	Carga de enfriamiento estimadas para equipos médicos	50
VIII.	Tasas máximas recomendadas de infiltraciones para diseño a través de ventanas y puerta.....	52
IX.	Resumen del cálculo de cargas térmicas totales para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos.....	55
X.	Ficha técnica de unidad tipo paquete Carrier 50ZP	62
XI.	Entrega de aire a serpentín seco, descarga horizontal.....	64
XII.	Datos eléctricos de la unidad tipo paquete marca Carrier	65
XIII.	Velocidad recomendada en ductos de aire en metros/segundo	69
XIV.	Costo de propuesta de sistema de equipo de refrigeración	78
XV.	Costo del plan de mantenimiento preventivo	87

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de potencia
Q	Calor
CV	Coeficiente de flujo
U	Coeficiente de transferencia de calor
Φ	Diámetro
CLF	Factor de carga de enfriamiento
GPM	Galones por minuto
°C	Grado Centígrado
°F	Grado Fahrenheit
hr	Hora
HR	Humedad relativa
lb	Libra
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
mm	Milímetro
ft	Pie
CFM	Pies cúbicos por minuto
%	Porcentaje
seg	Segundo
ton	Tonelada de refrigeración
UCI	Unidad de cuidados intensivos
BTU	Unidad térmica británica

GLOSARIO

Aire de extracción	Aire normalmente viciado que se expulsa al exterior.
Aire de impulsión	Aire que se introduce en los espacios acondicionados.
Aire de recirculación	Aire de retorno que se vuelve a introducir en los espacios acondicionados.
Aire de retorno	Aire procedente de los espacios acondicionados.
Aislante térmico	Todo material que posee un bajo coeficiente de conductividad térmica.
BTU (British Unit)	Cantidad de calor para elevar en un grado Thermal Fahrenheit una libra de agua (de 59 a 60 °F).
Calor específico	Cantidad de calor que es necesario suministrar a la unidad de masa de un cuerpo para elevar un grado su temperatura.
Calor latente	Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo al cambiar de estado.
Calor sensible	Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo sin cambiar de estado.

Climatización	Proceso de tratamiento de aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controlando, en los espacios interiores, temperatura, humedad, pureza y velocidad del aire.
Estanqueidad	Cualidad por la que se determina si algo tiene fugas o no.
Humedad específica	Relación entre la masa de vapor de agua y la masa del aire húmedo.
Humedad relativa	Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes.
Humectación	Proceso de tratamiento del aire por el que se aumenta su humedad.
Infiltración	Caudal de aire que penetra en un local desde el exterior, de forma incontrolada, a través de las soluciones de continuidad de los cerramientos debido a la falta de estanquidad de los huecos (puertas y ventanas).
Refrigeración	Proceso de tratamiento del aire que controla, al menos, la temperatura máxima de un local.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación describe la propuesta del sistema de aire acondicionado para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango, esta área debe contar con las condiciones agradables y una zona de confort con temperatura y ventilación adecuada. La presente propuesta describe los requisitos generales mínimos de operación, diseño del sistema de aire acondicionado, asignación del espacio físico para el equipo de aire acondicionado, planos, especificaciones técnicas de materiales e instalaciones especiales necesarias que deben realizarse.

El contenido se encuentra expuesto en cuatro capítulos; el uno contiene los conceptos generales de refrigeración y equipos de enfriamiento; en el dos, la descripción general del área de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos y el cálculo de las cargas térmicas de enfriamiento que intervienen en esta Unidad.

En el capítulo tres se presenta la selección del equipo de enfriamiento, así como el diseño de ductos y el costo de implementación del equipo de refrigeración, y en el capítulo se describe cuatro el plan de mantenimiento preventivo para el equipo de enfriamiento.

En la parte final se detallan las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a la propuesta presentada del sistema de aire acondicionado para la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Chimaltenango.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de aire acondicionado para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Específicos

1. Establecer las condiciones mínimas de operación para el sistema de aire acondicionado para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos.
2. Realizar el cálculo de cargas térmicas sensibles y latentes dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos.
3. Elegir el equipo de aire acondicionado que cumpla con los requisitos mínimos para el funcionamiento de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos.
4. Establecer las especificaciones técnicas y características necesarias del equipo de aire acondicionado de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos.
5. Establecer un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de aire acondicionado de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos.

INTRODUCCIÓN

En el año de 1940 se estableció en la ciudad de Chimaltenango la primera institución de salud, la cual fue llamada Delegación Técnica de Sanidad Pública, esta empezó a prestar los servicios de programas de prevención a los pacientes.

El departamento de Chimaltenango fue creciendo, su población y las autoridades se vieron en la necesidad de abrir nuevas instituciones que velarán por la salud de la población fue así como, en febrero de 1958 se inauguró el centro de Salud, y años más tarde, por el tipo de servicio que se prestaba se le denominó centro de Salud tipo "A" y Maternidad anexa. En 1978 se implementaron los servicios de pediatría, medicina y emergencias.

En la actualidad se terminó el remozamiento del área de Cuidados Intensivos de Adultos, entre estos fueron el cambio del cielo falso, curva sanitaria, construcción de un baño para pacientes, área de aseo, disposición de tomas de oxígeno, instalación de piso vinílico, limpieza y desinfección de azulejos. Esto será de mucho beneficio para los pacientes que necesitan de este servicio esencial, faltando la instalación del sistema de aire acondicionado, razón por la que hace falta un estudio para poder establecer las características técnicas, ubicación, capacidad de enfriamiento, accesorios, condiciones de diseño, que se necesitan para cumplir las especificaciones médicas e internacionales sobre ambientes climatizados en una Unidad de Cuidados Intensivos.

1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1. Funciones básicas del aire acondicionado

Un sistema de aire acondicionado es aquel que está destinado a producir en el interior de los ambientes, cambios en la temperatura, humedad relativa, con respecto a las condiciones exteriores, y de esta manera lograr obtener condiciones de confort para las personas presentes dentro de los ambientes.

Los sistemas de aire acondicionado deben garantizar condiciones en los ambientes que conduzcan al confort, para cumplir con este fin, las funciones básicas a realizar por el sistema son: calentamiento, enfriamiento, humidificación, deshumidificación, además, que debe garantizar las funciones de ventilación, filtrado y circulación.

1.1.1. Calentamiento

Se efectúa en la estación de invierno por medio de una batería de agua caliente o vapor, vinculadas con cañerías a una planta de calderas o intercambiadores a gas o eléctricos. Para aplicaciones de confort (calefacción) en las instalaciones de agua fría suele emplearse la misma batería que se usa para refrigerar, haciendo circular agua caliente por la misma. El sistema de expansión directa, también puede emplear la misma batería haciendo funcionar el sistema en el ciclo de bomba de calor.

El aire se puede calentar por tres métodos:

- Vapor: se utiliza el calor latente del vapor de agua.
- Serpentes: se emplea la diferencia de temperatura entre el fluido caliente y el aire.
- Calentamiento eléctrico: se utiliza la diferencia de temperatura entre el serpentín de calentamiento y el aire que intercambia la energía.
- Gas directo o intercambiadores de calor de petróleo: pueden ser usados para añadir calor sensible a la corriente de aire.

1.1.2. Humectación

En la estación de invierno, si se calienta el aire sin entregarle humedad, la humedad relativa disminuye al punto que provoca resecamiento a las mucosas respiratorias, provocando molestias fisiológicas.

El humectador debe ser colocado después de la batería de calefacción, dado que el aire más caliente tiene la propiedad de absorber más humedad.

1.1.3. Ventilación

Consiste en el ingreso de aire fresco al ambiente, para renovar permanentemente el aire de recirculación del sistema en las cantidades necesarias a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, ya que como resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico,

por lo que se debe inyectar siempre aire nuevo a los ambientes para evitar que se produzcan olores.

El aire nuevo del exterior del edificio o aire de ventilación penetra a través de una reja de toma de aire en un recinto llamado pleno de mezcla, donde se mezcla el aire nuevo con el aire de retorno de los ambientes, regulándose mediante persianas de accionamiento manual o automático. Los puntos de toma de aire exterior deben ser seleccionados con cuidado para lograr el máximo de pureza, evitando colocarlos cerca de cocinas, baños, garajes, y en lo posible, a un metro como mínimo del piso para evitar la entrada de polvo.

1.1.4. Filtrado

La función del filtrado es tratar el aire mediante filtros adecuados a fin de eliminar polvo, impurezas y partículas en suspensión. El nivel de filtrado necesario dependerá del tipo de acondicionamiento a efectuarse. Para la limpieza del aire se emplea filtros que normalmente son del tipo mecánico, y además porosos, que obligan al aire que pasa por ellas, a dejar las partículas de polvo que lleva en suspensión. En las instalaciones comunes de confort se usan filtros de poliuretano, lana de vidrio, microfibras sintéticas, alambre de acero o aluminio tejido de distinta malla del tipo seco o bañados en aceite. En las instalaciones industriales o en casos particulares se suelen emplear filtros especiales que son muchos más eficientes, como carbón activado o germicidas para microbios o bacterias.

1.1.5. Enfriamiento y deshumectación

Se realiza en la estación de verano, en forma simultánea en un intercambiador de calor o batería de enfriamiento, dado que el porcentaje de

humedad relativa aumenta en forma considerable, se crea una sensación de molestia y pesadez.

La condensación de la humedad en el aire permite que se absorba calor sensible y latente, debido a que se lo enfría por debajo de su punto de rocío, con esto se logra disminuir la temperatura del aire y la humedad relativa.

El intercambiador de calor puede consistir en el mismo evaporador del circuito frigorífico, que está vinculado con una unidad condensadora, llamándose a estos sistemas de expansión directa, o trabajar con agua fría proveniente de una unidad enfriadora de agua, constituyendo los denominados sistemas de expansión indirecta.

1.1.6. Circulación

La circulación es importante dado, ya que se necesita del movimiento de aire en la zona de permanencia para evitar su estancamiento, sin que se produzcan corrientes enérgicas que son perjudiciales, especialmente en el invierno. Para realizar esta función se emplean ventiladores del tipo centrífugo, que hacen circular los caudales de aires necesarios, venciendo la fricción ocasionada por los conductos de distribución, rejas, persianas, filtros, entre otros, con bajo nivel de ruidos.

1.2. Tipos de aires acondicionados

En los siguientes incisos se presentará los diferentes tipos de aires acondicionados que existen en el mercado actual, describiendo sus partes más importantes y su tipo de aplicación.

1.2.1. Equipo tipo Split

Un equipo de aire acondicionado tipo Split está formado por 2 unidades, una evaporadora que es instalada dentro del recinto, y otra condensadora que por lo regular va instalada en el exterior del edificio o recinto a climatizar.

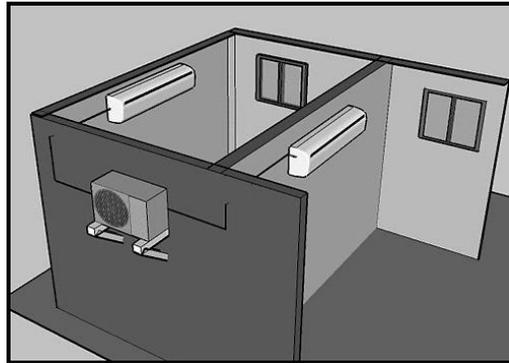
Estas dos unidades deben estar conectadas por medio de una línea frigorífica compuestas por dos tubos de cobre y unas mangueras eléctricas que unen los dos equipos. Estas líneas se ocultan tras una canaleta.

Se debe tener prevista la conducción del desagüe de los condensados de la unidad interior hacia el exterior del edificio o ambiente a climatizar.

Estos condensados son el resultado de la alta capacidad de los equipos para reducir el nivel de humedad del aire, constituyendo un factor decisivo en la calidad del confort.

Hay que colocar siempre el tubo de desagüe de condensados de la unidad interior de forma descendente y preparar algún tipo de depósito para recoger el líquido resultante de la condensación, que en épocas de largo funcionamiento como la estación de verano puede traducirse en varios litros.

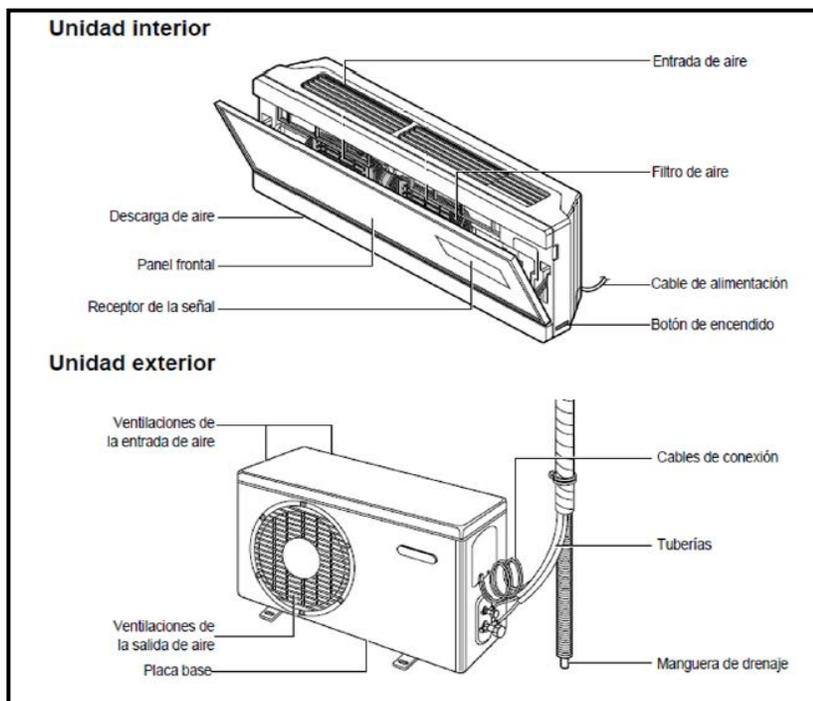
Figura 1. **Aire acondicionado tipo Split**



Fuente: *Aire acondicionado tipo Split.*

<http://ahorrarcadadiaconloselectrodomest.blogspot.com/2013/05/aire-acondicionado-tipos-de-aparatos-ii.html>. Consulta: 28 de febrero de 2015.

Figura 2. **Partes de unidad interior y exterior de equipo tipo Split**



Fuente: *Manual del fabricante de aire acondicionado tipo Split, marca LG. p. 6.*

- Ventajas:
 - Son unidades fáciles de adaptar a cualquier espacio.
 - Instalación sencilla.
 - Se requiere un simple enlace de la unidad exterior a la unidad interior.
 - Pueden ser manejados por control remoto.
 - Bajo nivel de ruido.
 - Mantenimiento sencillo.
 - Consume menos energía que otros equipos.
 - Modelos que facilitan la colocación en distintos lugares.

- Desventajas
 - Su instalación conlleva hacer una perforación en la pared.
 - La instalación de la unidad condensadora en el exterior puede generar problemas, si no es considerada dentro del diseño.
 - Poco estético en el interior y en el exterior si queda visible.
 - Es difícil de colocar en determinados sitios, como paredes prefabricadas.
 - El aparato debe ser instalado de modo que el ruido o el aire caliente procedente de la unidad condensadora no cause molestias a los colindantes.
 - Si el equipo condensador se ubicara a una distancia mayor a cinco metros, implicará material y costo adicional para hacer la conexión con la unidad evaporadora.

- **Mantenimiento**

El mantenimiento del aire acondicionado tipo Split consiste en limpiar el serpentín y filtro de aire que se encuentra en la unidad evaporadora, por lo menos una vez al mes, ya que de esta forma se impedirá que el aire se vicie y que sustancias contaminantes y polvos circulen por el ambiente.

La parte externa debe limpiarse superficialmente para evitar la acumulación de polvo, de igual manera se hace con la unidad condensadora, se lava quitando el exceso de polvo y grasa pegada, sin que las partes eléctricas sean mojadas. En algunos casos, los equipos de aire acondicionado tipo Split, ocasionan ruido de las rejillas al producir el movimiento ondulado del aire, esto se soluciona aplicando grasa o aceite en espray.

- **Requisitos eléctricos**

La energía requerida para el correcto funcionamiento del sistema de aire acondicionado tipo Split es de 220 voltios.

- **Requisitos hidráulicos**

La unidad condensadora produce agua que resulta de la capacidad de los equipos para reducir el nivel de humedad del aire, constituyendo un factor decisivo en la calidad del confort, esta agua debe ser drenada mediante la instalación de una tubería que se debe colocar de forma descendente, el equipo debe contar con una pequeña inclinación para que el agua se drene de manera correcta hacia el drenaje de aguas lluvias evitando así su derrame.

1.2.2. Equipo tipo Chiller

Es un equipo de descarga indirecta, ya que el aire se distribuye a los diferentes espacios por medio de ductos. Se compone por un sistema central que se encarga de enfriar un fluido, generalmente agua, el cual se distribuye a los diferentes equipos de enfriamiento ubicados en las áreas que requieren de climatización.

El agua helada pasa desde la unidad exterior a través de tuberías (PVC, PE, cobre o acero) hacia las unidades manejadoras de aire (UMA) o unidades denominadas *fan coils*, que son las que se encargan de distribuir el aire acondicionado hacia los ductos.

El principio de funcionamiento de una unidad tipo Chiller es que utiliza el agua para el cambio de estado, se podría definir como una unidad agua-aire. El agua se hace circular de manera forzada sobre un intercambiador de temperatura en el cual se realiza el cambio de estado utilizando el factor agua y no el factor aire para este.

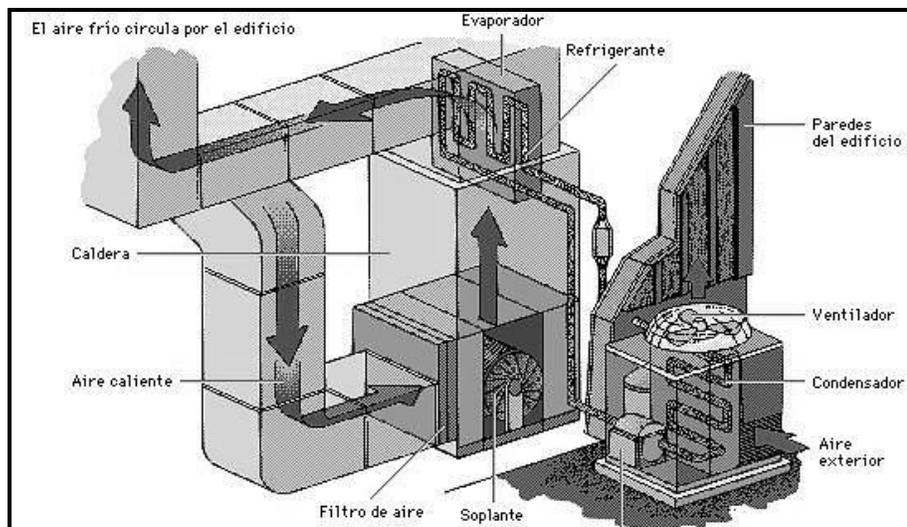
El agua que sale del intercambiador circula por el circuito hidráulico a cada una de las unidades manejadoras de aire o *fan coils*, las cuales se encargan de distribuir el aire refrigerado a una cierta temperatura, modificando así la temperatura ambiente y luego el agua regresa de nuevo al intercambiador para bajar su temperatura, repitiéndose el ciclo de refrigeración para nuevamente ser distribuido.

El condensador y evaporador pueden estar juntos en la misma máquina, en cuyo caso el enfriamiento es por aire o separados, la cual debe disponer de una torre de enfriamiento de agua con un circuito secundario de enfriamiento del condensador, esta es más eficiente, pero requiere de mucho espacio y especial cuidado con el tratamiento del agua.

Los principales dispositivos y controles de un Chiller son:

- Termostatos
- Presostatos de baja presión
- Presostato de alta presión
- Filtro deshidratador de succión
- Filtro deshidratador de líquido
- Indicador de líquido o cristal mirilla

Figura 3. Aire acondicionado tipo Chiller



Fuente: *Aire acondicionado tipo Chiller*. <http://i.anunciosya.com.mx/i-a/XiW2-10.jpg>. Consulta:

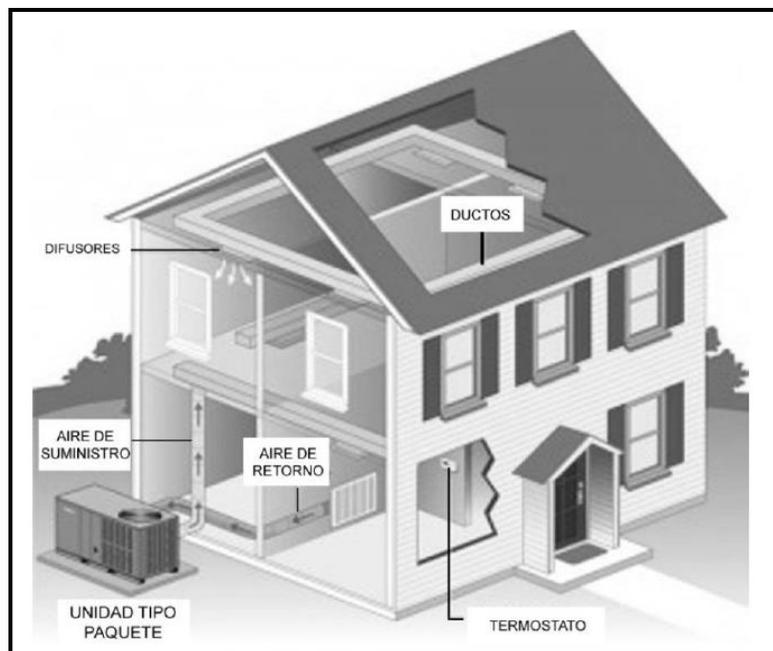
19 abril de 2015.

1.2.3. Equipo tipo paquete

Estos aires acondicionado son de tipo central, donde sus unidades están auto contenidas, es decir, el condensador y el evaporador se encuentran en el mismo sistema y el aire se distribuye a los distintos espacios a través de ductos. Es utilizado en edificaciones de gran tamaño, por ejemplo: bancos, oficinas, centros deportivos, restaurantes, entre otros.

Estos equipos se instalan en el exterior, generalmente en losas de techos; las dimensiones de estas unidades varían de acuerdo a la capacidad, las más usadas son de: 3,0 TR a 30,0 TR.

Figura 4. **Equipo tipo paquete**



Fuente: Aire acondicionado tipo paquete. http://yorkemw.com/images/ducted_house.png.

Consulta: 30 de enero de 2015.

- Ventajas
 - Bajo nivel sonoro.
 - Las dos unidades (condensadora y evaporadora) están acopladas en una sola.

- Desventajas
 - No pueden trabajar en un rango donde se exige un índice muy bajo de temperatura.
 - Instalación especializada.
 - Puede tener gran tamaño y peso.
 - Requerimiento de espacios en el entretecho para la instalación de ductos.

- Formas de operar

Su configuración usual es la de una caja rectangular con conexiones de suministro y retorno en el frente y tomas para succión y descarga del aire de condensación en los laterales y en la parte de atrás. El aire de retorno es succionado a través del evaporador por un ventilador centrífugo, que a su vez lo descarga como aire de suministro por el frente. Una bandeja de condensado, debajo del evaporador, recoge toda la humedad y está conectada a un drenaje.

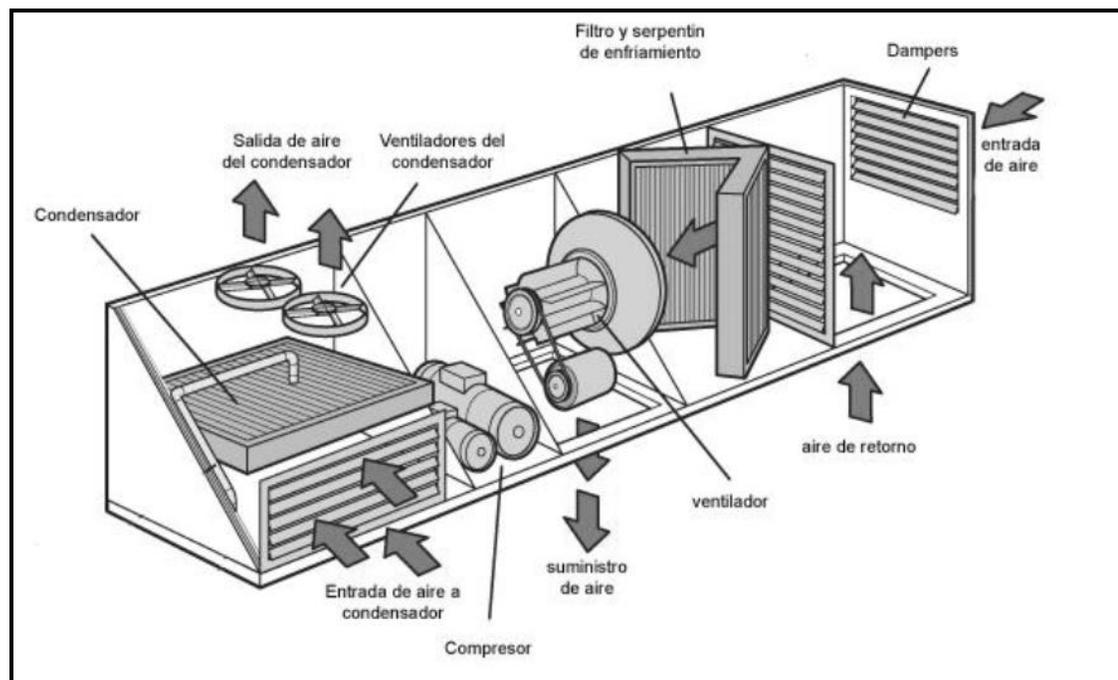
El compartimiento del evaporador consta de paredes para evitar pérdida y condensación en la lámina exterior, el filtro está generalmente localizado en el ducto de retorno.

Separando el compartimiento del evaporador de la condensación, hay una pared que sirve de aislamiento para la mínima transmisión de calor y ruido del aire acondicionado.

El aire de retorno pasa a través del filtro y luego por el evaporador donde es enfriado y deshumidificado.

El aire al pasar por el serpentín será enfriado y luego será distribuido al espacio a acondicionar.

Figura 5. **Forma de operación de equipo tipo paquete**



Fuente: Carrier. *Manual de fabricante aire tipo paquete*. p. 8.

- Instalación

Se deben instalar sobre bases de concreto de altura de 10 cm o base metálica en el exterior. Cuando es instalada a nivel de piso, esta plataforma no debe estar en contacto con ninguna pared y fundaciones, ya que esto previene transmitir vibraciones a la edificación. Cuando es ubicado en losa de techo se toma en cuenta el peso del equipo y las vibraciones que esta produce.

Los equipos de aire acondicionado tipo paquete, demanda de espacios libres en su alrededor para evitar la recirculación del aire de descarga, ventilación y mantenimiento, la distancia entre estos puede ser de 1,50 a 2,00 metros.

Este tipo de equipo debe de tener una descarga de aire sin obstáculos, puede tener dos tipos de suministro y retorno de aire: vertical u horizontal.

- Mantenimiento

Revisión y limpieza de filtros y ductos de forma periódica, inspección y si se requiere, limpieza del serpentín, del desagüe y de todas las conexiones eléctricas.

- Requisitos eléctricos

Las unidades pueden ser de 240 voltios bifásicas hasta 5 toneladas o trifásicas hasta 25 toneladas, mayores de 25 toneladas pueden ser necesarios 480 voltios para reducir su costo y mejorar la eficiencia, ya que así se hace una mejor distribución de la energía. Al requerir mayor voltaje es necesaria una subestación eléctrica para potenciar esta energía y transformarla.

- **Requisitos hidráulicos**

La unidad elimina el condensado por un orificio que se conecta a la tubería de drenaje de aguas lluvias, esta deberá contar con un sifón para evitar el retorno de malos olores.

- **Requisitos estructurales**

La estructura de la losa debe tener la suficiente resistencia para soportar el peso de la unidad, la cual debe de tomarse en cuenta desde el proceso de diseño.

Dependiendo en donde sea instalada la unidad debe poseer un espacio por el cual ingresen los ductos para ser distribuidos por los diferentes niveles de la edificación. Este ducto debe poseer las características adecuadas.

1.3. Confort térmico

El cuerpo humano se ajusta a los cambios de temperatura que ocurren en su entorno, pues la persona es el centro fundamental del proceso de aire acondicionado, ya que para eso se intenta crear un ambiente artificial confortable.

La temperatura interna del cuerpo humano es aproximadamente 37 °C, mientras que la exterior de su piel es de 21 °C, se tiene una impresión anímica de calor o frío si la temperatura del aire o cualquier cuerpo adyacente a la piel es inferior o superior a los 21 °C.

El confort térmico es la condición mental que expresa satisfacción con el medio ambiente; debido a que existen muchas variaciones tanto psicológicas, como fisiológicas de persona a persona es difícil satisfacer a todos en un espacio. Las condiciones ambientales requeridas para el confort no son las mismas para todos.

Sin embargo, a partir de amplios estudios realizados en laboratorios y en el campo se ha llegado a obtener información para proveer datos estadísticos que definen las condiciones para un porcentaje específico de ocupantes que se encontrarían térmicamente confortables.

Hay seis factores primarios que deben ser tomados en cuenta cuando se definen las condiciones para el confort térmico, siendo los siguientes:

- Actividad de las personas o tasa metabólica
- Resistencia térmica de la ropa
- Temperatura del aire
- Temperatura radiante media
- Velocidad del aire
- Humedad relativa

1.4. Balance energético

El cuerpo genera calor de forma variable y depende de la actividad desarrollada, también pierde o gana calor según las circunstancias en que se encuentre el medio exterior, cuando el calor producido es igual al calor emitido se dice que el cuerpo se sostiene en equilibrio homeotérmico (calor producido = calor emitido), ya que el cuerpo está obligado a disipar el calor al mismo ritmo que lo produce o lo recibe para mantener estable su temperatura.

La pérdida de calor puede producirse por tres formas diferentes:

- Radiación: este proceso se produce por la emisión de calor del cuerpo humano a la superficie circundante y a otros cuerpos y viceversa, por lo que en el primer caso es energía negativa, y en el segundo es positiva.
- Convección: si el aire ambiente se encuentra a una temperatura inferior a la de la piel, se ocasiona pérdidas por convección, esta se acrecentará con el movimiento del aire o de la persona.
- Evaporación: la regulación térmica del cuerpo humano se da por medio de la piel, que es la que detecta toda variación en las condiciones del ambiente (temperatura, velocidad del aire, humedad), informa al cerebro si la temperatura exterior está subiendo o bajando para poner en marcha los mecanismos de acción que es la evaporación.

Una humedad ambiente alta impedirá un proceso evaporativo normal, incluso con una humedad relativa superior al 95 % no existiría pérdidas de calor por evaporación.

Por esta razón, en el aire acondicionado es importante controlar la humedad relativa, y que no exceda los valores establecidos como ideales, para no alterar el proceso metabólico que se da en el cuerpo humano.

1.5. Refrigerantes

A continuación en el desarrollo de los siguientes incisos se dará la definición y clasificación de los gases refrigerantes que se usan en la actualidad.

1.5.1. Definición

En el ciclo de refrigeración de un equipo de aire acondicionado circulan gases refrigerantes, que sirven para reducir o mantener la temperatura de un ambiente por debajo de la temperatura del entorno (para ello se debe extraer calor del espacio y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior a la del espacio refrigerado, todo esto lo hace el refrigerante), que pasa por diversos estados o condiciones.

Desde hace algunos años existe debate acerca del uso de gases refrigerantes, ya que por su liberación en la atmósfera, inciden de manera desfavorable sobre la capa de ozono que protege la tierra de los rayos UV del sol. Estos debates se centraron sobre los efectos nocivos de los refrigerantes como CFC (clorofluorocarbonos), que se prohibieron.

Los problemas provocados por CFC están unidos al hecho de que contienen componentes de cloro (Cl), que son responsables de la destrucción del ozono (O₃). El Protocolo de Montreal, acuerdo internacional para la protección de la capa de ozono, especificó en sus directivas, primero la eliminación de los clorofluorocarbonos (CFC) de mayor contenido en cloro y ahora, la retirada gradual de los HCFC (hidroclorofluorocarbonos).

El refrigerante R22, un HCFC era hasta hace poco el gas refrigerante más utilizado en el sector del aire acondicionado, tanto para instalaciones de tipo industrial como domésticas. Actualmente se prohíbe su uso en equipos e instalaciones de nueva fabricación.

Según la legislación desde el 1 de enero de 2004 hay prohibición de fabricar todo tipo de equipos con HCFCs (hidroclorofluorocarbono), aún se permitirá el uso de R-22 regenerado hasta el 2015, para cubrir la demanda en instalaciones existentes.

1.5.2. Clasificación

Los gases refrigerantes que actualmente se utilizan son:

- R-410A: es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's), y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada. Tiene un elevado rendimiento energético, es una mezcla única, no es tóxico ni inflamable y es reciclable y reutilizable. Este refrigerante no es compatible con sistemas de aire acondicionado que funcionan con R-22.
- R-407C: es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's) y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada. Posee propiedades termodinámica muy similares al R-22. A diferencia del R-410A, es una mezcla de tres gases R-32, R-125 y R-134A. Si se precisa reemplazar un componente frigorífico o se produce una rotura de uno de ellos, el sistema se debe purgar completamente. Una vez reparado el circuito y probada su estanqueidad, se rellenará de nuevo, cargando refrigerante con la composición original. Este refrigerante es compatible con sistemas de aire acondicionado que funcionan con R-22 para hacer la transición a este nuevo refrigerante debe ser cambiada la válvula de expansión para ser utilizado.

- R-134A: es un refrigerante libre de cloro (sin CFC's ni HCFC's) y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono y su uso no está sujeto a ningún proceso de retirada. Es ampliamente usado en otras industrias: aire acondicionado en automóviles, frigoríficos, propelente de aerosoles farmacéuticos. En aire acondicionado se utilizan desde unidades transportables o deshumidificadores, hasta unidades enfriadoras de agua con compresores de tornillo o centrífugos de gran capacidad.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS

2.1. Planta arquitectónica del área de cuidados intensivos

A continuación se presentará una breve descripción del espacio físico a utilizar en la unidad de cuidados intensivos de adultos, tanto su área como su ubicación final dentro de las instalaciones del Hospital Nacional de Chimaltenango.

2.1.1. Descripción del edificio

El Hospital Nacional de Chimaltenango se encuentra ubicado en la ciudad de Chimaltenango frente al estadio municipal de esta ciudad, camino a la Alameda zona 5, municipio de Chimaltenango, departamento de Chimaltenango, sus coordenadas son $14^{\circ} 65' 23''$ norte, $90^{\circ} 81' 39''$ oeste, se encuentra a una altitud de 1800 msnm, su clima es templado frío.

Figura 6. **Ubicación del Hospital Nacional de Chimaltenango**



Fuente: Google Maps. Consulta: marzo de 2015.

El Hospital Nacional de Chimaltenango consta de una planta, en esta se encuentran todas las áreas administrativas y de atención al paciente, como la Dirección Ejecutiva, Gerencia Administrativa, Presupuesto, Departamento de Compras, Almacén, Laboratorio, Rayos x, Emergencias de Adultos, Pediatría, Quirófanos, farmacia interna, bodegas, encamamiento de hombres y mujeres, área de Cuidados Intensivos de Adultos, Centro de Cómputo, lavandería, cocina, casa de máquinas, este hospital abarca un área superficial total de 3 575 metros cuadrados, esta planta se encuentra entre los niveles $\pm 0,00$ y el nivel $+5,00$ que llega a la altura máxima del techo; la altura real del espacio a acondicionar que corresponde a la distancia entre el piso y el cielo falso es de 3,00 metros, dejando una altura de 2,00 metros para la distribución de los ductos de la tubería de agua potable, red de vapor, tubería de agua caliente, entre otros.

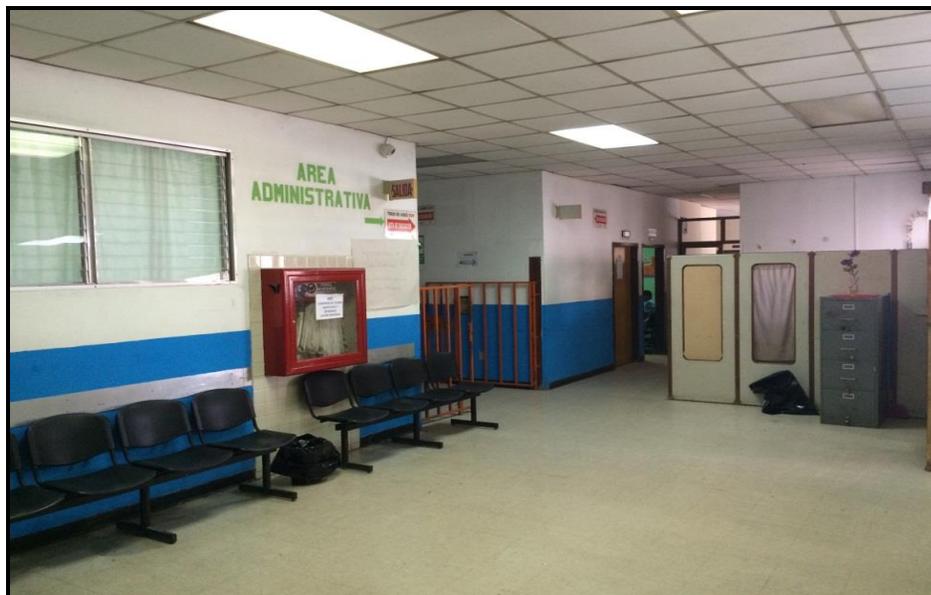
El perímetro del edificio está construido de paredes de *block* y columnas de concreto, en el interior las divisiones para oficinas y demás servicios están fabricados con armadura de metal y tabla yeso, piso tipo vinílico, techo con cielo falso en algunas áreas de tabla yeso antinflamable, el sistema de iluminación cuenta con lámparas fluorescentes con potencia de 40 watts, en todos los ambientes del edificio, como pasillos, encamamiento y áreas médicas, bombillas incandescentes de 50, 75 y 100 watts distribuidos en los servicios que así lo solicitan, se encuentra una planta de emergencia, la cual proveerá de energía eléctrica para el área de Cuidados Intensivos y la cual también tendrá una conexión especial para el sistema de aire acondicionado, las puertas principales son de vidrio transparente con marco de aluminio y las puertas internas de madera y de metal.

Figura 7. **Vista exterior de Hospital Nacional de Chimaltenango**



Fuente: Emergencia, Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 8. **Vista de las oficinas interiores**



Fuente: Área Administrativa, Hospital Nacional de Chimaltenango.

2.1.2. Determinación del ambiente a climatizarse

La Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango será un servicio que estará dispuesto de una manera especial porque deben tener accesibilidad a todos los equipos e insumos necesarios para la rápida atención en casos de emergencia. Deberá contar con una estación de enfermería ubicada en el centro del servicio, un área para preparación de medicamentos y una bodega de materiales estériles e insumos (sueros, medicamentos, jeringas, entre otros.). Desde la estación de enfermería se debe tener visualización completa de todas las unidades de los pacientes.

Debe haber una sala de procedimientos, un cuarto o área sucia, donde se lava el equipo utilizado, uno o dos carros de ropa sucia, aseo con lavadero para el personal de limpieza y una sala de espera para familiares. Debe haber dentro del servicio un cubículo para aislamiento estricto, con puerta corrediza de vidrio y que tenga lavamanos.

Cada unidad de paciente debe tener toma de oxígeno, (sistema central o cilindro), aire y vacío, además de la cama debe tener mesa de noche y los equipos necesarios.

Dentro del *Manual de organización de unidades de cuidados intensivos*, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social del Gobierno de Guatemala, se establece los requerimientos mínimos que debe cumplir el recinto para llevar a cabo la implementación de la nueva unidad de adultos, en dicho manual se detallan los números de cambios por hora de aire, humedad relativa y temperatura que este debe tener para ser ocupados por los doctores y pacientes.

Al cumplir estas condiciones se garantiza a los pacientes que las condiciones interiores del área de cuidados intensivos de adultos no afectaran su salud y beneficiará a su recuperación.

El área de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos tendrá una capacidad inicial para 5 pacientes que necesiten los cuidados intensivos, el espacio asignado por la Dirección Ejecutiva abarca un área superficial de 456,37 pies cuadrados, el ambiente cuenta con piso tipo vinílico, las paredes se recomienda que cuenten con revestimiento resistente a ciclos de lavado intenso con desinfectantes para uso clínico, los revestimiento que cumplen este requisito son los revestimientos a base a poliuretano.

Debido a que el cubículo del paciente es un recinto expuesto a tránsito o ingreso súbito de equipos como carros, se recomienda el uso de guarda muros laterales y tacos de freno de ruedas para asegurar el distanciamiento de al menos 80 centímetros entre la cama y el muro. El resto de las superficies podrán ser revestidas alternativamente con pintura a base de poliuretano, formulada para resistir el lavado periódico con agentes usados para aseos profundos.

En el área asignada para la unidad de cuidados intensivos no se cuentan con ventanas, para el cielo falso se recomiendan revestimientos cuyas superficies sean resistentes a la limpieza profunda con detergentes para uso clínico. Por lo tanto los que cumplen con estos requisitos son los revestimientos a base de poliuretano.

En áreas de atención al paciente no se recomienda el empleo de cielo falso modulares desmontables debido a:

- La imposibilidad de efectuar una limpieza adecuada en esas superficies.
- La acumulación de polvo en áreas inaccesibles de los entre cielos y el riesgo de desprendimiento de módulos sobre los pacientes en casos de movimientos sísmicos.

Se recomienda utilizar planchas que sean fabricadas con base a fibras minerales, las que deben tener características incombustibles y no producir humos tóxicos en caso de incendio.

Las planchas que se utilicen en áreas húmedas deberán tener revestimiento impermeable para impedir la absorción de humedad y evitar la formación de hongos.

En el área se cuentan con puertas de madera, curva sanitaria en todo el recinto, cuenta con 2 baños y un área de utilería, el sistema de iluminación y eléctrico se ha mejorado para asegurar la funcionalidad de los equipos médicos; se han instalado módulos de separación de pacientes internos por medio de cortinas corredizas.

Los módulos cuentan con una toma de oxígeno y una de aire comprimido, una lámpara direccional incandescente por cama y sus 3 tomacorrientes eléctricos polarizados grados hospitalarios como establece el *Manual de organización de unidades de cuidados intensivos*, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social del Gobierno de Guatemala.

Figura 9. **Vista de módulo de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos**



Fuente: Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Chimaltenango.

2.1.3. Medición del área a climatizarse

La fórmula para determinar el área a climatizarse es:

$$A = a \times b$$

A = área determinada a climatizarse

a = ancho del salón de la Unidad de Cuidados Intensivos

b = largo del salón de la Unidad de Cuidados Intensivos

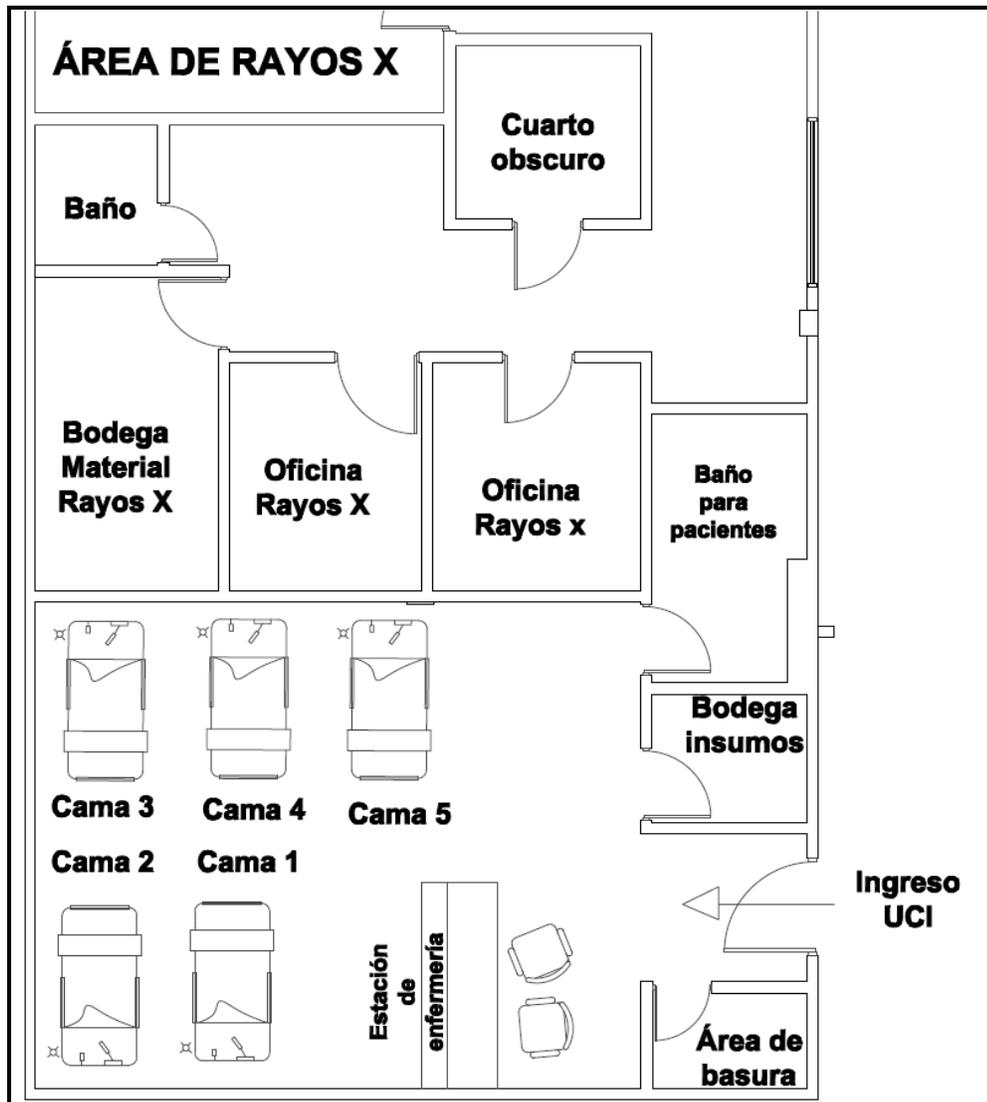
Hay que tomar en cuenta que al determinar las áreas de las paredes se debe restar las áreas ocupadas por puertas y ventanas, así como en el techo se considera si existiera algún tipo de tragaluz, material traslúcido o algún tipo de material distinto.

Puesto que estos materiales tienen sus respectivos coeficientes de transferencia de calor y almacenamiento de calor, esta área también se debe determinar y considerar para el futuro cálculo de las cargas de enfriamiento para la Unidad de Cuidados Intensivos.

2.1.4. Plano

A continuación se presenta el plano del área de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Chimaltenango a climatizarse:

Figura 10. Plano de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.2. Condiciones exteriores a considerar

A continuación se presentan las condiciones exteriores a considerar, entre ellas encontramos la conducción de superficies, paredes y techos.

2.2.1. Conducción de superficies

La estimación de la carga de enfriamiento de un espacio es para determinar la más alta, y con qué frecuencia se producen temperaturas elevadas del aire exterior.

El diseño de la temperatura exterior se basa en su frecuencia de ocurrencia. Como la temperatura se halla vinculada con la altura, se tiene que los valores medios varían entre los 18 y 31 °C anualmente y se encuentra en un promedio de 25 °C. La temperatura máxima utilizada para el diseño de climatización es de 29 °C.

La conducción es un proceso de transferencia de calor a través de un sólido, como una pared, techo, suelo, techo, ventana o tragaluz. El calor fluye naturalmente por la conducción de una temperatura más alta a una temperatura más baja. Por lo general, al estimar la carga de enfriamiento máximo de un espacio, la temperatura del aire en el exterior es superior a la temperatura del aire dentro. Las ganancias de calor más comunes a un espacio son: a través del techo, las paredes exteriores y ventanas.

Aunque a menudo no es aplicable, un supuesto simplificador, al estimar la ganancia de calor de conducción a través de una superficie exterior es suponer que la superficie es completamente sombreada en todo momento. Con este supuesto, la cantidad de calor transferidos a través de la superficie es un resultado directo de la diferencia de temperatura entre el espacio y en el exterior.

La cantidad de calor transferido a través de una superficie exterior con sombra depende del área de la superficie, el coeficiente de transferencia de calor global de la superficie, y la temperatura de bulbo seco diferencia de un lado de la superficie a la otra.

El coeficiente de transferencia de calor global es también llamado el factor U. Este describe la cantidad de calor que se transfiere a través de la estructura.

Las paredes y los techos se componen típicamente de capas de distintos materiales. El factor x de un muro de concreto o en el techo se calcula sumando las resistencias térmicas de cada una de estas capas y luego tomando la inversa.

2.2.2. Conducción de paredes y techos

En todas las superficies exteriores de un edificio están expuestas a la luz solar directa durante parte del día la energía térmica solar que es generada por el sol e irradiado a la tierra. “El calor radiante es similar a la luz, ya que viaja en línea recta y puede ser reflejada por una superficie brillante. Tanto la luz y el calor radiante puede pasar a través de una superficie transparente (como el vidrio).

Cuando los rayos del sol inciden de una superficie opaca, sin embargo, una cierta cantidad de calor radiante la energía se transfiere a la superficie, resultando en un aumento de la superficie temperatura. La cantidad de calor transferido depende, en primer lugar, el color y la suavidad de la superficie, y el ángulo en que los rayos del sol inciden en la superficie”¹.

¹ SALAZAR ESCOBAR, Diego Roberto. *Diseño del sistema de climatización de un hospital tipo costa de 120 camas para el Ministerio de Salud Pública del Ecuador*. p. 25.

Cuando los rayos del sol chocan con la superficie en un ángulo de 90° , la cantidad máxima de energía de calor radiante se transfiere a la superficie. Cuando la misma huelga rayos la misma superficie en un ángulo menor, el calor menos energía radiante se transfiere a la superficie. El ángulo en el que los rayos del sol inciden en la superficie depende de la latitud, la hora del día y el mes del año.

Debido a la rotación de la tierra durante todo el día, y la tierra en órbita alrededor del sol durante todo el año, el ángulo de los rayos del sol que inciden con una superficie de un edificio está en constante cambiando.

Esto varía la intensidad de la radiación solar sobre una superficie exterior de un edificio, dando como resultado una cantidad variable de energía solar térmica transferida a la superficie durante el día y durante todo el año.

2.2.3. Temperatura de bulbo seco

A continuación se presenta la tabla de la temperatura de los últimos años en el municipio de Chimaltenango, estos datos servirán para elegir la temperatura exterior de diseño para la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Tabla I. **Temperatura máxima, municipio de Chimaltenango**

Temperatura Máxima Absoluta en (°C)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	ANUAL
1990	N/D	N/D	25.8	27.2	26.2	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	27.2
1991	26.1	27.9	30.0	N/D	27.0	29.1	24.5	25.5	24.7	25.0	26.5	30.0
1992	26.6	27.0	30.2	29.6	28.2	27.9	25.5	24.6	25.3	24.6	24.2	30.2
1993	29.0	29.2	28.7	29.5	28.6	28.4	24.3	24.1	24.4	25.0	25.0	29.5
1994	25.5	25.5	28.6	29.4	29.1	24.8	24.7	27.5	25.5	24.5	26.0	29.4
1995	26.2	29.5	28.7	29.5	27.5	26.4	24.5	25.6	24.5	25.0	26.2	29.5
1996	25.0	27.0	28.0	29.0	26.9	26.0	25.0	25.0	26.0	25.0	24.0	29.0
1997	25.0	25.5	27.3	28.4	30.0	27.0	26.5	25.0	25.0	25.0	26.0	30.0
1998	26.2	28.0	28.0	29.5	30.0	27.0	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	30.0
1999	24.5	25.5	28.0	29.5	29.0	27.0	29.0	25.5	25.0	0.0	23.0	29.5
2000	22.2	21.7	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	21.7	22.8	21.7	23.7	23.7
2001	22.8	24.8	25.2	26.9	27.0	29.5	26.5	26.5	26.5	25.5	25.0	29.5
2002	26.5	29.5	30.0	28.0	28.5	25.0	25.5	25.5	N/D	25.0	14.7	30.0
2003	26.0	N/D	N/D	39.5	30.0	26.0	27.0	26.0	24.5	24.5	24.0	39.5
2004	25.0	23.5	23.0	24.0	23.5	24.0	23.5	23.5	21.7	22.0	22.0	24.0
2005	22.0	22.5	29.0	25.0	22.0	21.0	N/D	22.0	21.0	20.0	18.0	29.0
2006	19.0	20.0	22.0	22.0	24.0	26.0	24.0	22.0	20.0	22.0	20.0	26.0
2007	26.0	22.0	22.0	23.0	21.0	22.0	22.0	21.0	23.0	21.0	20.0	26.0
2008	19.0	22.0	22.0	22.0	22.0	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	22.0
2009	N/D	28.2	26.0	29.8	28.2	27.6	26.2	25.8	27.6	26.6	26.4	29.8
2010	28.6	28.2	29.6	28.8	28.2	26.8	26.6	27.0	25.8	24.6	25.8	29.6
2011	27.2	26.2	26.2	29.0	28.8	25.6	26.0	26.6	25.4	25.4	25.4	29.0
2012	24.8	26.4	27.8	28.6	28.6	27.0	25.8	25.4	24.8	24.4	23.8	28.6
2013	25.2	26.8	28.6	29.4	N/D	25.6	24.8	26.0	25.0	25.2	N/D	29.4

Fuente: Insivumeh, Guatemala.

2.2.4. Humedad relativa

A continuación se presenta la tabla de la humedad relativa de los últimos años en el municipio de Chimaltenango, estos datos servirán para elegir la humedad relativa para el diseño exterior para la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Tabla II. Humedad relativa, municipio de Chimaltenango

Promedios mensuales y anuales de Humedad Relativa en porcentaje (%)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	62	60	62	71	72	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	84	71	69
1991	69	69	62	72	74	86	83	82	83	88	76	78	77
1992	73	72	68	69	73	81	80	81	84	82	76	74	76
1993	69	67	68	72	74	83	84	84	84	84	78	75	77
1994	78	73	69	71	79	82	79	85	85	85	81	81	79
1995	75	67	73	79	80	80	82	87	88	85	79	79	80
1996	74	71	72	82	85	84	84	87	87	87	82	76	81
1997	N/D	74	71	70	77	84	80	82	88	89	88	82	80
1998	78	74	74	78	74	84	84	82	89	88	87	84	81
1999	83	75	71	75	76	86	84	84	91	87	82	78	81
2000	78	75	72	70	84	85	82	83	89	85	83	81	81
2001	79	78	78	75	84	82	84	86	88	84	80	81	82
2002	78	75	73	69	77	86	83	79	89	85	84	80	80
2003	78	76	74	71	76	69	79	84	88	86	89	84	80
2004	80	79	73	80	N/D	N/D	N/D	82	83	84	72	71	78
2005	N/D	N/D	71	68	76	84	81	N/D	82	83	78	74	77
2006	75	69	68	68	79	82	79	78	82	81	77	80	77
2007	75	71	66	70	75	80	77	81	82	87	76	68	76
2008	73	71	74	69	79	84	80	81	86	83	N/D	77	78
2009	72	71	71	77	79	84	74	79	82	80	80	78	77
2010	78	80	75	78	82	87	86	90	91	86	87	78	83
2011	73	76	75	74	75	84	86	86	85	88	82	82	81
2012	80	73	73	75	81	81	79	82	82	81	79	79	73
2013	77	75	72	80	N/D	90	83	N/D	86	83	83	N/D	81

Fuente: Insivumeh, Guatemala.

2.3. Condiciones interiores

A continuación se presentan las condiciones interiores a considerar para el diseño de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos, entre ellas encontramos la ganancia de calor interno y los factores de carga de enfriamiento a considerar para el cálculo final de las cargas térmicas.

2.3.1. Ganancia de calor interno

La carga de enfriamiento es el calor que se origina dentro del área de Cuidados Intensivos de Adultos, las fuentes de ganancia de calor interno serán las personas que estén dentro del área, tales como, los pacientes, enfermeros, médicos, personal de limpieza, entre otros de los equipos de generación de calor están las luces, equipo médico, equipos de oficina, electrodomésticos, entre otros.

El metabolismo del cuerpo humano genera más calor que se necesita para mantener la temperatura corporal. Este exceso de calor se disipa a los alrededores de aire en forma de calor sensible y latente.

La cantidad de calor liberada por el cuerpo varía con la edad, tamaño físico, sexo, tipo de ropa y el nivel de la actividad física.

Tabla III. **Valores de cargas de calor sensible y latente**

Nivel de actividad	Carga calor sensible	Carga calor latente
Actividad moderada, trabajo de oficina	250 Btu/h; 75 W	200 Btu/h; 55 W
Sentado, trabajo ligero o caminando	250 Btu/h; 75 W	200 Btu/h; 55 W
Trabajo ligero en fabrica	275 Btu/h; 80 W	475 Btu/h; 140 W
Trabajo duro	580 Btu/h; 170 W	870 Btu/h; 255 W
Atlético, gimnasio	710 Btu/h; 210 W	1090 Btu/h; 315 W

Fuente: Norma ASHRAE, 1997.

2.3.2. **Factor de carga de enfriamiento**

“La carga de enfriamiento se utiliza para dar cuenta de la capacidad de un espacio para absorber y almacenar calor. Una parte del calor sensible generado por las personas es absorbido y almacenado por las paredes, suelo, techo y muebles del espacio y puesto en libertad en un momento posterior, al igual que la transferencia de calor por conducción a través de una pared exterior, el espacio por lo tanto puede experimentar un retraso de tiempo entre el momento que el calor sensible es originalmente generado y el tiempo de que en realidad contribuye al espacio la carga de enfriamiento”².

² SALAZAR ESCOBAR, Diego Roberto. *Diseño del sistema de climatización de un hospital tipo costa de 120 camas para el Ministerio de Salud Pública del Ecuador*. Tesis de grado. p. 30.

2.3.3. Ocupantes

En el cuerpo humano se producen unas transformaciones exotérmicas cuya intensidad es variable según el individuo y la actividad desarrollada.

La temperatura interior más favorable a estas transformaciones es de 37 °C, con una tolerancia pequeña. El cuerpo humano es capaz de mantener esta temperatura dentro de variaciones bastantes amplias de la temperatura ambiente, gracias a su facultad de expulsar hacia el exterior una cantidad más o menos importante de calor desarrollado.

El calor del cuerpo se disipa:

- Hacia las paredes del local por radiación
- Hacia el aire ambiente por convección en la piel y vías respiratorias
- Hacia el aire ambiente por evaporación en la piel y vías respiratorias

Con base en la bibliografía consultada para el desarrollo de este trabajo de graduación se tomó el libro titulado *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*, del autor Edward Pita, la fórmula que se utilizará para el cálculo de ganancia de calor debido a las personas es:

$$Q_s = n \times q_s \times FCE \text{ (BTU / h)}$$

$$Q_l = n \times q_l \text{ (BTU / h)}$$

Donde:

Q_s = ganancia de calor sensible

Q_l = ganancia de calor latente

n = número de personas

q_s = factor de ganancia de calor sensible por persona

q_l = factor de ganancia de calor latente por persona

FCE = factor de carga de enfriamiento para personas

2.3.4. Iluminación

La iluminación de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción.

Un porcentaje de calor emitido por radiación es absorbido por los materiales que rodean el local, pudiendo también producirse estratificación de calor emitido por convección. Las lámparas de incandescencia transforman en luz el 10% de la energía absorbida mientras que el resto se transforma en calor.

Los tubos fluorescentes transforman un 25 % de la energía absorbida en luz, mientras que otro 25 % se disipa por radiación hacia las paredes que rodean el área de la unidad de cuidados intensivos y el resto por convección y conducción.

Debe tenerse en cuenta, además del calor emitido por la reactancia o resistencia limitadora que representa un 25 % de la energía absorbida por la lámpara.

Tomando la bibliografía consultada del libro titulado *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*, del autor Edward Pita se usa la siguiente fórmula para el cálculo de las ganancias sensibles debidas a la iluminación del área de la Unidad de Cuidados Intensivos:

$$Q \text{ lámpara} = 3.4 \times W \times FB \times FCE; \text{ (BTU / h)}$$

Donde:

Q = ganancia neta de calor debida al alumbrado; (BTU/h)

W = capacidad del alumbrado, en watts

FB = factor del balastro

FCE = factor de carga de enfriamiento para el alumbrado

2.3.5. Equipo médico

El área de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango contará, en su generalidad, con equipo médico que serán fuentes de calor sensible y latente, los aparatos eléctricos solo emiten calor latente en función de su utilización.

En la mayoría de casos hay una disminución importante de ganancias, tanto sensibles como latentes, por medio de campanas de extracción ventiladas mecánicamente, para este caso en particular no se aplicaran.

A continuación se presenta el equipo médico que contará la Unidad de Cuidados Intensivos:

- Monitor cardíaco portátil
- Desfibrilador portátil con marcapaso externo
- Ventilador de traslado
- Carro de procedimientos
- Broncoscopio
- Equipo de rayos X portátil
- Monitor central para 6 camas o más
- Negatoscopios cuádruples
- Laringoscopios por cada 3 camas
- Ventilador mecánico no invasivo
- Máquina de hemodiálisis convencional
- Sistema de medición de presión intracraneana por fibra
- Juego de laringoscopios (pediátrico y de adultos)
- Ambú, tubos endotraqueales, pinza Maggil
- Equipo quirúrgico
- Medicamentos para uso de reanimación cardiovascular avanzada

El Departamento de Mantenimiento del Hospital Nacional de Chimaltenango deberá establecer una política para el mantenimiento de los equipos a fin de prevenir deterioros irreparables o equipos fuera de uso por tiempo prolongado. Los equipos deben estar disponibles, así como los manuales de operación.

2.4. Cálculo de cargas térmicas sensibles y latentes

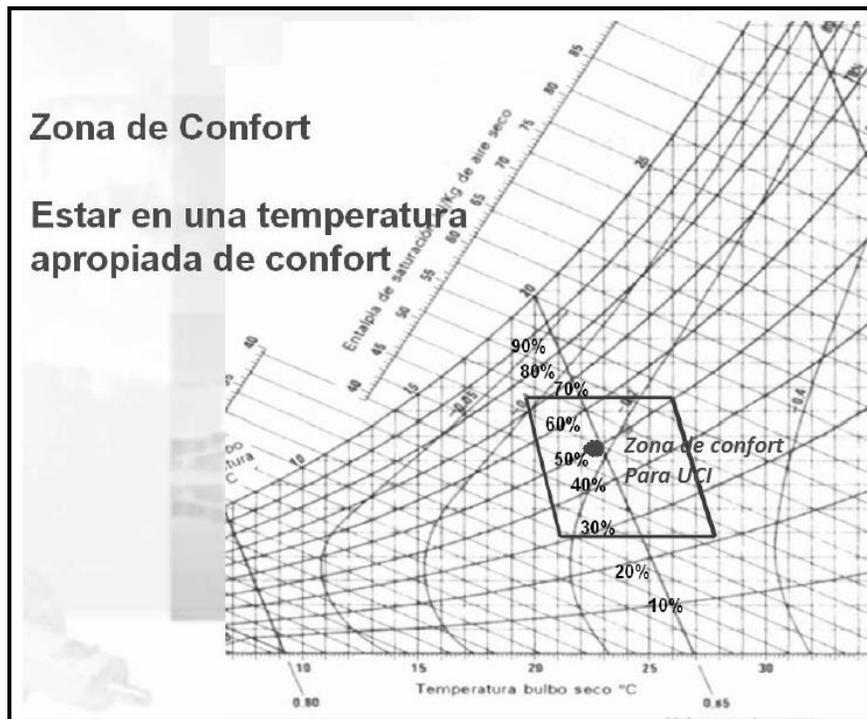
A continuación se presenta el cálculo de las cargas térmicas sensibles y latentes para el área de la unidad de cuidados intensivos de adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango.

2.4.1. Carga térmica en techo y paredes

Para el inicio de los siguientes cálculos de cargas de enfriamiento se debe establecer las condicionantes principales de este trabajo de graduación, con base a registros mensuales y anuales dadas en las tablas I y II, se estable las condiciones de diseño exterior para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos de Hospital Nacional de Chimaltenango:

- Temperatura exterior: 29 °C equivalente a 84,2 °F
- Humedad relativa: 81 %

Figura 11. **Zona de confort para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos**



Fuente: PITA, Edward G. *Acondicionamiento de aire principios y sistemas*. p. 8.

En la figura 11 se muestra la zona de confort para la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Chimaltenango, tomando como requisitos mínimos los siguientes valores:

- Temperatura interior: 22.5 °C equivalente a 72.5 °F
- Humedad relativa: 50 %

El área de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango cuenta con una puerta principal, el cual es el acceso a la unidad en la parte frontal de 3,44 pies x 6,56 pies y otras dos puertas interiores que dan al baño de pacientes y área de lavado de 2,46 pies x 6,72 pies, todas con un grosor de 1 ¾”.

Tabla IV. **Coeficiente de transferencia de calor para puertas madera**

Espesor Nominal (plg)	Espesor Real (plg)	U*+ Puerta Expuesta	U*+ Puerta con vidrio guardapuerta
1	25/32	0,64	0,37
1 1/4	1 1/16	0,55	0,34
1 1/2	1 5/16	0,49	0,32
1 3/4	1 3/8	0,48	0,31
2	1 5/8	0,43	0,28
2 1/2	2 1/8	0,36	0,26
3	2 5/8	0,31	0,23

* Calculado usando k = 1,10 (para madera); fi 0=1,46, fo = 6,0; 1,03 para espacio de aire.
+ Se puede usar un valor de 0,85 para U para puertas simples y expuestas con entrepaños de madera o entrepaños simples de vidrio guardapuertas
- 50 % de vidrio y entrepaños delgados de madera.

Fuente: Burgess. *Manual de aire acondicionado y refrigeración*. p. 45.

Tomando la bibliografía consultada del libro titulado *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*, del autor Edward Pita se usa y aplica la siguiente formula y se procede al cálculo de la ganancia de calor por las puertas.

$$Q = U \times A \times DT;$$

Donde:

Q = velocidad de transferencia de calor a través de la división, piso o cielo.

U = coeficiente global de transferencia de calor para la división.

A = área de la división, piso o cielo,

DT = diferencia de temperatura entre los espacios sin acondicionar y los acondicionados.

$$Q \text{ puertas} = U \times A \times DT;$$

$$Q \text{ puertas} = Q1 + Q2 + Q3;$$

$$Q1 = (0,48 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) (22,60 \text{ ft}^2) (11,7 \text{ } ^\circ\text{F}) = 126,92 \text{ BTU} / \text{h}$$

$$Q2 = (0,48 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) (16,55 \text{ ft}^2) (11,7 \text{ } ^\circ\text{F}) = 92,94 \text{ BTU} / \text{h}$$

$$Q3 = (0,48 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) (16,55 \text{ ft}^2) (11,7 \text{ } ^\circ\text{F}) = 92,94 \text{ BTU} / \text{h}$$

$$\mathbf{Q \text{ Puertas} = 312,8 \text{ BTU} / \text{h}}$$

El área de techo de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango está formado por planchas de cielo falso de tabla yeso y pasta, color blanco con grosor de ½ pulgada y una armadura de aluminio como soporte de las planchas, que abarca las medidas de ancho 19,22 pies y 23,75 pies de largo.

Tabla V. **Coeficiente de transmisión de calor de materiales típicos de construcción**

MATERIALES TÍPICOS CONSTRUCCIÓN	k (BTU/h·pie ² ·°F·pulg)	C (BTU/h·pie ² ·°F)	k (W/m ² ·°C·cm)	C (W/m ² ·°C)
ARCE, ROBLE, MADERAS DURAS SIMILARES		1.10		0.1937
ABETO, PINO, MADERAS SUAVES SIMILARES		0.80		0.1408
MADERA CONTRACHAPADA 1/2 pulg.		1.60		0.2817
MADERA CONTRACHAPADA 3/4 pulg.		1.07		0.1884
TECHADO CON ROLLO DE ASFALTO	6.5	0.15	0.4505	0.0264
TECHADO INSTALADO EN OBRA		3.00		0.5282
TECHADO ASBESTO CEMENTO		4.76		0.8380
ESPACIO DE AIRE EN ENTRECIELO		1.00		0.1761
PANEL ASBESTO CEMENTO	4.0		0.2773	
PANEL YESO Y PASTA 1/2 PULG.	0.8	1.25	0.0555	0.2201
PANEL PLYWOOD 1/2 PULG		1.60		0.2817
VIDRIO DE UNA HOJA		1.13		0.1989
VIDRIO DE DOS HOJAS		0.46		0.0810
VIDRIO DE TRES HOJAS		0.29		0.0511
VIDRIO DE CUATRO HOJAS		0.20		0.0352
LOSETA CIELO FALSO	0.035		0.0025	

Fuente: VALDILLO, Francisco Javier. *Sistema de refrigeración, aire acondicionado y ventilación*.
p. 65.

Con base en la tabla del coeficiente de transferencia de calor se procede al cálculo de la ganancia de calor para el techo. Tomando en cuenta la siguiente ecuación:

$$Q \text{ techo} = U \times A \times DT;$$

$$Q \text{ techo} = (1,25 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ °F}) (456,67 \text{ ft}^2) (11,7 \text{ °F}) = 6 \text{ 678,79 BTU} / \text{h}$$

Las paredes del área de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango están construidas por paredes de *block* y en su interior todas las paredes están cubiertas por azulejo color blanco, formando las siguientes mediciones:

Pared norte: ancho 23,75 pies por 9,84 pies de alto; pared sur: ancho 23,75 pies por 9,84 pies; pared este: ancho 19,22 pies por 9,84 pies de alto; pared oeste: ancho 19,22 pies por 9,84 pies de alto, se tomará un coeficiente de transferencia de calor para el azulejo de $U = 0,7 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$.

$$Q \text{ pared norte} = (0,7 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) (233,79 \text{ ft}^2) (11,7 \text{ } ^\circ\text{F}) = 1 \ 914,74 \text{ BTU} / \text{h}$$

$$Q \text{ pared sur} = (0,7 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) (233,79 \text{ ft}^2) (11,7 \text{ } ^\circ\text{F}) = 1 \ 914,74 \text{ BTU} / \text{h}$$

$$Q \text{ pared este} = (0,7 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) (189,22 \text{ ft}^2) (11,7 \text{ } ^\circ\text{F}) = 1 \ 549,71 \text{ BTU} / \text{h}$$

$$Q \text{ pared oeste} = (0,7 \text{ BTU} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}) (133,52 \text{ ft}^2) (11,7 \text{ } ^\circ\text{F}) = 1 \ 093,5 \text{ BTU} / \text{h}$$

$$Q \text{ pared total} = 6 \ 472,69 \text{ BTU} / \text{h}$$

2.4.2. Carga de enfriamiento interno

A continuación se presenta y se realizan los cálculos de la carga de enfriamiento interno para personal, equipo médico e iluminación del área que abarca la unidad de cuidados intensivos de adultos.

2.4.2.1. Personal

Los pacientes que permanecerán en el área de cuidados intensivos de adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango estarán por 18 horas y en 24 horas ingresaría un nuevo paciente al recinto por lo que el factor FCE es 0,21, con lo cual se procede al cálculo de calor sensible y calor latente:

$$Q_s = n \times q_s \times FCE = (5) (210 \text{ BTU / h}) (0.21) = 220,50 \text{ BTU / h}$$

$$Q_l = n \times q_l = (5) (140 \text{ BTU / h}) = 700 \text{ BTU / h}$$

$$Q \text{ total de pacientes} = 920,50 \text{ BTU / h}$$

El personal médico que se encuentra en el área de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango estará en un promedio de 8 horas con intervalos de reingreso al recinto de 2 horas con lo que el factor FCE es 0,61, se tiene contemplando por cada paciente contar con un doctor y un enfermero con lo cual se dispone de 10 personas al cuidado de los pacientes, con lo cual se procede al cálculo de calor sensible y calor latente:

$$Q_s = n \times q_s \times FCE = (10) (315 \text{ BTU / h}) (0,61) = 1 921,5 \text{ BTU / h}$$

$$Q_l = n \times q_l = (10) (325 \text{ BTU / h}) = 3 250 \text{ BTU / h}$$

$$Q \text{ total de personal médico} = 5 171, 5 \text{ BTU / h}$$

2.4.2.2. Iluminación

Cuenta con 20 tubos de luz fluorescente de 40 watts, distribuidos en 5 lámpara con 4 tubos cada una y 5 lámparas direccionales con bombillas incandescentes de 60 watts, las cuales están instaladas una por módulo, se debe tomar en cuenta que las luces estarán siempre encendidas por lo cual el FCE será de 1, se procede al cálculo de la ganancia de calor debido al sistema de iluminación.

$$Q \text{ lámpara fluorescente} = (3,4) (20 \times 40 \text{ Watts}) (1,25) (1) = 3 400 \text{ BTU / h}$$

Q bombilla incandescente = (3,4) (5x60 watts) (1) (1) = 1 020 BTU / h

Q total de iluminación = 4 420 BTU / h

2.4.2.3. Equipos médicos

La ganancia de calor debido al equipo médico se puede calcular en ocasiones en forma directa consultando al fabricante o a los datos de la placa, tomando en cuenta si su uso es intermitente algunos equipos producen tanto calor sensible como latente. En la tabla VI se muestran algunos valores de la producción de calor para aparatos eléctricos.

La producción de calor procede de los motores y el equipo que los impulsa se debe a la conversión de energía eléctrica en calor. La proporción de calor generado que pasa al recinto de acondicionamiento de aire depende de si el motor y la carga impulsada se encuentran ambos en el recinto o tan solo uno de ellos, la tabla V da una lista de producciones de calor para cada caso.

El equipo médico importante que se debe contar en la unidad de cuidados intensivos son 5 monitores centrales y 5 ventiladores mecánicos no invasivos para los pacientes, la tabla VI da más producciones de calor generado por los motores del equipo médico.

La estación de enfermería deberá contar con un equipo de computación, el cual estará conformado por un monitor de 19", un regulador de voltaje para la protección del equipo de cómputo con capacidad de 750 KVA.

Tabla VI. **Producción de calor en motores eléctricos**

Potencia del motor	Ubicación de equipo con respecto a la corriente de aire o el espacio acondicionado		
	Motor y máquina dentro	Motor fuera, dentro de máquina	Motor dentro, máquina fuera
1/8	580	320	260
1/6	710	430	280
1/4	1,000	640	360
1/3	1,290	850	440
1/2	1,820	1,280	540
3/4	2,680	1,930	750
1	3,220	2,640	680
1-1/2	4,770	3,820	950
2	6,380	5,100	1,280
3	9,450	7,650	1,800
5	15,600	12,800	2,800
7-1/2	22,500	19,100	3,400
10	30,000	25,500	4,500
15	44,500	38,200	6,300
20	58,500	51,000	7,500
25	72,400	63,600	8,800

Fuente: ASRHAE. 1997.

Tabla VII. **Carga de enfriamiento estimadas para equipos médicos**

CARGAS DE ENFRIAMIENTO ESTIMADAS, RECOMENDADAS PARA EQUIPOS MÉDICOS		
EQUIPOS	Potencia nominal según placa (W)	Potencia promedio (BTU/h)
Sistema de anestesia	250	853
Manta caliente	500	1.076
Tensiometro	180	614
Calentador de sangre	360	1.228
ECG/RESP	1440	4.913
Electrocirujia	1000	3.412
Endoscopio	1688	5.760
Escarpelo armónico	230	785
Bomba de histeroscópica	180	614
Sónica laser	1200	1.095
Microscopio óptico	330	1.126
Oxímetro de pulso	72	246

Fuente: PITA, Edward G. Acondicionamiento del aire, principios y sistemas. p. 151.

Con base a las tablas VII se realiza la sumatoria para encontrar el valor de carga de enfriamiento para el equipo médico para el Hospital Nacional de Chimaltenango en 21 722 BTU/h, con lo cual la carga de enfriamiento para el equipo médico puede aumentar, por tal motivo se estimará una carga térmica de enfriamiento más alta previendo tal aumento.

$$Q \text{ equipo médico} = 21\,722 \text{ BTU / h}$$

2.5. Infiltración del aire en puerta

A continuación se presentan los cálculos para la infiltración del aire por la carga térmica del calor sensible y latente para el área de la unidad de cuidados intensivos de adultos.

2.5.1. Calor sensible

Tomando la bibliografía consultada del libro titulado *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*, del autor Edward Pita se usa la siguiente fórmula para realizar el cálculo de calor sensible:

$$Q_s = 1,1 \times \text{CFM} \times \text{CT};$$

Donde:

CFM = flujo de aire de ventilación

CT = cambio de temperatura entre el aire exterior y el interior (° F)

Dentro de la unidad de cuidados intensivos de adultos solo en una puerta se dará la infiltración del aire que es en a puerta principal, las medidas de la puerta es de 3,44 pies x 6,56 pies.

Se procede a realizar el cálculo de los CFM por medio del método de fisuras propuesto en la bibliografía del libro titulado *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*, del autor Edward Pita, dando lo siguiente:

$$\text{Área de fisura: } 2 (3,44 \text{ pies}) + 2 (6,56 \text{ pies}) = 20 \text{ pies}$$

Tabla VIII. **Tasas máximas recomendadas de infiltraciones para diseño a través de ventanas y puerta**

Componente	Tasa de infiltración
Ventanas	0.75 CFM /ft de fisura
Puertas	1.0 CFM /ft de fisura

Fuente: PITA, Edward G. *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*. p. 156.

Según tabla VIII, se procede a calcular los CFM de fisura;

CFM fisura: (1,0 CFM / pies de fisura) (20 pies de fisura) = 20 CFM.

Se procede al cálculo:

$$Q_s = 1,1 \times (20 \text{ CFM}) \times (11,7 \text{ °F}) = 257,40 \text{ BTU/h}$$

$$Q_s = 257,40 \text{ BTU/h}$$

2.5.2. Calor latente

Tomando la bibliografía consultada del libro titulado *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*, del autor Edward Pita se utiliza la fórmula para realizar el cálculo de calor latente:

$$Q_l = 0,68 \times \text{CFM} \times (W_e - W_i);$$

Donde:

CFM = flujo de aire de ventilación

$W_e - W_i$ = relación de humedad exterior e interior.

Se procede al cálculo:

$$Q_l = 0,68 \times (20 \text{ CFM}) \times (W_e - W_i);$$

Para encontrar los valores de W_e y W_i , utilizamos la carta psicrométrica bajo los siguientes parámetros de diseño:

Condiciones interiores:

Temperatura bulbo seco = 72,5 °F y humedad relativa de 50 %.

Condiciones exteriores:

Temperatura bulbo seco = 84,2 °F y humedad relativa de 81 %.

Encontramos los siguientes datos:

$W_e = 142$ granos de agua / lb de aire seco

$W_i = 72$ granos de agua / lb de aire seco

Sustituyendo valores:

$$Q_l = 0,68 \times (20 \text{ CFM}) \times (142 - 72) = 952 \text{ BTU/h}$$

$$Q_l = 952 \text{ BTU/h}$$

2.5.3. Calor total ganado

El calor total ganado por la ventilación del recinto es la suma del calor sensible y calor latente.

$Q_{\text{ventilación}} = Q_s + Q_l$; tomando los valores de los incisos 2.5.1 y 2.5.2 de la presente trabajo se tiene;

$$Q_{\text{ventilación}} = 257,40 + 952 = 1\,209,40 \text{ BTU/h}$$

2.6. Resumen del cálculo de cargas térmicas totales

Se presenta una tabla de resumen de cálculo de cargas necesario para el diseño del sistema de aire acondicionado, con base a los cálculos realizados en los incisos anteriores.

Tabla IX. **Resumen del cálculo de cargas térmicas totales para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos**

Nombre del recinto:	Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Chimaltenango			
Tamaño de planta:	456.67 ft ²			
	U	A (ft ²)	DT (° F)	BTU / h
Techo/cielo falso:	1,25	456,67	11,7	6 678,79
Puerta:	0,48	55,7	11,7	312,80
Pared:				
Norte	0,7	233,79	11,7	1 914,74
Sur	0,7	233,79	11,7	1 914,74
Este	0,7	189,22	11,7	1 549,71
Oeste	0,7	133,52	11,7	1 093,50
Personal:	Qs	Ql	Qs + Ql	
Pacientes	220,5	700	920,5	920,5
Personal médico	1 921,5	3 250	5 171,5	5 171,5
Infiltración	257,40	952	1 209,4	1 209,4
Iluminación	Q Flou	Q Incan		
Lámpara fluorescente	3 400	0		3 400
Foco incandescente	0	1 020		1 020
Equipo médico			23 166	23 166
Se necesita una unidad de enfriamiento con capacidad de:				48 351,68
Capacidad en toneladas: 4,029				

Fuente: elaboración propia.

Con base a la tabla IX se determina que se necesitan un equipo de aire acondicionado capaz de generar energía de 4,029 toneladas de refrigeración para mantener las condiciones interiores anteriormente establecidas o mayor para el área de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango. Se toma un factor de seguridad de carga de enfriamiento del 20 % que da en total la capacidad de enfriamiento necesario a considerar en el diseño final del equipo de enfriamiento dando un total de 58 022, 01 BTU / h, con capacidad de enfriamiento en toneladas de 4,83.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS

3.1. Especificaciones técnicas de los equipos

Luego de realizar el cálculo de carga térmica de enfriamiento y luego de conocer la diversidad de equipos de aires acondicionados existentes en el mercado guatemalteco, se debe considerar todos aquellos factores que lleven a elegir el equipo con las mejores características técnicas y por ende el más indicado para el área de Cuidados Intensivos de Adultos para el Hospital Nacional de Chimaltenango. El análisis es relativamente sencillo, ya que se toma en cuenta el cálculo de las pérdidas y ganancias de carga de enfriamiento del área de cuidados intensivos de adultos, del volumen del aire a manejar, de la temperatura y humedad relativa de diseño interior y exterior establecidos.

Debido a las dimensiones del área de cuidados intensivos de adultos, la masa de aire a suministrar, la cantidad de carga de enfriamiento a contrarrestar, por las exigencias higiénicas y tipo de aplicación médica, se establece que la mejor unidad de enfriamiento es el sistema de aire acondicionado tipo paquete o central.

Por la necesidad del área de Cuidados Intensivos de Adultos, en lo que respecta a capacidad de enfriamiento, se recomiendan un equipo tipo paquete solo para este recinto. El equipo deberá contar con la capacidad de 60 000 Btu/h o 5 toneladas de refrigeración de enfriamiento.

- Especificaciones técnicas del equipo de enfriamiento tipo paquete

A continuación se presentan las especificaciones técnicas que deben de cumplir el equipo de enfriamiento tipo paquete:

- El equipo tipo paquete debe cumplir con las normas y especificaciones establecidas por la American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).
- El equipo debe ser trifásico de 220 voltios, 3 fases, 60 Hz.
- El equipo debe ser de marca de reconocido prestigio, debe de poseer un compresor tipo reciprocante, eficiente y de bajo consumo energético.
- El equipo de ductos deberá incluir filtro de bolsa para aire con eficiencia del 85 % y deberá ser verificado cada mes, si se encuentra demasiado sucio deberá ser reemplazado.
- El equipo tipo paquete y sus componentes en lo individual deberán contar con todos los dispositivos de seguridad que garanticen la protección de los mismos en caso de cualquier contingencia eléctrica, contando como mínimo con lo siguiente: protectores de retardo de arranque para protección de los motores compresores (Time Delay), protectores de fases, protectores de alta y baja presión de gas, otros que el Ingeniero de mantenimiento considere convenientes para el buen funcionamiento del equipo tipo paquete, debiendo especificar sus características técnicas y lo que recomiende el fabricante.

- Contar con suministro e instalación de protector de voltaje trifásico para evitar pérdidas de fases y sobre voltaje.
- Especificaciones técnicas para la instalación del equipo tipo paquete y accesorios
 - Debe ser instalado en la terraza de la pasarela que comunica a área de parqueo del hospital, este se acoplará al ducto de suministro y retorno de aire.
 - El ducto de suministro exterior debe ser fabricado con lámina galvanizada, calibre 24 y forrado internamente con fibra de vidrio.
 - El ducto de suministro interior debe ser fabricado con lona especial para este tipo de aplicación.
 - Se deben de instalar 1 termostatos dentro de la unidad de cuidados intensivos, con su protector (guarda termostato) programables, este termostato controlara el encendido y apagado del sistema de aire acondicionado.
 - La instalación eléctrica deberá de realizarse desde los tableros eléctricos, la instalación eléctrica deberá estar protegida por poliducto, con el respectivo calibre de cable y flipón, se debe de instalar un protector de fase.
 - La tubería de drenaje deberá ser de PVC de 3/4" con su respectivo sifón.

- La fijación del equipo tipo paquete deberá ser por medio de una estructura metálica, se debe fabricar una base de metal de modo que el equipo no quede sobre el piso.
- Se debe incluir el material para la fijación de ductería y angular para ductos exteriores.
- Se deberá de realizar la instalación de fuelles en el ducto de suministro para evitar vibraciones.

3.2. Selección del equipo

Con base a los cálculos realizados, se procede a seleccionar el equipo de enfriamiento que cumpla todos los requisitos técnicos y mínimos para la unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango, en los siguientes incisos.

3.2.1. Sistema de climatización

Con base a lo expuesto en el inciso 3,1 de esta propuesta, se procede a elegir el equipo de enfriamiento tipo paquete, siendo el que cumple los requisitos técnicos, capacidad establecida y previamente evaluado con el ingeniero del Departamento de Mantenimiento de Hospital Nacional de Chimaltenango, se elige un equipo de enfriamiento tipo paquete, marca Carrier, modelo: 50ZP-060.

Este tipo de equipo de enfriamiento tiene un consumo de 220 voltios, 3 fases y 60 Hertz, con motor (turbina) de 1 Hp, fan motor (ventilador) de 1/4 Hp y una capacidad de enfriamiento de 60 000 BTU/h equivalente a 5 toneladas de refrigeración, tipo de refrigerante R-410A, compresor tipo reciprocante, base a prueba de la formación de óxido con drenaje integrado, interruptor para pérdida de carga, rejilla de persiana y utiliza termostato estándar.

A continuación se presentan las tablas donde se detalla todas las características técnicas del equipo de enfriamiento:

Tabla X. Ficha técnica de unidad tipo paquete Carrier 50ZP

UNIDAD 50ZP	024	030	036	042	048	060
PESO OPERANDO (lbs)	222	236	250	297	310	350
COMPRESOR TIPO	Reciprocante					
REFRIGERANTE						
Carga (lbs)	2.8	3.9	4.7	4.4	6.1	7.5
REFRIGERANT METERING DEVICE	Acutrol™ System					
SERPENTIN CONDENSADOR	Tubos de Cobre, Aletas de aluminio					
Hileras... Fins/in.	1...17	1...17	2...17	1...17	2...17	2...17
Total Area (pies ²)	6.7	7.9	6.2	11.1	8.6	10.7
MOTOR ABANICO COND.	Propeller					
CFM	1600	2000	2000	2600	2600	2800
Nominal Rpm	825	1100	1100	1100	1100	1100
Motor HP	1/8	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
Diámetro (pulg)	20	20	20	20	20	20
SERPENTIN EVAPORADOR	Tubos de Cobre, Aletas de aluminio					
Hileras... Fins/in.	2...15	3...15	3...15	3...15	3...15	4...15
Total Area (pies ²)	2.8	2.8	3.1	3.9	4.3	4.9
MOTOR ABANICO EVAP.	Drive Directo					
Tam. Motor Abanico (pulg)	10 x 8	10 x 8	10 x 8	10 x 9	10 x 9	10 x 10
Nominal Cfm	800	1000	1200	1400	1600	2000
Rpm Rango	550-1000	550-1000	800-1050	800-1050	1000-1100	950-1100
Velocidades	3	3	3	3	2	3*
Setting velocidad de fábrica	Baja	Med	Baja	Med	Baja	Baja
Motor Hp	1/4	1/4	1/2	1/2	3/4	1
TAM. CONEXIONES DUCTO	Redondo					
Aire Entrada (pulg)	14					
Aire Retorno (pulg)	14					
FILTRO DE RETORNO SUM. CAMPO +	24 x 24	24 x 24	24 x 24	24 x 24	24 x 30	24 x 30
Throwaway (pulg)						

*Los motores de 46° V son únicamente de dos velocidades
 + Las medidas de filtros requeridos se basan en la clasificación AF1 (Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado) de flujo de aire de 300 pies/mín. para modelos desechables 0.450 pies/mín. para modelos de alta capacidad. Los filtros recomendados son de 1 pulg. de grosor.

Fuente: Carrier, Manual de fabricante. p. 7.

Figura 12. Aire acondicionado tipo paquete Carrier 50ZP



Fuente: Manual de usuario.

http://www.carriercca.com/imagebank%5CCarrier%5CCarrier_Residential%5CPackaged_Products%5C50ZP%5Chi/01_main.jpg. Consulta: 7 de marzo de 2015.

Tabla XI. Entrega de aire a serpentín seco, descarga horizontal

UNIDAD 502P	VEL MOTOR	MANEJO AIRE	230 Y 460 V DESCARGA HORIZONTAL								
			Presión Estática Externa (in.wg)								
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
024	Bajo	Watts	288	285	282	279	274	268	261	-	-
		CFM	875	820	802	734	668	582	478	-	-
	Med	Watts	390	383	378	369	360	350	340	-	-
		CFM	1131	1090	1038	978	917	830	721	-	-
	Alto	Watts	528	520	251	495	480	460	450	-	-
		CFM	1391	1338	1285	1200	1115	1018	920	-	-
030	Bajo	Watts	288	285	282	279	274	268	261	-	-
		CFM	875	820	802	734	668	582	478	-	-
	Med	Watts	390	383	378	369	360	350	340	-	-
		CFM	1131	1090	1038	978	917	830	721	-	-
	Alto	Watts	528	520	510	495	480	460	450	-	-
		CFM	1891	1338	1285	1200	1115	1018	920	-	-
036	Bajo	Watts	450	435	420	400	380	335	326	311	-
		CFM	1231	1218	1204	1120	1008	950	863	751	-
	Med	Watts	470	450	445	410	388	359	338	321	-
		CFM	1302	1264	1205	1163	1081	940	873	783	-
	Alto	Watts	660	635	610	575	540	505	485	460	-
		CFM	1700	1660	1581	1450	1297	1190	1095	989	-
042	Bajo	Watts	478	458	440	411	378	350	327	317	-
		CFM	1303	1270	1224	1179	1226	1022	911	816	-
	Med	Watts	481	468	450	438	404	370	338	320	-
		CFM	1310	1280	1241	1181	1110	1022	943	811	-
	Alto	Watts	-	798	678	648	618	578	540	500	460
		CFM	-	1736	1688	1618	1510	1421	1309	1187	1060
048	Bajo	Watts	-	-	801	760	730	688	650	600	570
		CFM	-	-	1898	1841	1757	1682	1564	1429	1365
	Alto	Watts	-	-	870	842	818	782	696	632	628
		CFM	-	-	2000	1903	1799	1718	1625	1446	1333
060+	Bajo	Watts	890	850	810	790	735	680	580	480	422
		CFM	1834	1820	1791	1762	1703	1640	1415	1159	950
	Med	Watts	1040	1018	1000	950	890	835	790	650	580
		CFM	2230	2102	2025	1960	1901	1855	1752	1468	1121
	Alto	Watts	1073	1038	1001	958	896	840	800	691	575
		CFM	2230	2202	2160	2122	2052	1926	1791	1588	1202

* Los valores de entrega de aire están basados en voltaje operativo de 230 v, o 460 v, serpentín seco, sin filtro o calentador eléctrico. Deduzca los descensos de presión del calentador eléctrico, filtro y serpentín húmedo para obtener la presión estática externa disponible para ductos. Ver tablas 5-7.
+ Los motores de 460 v tienen dos velocidades (tamaños 060 únicamente).

NOTAS:
1. No opere la unidad a un flujo de enfriamiento que sea menor a 350 cfm por cada 12,000 Btu/h de capacidad de enfriamiento clasificada. Podría ocurrir un congelamiento del serpentín- evaporador a flujos de aire por debajo de este punto.
2. Las rayas (-) indican las porciones de la tabla que están más allá de la capacidad del motor del soplador o que no están recomendadas.

Fuente: Carrier, Manual de fabricante. p. 8.

Tabla XII. Datos eléctricos de la unidad tipo paquete marca Carrier

UNIDAD 50ZP	VOLTAJE NOMINAL (V-Ph-Hz)	RANGO VOLTAJE		COMPRESOR		OFM	IFM	CALEF. ELEC		SUMINISTRO DE ENERGIA		DESCONECT	
		Min	Max	LRA	LRA	FLA	FLA	Nominal kW*	FLA	MCA	MOCOP	FLA	LRA
024	208/230-1-60	187	254	10.9	61.0	0.9	2.4	-/-	-/-	16.9/16.9	20/20	16/16	68
								3.8/5.0	18.1/20.8	25.6/29.0	30/30	24/27	
								7.5/10.0	36.1/41.7	48.1/55.1	50/60	44/51	
030	208/230-1-60	187	254	15.2	69.4	1.5	2.4	-/-	-/-	22.9/22.9	30/30	22/22	79
								3.8/5.0	18.1/20.8	25.6/29.0	30/30	24/27	
								7.5/10.0	36.1/41.7	48.1/55.1	50/60	44/51	
036	208/230-1-60	187	254	15.9	86.0	1.5	2.8	-/-	-/-	24.2/24.2	30/30	23/23	96
								3.8/5.0	18.1/20.8	26.1/29.5	30/30	24/27	
								7.5/10	36.1/41.7	48.6/55.6	50/60	45/51	
036	208/230-3-60	187	254	8.9	64.5	1.5	2.8	-/-	-/-	15.4/15.4	20/20	15/15	74
								3.8/5.0	10.4/12.0	16.5/18.5	20/20	15/17	
								7.5/10.0	20.8/24.1	29.6/33.6	30/35	27/31	
042	208/230-1-60	187	254	18.5	97.6	1.5	2.8	-/-	-/-	27.4/27.4	35/35	26/26	107
								3.8/5.0	18.1/20.8	27.4/29.5	35/35	26/27	
								7.5/10.0	36.1/41.7	48.6/55.6	50/60	45/51	
042	208/230-3-60	187	254	10.9	73.0	1.5	2.8	-/-	-/-	17.9/17.9	25/25	17/17	83
								3.8/5.0	10.4/12.0	17.9/18.5	25/25	17/17	
								7.5/10.0	20.8/24.1	29.6/33.6	30/35	27/31	
048	208/230-1-60	187	254	21.3	107.0	1.5	4.2	-/-	-/-	32.3/32.3	40/40	31/31	121
								3.8/5.0	18.1/20.8	32.3/32.3	40/40	31/31	
								7.5/10.0	36.1/41.7	50.4/57.3	60/60	46/53	
048	208/230-3-60	187	254	12.3	73.0	1.5	4.2	-/-	-/-	21.1/21.1	25/25	21/21	87
								3.8/5.0	10.4/12.0	21.1/21.1	25/25	21/21	
								7.5/10.0	20.8/24.1	31.3/35.3	35/40	29/32	
060	230-1-60	207	254	26.9	128.0	4.1	62.2	-	-	41.2	50	40	141
								5.0	20.8	41.2	50	40	
								10.0	41.7	59.8	60	55	
060	208/230-3-60	187	254	17.7	128.0	1.4	6.2	-	-	41.2	50	40	146
								5.0	20.8	41.2	50	40	
								10.0	41.7	59.8	60	55	
060	460-3-60	414	508	9.0	63.0	0.7	3.2	-	-	15.2	20	15	71
								5.0	6.0	15.2	20	15	
								10.0	12.0	19.0	20	18	
060	460-3-60	414	508	9.0	63.0	0.7	3.2	15.0	18.0	26.6	30	24	71
								20.0	24.1	34.1	35	31	
								20.0	24.1	34.1	35	31	

Fuente: Carrier, Manual de fabricante. p. 9.

3.3. Diseño de los ductos del sistema de aire acondicionado

A continuación se presenta el diseño de ductos y las consideraciones a tomar en cuenta para el sistema de aire acondicionado para la Unidad de Cuidados intensivos.

3.3.1. Consideraciones en el diseño de ductos

La misión de un sistema de ductos es transmitir el aire desde la unidad de enfriamiento hasta el espacio que va a acondicionarse. Para cumplir esta misión de forma práctica el sistema debe proyectarse dentro de ciertas limitaciones establecidas de antemano relativas al espacio disponible, pérdidas por rozamiento, velocidad, nivel de ruido, pérdidas o ganancias de calor y fugas.

El diseño o red de ductos se establecerá de manera que distribuya de la mejor forma el aire de refrigeración a la unidad de cuidados intensivos de adultos, proporcionando los CFM de aire refrigerado adecuado con base a los parámetros de diseño presentados en el capítulo 2.

La distribución del aire por el recinto se efectúa transportando el aire, desde el equipo de refrigeración hasta las bocas de salida, mediante conductos de diversas secciones como rectangular, circular y oval.

Es indispensable para que una instalación de acondicionamiento de aire funcione correctamente, la distribución del aire se debe efectuar lo más uniformemente posible manteniendo en todos los lugares del recinto ausencias de corrientes, para solventar esta situación, el reparto y la colocación de los registros, bocas de entrada y salida de aire debe instalarse con sumo cuidado, a fin de dimensionar convenientemente los conductos del aire acondicionado.

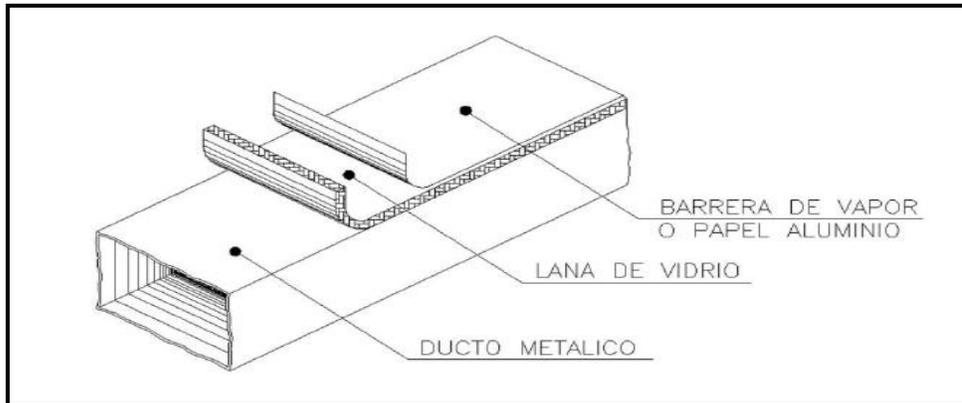
El sistema de ductos para que sea funcional debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Uniformidad en las velocidades de salida del aire por los difusores, registros y rejillas.
- Bajo nivel sonoro, debido a la formación de remolinos causados por el aire.
- Evitar los cambios bruscos de dirección o de velocidad.
- Cuidado en la regulación de persianas. Estos accesorios introducen resistencias al paso del aire, motivando una pérdida de carga que el ventilador se ve obligado a vencer con el consiguiente consumo de energía.

Los conductos deben estar adecuadamente aislados para evitar condensaciones en la superficie de los mismos, existen diferentes tipo de aislamientos, el más comúnmente utilizado es a base de fibra de vidrio de 1 ½”, este no debe ser comprimido y se utiliza pegamento no inflamable.

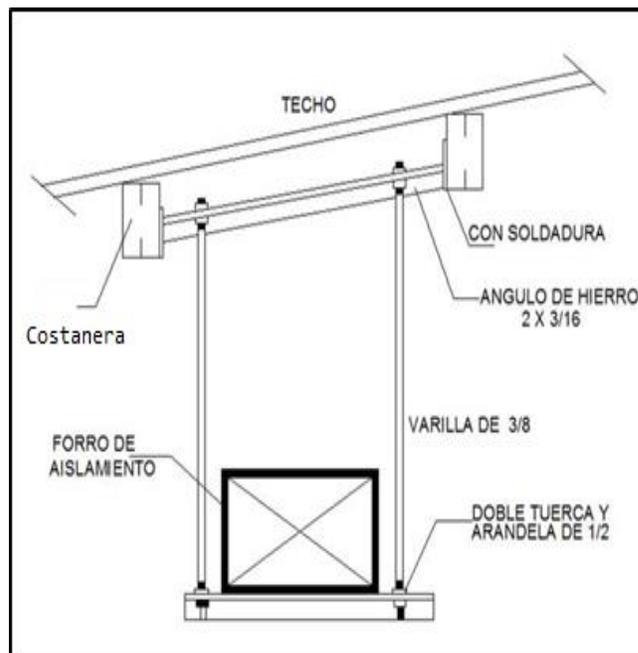
En la figura 13 se muestran la vista de los ductos rígidos recomendado para el área de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional de Chimaltenango.

Figura 13. **Vista de ducto rígido**



Fuente: *Tipos de ductos rígidos para refrigeración*. www.vermont.com.mx. Consulta: 19 de marzo de 2015.

Figura 14. **Detalle de fijación de ducto rígido a techo**



Fuente: CARRIER. *Manual de aire acondicionado*. p. 18.

A continuación se presentan las velocidades recomendadas de aire para evitar el ruido y turbulencias en los ductos de suministro y retorno en los equipos de aire tipo paquete.

Tabla XIII. **Velocidad recomendada en ductos de aire en metros/segundo**

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DE RUIDO (conductos principales)	Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	3	5	4	3	3
Apartamentos	5	7,5	6,5	6	5
Dormitorios hotel					
Dormitorios hospital					
Oficinas particulares	6	10	7,5	8	6
Despachos					
Dirección					
Bibliotecas					
Salas cine/teatro	4	6,5	5,5	5	4
Auditorios					
Oficinas públicas	7,5	10	7,5	8	6
Restaurantes					
Comercios					
Bancos					
Comercios	9	10	7,5	8	6
Cafeterías					
Locales industriales	12,5	15	9	11	7,5

Fuente: CARRIER. *Manual de aire acondicionado*. p. 19.

Con base a la tabla XIII para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos se elige la velocidad de 6,5 m/s que equivale a 1 248 pie/seg, el medida de ducto rígido comercial en el municipio de Chimaltenango es de 20" x 12", la sección transversal del ducto es un rectángulo por lo cual se multiplican la base por el alto en pies dando como resultado un área total de 1,66 pies cuadrados, se aplica la siguiente fórmula para determina los CFM que el ducto rígido es capaz de conducir:

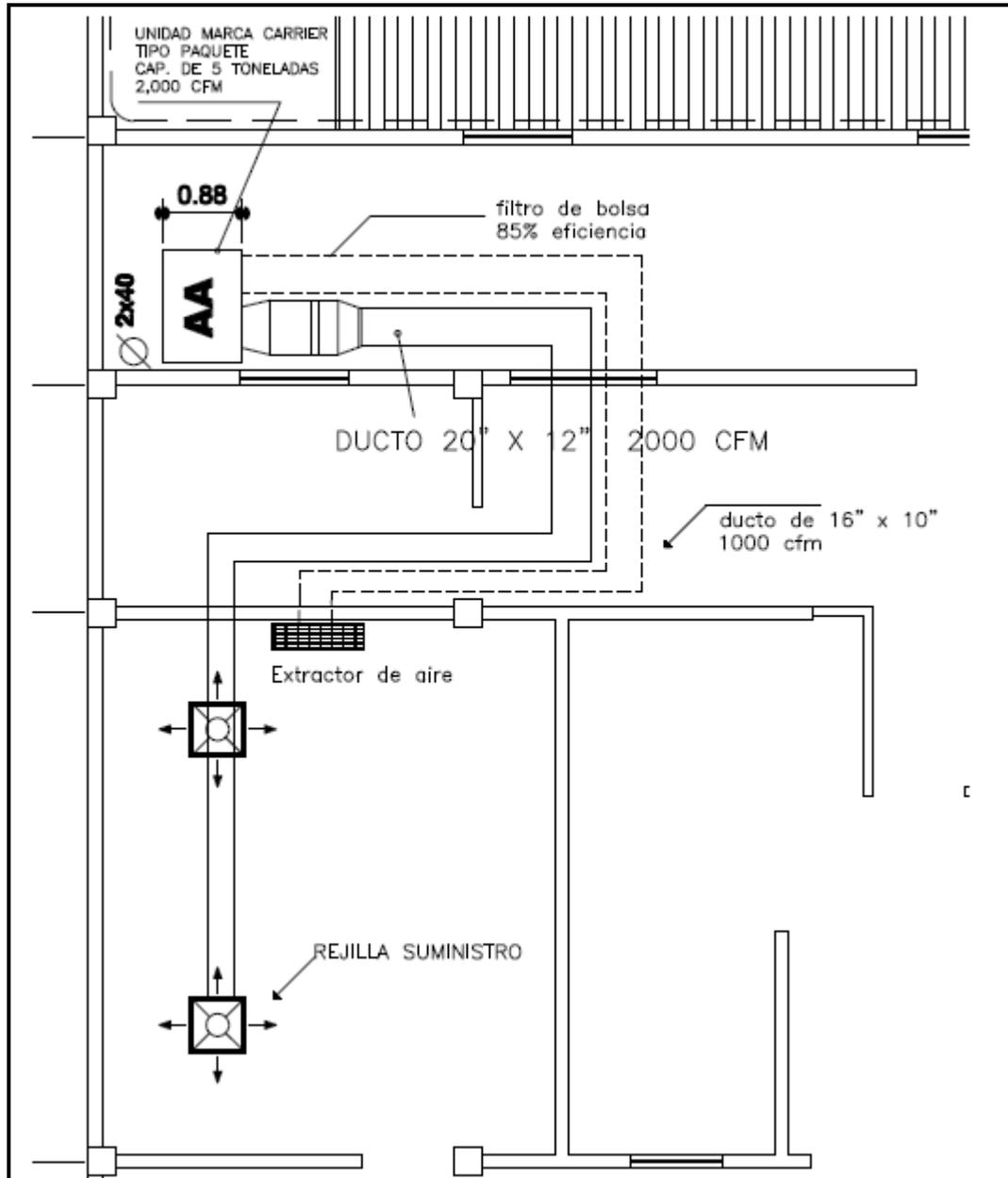
CFM ducto rígido = (velocidad en pie / seg) (área transversal) =

CFM ducto rígido = (1 248 pie / seg.) (1,66 pie² / seg.) = 2 080 CFM

Según el cálculo anterior el ducto rígido que se establece para el área de cuidados intensivos es viable, dado que el ducto rígido tendrá una capacidad de conducción máxima de aire de 2 080 CFM y el aire acondicionado tipo paquete, marca Carrier, Modelo 50ZP-060 producirá una ventilación máxima de 2 000 CFM, según la tabla de especificaciones técnicas, evitando ruidos y torbellinos internos que pueda afectar el buen funcionamiento de la Unidad de Enfriamiento.

A continuación se presenta sobre el plano red de ductos encargada de suministrar los CFM de aire refrigerado del área de la unidad de cuidados intensivos de adultos, el plano fue revisado por el ingeniero de mantenimiento del Hospital Nacional de Chimaltenango, dando su visto bueno sobre el dimensionamiento del ducto y siendo la longitud total del ducto 30 metros lineales de medida de 20" x 12" para una capacidad máxima de ventilación de 2 080 CFM en el ducto.

Figura 15. **Plano de ducto rígido para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos**



Fuente; elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.4. Rejillas de aire

A continuación se presentan los tipos de rejillas que se pueden utilizar en el área de cuidados intensivos de adultos para seleccionar el ideal para instalar.

3.4.1. Tipos de rejillas de aire

- Rejillas de impulsión de aire

Las características principales de las rejillas de aire acondicionado de impulsión es que tienen 2 tipos de lamas integradas, unas que dirigen el aire hacia arriba o hacia abajo (horizontales) y otras que lo hacen de izquierda a derecha (verticales). Esto es así para que puedas orientar el aire que es impulsado por la unidad interior hacia un lado u otro, dependiendo del modo de funcionamiento que tenga la máquina. Si el equipo está funcionando en frío es aconsejable que las lamas estén orientadas mirando hacia arriba, ya que el frío pesa y se va rápidamente al suelo. De esta forma conseguimos una climatización y una recirculación de aire dentro de la vivienda mucho más eficiente.

En caso de estar funcionando en calor habrá que orientarlas hacia abajo dado que el aire caliente es menos denso que el frío y tenderá a irse hacia el techo.

Las otras lamas que se orientan de izquierda a derecha son simplemente para orientarlas hacia donde quieras. Si por ejemplo, se tiene más espacio que climatizar hacia la izquierda orientaremos las lamas hacia esa dirección para favorecer la climatización.

Figura 16. **Rejilla de impulsión de aire**



Fuente: <http://www.tuareacondicionadoweb.com/wp-content/uploads/2015/03/035510.jpg>.

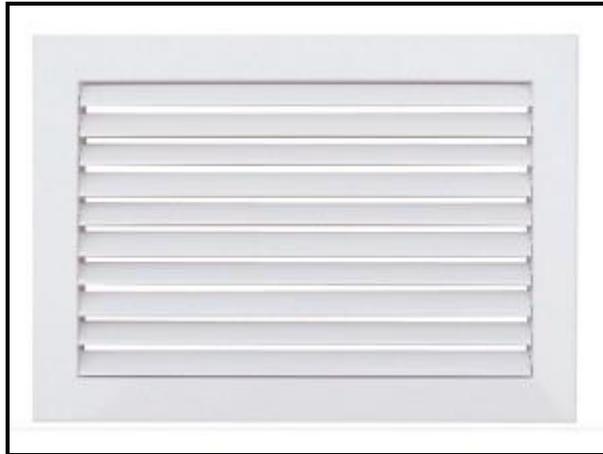
Consulta: abril de 2015.

- **Rejillas de retorno de aire**

Estas rejillas de aire acondicionado son más simples que las anteriores, puesto que no necesitan orientar el aire hacia ningún sitio. Básicamente la función de estas rejillas es la de evitar que se vea el falso techo y para ello tiene unas únicas lamas horizontales que prácticamente se ponen cerradas (ver imagen).

No necesariamente tienen que estar posicionadas las lamas de esa manera, puedes ponerlas como quieras, pero es una forma de que quede más estético, ya que el falso techo no es muy agradable de ver.

Figura 17. **Rejilla de retorno de aire**



Fuente: <http://www.tuareacondicionadoweb.com/wp-content/uploads/2015/03/Rejilla-aire-acondicionado-retorno-instaltec-valencia.jpg>. Consulta: abril de 2015.

- **Rejillas motorizadas para aire acondicionado**

Las rejillas motorizadas se utilizan para climatizar individualmente cada habitación de la casa. Básicamente lo que se consigue es poder tener cada lugar a una diferente temperatura gracias a que cada rejilla va conectada a un termostato individual colocado en cada habitación, de manera que una habitación puede estar a una temperatura de 20 °C y otra puede estar a 25 °C.

Lo único que hacen estas rejillas es que cuando el termostato al que va conectada detecta la temperatura que se ha indicado, esta se cierra y no permite que entra más aire. Luego cuando la temperatura sube, o baja, dependiendo del modo en que esté funcionando el equipo, se vuelve a abrir.

Este sistema se llama *air zone* y se utiliza en sistemas de aire acondicionado centralizado.

Figura 18. **Rejilla motorizada**



Fuente: <http://www.tuairacondicadonweb.com/wp-content/uploads/2015/03/rejilla-motorizada-de-impulsion.jpg>. Consulta: abril 2015.

- **Difusores de aire**

Los difusores van colocados en los techos, cuentan con diferentes modelos y tamaños y lo único que puedes regular es el caudal de aire con unas lamas que tienen en su interior.

Estos funcionan mejor para aire acondicionado que para bomba de calor, ya que como se ha dicho antes, el frío pesa y tiende a irse al suelo.

Figura 19. **Difusor de aire**



Fuente: <http://www.tuaireacondicadonadweb.com/wp-content/uploads/2015/03/Air-diffuser.jpg>.

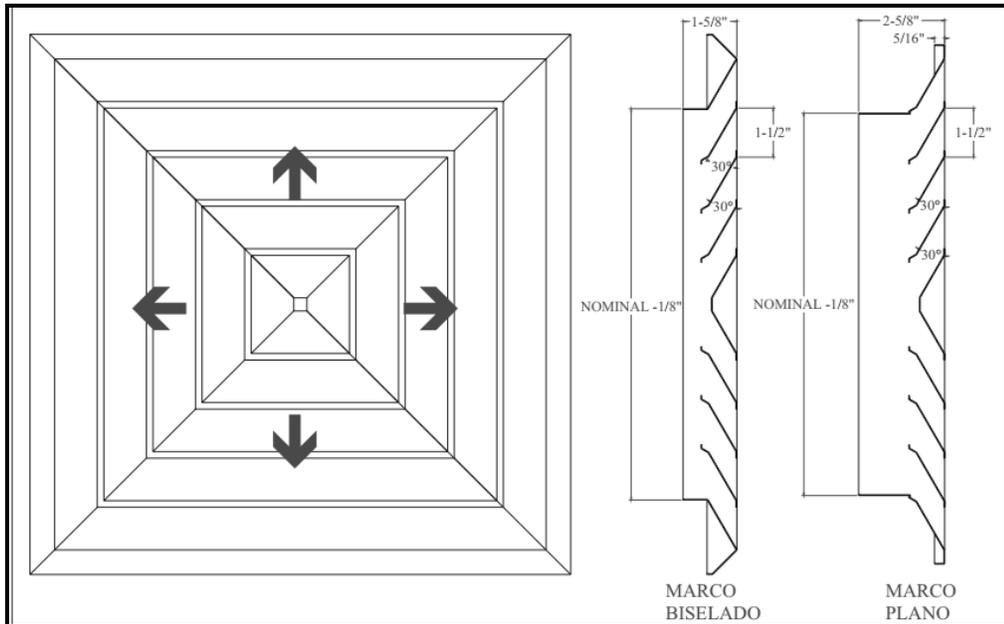
Consulta: abril de 2015.

3.4.2. Selección del tipo de rejilla para aire

La selección del tipo de rejilla o difusor para la unidad de cuidados intensivos será el difusor fijo de 4 vías con aletas fijas a 30° el cual se adapta mejor a las condiciones del recinto y será instalado en cielo falso de tabla yeso.

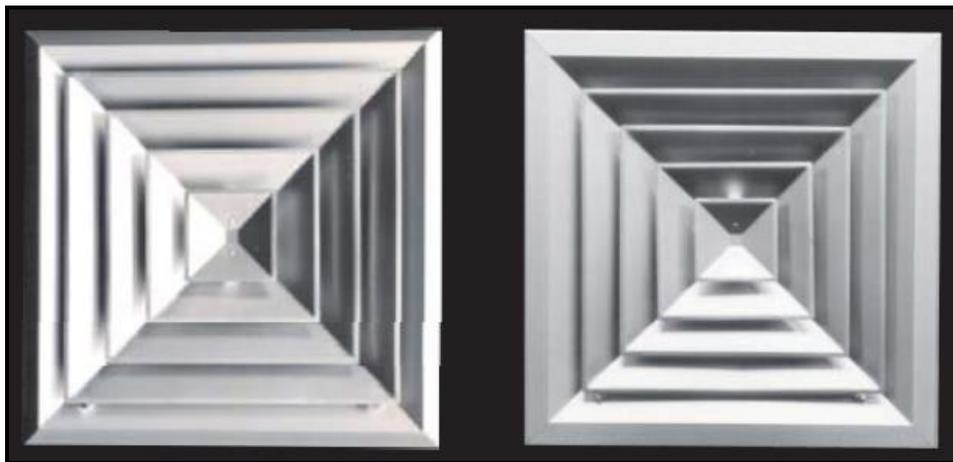
El difusor fijo de 4 vías es de núcleo desmontable, proporciona un máximo de área libre, combinado con una gran apariencia. Este diseño tiene una gran eficiencia debido a su patrón de inyección y su ángulo de deflexión, además su instalación es sumamente rápida mediante tornillos ocultos.

Figura 20. **Detalle de difusor fijo de 4 vías a 30°**



Fuente: <http://vermont.com.mx/catalogo/f4-catalogo.pdf>. Consulta: abril de 2015.

Figura 21. **Vista de difusor de 4 vías**



Fuente: <http://vermont.com.mx/catalogo/f4-catalogo.pdf>. Consulta: abril de 2015.

3.5. Costo de la propuesta del sistema de aire acondicionado

Este inciso se presenta el costo de la propuesta del aire de enfriamiento para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango, este costo con lleva la instalación del sistema de climatización, desde su diseño inicial hasta el montaje del mismo.

Tabla XIV. Costo de propuesta de sistema de equipo de refrigeración

Hospital Nacional de Chimaltenango					
Proyecto: Propuesta del Sistema de Aire Acondicionado para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos					
Costo de la propuesta					
Descripcion	Medida	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total	Total
Unidad de aire, tipo paquete, Marca Carrier, Modelo 50ZP-060, capacidad de 60 000 BTU	Unidad	1	Q22 500,00	Q22 500,00	
Ducto rígido de 20" X 12"	Metro Lineal	30	Q375,00	Q11 250,00	
Ducto rígido para extracción de aire de 16" X 10"	Metro Lineal	27	Q250,00	Q6 750,00	
Aislante de fibra de vidrio de 20" x 12"	Metro Lineal	75	Q175,00	Q13 125,00	
Difusores de 4 vías de 12" X 12"	Unidad	2	Q575,00	Q1 150,00	
Filtro tipo bolsa de 85% de eficiencia	Unidad	2	Q455,00	Q14 275,00	
Anclajes para ducto rígido de inyección y extracción	Global	1	Q2 800,00	Q2 800,00	
Equipo y materiales					Q71 850,00
Alquiler de oficina	Mes	1	Q250,00	Q250,00	
Computadora	Mes	1	Q150,00	Q150,00	
Pago de agua	Mes	1	Q35,00	Q35,00	
Pago de luz	Mes	1	Q75,00	Q75,00	
Pago teléfono	Mes	1	Q150,00	Q150,00	
Secretaría	Mes	1	Q1 500,00	Q1 500,00	
Copias y varios	Mes	1	Q450,00	Q450,00	
Costos indirectos					Q2 610,00
Instalación sistema eléctrico	Mes	1	Q1 500,00	Q1 500,00	
Anclaje de equipo en losa	Mes	1	Q850,00	Q850,00	
Fabricación de ductos	Mes	1	Q1 500,00	Q1 500,00	
Instalación de aislante	Mes	1	Q1 250,00	Q1 250,00	
Mano de obra					Q5 100,00
Costo final de la propuesta de aire acondicionado					Q79 560,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Office Excel 2010.

El costo total de la propuesta del sistema de aire acondicionado para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango asciende a un total de Q79 560,00, este costo deberá ser considerado en el presupuesto del año 2015 para ejecutarse lo más pronto posible debido a la importancia de contar con este recinto climatizado en beneficios de la recuperación de los pacientes.

El análisis del costo por precio del renglón de trabajo está hecho con base a cotizaciones de ferreterías locales y se realizó un promedio el costo de mano de obra para la instalación y fabricación de ductos y equipo de refrigeración, con base a cotizaciones de varios talleres que se dedican a la instalación y construcción de cuartos fríos en el municipio de Chimaltenango.

La variación del costo estará dada por la fecha de la instalación del equipo de aire acondicionado, ya que los precios de mano de obra en fabricación de los ductos e instalación de equipos de refrigeración son variables, otro aspecto a considerar en el costo es que este proyecto tendrá que ser evaluado al sistema de adquisiciones y contrataciones del estado de Guatemala, Guatecompras, porque los proveedores por motivos de atraso en los pagos suben precios en costos fijos y variables al proyecto.

En el mercado nacional, para el cálculo de costos en la fabricación y montaje del sistema de climatización se realiza el análisis mediante la longitud del ducto, es decir el precio se establece por el metro lineal total de los ductos, el precio también varía si el ducto está provisto de aislamiento o sin aislar y no en la dificultad de la fabricación de transiciones o codos.

4. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS

4.1. Plan de mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado

El plan de mantenimiento preventivo llevará a un nivel confiable de operación del equipo de enfriamiento y así garantizar el óptimo funcionamiento y alargar la vida útil de los diversos sistemas que conforman el sistema de aire acondicionado.

El plan de mantenimiento preventivo se tiene planificado realizarse a cada tres meses basándonos en las rutinas de mantenimiento preventivo que el ingeniero de mantenimiento implemente para el sistema de enfriamiento y sus componentes, siguiendo sus indicaciones y recomendaciones, ya que el Departamento de Mantenimiento del Hospital Nacional de Chimaltenango estará a cargo del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de enfriamiento y médico de esta Unidad.

Para alcanzar dichos objetivos se deberán llevar un registro periódico de las rutinas de mantenimiento preventivo realizado al sistema de aire acondicionado para llevar el control de repuestos críticos e insumos necesarios para realizar la rutina de mantenimiento.

Para llevar a cabo las actividades propuestas para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo es necesario contar con herramientas y repuestos mínimos para realizar los trabajos de mantenimiento, cuales son los siguientes:

- Abocinador de tubos
- Amperímetro
- Bomba de vacío
- Compresor de aire
- Cortatubos
- Tubos de cobre
- Destornilladores Philips
- Destornilladores planos
- Llaves Allen
- Llaves de cangrejo de 8", 10" y 12"
- Manómetro de refrigeración
- Martillo
- Prensa
- Aceite para compresor recíprocante
- Gas refrigerante R-410A.
- Grasa
- Lija para hierro
- Pintura de aceite
- Capacitadores de marcha
- Contactores
- Control de temperatura
- *Switch* de presión

Figura 22. **Herramienta para equipo de refrigeración**



Fuente: http://www.refrigasvicente.com.ar/images/no2-dyn-server-refrigas_productos_foto3.jpg.
Consulta: agosto de 2015.

En el inciso 4.2 y 4.3 se presentan los formatos de mantenimiento preventivo que deberán ser llenados por los mecánicos del Departamento de Mantenimiento que realizarán el mantenimiento al equipo de refrigeración, previa orden de trabajo revisada y autorizada por el ingeniero de mantenimiento al momento de cumplir con el periodo establecido por el plan de mantenimiento.

4.2. Formato de mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado

A continuación se presenta el formato de mantenimiento preventivo para el sistema de aire acondicionado del área de la unidad de cuidados intensivos de adultos, el cual debe ser llenado por el personal encargado de desarrollar todas las actividades que en la siguiente figura se detallan.

Figura 23. **Formato de rutina de mantenimiento preventivo para equipo de aire acondicionado tipo paquete**

		HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIODICIDAD: TRIMESTRAL	
SERVICIO: <u>Unidad de Cuidados Intensivos</u>			
EQUIPO: <u>Aire Acondicionado Tipo Paquete</u>		FECHA: _____	
REALIZO : _____		ORDEN DE TRABAJO: _____	
No	PARTES A REVISAR	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Sistema Mecánico	Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo	
		Limpiar el equipo en forma externa (bandeja de agua, tubería de drenaje, etc)	
		Efectuar limpieza general del condensador y evaporador	
		Limpiar aspas de turbinas y verificar seguros	
		Lubricar motores del condensador y evaporador	
		Engrasar chumaceras, baleros y cojientes	
		Revisar el color de aceite del compresor y su nivel	
		Revisar las presiones de succión y descarga	
2	Sistema eléctrico	Revisar líneas, terminales, contactores, transformadores, demás circuitos y componentes eléctricos	
		Revisar voltaje y amperaje	
		Revisar controles de presión y temperatura	
		Verificar el funcionamiento adecuado del termostato y cambio de baterías si es necesario	
		Reapretar soportería, pernos y tornillos en general	
		Verificar el funcionamiento del equipo en conjunto con el operador	
		REPUESTOS :	
REVISO : _____ FIRMA E INICIALES		REALIZO : _____ FIRMA E INICIALES	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Office Excel 2010.

4.3. Formato de mantenimiento preventivo de los ductos del aire acondicionado

A continuación se presenta el formato de mantenimiento preventivo para los ductos de aire para el sistema de aire acondicionado, el cual debe ser llenado por el personal encargado de desarrollar todas las actividades que en la siguiente figura se detallan.

Figura 24. Formato de rutina de mantenimiento de ductos

		HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIODICIDAD: TRIMESTRAL	
SERVICIO: <u>Unidad de Cuidados Intensivos</u>			
EQUIPO: <u>Ductos de aire</u>		FECHA: _____	
REALIZO: _____		ORDEN DE TRABAJO: _____	
No	PARTES A REVISAR	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Sistema de ductos de inyección de aire	Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el sistema de ductos de aire acondicionado	
		Revisar ductería y aislante de la misma	
		Efectuar limpieza integral externa del sistema de ductos	
		Revisar que no existan grietas, condensación de agua en ductos	
		Reapretar soportera, pernos y tornillos en general	
		Chequear las presiones de succión y descarga dentro del sistema de ductos	
2	Sistema de ductos de extracción	Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el ducto de extracción	
		Revisar ductería	
		Efectuar limpieza integral externa del ducto extractor de aire	
		Revisar que no existan grietas, condensación de agua en ducto	
		Cambio de filtro tipo bolsa de 85% de eficiencia	
		Reapretar soportera, pernos y tornillos en general	
		Chequear las presiones de succión y descarga dentro del sistema de ducto extractor	
3	Rejillas	Desmontaje de rejillas del ducto inyector	
		Verificación y limpieza de rejilla	
		Instalación de rejillas en ducto inyector	
		Verificación del caudal de aire en salida de ducto inyector de aire	
		REPUESTOS :	
REVISO : _____ FIRMA E INICIALES		REALIZO : _____ FIRMA E INICIALES	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Office Excel 2010.

4.4. Capacitación al personal de mantenimiento

En este caso, los mecánicos, serán capacitados por el ingeniero de mantenimiento del Hospital Nacional de Chimaltenango, quien impartirá 12 capacitaciones a sus mecánicos en horario de 8 A.M. a 12 P.M. para describir el funcionamiento, partes principales de los equipos, como realizar la rutina de mantenimiento preventivo y correctivo del equipo de enfriamiento, sistema de ductos rígidos de aire acondicionado y materiales aislantes, la instalación de cada uno de los sistemas para garantizar el buen funcionamiento del equipo de enfriamiento.

El personal a cargo del mantenimiento preventivo serán los mecánicos designados por el ingeniero de mantenimiento, el dará los lineamientos y el formato de mantenimiento preventivo propuesto para que el personal previamente capacitado realicen las rutinas de mantenimiento preventivo a cada uno de los sistemas que conforma el sistema de aire acondicionado que operaran dentro de las instalaciones del área y así prolongar la vida útil del sistema de enfriamiento y mejorar la calidad del servicio que se presta a los pacientes que necesitan su recuperación rápida.

4.5. Costo del plan de mantenimiento preventivo para el sistema de aire acondicionado

A continuación se presenta la tabla del costo de la rutina de mantenimiento preventivo al sistema de aire acondicionado propuesto, detallando los insumos mínimos, repuestos críticos y herramienta necesaria para realizar los trabajos respectivos de mantenimiento.

Tabla XV. Costo del plan de mantenimiento preventivo

Hospital Nacional de Chimaltenango					
Proyecto: Propuesta del Sistema de Aire Acondicionado para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos					
Costo de la rutina de mantenimiento preventivo					
Descripción	Medida	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total	Total
Aceite	Litro	1	Q25,00	Q25,00	
Filtro de aire	Unidad	1	Q375,00	Q375,00	
Gas refrigerante R-410A	Bote	1	Q450,00	Q450,00	
Grasa	Bote	1	Q18,00	Q18,00	
Lija para hierro	Pliego	2	Q12,50	Q25,00	
Insumos					Q893,00
Capacitadores de marcha	Unidad	1	Q250,00	Q250,00	
Contactores	Unidad	1	Q125,00	Q125,00	
Control de temperatura	Unidad	1	Q125,00	Q125,00	
Switch de presion	Unidad	1	Q125,00	Q125,00	
Repuestos					Q625,00
Kit de acetileno- oxígeno	Unidad	1	En existencia		
Abocinador de tubos	Unidad	1	En existencia		
Amperímetro	Unidad	1	En existencia		
Multímetro	Unidad	1	En existencia		
Corta tubos	Unidad	1	En existencia		
Destornilladores philips	Unidad	1	En existencia		
Destornilladores plano	Unidad	1	En existencia		
Llaves allen	Unidad	1	En existencia		
Manómetro de refrigeración	Unidad	1	En existencia		
Cangrejos de 8", 10" y 12"	Unidad	1	En existencia		
Compresor de aire	Unidad	1	En existencia		
Martillo	Unidad	1	En existencia		
Herramientas					Q0,00
Costo de rutina de mantenimiento preventivo sistem de aire acondicionado					Q1 518,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Office Excel 2010.

El costo trimestral por rutina de mantenimiento preventivo al sistema de aire acondicionado asciende a la cantidad de Q1 518,00.

CONCLUSIONES

1. Se establecieron las condiciones mínimas de operación para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango, considerándose las condiciones de diseño para el sistema de aire acondicionado, dentro de los cuales se tomaron en cuenta: la localización del Hospital Nacional de Chimaltenango, latitud, altitud y la ubicación en la ciudad de Chimaltenango; la descripción del edificio donde funciona, características estructurales, la descripción de la zona a climatizarse y finalmente las condiciones ambientales interiores y exteriores.
2. Realización de los cálculos de las cargas térmicas de enfriamiento para los elementos que generan calor sensible y latente dentro de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos, paredes, cielo falso, puertas, pacientes, personal médico, equipo médico, iluminación e infiltración que en conjunto suman la cantidad de 58 022,01 BTU/h que equivale a 4,83 toneladas de refrigeración.
3. Elección del equipo de enfriamiento que cumple con las especificaciones técnicas y de funcionamiento propuestas para el sistema de aire acondicionado para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos siendo una unidad de enfriamiento tipo paquete con capacidad de enfriamiento de 60 000 BTU/h o 5 toneladas de refrigeración, compresor tipo reciprocante, refrigerante R-410A, capacidad de manejo de aire de 2 000 CFM, con conexión a acople de ducto de suministro y retorno de aire, conexión eléctrica de 220V, 3 fases y 60 Hertz.

4. Se estableció el plan de mantenimiento preventivo que incluye las rutinas trimestrales de mantenimiento preventivo para la unidad de enfriamiento tipo paquete y el sistema de ductos de aire del sistema de aire acondicionado para la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos del Hospital Nacional de Chimaltenango, con base al Manual del fabricante y recomendaciones del ingeniero de mantenimiento.

5. Propuesta del plan de capacitación del personal de mantenimiento y la aplicación adecuada de las rutinas de mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado de la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos es importante para alargar la vida útil del equipo y así garantizar que las condiciones del diseño interior se mantengan a lo largo del tiempo, todo el personal debe estar comprometido con el aprendizaje e involucrarse lo antes posible al funcionamiento de los diferentes sistemas de aire acondicionado que existen en la actualidad.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar una capa de pintura epóxica a los muros revestidos de azulejo de las paredes de la unidad de cuidados intensivos de adultos para que esté libre de bacterias u otro tipo de contaminante.
2. Cambiar de ubicación las puertas del lado interior del intensivo, las cuales pueden ubicarse de tal manera que den al pasillo principal para su acceso a estos ambientes.
3. Medir la temperatura y humedad relativa interior constantemente del recinto para verificar que se mantiene entre el parámetro de diseño interior para no tener alguna alteración que nos represente más carga de enfriamiento.
4. Contar con el manual del fabricante al momento de realizar la instalación del equipo de enfriamiento, ya que ahí se detalla las instrucciones de instalación, arranque y servicio.
5. Asegurar que el flipón de la energía eléctrica principal se encuentra desconectada antes de hacer la instalación eléctrica de la unidad de enfriamiento, un choque eléctrico puede causar lesiones serias o incluso la muerte.

6. Conocer los accesorios y componentes adicionales que requiera la instalación del sistema de aire acondicionado, ya que de esto dependerá los espacios a considerar en el entre techo o si es necesario una instalación especial.

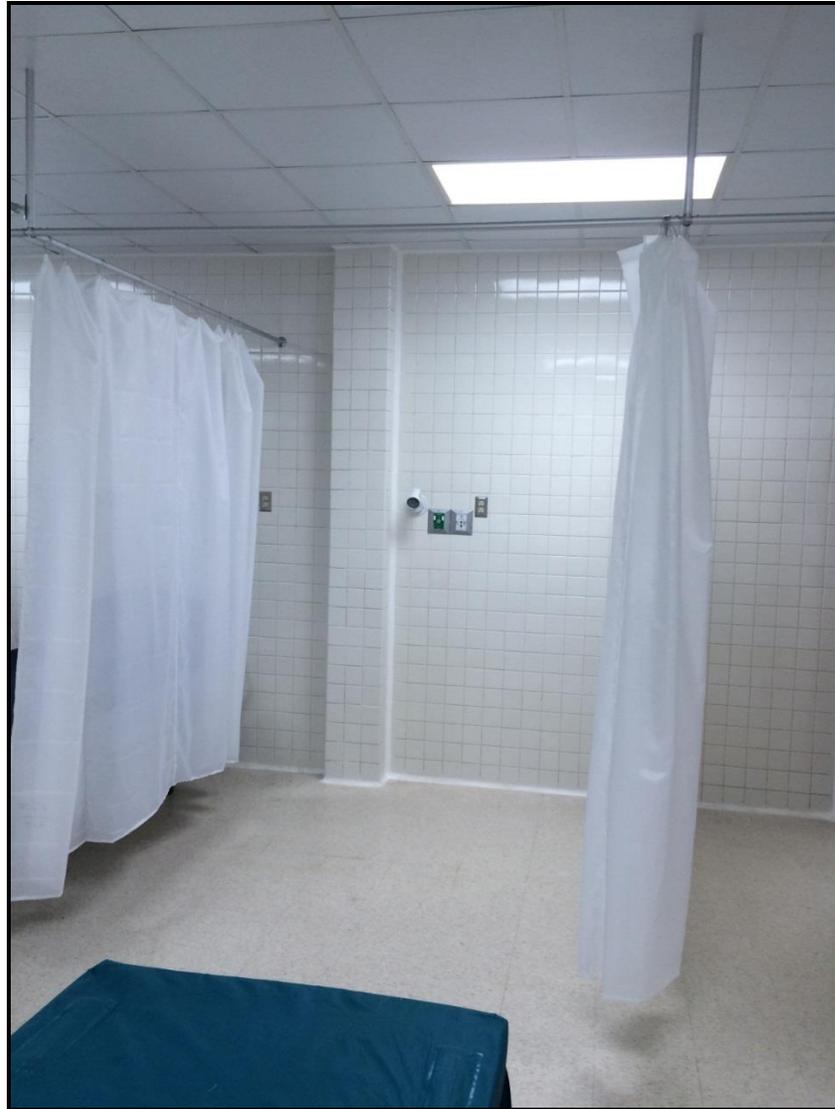
BIBLIOGRAFÍA

1. CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. *Manual de aire acondicionado*. España: Marcombo, 1980. 640 p.
2. GARCÍA FÍGUEROA, Héctor Eduardo. *Estudio de un sistema de aire acondicionado para el área de central de equipos, del hospital San Juan de Dios*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 125 p.
3. MARTIN COC, Williams Giuviny. *Cálculo, diseño e instalación de un sistema de acondicionamiento de aire, regulado por un sistema de control inteligente, en el edificio del Ministerio Público, en la ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 155 p.
4. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Viceministerio de Hospitales. *Implementación del modelo de atención y gestión de hospitales. Manual de organización de unidades de cuidados intensivos*. Guatemala: MSPAS, 2011. 20 p.
5. PITA, Edward G. *Acondicionamiento de aire principios y sistemas*. 2a ed. México: Noriega Limusa, 1999. 133 p.

6. WILLIAM WHITMAN, William Johnson. *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*. vol 2. España: Paraninfo, 2000. 35 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Vista de área de Cuidados Intensivos de Adultos



Fuente: Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos, Hospital Nacional de Chimaltenango.

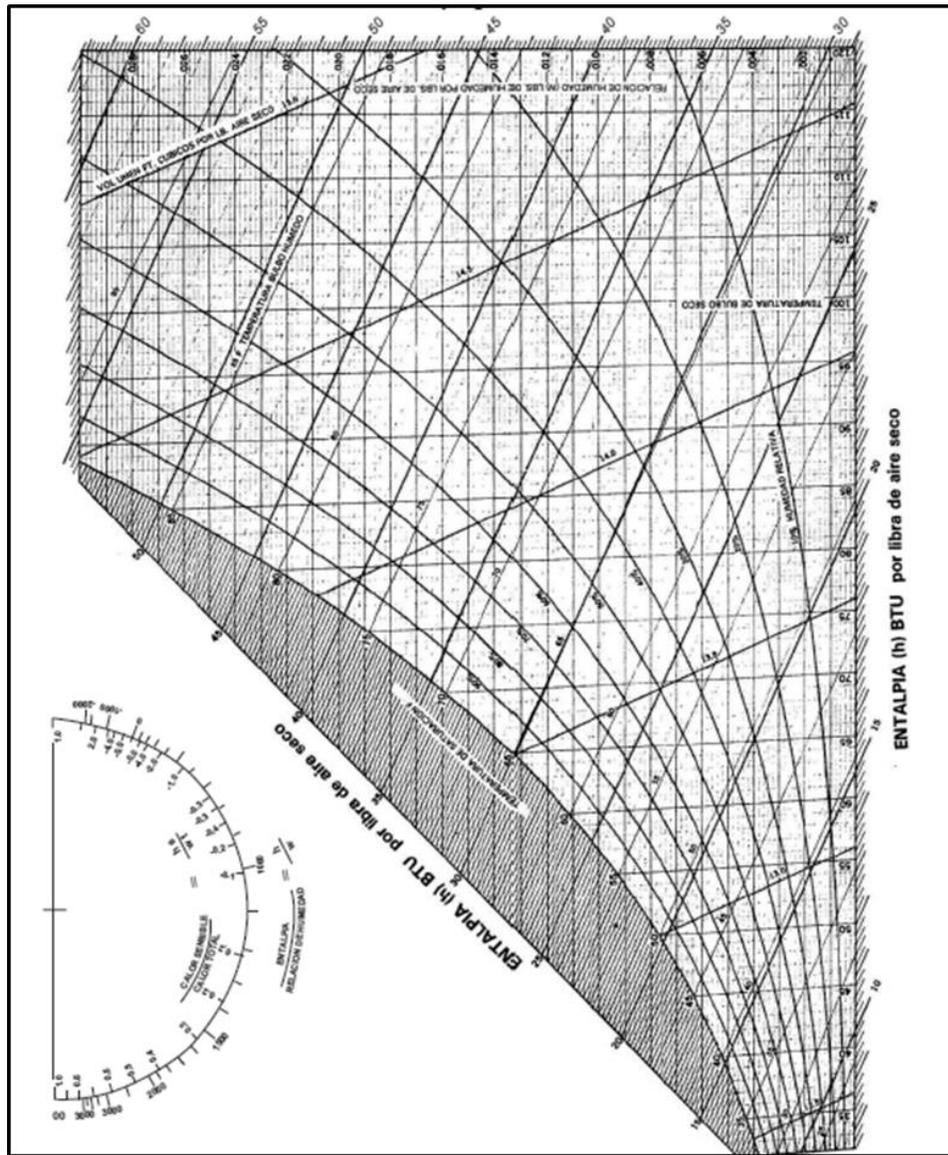
Apéndice 2. **Vista piso vinílico de Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos**



Fuente: Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos, Hospital Nacional de Chimaltenango.

ANEXOS

Anexo 1. Carta psicrométrica temperatura media (32 a 150 °F)



Fuente: ASHRAE. 1997.

Anexo 2. **Vista de aire acondicionado propuesto**



Fuente: Sala de operaciones, Hospital Nacional de Chimaltenango.