

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AIRE ACONDICIONADO EN EL ÁREA DE QUIRÓFANOS DE UN HOSPITAL”

Presentado Ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Alfonzo L., Henry J.
para optar al título
de ingeniero mecánico

CARACAS, Diciembre 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AIRE ACONDICIONADO EN EL ÁREA DE QUIRÓFANOS DE UN HOSPITAL”

TUTOR ACADÉMICO: Ing. Franklin Baduy.
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Lennys Berutti

Presentado Ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Alfonzo L., Henry J.
para optar al título
de ingeniero mecánico

CARACAS, Diciembre 2003

Caracas, 04 de Diciembre de 2003

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Henry J. Alfonzo L., titulado:

"MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AIRE ACONDICIONADO EN EL ÁREA DE QUIRÓFANOS DE UN HOSPITAL"

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. (Felix Flores)
Jurado



Prof. (Rodolfo Grullón)
Jurado



Prof. (Franklin Baduy)
Tutor Académico

Ing. (Lennys Berutti)
Tutor Industrial

DEDICATORIA

A la Santísima Trinidad, Padre, Hijo y Espíritu Santo, y a nuestra Preciosísima Madre la Santísima Virgen María por ser los principales realizadores de este logro porque ellos son los que nos conceden estas oportunidades, nos apoyan y nos acompañan en nuestras decisiones a pesar de los problemas e inconvenientes que se nos presenten en la consecución de nuestros sueños y metas, y por ese infinito amor que nos tienen; ya que todo lo permiten para nuestro bien y nada sucede por casualidad todo tiene su razón de ser aunque muchas veces no comprendamos cual es.

A mi padre y a mi madre, Henry J. Alfonso B. y Malvina T. López M., por ser esas personas que con su esfuerzo, amor y apoyo me dieron cada una de las cosas que necesite para la realización de esta meta y formaron esa base, gracias a Dios, para que yo junto a Dios, la Virgen María y mi novia, empiece a construir esa nueva etapa de mi vida.

A mi novia, Karina M. Spinelli B., porque a través de ella Dios me permitió conocer el amor y el amor que Él nos tiene, por estar siempre pendiente de cada una de mis cosas para hacerme crecer como hombre de bien, profesionalmente y espiritualmente, porque abrió nuevas esperanzas en mi vida y puso nuevas fuerzas en mi, gracias a Dios, para continuar caminando, trabajando y luchando por esa nueva vida que quiero compartir junto a ella, nuestro Dios Todopoderoso y a nuestra Madre la Virgen María. TE AMO.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser el que me concedió la vida y me dio fuerzas, inteligencia y perseverancia para alcanzar esta meta, aunque cuando empecé no lo conocía y pensaba que todo lo podía hacer yo sin ayuda, pero ahora que lo conozco sé que todo lo que tengo, lo que he logrado y lo que lograré es gracias a Dios.

A todos mis familiares, hermano, hermanas, sobrinos y sobrina, que estuvieron siempre pendientes y dispuestos a ayudarme en todo lo que pudieron.

A la U.C.V. que me recibió con sus puertas abiertas y me brindó a través de cada uno de sus profesores los conocimientos y experiencias que aplicaré en mi vida como profesional, en especial al Prof. Franklin Baduy, mi tutor académico.

A cada uno de esos amigos y compañeros que compartieron vivencias, estudio, ideas y logros conmigo dentro de esta escuela y a esas personas que conocí fuera y dentro de la universidad y que de una u otra manera dejaron huellas en mi vida.

A cada uno de mis hermanos en Cristo Jesús del M.S.J. y a todas esas personas de la Comunidad Carismática los Samaritanos que se preocuparon por Karina y por mi, y que con sus oraciones y amor nos ayudaron bastante.

A la madre de Karina, la señora Juanita, quien nos apoyo, me brindó todo su amor y siempre me ha atendido como si fuese mi madre.

A todo el personal del proyecto de la U.S.B., al personal del hospital M.P.C., a los hermanos Paredes, al ingeniero Samuel Ravelo y a todas las personas que colaboraron de una u otra forma conmigo para la culminación de este trabajo, en especial a Eliana de ANALIX y la Dra. Puche del hospital M.P.C.

Alfonzo L., Henry J.

MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO DE AIRE ACONDICIONADO EN EL ÁREA DE QUIRÓFANOS DE UN HOSPITAL

Tutor Académico: Prof. Ing. Franklin Baduy. Tutor Industrial: Ing. Lennys Berutti. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2003. 208 pág.

Asepsia y Aire Acondicionado en Quirófanos

Para el mejoramiento del servicio de aire acondicionado en el área de quirófanos de un hospital se realizaron observaciones de campo para determinar las condiciones de los equipos de aire acondicionado que existen para esta área y sus distintos componentes y elementos, se llevaron a cabo visitas a los quirófanos para hacer el levantamiento de los equipos de operación, el número de personas que intervienen en una operación quirúrgica y las que laboran dentro de esta área, los materiales de construcción del recinto, el número de luces y energía de las mismas; además se realizaron mediciones de campo; todo esto para determinar la psicrometría de las distintas salas de operación; enmarcado dentro de las visitas al área de quirófanos se realizó la observación del protocolo de asepsia que seguían tanto médicos, como enfermeras y demás personal que labora dentro de esta área y por último se realizó el estudio completo de cargas térmicas. Todo lo anteriormente expuesto arrojó que muchos de estos elementos y equipos están dañados, que las condiciones de psicrometría recomendadas no se cumplen dentro de estas salas y los cálculos dieron una capacidad de refrigeración mayor a la instalada y por ende se realizó nuevamente el diseño completo del sistema de aire acondicionado tomando en cuenta el equipo de aire acondicionado nuevo que se tiene en el hospital de la capacidad de refrigeración requerida, para así reducir costos, la verificación del protocolo demostró que no se siguen dichas normas para el control de la asepsia en estos recintos lo que nos indicó el grave problema que se tiene dentro de estos espacios ya que estas áreas están contaminadas con microorganismos que ponen en riesgo la vida de los pacientes y se propuso implementar un protocolo y hacer la desinfección profunda de toda esta área.

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|---|---------------|
| DEDICATORIA | IV |
| AGRADECIMIENTOS | V |
| RESUMEN | VI |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XV |
| ÍNDICE DE TABLAS | XVI |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| OBJETIVOS | |
| 1.- Objetivo General..... | 4 |
| 2.- Objetivos Específicos..... | 4 |
| CAPÍTULO I / IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA | |
| 1.- Nombre y Ubicación de la Empresa | 5 |
| 2.- Reseña de F.U.N.I.N.D.E.S. – U.S.B..... | 5 |
| 3.- Reseña de la Universidad Simón Bolívar | 7 |
| 4.- Reseña del Hospital General “Dr. Miguel Pérez Carreño”..... | 7 |
| CAPÍTULO II / MARCO TEÓRICO | |
| 1.- El Aire Acondicionado..... | 11 |
| 2.-Sistemas de Aire Acondicionado | 12 |
| 2.1.- Sistema de Expansión Directa | 12 |
| 2.2.- Sistema Todo Agua..... | 12 |
| 2.3.- Sistema Todo Aire..... | 13 |
| 2.4.- Sistema Aire – Agua..... | 13 |
| 3.- Ductos | 15 |
| 3.1.- Materiales de los Ductos..... | 15 |
| 3.2.- Construcción de Ductos..... | 16 |
| 3.3.- Consideraciones sobre el Montaje de Ductos..... | 17 |
| 3.3.1.- Transformaciones | 17 |
| 3.3.2.- Codos | 18 |

| | |
|--|----|
| 3.3.3.- Derivaciones..... | 18 |
| 3.3.4.- Control del Aire..... | 19 |
| 3.3.5.- Condensación en los Ductos | 19 |
| 3.4.- Accesorios del Sistema de Ducto | 19 |
| 3.4.1.- Cortafuegos | 20 |
| 3.4.2.- Compuertas de Acceso | 20 |
| 3.5.- Aislamiento de Ductos..... | 20 |
| 4.- Elementos Terminales | 21 |
| 4.1.- Difusores | 21 |
| 4.2.- Rejillas de Suministro | 21 |
| 4.3.- Rejillas de Retorno o Extracción | 22 |
| 5.- Control de Ruidos | 22 |
| 6.- Cargas Térmicas | 23 |
| 6.1.- Fuentes de Calor..... | 23 |
| 6.2.- Clasificación de las Principales Cargas Térmicas..... | 24 |
| 7.- Psicrometría | 26 |
| 7.1.- Procesos de Acondicionamiento de Aire | 26 |
| 7.1.1.- Cambios de Calor Sensible..... | 26 |
| 7.1.2.- Variaciones de Calor Latente (Humidificación y Deshumidificación) | 26 |
| 7.1.3.- Variación Combinada de Calor Sensible y Calor Latente..... | 27 |
| 7.1.4.- Mezcla Adiabática | 27 |
| 8.- Control a Carga Parcial | 28 |
| 8.1.- Control de Desvío | 28 |
| 8.2.- Control por Recalentamiento..... | 28 |
| 8.3.- Control por Humidificación..... | 29 |
| 8.4.- Control de Volumen | 29 |
| 9.- Criterios Específicos de Diseño | 29 |
| 9.1.- Cuidados Críticos y Cirugía..... | 30 |
| 9.1.1.- Cirugía..... | 30 |
| 9.1.2.- Quirófanos | 31 |

| | |
|--|----|
| 9.1.3.- Salas de Recuperación | 32 |
| 9.1.4.- Depósitos de Anestesia | 33 |
| 9.1.5.- Sala de Faena Limpia | 33 |
| 9.1.6.- Sala de Faena Sucia | 33 |
| 9.1.7.- Sala de Parto..... | 33 |
| 9.1.8.- Esterilización y Central de Suministros | 34 |
| 10.- Fuentes Infecciosas y Medidas de Control | 35 |
| 10.1.- Infecciones Bacterianas | 35 |
| 10.2.- Infecciones Virales | 35 |
| 10.3.- Moho | 36 |
| 10.4.- Tomas de Aire Fresco | 36 |
| 10.5.- Temperatura y Humedad | 37 |
| 10.6.- Calidad del Aire..... | 37 |
| 10.7.- Descargas de Aire | 37 |
| 11.- Movimiento del Aire..... | 38 |
| 11.1.- Relaciones de Presión y Ventilación | 41 |
| 11.2.- Control de Humo..... | 42 |
| 11.3.- Flujo Laminar..... | 44 |
| 11.3.1.- Ventajas del Flujo Laminar..... | 45 |
| 11.3.2.- Requerimientos Fundamentales para el Diseño de Flujo Laminar..... | 45 |
| 11.4.- Control de Olores | 46 |
| 12.- Instalación de Filtros | 46 |
| CAPÍTULO III / PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE | |
| 1.- Días Críticos de Diseño | 49 |
| 2.- Ganancia Térmica de Radiación Solar en el Ambiente..... | 49 |
| 2.1.- Protecciones Solares | 50 |
| 3.- Conducción, Convección y Radiación Combinada | 52 |
| 4.- Conducción, Convección | 52 |
| 4.1.- Vidrios Exteriores..... | 53 |

| | |
|--|----|
| 4.2.- Vidrios Interiores | 53 |
| 4.3.- Techo Interior | 54 |
| 4.4.- Piso Interior | 54 |
| 4.5.- Paredes Interiores..... | 54 |
| 4.6.- Puertas Interiores | 55 |
| 5.- Iluminación | 55 |
| 6.- Personas | 56 |
| 7.- Equipos..... | 56 |
| 8.- Motores | 57 |
| 9.- Infiltración de Aire | 57 |
| 10.- Infiltración de Vapor..... | 58 |
| 11.- Aire Fresco | 58 |
| 12.- Ventiladores de la Unidad de Aire Acondicionado | 59 |
| 13.- Ganancia Térmica en los Conductos de Aire | 60 |
| 14.- Psicrometría | 60 |
| 14.1.- Factor de Carga Sensible Interno..... | 61 |
| 14.2.- Factor de Calor Sensible Total..... | 62 |
| 14.3.- Factor de Calor Sensible Efectivo..... | 63 |
| 14.4.- Ecuaciones de Cargas Térmicas para el Análisis Psicrométrico..... | 64 |
| 14.5.- Control por Recalentamiento..... | 65 |
| 15.- Sistema de Distribución de Aire (Ductería) | 65 |
| 15.1.- Método de Igual Fricción | 65 |
| 15.2.- Kilogramos de Ducto y Metros Cuadrados de Fibra Aislante | 67 |

CAPITULO IV / DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN

| | |
|--|----|
| 1.- Sistemas de Aire Acondicionado Encontrados en el Hospital..... | 69 |
| 1.1.- Especificaciones de los Sistemas Aire Acondicionado..... | 69 |
| 1.1.1.- Chiller 1 | 69 |
| 1.1.2.- Chiller 2 | 70 |
| 1.2.- Condiciones de los Sistemas de Aire Acondicionado | 71 |
| 1.2.1.- Chiller 1 | 71 |

| | |
|--|----|
| 1.2.2.- Chiller 2 | 73 |
| 1.2.2.1.- Especificaciones del Sistema de Bombeo del Chiller 2 | 74 |
| 1.2.2.1.1.- Bomba 1 | 74 |
| 1.2.2.1.2.- Bombas 2, 3, 4 y 5 | 74 |
| 2.- Unidades Manejadoras de Aire (UMA) | 75 |
| 2.1.- Especificaciones de las UMA..... | 75 |
| 2.1.1.- UMA 1 | 75 |
| 2.1.2.- UMA 2 | 75 |
| 2.1.3.- UMA 3 | 76 |
| 2.2.- Condiciones de las UMA..... | 76 |
| 3.- Sistemas de Extracción de Aire y Ductería de Suministro | 77 |
| 3.1.- Condiciones del Sistema de Extracción de Aire y Ductería de Suministro... 78 | |
| 4.- Condiciones del Diseño del Aire Acondicionado en el Área de Quirófanos..... | 81 |
| CAPÍTULO V / PRESENTACIÓN DE LOS DATOS | |
| 1.- Condiciones Generales | 85 |
| 1.1.- Sala de Parto..... | 85 |
| 1.2.- Quirófano AA..... | 85 |
| 1.3.- Quirófano A..... | 86 |
| 1.4.- Quirófano B..... | 86 |
| 1.5.- Quirófano C..... | 87 |
| 1.6.- Quirófano D | 88 |
| 1.7.- Quirófano E..... | 88 |
| 1.8.- Quirófano F..... | 89 |
| 1.9.- Quirófano G | 89 |
| 1.10.- Quirófano H..... | 90 |
| 1.11.- Quirófano I..... | 90 |
| 1.12.- Quirófano J..... | 91 |
| 1.13.- Quirófano K..... | 91 |
| 1.14.- Quirófano L | 92 |
| 1.15.- Quirófano LL..... | 93 |

| | |
|--|-----|
| 1.16.- Quirófano M | 93 |
| 1.17.- Quirófano N..... | 94 |
| 1.18.- Quirófano Ñ..... | 94 |
| 1.19.- Quirófano O..... | 95 |
| 1.20.- Quirófano P | 96 |
| 1.21.- Recuperación 1 | 96 |
| 1.22.- Recuperación 2 | 97 |
| 1.23.- Pre – Operatorio o Pre – Anestesia | 97 |
| 1.24.- Pasillo de J – P..... | 97 |
| 1.25.- Cuarto de Revelado..... | 98 |
| 1.26.- Anestesia | 98 |
| 1.27.- Pasillo de A – I | 98 |
| 1.28.- Estar de Enfermeras..... | 99 |
| 1.29.- Revelado | 99 |
| 1.30.- Cuarto de Suturas | 99 |
| 1.31.- Oficina Enfermeras..... | 100 |
| 1.32.- Pasillo Central..... | 100 |
| 1.33.- Faena Limpia | 100 |
| 1.34.- Materiales de Pared Exterior | 100 |
| 1.35.- Materiales de Pared Interior | 101 |
| 1.36.- Materiales del Techo | 101 |
| 1.37.- Ventanas Exterior..... | 101 |
| 1.37.1.- Ventanas de Bloques de Vidrio | 101 |
| 1.37.2.- Ventanas de Vidrios Ordinario | 102 |
| 2.- Consideraciones..... | 102 |
| CAPÍTULO VI / PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS | |
| 1.- Carga Térmica y Selección del Chiller..... | 104 |
| 2.- Selección de las UMA | 104 |
| 3.- Selección de los Ventiladores de Extracción..... | 105 |
| 4.- Selección de Tuberías de Agua Helada..... | 105 |

| | |
|--|-----|
| 5.- Selección de las Bombas..... | 106 |
| 6.- Ducterías de Extracción y Suministro | 106 |

CAPÍTULO VII / COMPROBACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ASEPSIA

| | |
|--|-----|
| 1.- Recomendaciones para la Prevención de Infecciones del Sitio Quirúrgico..... | 107 |
| 1.1.- Preparación Pre – Operatoria del Paciente..... | 108 |
| 1.1.1.- Categoría IA..... | 108 |
| 1.1.2.- Categoría IB..... | 108 |
| 1.1.3.- Categoría II..... | 108 |
| 1.1.4.- Asunto no Resuelto..... | 109 |
| 1.2.- Preparación Antiséptica Pre – Operatoria de las Manos y Antebrazo del Equipo Quirúrgico..... | 109 |
| 1.2.1.- Categoría IB..... | 109 |
| 1.2.2.- Categoría II..... | 109 |
| 1.2.3.- Asunto no Resuelto..... | 110 |
| 1.3.- Actuación sobre el Personal Quirúrgico Infeccionado o Colonizado..... | 110 |
| 1.3.1.- Categoría IB..... | 110 |
| 1.4.- Aspectos Intra – Operatorios | 110 |
| 1.4.1.- Categoría IB..... | 110 |
| 1.4.2.- Categoría II..... | 111 |
| 1.5.- Limpieza y Desinfección..... | 111 |
| 1.5.1.- Categoría IB..... | 111 |
| 1.5.2.- Categoría II..... | 111 |
| 1.5.3.- Asunto no Resuelto..... | 112 |
| 1.6.- Muestreo Microbiológico | 112 |
| 1.6.1.- Categoría IB..... | 112 |
| 1.7.- Trajes y Paños Quirúrgicos | 112 |
| 1.7.1.- Categoría IB..... | 112 |
| 1.7.2.- Asunto no Resuelto..... | 112 |
| 2.- Normas Generales para Prevenir y Controlar las Infecciones en un Pabellón Quirúrgico | 113 |

| | |
|--|------------|
| 3.- Lavado y Desinfección de Áreas Críticas..... | 113 |
| 3.1.- Lavado Rutinario de Áreas Críticas..... | 113 |
| 3.2.- Lavado Terminal de Áreas Críticas..... | 114 |
| 3.2.1.- Procedimiento | 114 |
| 4.- Deficiencias Encontradas en la Aplicación de los Procedimientos de Asepsia en el Hospital General "Dr. Miguel Pérez Carreño" | 115 |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 118 |
| CONCLUSIONES..... | 120 |
| RECOMENDACIONES | 121 |
| BIBLIOGRAFÍA | 122 |
| GLOSARIO..... | 124 |
| ANEXOS..... | 129 |
| PLANOS..... | 205 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1. Organigrama Estructural de F.U.N.I.N.D.E.S. – U.S.B | 6 |
| Figura 2. Organigrama Estructural del Hospital General “Dr. Miguel Pérez Carreño” | 10 |
| Figura 3. Insolación Producida en un Módulo de Ventana Provista de Artefactos Exteriores de Sombra | 50 |
| Figura 4. Chiller en Funcionamiento | 70 |
| Figura 5. Chiller Nuevo (No Está en Funcionamiento) | 71 |
| Figura 6. Compresores Inoperantes | 72 |
| Figura 7. Filtros de Piedra | 72 |
| Figura 8. Moto – Ventiladores de Condensación Dañados | 72 |
| Figura 9. Válvulas Termostáticas de Expansión Mecánica | 72 |
| Figura 10. Sistema de Bombeo en Paralelo | 73 |
| Figura 11. Las Tres UMA del Área de Quirófanos..... | 76 |
| Figura 12. UMA de 30 TR..... | 76 |
| Figura 13. Filtros Seco de Celda o Panel Instalados en las UMA..... | 77 |
| Figura 14. Torres de Enfriamiento | 77 |
| Figura 15. Sistema de Bombeo | 78 |
| Figura 16. Sistema de Bombeo Lado Derecho del Sistema (Visto de Frente)..... | 78 |
| Figura 17. Tramo 1 de la Ductería de Extracción | 79 |
| Figura 18. Tramo 2 de la Ductería de Extracción | 79 |
| Figura 19. Sucio en Ductos de Extracción | 79 |
| Figura 20. Fibra Aislante de la Ductería de Suministro | 79 |
| Figura 21. Ductería de Suministro..... | 81 |
| Figura 22. Rejillas de Extracción Dañadas..... | 81 |
| Figura 23. Rejillas de Suministro y Extracción Creando Corto Circuito | 84 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|--|---------------|
| Tabla 1. Componentes de un Sistema de Aire Acondicionado | 15 |
| Tabla 2. Tipos de Codos | 18 |
| Tabla 3. Clasificación de las Principales Cargas Térmicas | 25 |
| Tabla 4. Influencia del cambio (hechura) de cama sobre el conteo de bacterias llevadas por el aire en un hospital | 38 |
| Tabla 5. Relación de Presiones Relativas y Ventilación en Diversas Áreas del Hospital | 44 |
| Tabla 6. Eficiencia de los Filtros para Sistemas de Ventilación y Aire Acondicionado en Hospitales Generales..... | 48 |
| Tabla 7. Días Críticos de Diseño | 49 |
| Tabla 8. Ángulos de Altitud y Azimut Solar (10° LN)..... | 51 |
| Tabla 9. Azimut de la Pared | 52 |
| Tabla 10. Tasas Mínimas Recomendadas de Infiltración para Diseño a Través de Ventanas y Puertas | 57 |
| Tabla 11. Velocidades Máximas Recomendadas (Sistemas de Baja Velocidad) | 66 |
| Tabla 12. Factores de Reducción a Kg y m ² | 68 |
| Tabla 13. Comparación entre la Psicrometría en Quirófanos y la Psicrometría Recomendada..... | 83 |
| Tabla 14. Evidencia Científica de las Recomendaciones del CDC (*)..... | 107 |

INTRODUCCIÓN

En concordancia con el objetivo general planteado “mejorar el servicio de aire acondicionado en el área de quirófanos de un hospital”, se ejecutaron una serie de actividades enmarcadas la mayoría dentro de los objetivos específicos, gracias a los cuales se pudo percibir desde un punto de vista cualitativo los desperfectos del sistema de aire acondicionado de la zona de quirófanos.

La situación en el área de quirófanos es que no existe asepsia en ninguno de los quirófanos, debido a que la presión dentro de los mismos no es adecuada y por ende permite el intercambio de aire con partículas contaminantes entre los quirófanos (zona aséptica) y los pasillos (zona séptica) y otros recintos de esta área; la temperatura y humedad dentro de dichos recintos no es la más adecuada y no cumple con las normativas estipuladas en la A.S.H.R.A.E. en cuanto al acondicionamiento de aire dentro de centros hospitalarios.

La extracción de aire no funciona, los filtros de alta eficiencia H.E.P.A. no están instalados permitiendo así la contaminación de los quirófanos, no existen controles de temperatura ni de humedad, en muchos casos los elementos terminales no existen o están dañados, los equipos de acondicionamiento de aire están en mal estado y no suplen los requerimientos de aire acondicionado en esta área en su totalidad, no hay corta fuegos y no existe una buena distribución del aire a cada uno de los recintos dentro de esta área.

El área de quirófanos consta de: 19 quirófanos, 2 salas de recuperación, 1 sala de preoperatorio, 1 sala de partos, 1 cuarto de basura, 4 cuartos de lavabo, 2 cuartos de revelado, 3 cuartos de limpieza, 1 estar de enfermeras, 6 depósitos de material de anestesia y otros, 3 oficinas, 1 faena sucia, 1 faena limpia y 1 central de suministros.

Para poder realizar el diagnóstico de esta área se recopiló información acerca de las normas nacionales e internacionales para comparar así el estudio bibliográfico con el estudio de campo realizado, tal información se obtuvo de textos técnicos referentes al acondicionamiento de aire tal como los manuales de la A.S.H.R.A.E. y de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.574.

Después de hecha esta primera actividad se procedió a reconocer el área en estudio por medio de visitas y la obtención y visualización de planos para establecer la superficie total del área de trabajo, su volumen y cada una de las superficies y volúmenes de los recintos a ser acondicionados dentro de esta área; como también para hacer el levantamiento de los equipos médicos, personal, pacientes, iluminación y áreas a ser acondicionadas, horas de funcionamiento, materiales de construcción de paredes, pisos y techos, y el levantamiento del sistema de ducterías de extracción y suministro y se hicieron los planos de dichos sistemas.

También se tomaron las mediciones de temperatura, humedad y velocidad del aire. Además se inspecciono el equipo de aire acondicionado y las unidades de manejo de aire para verificar el correcto funcionamiento de estos equipos.

Se realizo el estudio de cargas térmicas y psicrometría para el área de quirófanos, se calculo la ductería de extracción y suministro tomando en cuenta el control de ruido dentro del diseño de los ductos y se realizaron los planos correspondientes para dicha instalación.

También se hizo la selección del equipo de aire acondicionado y de los elementos de suministro y extracción de aire como también la selección de los accesorios terminales, controles de temperatura y humedad, y filtros, tomando en cuenta la asepsia y las condiciones especiales que deben tener los quirófanos en cuanto a temperatura, humedad, ruido y cambios de aire por hora.

Además como último punto se hizo la verificación de los procedimientos de asepsia dentro de esta área y se pudo determinar que el ambiente dentro de los quirófanos no era aséptico porque no se cumplen estos procedimientos para la prevención y control de enfermedades nosocomiales ocasionadas por esta condición en dichos recintos.

Con los cálculos realizados de carga térmica se pudo determinar que el equipo actualmente en funcionamiento no cubre los requerimientos de aire acondicionado necesarios en esta área y por ende se debe poner a funcionar el otro equipo que está en desuso para que complete la cantidad de toneladas de refrigeración requeridas.

Además, se deben adquirir nuevas unidades de manejo de aire, se deben colocar los filtros que cumplen con lo requerido para mantener la asepsia dentro de los quirófanos y se debe realizar un estudio microbiológico para comprobar y respaldar las consideraciones hechas acerca de la asepsia dentro de estos quirófanos y con esto hacer la desinfección completa del área para erradicar las colonias de bacterias y hongos que se puedan encontrar a través de este estudio en los quirófanos, y así poder garantizar calidad en el servicio y seguridad, tanto al paciente como al médico, en las intervenciones quirúrgicas.

OBJETIVOS

1.- OBJETIVO GENERAL.

Mejorar el servicio de aire acondicionado en el área de quirófanos del Hospital General "**Dr. Miguel Pérez Carreño**".

2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Reconocer el área a ser evaluada mediante la verificación de planos y visitas al área.
- Elaborar planos del sistema de distribución de aire acondicionado y ventilación forzada.
- Identificar los equipos y accesorios del sistema de suministro y extracción del aire acondicionado.
- Estudiar normativas sobre el servicio de aire acondicionado en cuanto a nivel de ruido, asepsia, temperatura, humedad, etc. en centros hospitalarios.
- Calcular carga térmica y psicrometría del área de quirófanos.
- Comparar la capacidad, en toneladas de refrigeración, de los equipos instalados con la capacidad requerida en el área.
- Rediseñar el sistema de ductos del área de quirófanos según normas.
- Seleccionar un sistema de control adecuado para el área de quirófanos.
- Seleccionar los equipos de suministro y extracción de aire y demás accesorios como: filtros, elementos terminales, etc.
- Evaluar costos de operación, mantenimiento y de instalación de equipos y accesorios.

IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.

1.- NOMBRE Y UBICACIÓN DE LA EMPRESA.

F.U.N.I.N.D.E.S. – U.S.B., Fundación de Investigación y Desarrollo de la Universidad Simón Bolívar. Dirección: Valle de Sartenejas, Universidad Simón Bolívar, Baruta, Estado Miranda.

Gerencia de Ingeniería Clínica, Hospital General “Dr. Miguel Pérez Carreño”. Dirección: Hospital “Dr. Miguel Pérez Carreño”, vuelta El Pescozón, Parroquia La Vega, Caracas, Distrito Capital.

2.- RESEÑA DE F.U.N.I.N.D.E.S. - U.S.B.

F.U.N.I.N.D.E.S. - U.S.B., Fundación de Investigación y Desarrollo de la Universidad Simón Bolívar, es un organismo destinado a promover la vinculación de las capacidades científicas y tecnológicas de la U.S.B. Con las necesidades de desarrollo tecnológico del mundo industrial, generando al mismo tiempo, los recursos para autofinanciamiento y aportando niveles apreciables de ingresos propios para la universidad. Dentro de dicha función, se encuentra la Unidad de Gestión de Tecnologías en Salud (U.G.T.S.), la cual es una unidad operativa destinada, en forma integral y exclusiva, al desarrollo de proyectos de ingeniería en el área de salud.

La U.G.T.S., surge como iniciativa liderada por los profesores de la sección de Biofísica y Bioingeniería del Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos de la Universidad Simón Bolívar, quienes a través de un grupo de Bioingeniería y Biofísica aplicada han venido incursionando en el sector salud desde 1982.

Este grupo de profesionales se han fijado la visión de establecer un sistema integral de gestión de tecnologías ofreciendo soluciones y propuestas dirigidas a las instituciones del sector salud, para la consecución de sus metas y al mejoramiento de su desempeño en cada área de especialización, y la misión de garantizar el uso seguro y efectivo de los equipos médicos, así como velar por el óptimo funcionamiento del equipamiento industrial y planta física de dichas instituciones.

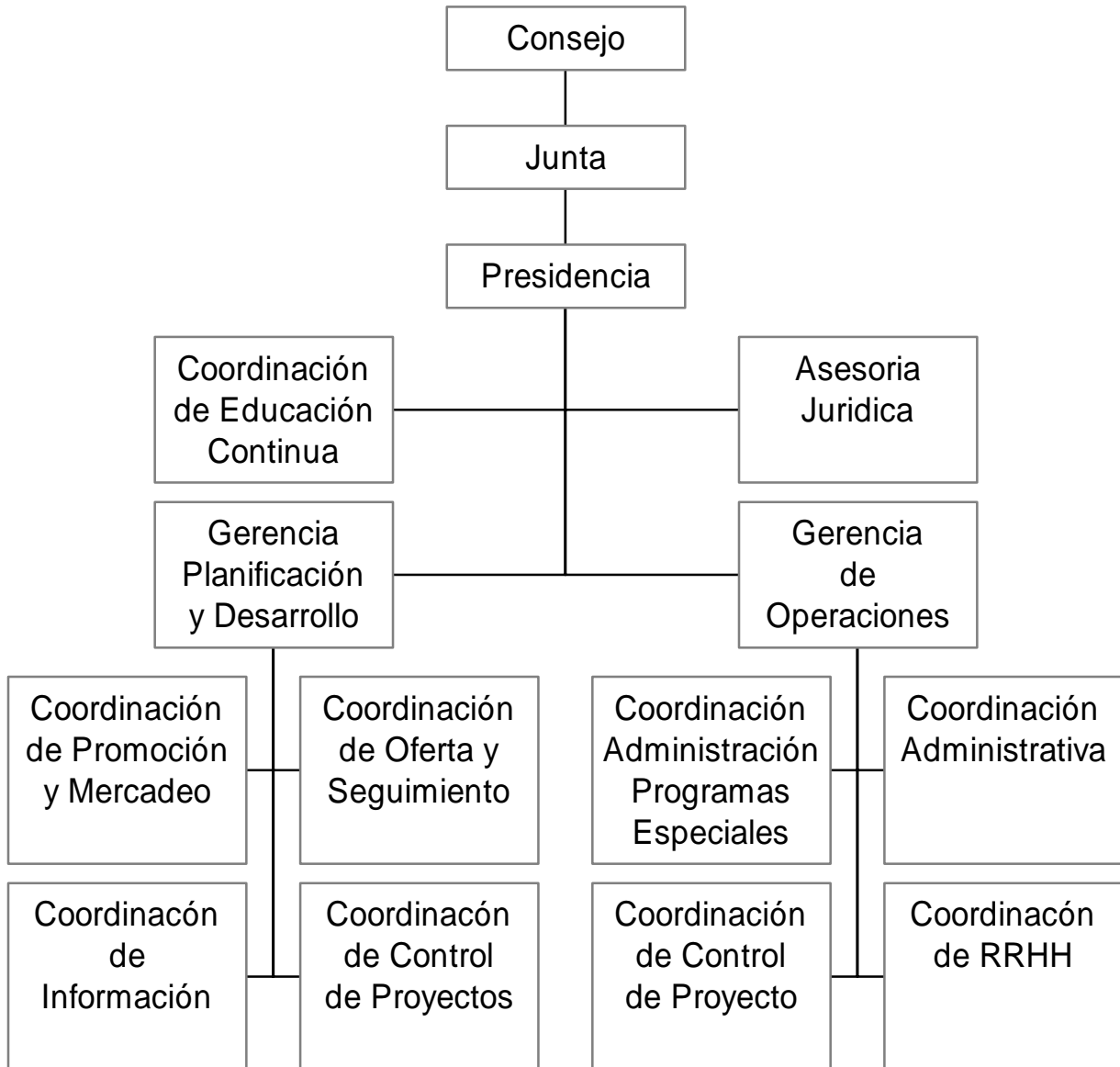


Figura 1. Organigrama Estructural de F.U.N.I.N.D.E.S. – U.S.B.

Los objetivos que se plantearon dentro de la U.G.T.S. fueron los siguientes:

- Desarrollar las áreas de ingeniería clínica, ingeniería biomédica, biofísica y medicina, mediante convenios con instituciones de salud a nivel nacional.
- Fortalecer internamente el grupo de bioingeniería y biofísica aplicada en el área de ingeniería clínica.

- Por último, pretende convertir a la Universidad Simón Bolívar en un elemento promotor de cambios dentro del sector salud.

3.- RESEÑA DE LA UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR.

La Universidad Simón Bolívar es una institución pública de educación superior, creada el 18 de julio de 1967 y comenzó sus labores el 19 de enero de 1970. Tiene una estructura dinámica adaptable al ensayo de nuevas orientaciones en los sistemas de enseñanza, de investigación y de administración educativa. La Universidad posee autonomía académica y administrativa.

La Universidad Simón Bolívar es una comunidad académica, innovadora, participativa, productiva y plural, en permanente aprendizaje y desarrollo, y comprometida con la excelencia, cuya misión fundamental es contribuir significativamente con:

- La formación sustentada en valores éticos de ciudadanos libres, líderes emprendedores, de alta calidad profesional y humana, orientados hacia la creatividad, la innovación, la producción, la sensibilidad y la solidaridad social.
- La búsqueda y transmisión universal del saber, la generación, difusión y aplicación del conocimiento; dentro de un foro libre, abierto y crítico.
- La transferencia directa de su labor investigativa, académica, creativa y productiva, a manera de soluciones y respuestas a las necesidades y demandas de la sociedad, a cuyo servicio se encuentra, en pos de un mundo mejor.

La Universidad entiende esta misión como su particular manera de participar activamente en el logro de una sociedad más justa, y de promover el desarrollo armónico y sustentable de sus dimensiones sociales, políticas, culturales y económicas.

4.- RESEÑA DEL HOSPITAL GENERAL “DR. MIGUEL PÉREZ CARREÑO”.

De los 50 años del Seguro Social, 25 son históricos en el “Dr. Miguel Pérez Carreño”. Según el Dr. Carlos Travieso, quien dio el discurso de inauguración el 27

de enero de 1970, nuestro hospital sería el primero en impartir docencia con cursos de postgrado e investigación. Aún hoy en día es así.

El hospital "Dr. Miguel Pérez Carreño" fue inaugurado en 1970 por el entonces Presidente de la República de Venezuela, el doctor Rafael Caldera, como el primer gran hospital del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales (I.V.S.S.), ubicado al oeste de Caracas. Es una obra de este organismo que mayor impacto ha producido en los últimos años. Funciona en un enorme edificio de 13 pisos. Construidos con características de la arquitectura moderna; cuenta con 698 camas para hospitalización, proyectado para atender una población de 300.000 habitantes con una dotación de equipos de primera categoría a nivel de los mejores del mundo para esa época y un personal médico entre quienes figuran eminentes profesionales en casi todas las especialidades de la medicina actual.

Su primer director fue el Doctor Otto Hoffman y conducía las riendas del Seguro Social, el doctor Rafael Alfonso Guzmán. Vale la pena señalar el hecho de que en dos oportunidades anteriores, se habían celebrado actos inaugurales del edificio, pero que no puede citarse como principio de su funcionamiento.

No obstante, se tiene conocimiento, de que en 1967 el servicio de oftalmología del Hospital General "Dr. Ildemaro Salas", ya desaparecido, que funcionaba en San Martín, es trasladado para el Hospital General "Dr. Miguel Pérez Carreño" aspecto que marcó el inicio de una nueva era en la oftalmología institucional, ya que se integraron las actividades docentes y quirúrgicas, hecho que actualmente todavía se mantiene, pues en este servicio se dicta el curso de postgrado de oftalmología. Con reconocimiento de la Universidad Central de Venezuela, y desde septiembre de 1971 se realizan con éxito los trasplantes de corneas de humano a humano.

En 1968, se inicia la automatización de las pruebas de laboratorio clínico ya que para esa época se instalaron los primeros automatizadores, que han permitido que este centro hospitalario se mantenga a la vanguardia, en relación con otros organismos dispensadores de salud. La automatización de equipos de laboratorio clínico se vio reforzada con la puesta en servicio del Banco de Sangre, años más tarde.

Con la inauguración de este hospital, en 1970, también comenzaron a funcionar los servicios de pediatría y medicina con recursos humanos del Instituto Traumatológico y del desaparecido Hospital General "Dr. Ildemaro Salas". Posteriormente se iniciaron las labores de servicio de Obstetricia. Su infraestructura se ha adaptado cada día a los retos tecnológicos y al avance de la medicina, llegando a convertirse en el primer hospital general de emergencia del país.

Por su dotación, el Hospital General "Dr. Miguel Pérez Carreño" corresponde a los denominados de tercer nivel, es decir, un centro súper especializado donde sólo se debería atender casos referidos y de emergencia selectiva. Sin embargo, la realidad es otra, recibe cerca del 80 % de las emergencias del Área Metropolitana de Caracas.

En 1981 la Doctora Carmen Cadraro de Carpio, fue la primera mujer que tuvo la responsabilidad de conducir las riendas de este hospital general que atiende más de 800 pacientes por día.

En el hospital se realizó el primer transplante de corazón en 1987. Más de 300 pacientes han recibido transplantes renales. Es el primero en transplantes de corneas.

En la actualidad dispone de un área de terapia intensiva (niños, adultos), farmacia, odontología, emergencia, banco de sangre, cardiología, neurocirugía, urología, laboratorio, gineco - obstetricia, oftalmología, cirugía de la mano, anestesiología, área quirúrgica, cirugía cardiovascular, cirugía plástica, traumatología, cirugía, terapia intensiva neonatal, neuro - pediatría, anatomía patológica, emergencia pediátrica y medicina nuclear en las cuales están: radiología, gastroenterología, endocrinología, hemodinámica, psiquiatría y diálisis.

Pero lo más importante dentro de cualquier organización es el personal. Es el alma del hospital sin él no se cumpliría el papel de velar por la salud de los asegurados. El personal que se ha ido incluyendo, a los que han extendido su vocación de servicio en los cielos, ha puesto su grano de arena para que el hospital siga atendiendo al asegurado a pesar de la adversidad.

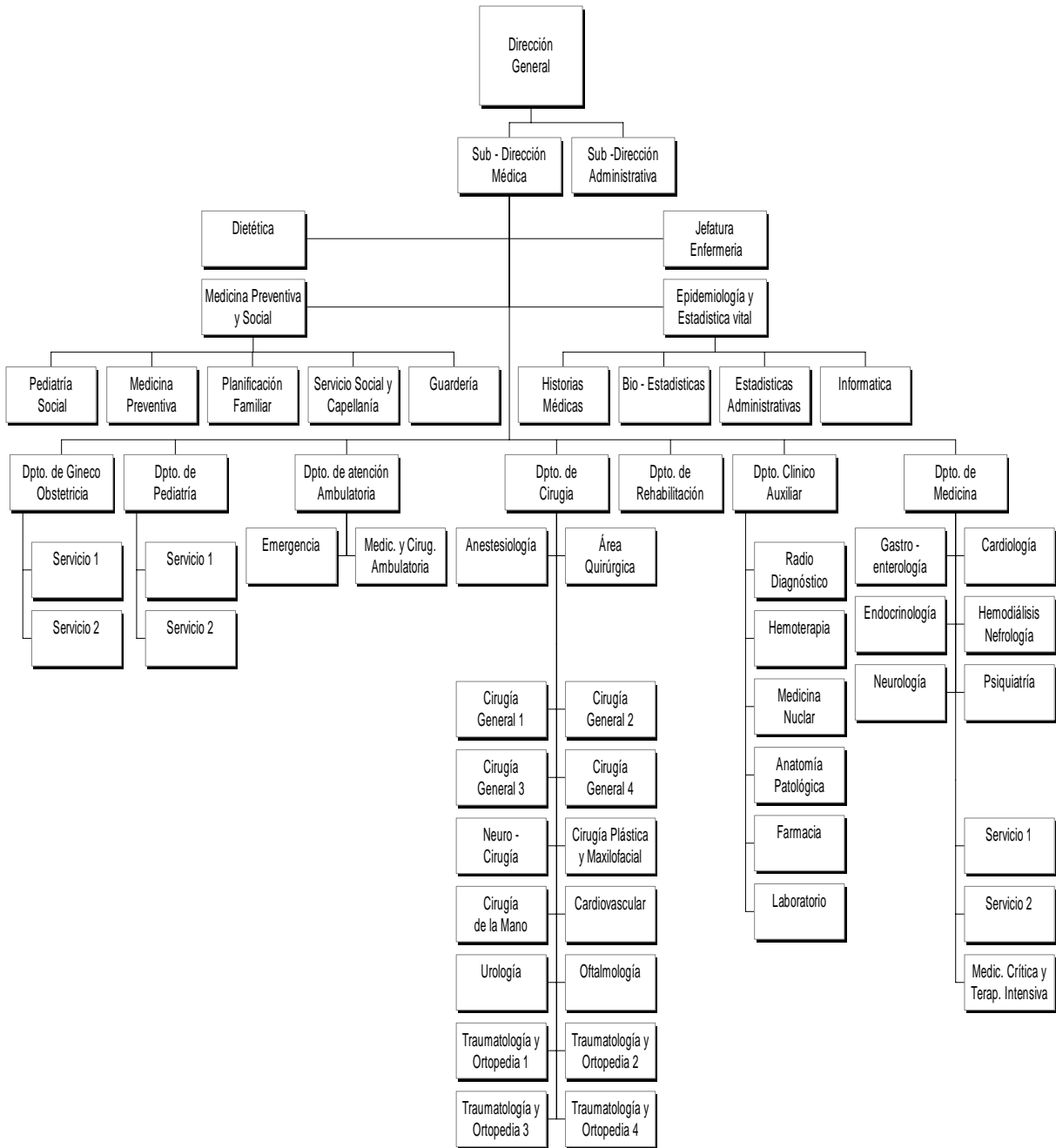


Figura 2. Organigrama Estructural del Hospital General "Dr. Miguel Pérez Carreño".

MARCO TEÓRICO

1.- EL AIRE ACONDICIONADO.

Se define como aire acondicionado al control estricto y simultáneo, no sólo de la temperatura del aire de un ambiente determinado, sino también de su grado de humedad, de su calidad y de su movilidad, manteniéndolos constantes a lo largo del tiempo o permitiendo su variación dentro de un cierto rango, pero en cualquier caso, independientemente de las condiciones de temperatura, humedad, velocidad y calidad del aire reinantes en el medio ambiente exterior. Así, controlando estas cuatro variables: temperatura, humedad, velocidad y calidad del aire, se pueden obtener múltiples combinaciones para el aire ambiental: aire frío, húmedo, caliente, des – humidificado, recalentado, aire aséptico, libre de bacterias y de gérmenes, etc. El acondicionamiento del aire es indispensable en:

- Procesos de fabricación que exigen humedad, temperatura y pureza del aire determinadas y controladas, como sucede, por ejemplo, en la fabricación de productos farmacéuticos y alimenticios, salas de dibujos de precisión, impresión de colores, etc.
- Ambientes de trabajo, con miras a la comodidad de los operarios y, por lo tanto, su rendimiento.
- Ambientes en los que se exige seguridad, es decir, en los que se manejan productos tóxicos o inflamables.
- Ambientes en los que se procesen materiales higroscópicos.
- Etapas de producción que exijan el control de reacciones químicas (cristalización, corrosión de metales, acción de microorganismos, etc.).
- Locales en los que haya que eliminar la electricidad estática para prevenir incendios o explosiones.
- Operaciones de mecanización con tolerancias mínimas.
- Laboratorios de control y pruebas de materiales.
- Locales de habitación (mijares pag 3 y 4).

2.- SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.

Los sistemas de aire acondicionado se dividen en cuatro tipos básicos que se diferencian en la forma de obtener el enfriamiento o calefacción del espacio que se acondiciona. El aire que rodea al ocupante es el medio último que se acondiciona; en algunos sistemas, la mayor parte del efecto térmico es radiante.

Los tipos básicos de sistemas de aire acondicionado son: expansión directa, sistemas todo agua, sistemas todo aire y sistemas aire – agua.

2.1.- Sistema de Expansión Directa.

Una unidad autónoma situada en el espacio acondicionado, o próximo a él, con todos los elementos necesarios para producir el enfriamiento del aire, es un sistema refrigerante directo o de expansión directa. Estos sistemas se caracterizan por ser un refrigerante el medio utilizado para el enfriamiento del aire, siendo el dispositivo de control de flujo generalmente una válvula de expansión termostática o tubo capilar. Es el sistema de acondicionamiento de aire más elemental, formando una pequeña unidad de habitación. En el equipo están incluidos los elementos descritos en la tabla 1 con los números 1, 3, 4, 8, 10 y 12. Si el acondicionador es de mayor capacidad, puede añadirse los elementos 2 y 9 para servir a un espacio de mayores dimensiones.

Las unidades autónomas encuentran su aplicación en las habitaciones pequeñas o grandes, y zonas segregadas. También se instalan estas unidades en residencias particulares, oficinas, establecimientos comerciales o grupos de oficinas que constituyen zonas individuales (carrier 9 – 11).

2.2.- Sistema Todo Agua.

Los sistemas todo agua distribuyen agua caliente o helada desde la planta central hasta cada recinto. No se distribuye aire desde la planta central. Las unidades terminales todo agua, como por ejemplo las de ventilador y serpentín, calientan o enfrían el aire del recinto. El aire de ventilación puede entrar a través de

la pared exterior y la unidad terminal (pita pag 339). Cada unidad de este tipo contiene los elementos designados con los números 1, 3, 4, 5, 8 y 10 de la tabla 1. Cada una de estas unidades está combinada con una central o varias centrales donde se sitúa toda la maquinaria designada con el número 12, con la adición de los elementos 13, 14 y 15, y se realiza el enfriamiento del agua. "La temperatura de la habitación se controla por medio de una válvula de agua situada en la batería de la unidad" <<fan coil>> (batería – ventilador).

Estos sistemas son aplicables en los edificios de muchas habitaciones, como moteles, oficinas de fábricas y pequeños centros médicos (carrier 9 – 11).

2.3.- Sistema Todo Aire.

La esencia de estos tipos de sistemas es que sólo distribuyen aire a los recintos. Los sistemas centrales son sistemas convencionales todo aire. Básicamente, los sistemas todo aire son una forma del sistema de recalentamiento y las condiciones del espacio acondicionado se mantienen por medio de distintas combinaciones para las variaciones de carga.

Los sistemas todo aire, que se extienden desde el sistema convencional de bypass hasta la unidad de inducción con recalentamiento o recalentamiento por zona, sistema de un conducto multizona, sistema <<dual – conduit>> (conducto dual) y de doble conducto <<dual – conduct>>, tiene muchas aplicaciones. Pueden aplicarse a edificios de varios pisos, edificios destinados a un solo objeto y a habitaciones de un solo ocupante (Carrier pag 9 – 11 a 9 – 14).

2.4.- Sistema Aire – Agua.

Los sistemas de combinación aire – agua distribuyen tanto agua helada y/o caliente, y aire acondicionado desde un sistema central, hasta los recintos individuales. Las unidades terminales en cada recinto enfrían o calientan el recinto.

Los sistemas aire – agua emplean las mejores características de los sistemas todo agua y todo aire. La mayor parte de la energía la transporta el agua. Son muy

prácticos en aquellos lugares en que se requiere ocupar el menor espacio posible para la colocación de unidades terminales de tratamiento de aire. La mayor parte de la carga (interna y ganancias por radiación solar) se equilibra por medio de un serpentín de agua situado en la unidad terminal. Los conductos de los sistemas convencionales se substituyen por pequeñas tuberías y conductos de gran velocidad, más reducidos (carrier 9 – 14).

| COMPONENTES DEL SISTEMA | FUNCIÓN QUE REALIZAN |
|--|--|
| Circuito de Aire | |
| 1. Toma de aire exterior (persianas, compuertas). | Aire para ventilación y refrigeración en las estaciones intermedias. |
| 2. Batería de precalentamiento. | Calienta el aire. |
| 3. Toma de aire de retorno (persianas) | Entrada del aire de retorno o recirculado. |
| 4. Filtro. | Elimina la suciedad del aire. |
| 5. Batería de enfriamiento (lavador por pulverización, o batería de frío por expansión directa, agua, salmuera, con o sin pulverizadores). | Enfría y seca el aire (lavado del aire con pulverizadores). |
| 6. Batería de calefacción. | Calienta en invierno y produce un caldeo del aire a efectos de regulación de humedad. |
| 7. Humectador. | Humedece el aire. |
| 8. Ventilador. | Propulsión del aire. |
| 9. Conductos. | Distribución del aire a las distintas zonas. |
| 10. Rejillas. | Distribución del aire dentro de cada espacio acondicionado. |
| 11. Unidad terminal. | Unidad de impulsión de aire que puede tener cámara de mezcla, serpentín enfriador, y/o |

| | |
|--|--|
| | batería de caldeo, tratamiento acústico y boca de impulsión. |
| Circuito de Refrigerante | |
| 12. Aparato de refrigeración (compresor, condensador, enfriador y tuberías). | Elemento enfriador. |
| Circuito de Agua | |
| 13. Bomba. | Propulsión de agua o salmuera. |
| 14. Tubería de agua o salmuera. | Circulación del agua o salmuera entre los intercambiadores. |
| 15. Torre de enfriamiento. | Enfriamiento del agua del condensador |
| Circuito de Calefacción | |
| 16. Caldera y accesorios. | Produce vapor o agua caliente. |
| 17. Tuberías. | Circulación de vapor o agua caliente. |

Tabla 1. Componentes de un Sistema de Aire Acondicionado.

3.- DUCTOS.

La función de un sistema de ductos es transportar el aire desde el equipo de suministro a un determinado espacio. Para cumplir esta función de una manera práctica el sistema debe ser diseñado dentro de los límites prescritos de espacio disponible, generación de ruido, ganancia o pérdida de calor y el correcto balance entre el costo inicial y los costos de operación.

3.1.- Materiales de los Ductos.

Los ductos pueden ser fabricados en base a:

- **Aluminio:** Las láminas deben ser de una aleación de aluminio con 0,40 % de cobre (para resistencia a la corrosión) y con una resistencia a la tracción mínima de 16.000 psi.

3.3.2.- Codos.

En los ductos circulares y rectangulares pueden establecerse distintos tipos de codos. Los más comunes son los siguientes:

| Ducto Rectangular | Ducto Circular |
|--|--------------------------|
| 1. Codo ordinario. | 1. Codo suave. |
| 2. Codo reducido con aletas directrices. | 2. Codo de tres piezas. |
| 3. Codo recto con aletas. | 3. Codo de cinco piezas. |

Tabla 2. Tipos de Codos.

Los codos ordinarios se construyen con el radio menor igual a los $\frac{3}{4}$ de la dimensión del ducto en la dirección del giro. Un codo con este radio menor tiene una relación R/D de 1,25. Esta relación se considera óptima.

El codo reducido con aletas directrices puede tener una, dos o tres aletas, que se extienden por toda la curvatura del codo.

Un codo rectangular puede tener guías de doble espesor o sencillas. Estos codos se utilizan en aquellos sitios donde, por límites de espacio, no se pueden instalar codos curvos.

En los ductos que se construyen con tubo Spiro se recomienda la instalación de codos suaves. El codo de tres piezas tiene la misma relación $R/D = 1,5$ que el codo suave, pero su caída de presión es mayor, y también mayor que la del codo de cinco piezas. Este tipo de codo es el que se recomienda cuando hay imposibilidad de colocar codos suaves. El codo de cinco piezas es el más caro de los tres y se usa solamente cuando al colocar uno de tres piezas nos encontramos con una excesiva caída de presión, y no podemos instalar un codo suave.

3.3.3.- Derivaciones.

En los ductos rectangulares se pueden instalar varios tipos de derivaciones. A éstas se pueden aplicar las mismas consideraciones hechas respecto a los codos.

ser necesarios. Únicamente será preciso tenerlos en cuenta en el cálculo en el caso de que varios elementos se encuentren en serie, al objeto de que la resistencia que oponen sea tenida en cuenta en la elección del ventilador.

3.4.1.- Cortafuegos.

La colocación, empleo y construcción de cortafuegos, suele ajustarse a las normas de seguridad establecidas en las Ordenanzas Municipales. El <<National Board of Fire Underwriters>>, de Estados Unidos, explica en su folleto **N.B.F.U. 90 A** las normas generales para la construcción e instalación.

En un ducto rectangular se suele utilizar dos tipos de cortafuegos:

1. La pantalla rectangular giratoria que puede pivotar sobre eje vertical u horizontal.
2. La persiana cortafuegos rectangular que puede utilizarse solamente en posición horizontal.

En un ducto circular se suele utilizar cortafuegos giratorio con eje vertical u horizontal.

3.4.2.- Compuertas de Acceso.

Las compuertas o paneles de acceso se instalan antes y después de los elementos instalados en los ductos. También son necesarias para el acceso a los elementos fusibles de los cortafuegos (carrier pag. 2 – 24 hasta 2 – 34).

3.5.- Aislamiento de Ductos.

Los ductos que llevan aire caliente o frío se cubren con aislamiento térmico para reducir las pérdidas de calor. Además, el aislamiento se recubre con una barrera de vapor para evitar la condensación de agua en ductos fríos. Como aislamiento se usa fibra de vidrio o algún material con alta resistencia térmica. La barrera de vapor generalmente es de hoja de aluminio. El aislamiento se suministra

ya sea como tablero rígido o como colchoneta. Los ductos con frecuencia se cubren internamente con aislamiento acústico, para absorber el sonido. En este caso, el aislamiento acústico también actúa como aislamiento térmico (pita pag. 275 – 276).

4.- ELEMENTOS TERMINALES.

A continuación se estudiarán los principales medios de distribución utilizados para el suministro de aire y para el retorno o extracción de aire.

4.1.- Difusores.

Los difusores pueden aplicarse en ductos de aire a la vista, o bien, en ductos de aire ubicados encima del cielo raso del ambiente.

Se tiene una gran variedad en cuanto a configuración geométrica de los difusores, contándose entre ellos difusores circulares, cuadrados, rectangulares y lineales, existiendo además entre ellos mismos diferentes tipos, de acuerdo principalmente a la dirección requerida en la corriente de aire. Los difusores son generalmente equipados con un elemento para el control del volumen del aire. La selección de los difusores se hace en base al flujo de aire, velocidad del aire primario, nivel de ruido, pérdida de presión y tiro requerido.

4.2.- Rejillas de Suministro.

Generalmente se aplican en ductos de aire a la vista, o en ductos de aire ubicados detrás de las paredes del ambiente. Las rejillas, al igual que los difusores, deberán presentar un elemento para el control del volumen del aire. La selección de las rejillas de suministro, se hace en base al flujo de aire, velocidad, nivel de ruido, pérdida de presión, caída y tiro requerido.

El número de rejillas de suministro o difusores a ser usados en un ambiente es determinado, en parte, por el volumen de aire y por la velocidad de salida del aire tomando en cuenta el factor de ruido.

4.3.- Rejillas de Retorno o Extracción.

Las rejillas para retorno de aire pueden aplicarse en ductos de aire a la vista, ductos encima del cielo raso, ductos detrás de las paredes del ambiente o directamente conectadas, sin ducto, al cielo raso del ambiente, existiendo entonces un plenum de retorno entre la placa de techo y el cielo raso.

Las rejillas de retorno también son equipadas con un elemento para el control del volumen de aire. La selección de las rejillas de retorno se hace en base al flujo de aire, velocidad, nivel de ruido y pérdida de presión (cohen tomo 2 pag. 70 – 74).

5.- CONTROL DE RUIDOS.

Las fuentes principales de generación de ruidos en un sistema de acondicionamiento de aire son el ventilador y el sonido generado por el aire en la ductería. Con frecuencia los niveles de ruido que resultan son satisfactorios y no necesitan de tratamiento especial. En cualquier caso, el diseño e instalación del sistema se deben llevar a cabo tratando de reducir al mínimo los problemas de ruido. Las siguientes son algunas recomendaciones generales:

- Seleccionar ventiladores cerca de su punto de operación más eficiente. De otro modo algo de la energía desperdiciada se convierte en ruido.
- Aislar los ventiladores de sus soportes, empleando amortiguadores, y de la ductería mediante conexiones flexibles.
- Hacer las transiciones de conexiones de ductos tan graduales como sea posible.
- Usar las velocidades en ductos que se recomiendan para evitar ruidos.
- Evitar cambios bruscos de dirección en los ductos. Usar codos de radio largo o alabes de cambio de dirección.
- Evitar obstrucciones en la ductería. Instalar compuertas sólo cuando sea necesario.
- Balancear el sistema para que sea mínimo el control mediante compuertas.

- Seleccionar las salidas de aire y los niveles sonoros tal como recomiendan los fabricantes.

En muchas aplicaciones se debe llevar a cabo un análisis especial de ruidos, en especial en los sistemas de alta velocidad, que generan gran cantidad de ruido. En estos análisis se hace una serie de cálculos detallados. Se determina primero el nivel de sonido generado en cada frecuencia y a continuación la cantidad de atenuación sonora (reducción) que se necesita para cumplir con el nivel de ruido que se requiere en el recinto.

La ductería, ramales y codos proporcionan cierta atenuación sonora natural, que varía con la frecuencia del sonido. Se dispone de tablas que presentan la atenuación promedio para todas las frecuencias (anexos 1 y 2). No son precisas pero son adecuadas para aplicaciones poco críticas (pita pag 305 – 307).

6.- CARGAS TÉRMICAS.

Las cargas térmicas de enfriamiento son la cantidad de calor sensible y latente que hay que extraer de un recinto, expresadas en BTU/hr, para mantener las condiciones previstas de temperatura y humedad (rizo pag 23).

6.1.- Fuentes de Calor.

Todo edificio o ambiente recibe una cierta cantidad de calor, proveniente tanto de fuentes internas como externas, que tenderán a elevar su temperatura interior y con ello, perder condición de confort.

En Venezuela las principales fuentes de calor tanto externas como internas son las siguientes:

- **Fuentes Externas.**
 - **Calor por Transmisión.** El aire exterior tiene una temperatura mayor que la del aire del ambiente acondicionado; esta diferencia generará un flujo de calor desde el exterior (mayor temperatura) hasta el interior

(menor temperatura), a través de todos los elementos de fachada: paredes, techos, puertas, etc.

- **Calor por Radiación.** Se debe a la radiación solar directa sobre las superficies transparentes de las fachadas (vidrios) o a la radiación difusa, aquella radiación reflejada por las nubes, el pavimento de la calle, las edificaciones vecinas.
- **Calor por Aire Fresco.** El aire fresco es un determinado volumen de aire exterior, que por normas sanitarias debe introducirse al interior de todo ambiente acondicionado, con la finalidad de renovar su contenido de oxígeno y diluir cualquier olor existente. Ese volumen de aire representará un importante aporte de calor por tener condiciones de temperatura y humedad superiores a las del ambiente acondicionado.
- **Fuentes Internas.**
 - **Iluminación Artificial.** La iluminación artificial del tipo incandescente o fluorescente, es una fuente continua permanente de calor. La fluorescente tiene mayor aporte de calor debido al calentamiento que sufre el balastro de la lámpara.
 - **Calor por Personas.** Las personas que ocupan un espacio o recinto liberan calor al mismo. Esta cantidad de calor estará dada en función del número de personas y de la actividad que realizan. También los requerimientos de aire fresco en la mayoría de los casos es impuesto por las personas dentro del ambiente.
 - **Calor por Equipos.** Todos los equipos y maquinarias eléctricas dentro del ambiente acondicionado son una fuente continua de calor (mijares pag 6 – 7).

6.2.- Clasificación de las Principales Cargas Térmicas.

A continuación se presentan en una tabla la clasificación de las principales cargas térmicas:

| CARGAS INTERNAS | | CARGAS EXTERNAS | |
|---|------------------------|---|-----------------|
| Cargas Sensibles | Cargas Latentes | Cargas Sensibles | Cargas Latentes |
| Radiación Solar. | Equipos. | Aire Fresco. | Aire Fresco |
| Conducción, Convección y Radiación Combinadas (Techo y Paredes Exteriores) | | | |
| Conducción, Convección (Vidrios Exteriores e Interiores, Techo, Piso, Paredes y Puertas Interiores). | Personas. | Ventiladores de la Unidad de Aire Acondicionado (Multizona). | |
| Iluminación. | | | |
| Personas. | Infiltración de Aire. | Ganancia Térmica en los Ductos de Aire (Retorno). | |
| Equipos. | | | |
| Motores. | | | |
| Infiltración de Aire. | | | |
| Ganancia Térmica en los Ductos de Aire (Suministro). | Infiltración de Vapor. | | |
| Ventiladores de la Unidad de Aire Acondicionado (Monozona). | | | |

Tabla 3. Clasificación de las Principales Cargas Térmicas.

7.- PSICROMETRÍA.

Es la ciencia que trata de las propiedades termodinámicas del aire húmedo y del efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y sobre el confort humano.

7.1.- Procesos de Acondicionamiento de Aire.

El objetivo del equipo de acondicionamiento de aire es cambiar el estado del aire que entra y llevarlo a otra condición. A este cambio se le llama proceso. Ayuda mucho el indicar estos procesos en la carta psicrométrica, en la selección de equipos y análisis de problemas.

7.1.1.- Cambios de Calor Sensible.

El proceso de variación de calor sensible es aquél en el cual se agrega o se retira calor del aire y como resultado varía la temperatura de bulbo seco, pero sin embargo no varía el contenido de vapor de agua. Por lo tanto, la dirección del proceso debe ser a lo largo de una línea de relación constante de humedad, como se muestra en el anexo 3. El calentamiento sensible (proceso de 1 – 2) ocasiona un aumento en la temperatura de bulbo seco y en la entalpía. El proceso 1 – 3 es de enfriamiento sensible (eliminación de calor), y ocasiona una disminución de la temperatura de bulbo seco y de la entalpía.

7.1.2.- Variaciones de Calor Latente (Humidificación y Deshumidificación).

Al proceso de agregar vapor de agua al aire se le llama humidificación, y a la eliminación de vapor de agua del aire se le llama deshumidificación, ambos se muestran en el anexo 4. En el proceso 1 – 4, la humidificación, tiene como resultado un aumento en la relación de humedad y la entalpía. En la humidificación, la entalpía del aire aumenta debido a la entalpía del vapor de agua que se agregó. Esto explica lo que se llama la variación de calor latente. En la deshumidificación, proceso 1 – 5, la eliminación de vapor de agua acarrea una disminución de entalpía.

Estos procesos, deshumidificación o humidificación puras sin variación del calor sensible, no se presentan con frecuencia en las instalaciones de acondicionamiento de aire.

7.1.3.- Variación Combinada de Calor Sensible y Calor Latente.

En el anexo 5 se muestran los procesos combinados de calor sensible y latente, que se pueden presentar en acondicionamiento de aire:

Calentamiento sensible y humidificación (1 – 6).

Calentamiento sensible y deshumidificación (1 – 7).

Enfriamiento sensible y humidificación (1 – 8).

Enfriamiento sensible y deshumidificación (1 – 9).

Nótese que, en general, cambian tanto la temperatura de bulbo seco, como la humedad y la entalpía. Por ejemplo, en el proceso de enfriamiento y deshumidificación 1 – 9, disminuyen tanto la temperatura de bulbo seco como la humedad, y la entalpía disminuye debido a la eliminación de calor tanto sensible como latente.

7.1.4.- Mezcla Adiabática.

El proceso del mezclado de aire es aquél en el cual dos corrientes de aire se mezclan para formar una tercera corriente. Este proceso se da con frecuencia en el acondicionamiento de aire, en especial cuando se mezcla aire del exterior con aire de retorno proveniente de los recintos. Esta mezcla ocurre sin adición ni eliminación de calor; o sea adiabáticamente. Si se conocen las condiciones de las dos corrientes que se mezclan, se pueden calcular las condiciones después de mezclarlas.

Así, si se tiene aire atmosférico en el estado 1 se mezcla con aire en las condiciones 2 se forma una mezcla con las condiciones 3. Este tipo de proceso se presenta en el anexo 6 (pita pag. 178 – 197).

8.- CONTROL A CARGA PARCIAL.

La unidad requerida para mantener las condiciones interiores de diseño del ambiente es seleccionada normalmente para operación a carga térmica máxima, sin embargo esta carga térmica máxima ocurre pocas veces al año, o sea que el sistema frecuentemente opera a carga parcial y de aquí la importancia del análisis del control a carga parcial.

La carga parcial puede ser debida a reducción en la carga sensible o latente del ambiente, o de la carga debida al aire exterior o por reducción de estas cargas térmicas combinadas.

El tipo de control que se deberá seleccionar para una determinada aplicación dependerá básicamente de las características de las cargas térmicas que experimentan variación durante el año y de las condiciones que se quieren mantener en el ambiente. Los procedimientos más comunes de control son los siguientes: control de desvío, control por recalentamiento, control por humidificación y control de volumen.

8.1.- Control de Desvío.

Este control mantiene la temperatura de bulbo seco del ambiente variando la temperatura del aire de suministro al ambiente mediante el desvío de una cierta cantidad de aire.

Este control se realiza frecuentemente desviando de la superficie de transferencia de calor (serpentín) una mezcla de aire de retorno y aire exterior, lográndose de esta forma que la condición de suministro de aire al ambiente coincida con la línea de factor calor sensible total y suministrando a partir de esta condición el aire al ambiente.

8.2.- Control por Recalentamiento.

Este control mantiene la temperatura de bulbo seco del ambiente

reemplazando cualquier disminución de la carga sensible por una carga artificial, conocida como carga por recalentamiento (a humedad específica constante).

8.3.- Control por Humidificación.

Si se produce una disminución de la carga latente del ambiente o de la carga latente debida al aire exterior, se tendrá que la humedad relativa del ambiente disminuye; y por lo tanto, para mantener las condiciones de humedad relativa de diseño se deberá compensar la disminución de la carga latente mediante la humidificación.

8.4.- Control de Volumen.

Mediante el sistema de control de volumen, la cantidad de aire que se suministra al ambiente es variable dependiendo en cada momento de la magnitud de la carga térmica; y es debido a esta característica que se pueden presentar problemas en la distribución del aire dentro del ambiente, por lo que se hace necesario la determinación de la cantidad de aire requerida a carga parcial de tal forma que en todo momento se cumplan en forma óptima los principios de distribución de aire (cohen tomo 2 pag 16 – 19).

9.- CRITERIOS ESPECÍFICOS DE DISEÑO.

Los requerimientos ambientales internos de cada una de las seis dependencias principales o funciones de un hospital general, incluyen:

1. Cirugía.
2. Enfermería.
3. Servicios Auxiliares.
4. Tratamiento y Diagnóstico.
5. Esterilización y Suministros.
6. Servicios.

Difiriendo en algunos grados de acondicionamiento entre sus funciones y en los procedimientos llevados a cabo en los mismos. La estrecha coordinación entre los planificadores y administradores de los servicios de cuidados sanitarios y los equipos de médicos especialistas es esencial en el diseño y construcción de las instituciones clínicas para lograr las mejores condiciones.

9.1.- Cuidados Críticos y Cirugía.

En esta parte se exponen los criterios específicos de diseño de unas de las áreas más críticas que existen dentro de una unidad clínico – hospitalaria como son cuidados críticos y cirugía.

9.1.1.- Cirugía.

Ninguna área del hospital necesita un control más cuidadoso de las condiciones asépticas que el espacio destinado a cirugía. Los sistemas que sirven a las salas de operaciones, incluyendo citología y la sala de traumatología, requieren de un diseño muy cuidadoso para reducir a un mínimo la concentración de los organismos llevados por el aire. La mayoría de bacterias conocidas en las salas de operaciones vienen con los equipos quirúrgicos y son resultado de sus actividades durante la cirugía.

Durante una operación, algunos miembros del equipo quirúrgico están alrededor de la mesa de operación, lo cual crea una situación no deseada al concentrar contaminación en esta área tan delicada.

Los estudios sobre los sistemas de distribución de aire en las salas de operación y la observación de las instalaciones de los espacios de limpieza industrial indican que la difusión del aire desde el techo, o cercano a este, con un movimiento hacia abajo para asegurar la expulsión por las rejillas localizadas cerca del piso en la pared opuesta, es probablemente el modelo más efectivo para el movimiento del aire a fin de mantener la concentración de contaminación en un nivel aceptable.

9.1.2.- Quirófanos.

En los hospitales promedio, los quirófanos son usados entre 8 a 12 horas al día. Por esta razón, y para ahorrar energía, el sistema de aire acondicionado debería mezclar una fracción del aire que se envía a estas salas con el que se envía al resto de los espacios, cuando no se usan las salas de operación. Sin embargo, la presión positiva de los quirófanos y salas de cirugía debe mantenerse por medio de volúmenes de aire reducido para asegurar la condición estéril. Sin embargo, es importante consultar con el equipo médico del hospital para determinar la viabilidad de lograr esta característica en la instalación.

Un sistema de extracción de aire debe colocarse para remover los restos de gases anestésicos (Níost 1.975, citado por A.S.H.R.A.E.). Los sistemas de vacío médicos se utilizaban para remover los gases anestésicos no inflamables (N.F.P.A.). En cada sala de operación se localizan una o más salidas para permitir la conexión de la manguera recolectora de la máquina de anestesia.

Aunque se han reportado buenos resultados para la desinfección del aire de las salas de operación utilizando radiación, este método rara vez es usado. La renuencia para usar la radiación puede atribuirse a factores como los diseños especiales que se requieren para la instalación, las medidas de protección para los pacientes y el personal, la constante vigilancia de la eficiencia de la lámpara y el mantenimiento requerido.

Las siguientes condiciones son recomendadas para las salas de operaciones, cateterismos, cistoscopia y traumatología:

- Capacidad para manejar rangos de temperatura entre 20 y 24 °C.
- Humedad relativa mínima de 50 % y máxima de 60 %.
- Presión de aire positiva adentro de la sala de operación con relación a la presión de las áreas adyacentes mediante el suministro del 15 % de aire en exceso.
- Instalar dispositivo que indique la presión diferencial para permitir la lectura de la presión del aire en las salas. Sellar cuidadosamente todas las paredes, cielo

raso, las penetraciones del piso y cerrar las puertas garantizando hermeticidad, son condiciones esenciales para mantener la presión requerida.

- Los indicadores de humedad y temperatura deben ser colocados en un sitio de fácil observación.
- La eficiencia de los filtros debe estar acorde con lo señalado en la tabla 6.
- La instalación completa debe ajustarse a los requerimientos del estándar N.F.P.A. 99 – 87, para instalaciones de cuidados sanitarios.
- Todo el aire debe ser suministrado por el techo y el aire usado o de retorno se saca al menos por dos puntos cercanos al piso (ver tabla 5 para las tasas mínimas de ventilación). La parte inferior de las salidas no deben estar a menos de 75 mm sobre el piso. Los difusores de suministro deben ser del tipo unidireccional. Deben evitarse los cielos rasos de alta inducción y los difusores de pared.
- Los materiales acústicos no deben utilizarse como ductos aislados a menos que un filtro terminal con una eficiencia de 90 % sea instalado aguas abajo del aislante. El aislamiento interno de las unidades terminales puede ser encapsulado con materiales apropiados. Las trampas de ruido en los ductos pueden instalarse.
- Todo aislamiento debe tratarse con inhibidores contra hongos.
- Deben instalarse ductos suficientemente largos luego de los equipos de humidificación para asegurar la evaporación completa del vapor de agua antes de que el aire sea descargado dentro del salón.
- Para revisar y regular las condiciones de temperatura, humedad y presión del aire pueden ser ubicados en el tablero del supervisor de cirugía.

9.1.3.- Salas de Recuperación.

Las salas de operación postoperatorias usadas en conjunto con las salas de operación deben mantenerse a una temperatura de 24 °C y con una humedad relativa mínima de 50 % y máxima de 60 %. Debido a los olores de los residuos de

anestesia, algunas veces pueden originarse problemas debido a estos en los cuartos de recuperación. Debe suministrarse un balance adecuado de presiones con respecto a las áreas adyacentes.

9.1.4.- Depósitos de Anestesia.

Los depósitos de anestesia deben ventilarse de acuerdo con el estándar 99 – 87 de la N.F.P.A., para las instituciones de cuidados sanitarios. Sin embargo, se recomienda solamente ventilación mecánica.

9.1.5.- Sala de Faena Limpia.

La sala de faena limpia funciona como depósito y centro de distribución de los suministros limpios y debe ser mantenida con una presión positiva con respecto a los pasillos.

9.1.6.- Sala de Faena Sucia.

La sala de faena sucia sirve principalmente como un punto de recolección de materiales y utensilios sucios. Esta se considera un espacio contaminado y debe mantenerse bajo una presión relativa que sea negativa con respecto a las áreas adyacentes. La temperatura y humedad deben suministrarse de acuerdo al rango de confort.

9.1.7.- Sala de Parto.

Los procedimientos para partos normales son considerados no invasivos y para este caso las salas son tratadas similarmente a las habitaciones de hospitalización. Algunas dependencias pueden necesitar tasas de cambios de aire más altas que una sala para pacientes típica. En cambio, con los métodos invasivos tal como las cesáreas, requieren que en estas intervenciones sean practicadas en salas semejantes a las de cirugía.

9.1.8.- Esterilización y Central de Suministros.

A esta unidad son llevados los utensilios, instrumentos y equipos usados y contaminados para ser limpiados a fin de permitir su posterior reutilización. La unidad usualmente está compuesta de una unidad de limpieza, un área de esterilización y un depósito donde los suministros son almacenados hasta que son solicitados por algún servicio. En aquellos sitios donde esta área se ubica en un solo espacio, el aire debe fluir desde el almacén y área de esterilización hacia las áreas de limpieza que están más contaminadas. La presión relativa debe estimarse de acuerdo a lo indicado en la tabla 5. La temperatura y humedad deben estar dentro del rango de confort los siguientes lineamientos son importantes para la unidad de esterilización y suministros:

- Aislar los esterilizadores en esta área para minimizar la carga térmica sobre el sistema.
- Los equipos de esterilización deben contar con ventiladores empotrados para remover el exceso de calor.
- En aquellos sitios donde se use esterilizadores de óxido de etileno (E.T.O.) debe suministrarse un sistema de extracción separado con ventilador terminal (Samuals y Eastin 1.980, citado por A.S.H.R.A.E.). Debe diseñarse el extractor con una velocidad de captura adecuada en las cercanías de las fuentes de escape del óxido de etileno. Debe instalarse un extractor a las puertas del esterilizador y sobre el drenaje del esterilizador. Debe airearse adecuadamente la sala de servicios. También debe dotarse al sistema de extracción con sensores de lujo y alarmas para detectar concentraciones de óxido de etileno sobre lo permitido.
- Los esterilizadores de óxido de etileno deben ubicarse en áreas dedicadas y que tengan una presión relativa muy negativa con relación a las áreas adyacentes. En muchas localidades se exige que los sistemas de extracción para los esterilizadores de óxido de etileno tengan un equipamiento que

permita remover este contaminante del aire que se va evacuar, con el objeto de minimizar el impacto al ambiente externo.

- Mantener el área del almacén de suministros esterilizados a una humedad relativa menor a 50 %.

10.- FUENTES INFECCIOSAS Y MEDIDAS DE CONTROL.

En esta parte se presentarán las distintas fuentes y tipos de infecciones que se presentan dentro del área de quirófanos y las cuales afectan al paciente después de la intervención quirúrgica, y sus posibles medidas de control.

10.1.- Infecciones Bacterianas.

Entre las bacterias que son altamente infecciosas y que pueden ser transportadas por el aire o por medio de la mezcla de aire y vapor se tienen la *Mycobacterium Tuberculosis* y la *Legionella Pneumophilia* (enfermedad del legionario). Wells (1.934, citado por A.S.H.R.A.E.) mostró que los gérmenes o agentes infecciosos que son menores a 5 μm pueden flotar en el aire indefinidamente. Isoard (1980) y Luciano (1.984), ambos citados por A.S.H.R.A.E. (1.991) han demostrado que 99,9 % de todas las bacterias presentes en un hospital pueden ser removidas con filtros con eficiencia entre 90 y 95 % tomando como base la norma de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (A.S.H.R.A.E.) Standard 52-76. Esto se debe a que las bacterias típicamente se presentan en colonias formando unidades que pueden tener hasta 1 μm de longitud. Algunas autoridades recomiendan el uso de filtros H.E.P.A. que tengan pruebas de eficiencia de filtrado D.O.P. de 99,97 % en áreas de seguridad.

10.2.- Infecciones Virales.

Entre los virus que son transportados por el aire se tienen la Varicela y la Rubéola. Evidencias epidemiológicas y otros estudios indican que los virus

infecciosos llevados por el aire son tan pequeños que se desconocen técnicas de filtrado efectivas. Se ha procurado desactivar estos virus utilizando luz ultravioleta y aerosoles químicos, los cuales hasta ahora no han probado ser confiables o suficientemente efectivos como para ser recomendados como el mejor mecanismo o como una medida de control primario contra las infecciones por virus o bacterias. Por consiguiente los cuartos o antesalas de aislamiento empleando presiones de ventilación apropiadas constituyen el mejor método para prevenir la difusión de virus que pueden ser transportados por el aire en los ambientes hospitalarios.

10.3.- Moho.

Los estudios indican que algunos tipos de moho, tal como el *Aspergillus*, pueden ser fatales para casos de leucemia avanzada, para transplantados de médula ósea y otros casos de pacientes con inmunodeficiencias.

10.4.- Tomas de Aire Fresco.

Estas tomas deben localizarse de manera práctica y con orientaciones distintas cuando sea posible, pero nunca a menos de 9 m de los escapes o salidas de equipos de combustión o chimeneas, de las descargas de los sistemas de ventilación del hospital o edificaciones adyacentes, de los sistemas de vacío médico-quirúrgicos, respiraderos de las cañerías o de áreas donde se pueden acumular gases procedentes de escapes de vehículos y otras emanaciones que sean nocivas. Los difusores de aire fresco deben estar separados, de manera conveniente, a las rejillas por donde se extrae el aire consumido para su recirculación. La parte inferior de las salidas de aire fresco deben ser localizadas a una altura práctica pero nunca inferior a 1,8 m sobre el nivel del piso, si es instalado sobre el techo a 0,9 m sobre el nivel del mismo.

Si las tomas del aire fresco que se ingresa en el centro clínico están apropiadamente localizadas y las áreas adyacentes a las entradas de aire fresco son mantenidas correctamente, puede considerarse que el aire fresco, en comparación

con el aire de los cuartos y demás recintos, está virtualmente libre de virus y bacterias. Generalmente, los problemas de control de infecciones se relacionan con una fuente infecciosa dentro del propio hospital. Entonces, puede afirmarse que los sistemas de ventilación se deshacen de los agentes infecciosos que son transportados por el aire del ambiente hospitalario, cuando estos sistemas han sido correctamente diseñados, construidos, instalados y se les realiza el mantenimiento idóneo procurando asegurar las relaciones de presión correctas entre las distintas áreas y dependencias de la edificación.

10.5.- Temperatura y Humedad.

Estas variables son importantes ya que pueden inhibir o promover el crecimiento de bacterias y la activación o desactivación de virus. Algunas bacterias tal como la Legionella Pneumophila son generalmente transportadas por la humedad y sobreviven fácilmente en ambientes húmedos. Varios códigos y principios especifican los rangos de temperatura y humedad para algunas áreas hospitalarias como medida para el control de infecciones, además de considerar los criterios de confort.

10.6.- Calidad del Aire.

Los sistemas de ventilación pueden proveer aire prácticamente libre de polvo, suciedad, olores, químicos y partículas radiactivas. En muchos casos, la calidad del aire fresco es crítica para pacientes que sufren de condiciones cardio – pulmonares o de deficiencias respiratorias o pulmonares. Para esos casos, debe considerarse sistemas que proveen la máxima recirculación de aire admisible de forma intermitente.

10.7.- Descargas de Aire.

Las descargas del aire removido del hospital deben estar localizadas a un mínimo de 3 m sobre la tierra, lejos de las áreas ocupadas o de puertas o ventanas

abiertas. La ubicación preferida para las descargas de aire es el techo proyectándolas hacia arriba u horizontalmente lejos de las tomas de aire fresco. Debe tenerse cuidado de instalar tomas de aire fresco en espacios muy contaminados como estacionamientos, sala de fumadores, cabinas de seguridad biológica, cocinas y depósitos de pinturas y otros solventes. Debe considerarse la dirección del viento, edificios adyacentes, además de otros aspectos. Ver manual de equipamiento de A.S.H.R.A.E. 1.988.

11.- MOVIMIENTO DEL AIRE.

Los datos colocados en la tabla 4 ilustran el grado de contaminación que puede ser diseminada en el aire del ambiente hospitalario por algunas de las tantas actividades rutinarias que se realizan en el cuidado normal de los pacientes. De igual forma, el conteo bacterial hecho en los vestíbulos indica claramente la expansión de esta contaminación.

| Item | Conteo por Metro Cúbico | |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | Dentro del Cuarto del Paciente | Vestíbulo cercano a la Habitación |
| Etapa previa | 1200 | 1060 |
| Durante el cambio | 4940 | 2260 |
| 10 min. después | 2120 | 1470 |
| 30 min. Después | 1270 | 950 |
| Mucho después | 560 | |
| Cambio normal | 3520 | |
| Cambio Vigoroso | 6070 | |

Tabla 4. Influencia del cambio (hechura) de cama sobre el conteo de bacterias llevadas por el aire en un hospital.

A causa de estas actividades y del resultado de la dispersión de las bacterias, los sistemas de manejo de aire deben poder controlar el movimiento del aire con el fin de minimizar la expansión de la contaminación.

El flujo de aire controlado en los hospitales y en otras instituciones clínicas debe considerarse como un factor importante en el diseño y operación del sistema. Frecuentemente es difícil controlar el flujo de aire no deseado entre cuartos y pisos, debido a las puertas abiertas, la circulación del personal y los pacientes, las diferencias de temperatura y el acentuado efecto chimenea por los pasillos verticales tal como las escaleras, los cubos de ascensor y otros espacios comunes en los hospitales. Mientras que algunos de estos factores están más allá del control práctico, los efectos de otros pueden ser minimizados o atenuados mediante la instalación de puertas y cierres en las habitaciones, y por el diseño y balance de los sistemas de aire acondicionado y ventilación para crear presiones de aire positivas o negativas dentro de ciertas áreas.

Por ejemplo, los sistemas que abastecen a las áreas muy contaminadas o contagiosas tal como las salas de inmunología y las salas de autopsia deben mantener una presión interna que puede ser negativa o positiva con respecto a las áreas adyacentes y pasillos, Murray (1.988, Citado por A.S.H.R.A.E.). Estas presiones se obtienen supliendo mayores o menores volúmenes de aire al área de las que son extraídas. En el caso de las presiones negativas, esto inducirá un flujo de aire dentro del área en torno al perímetro de las puertas y así evitar un flujo de aire que salga del recinto. Los quirófanos son un ejemplo de una condición contraria. En esta área se requiere que el aire esté libre de contaminación, por lo cual se hace relativamente presurizada con respecto a las salas adyacentes o corredores para evitar cualquier movimiento del aire desde estas áreas contaminadas hacia la sala de operaciones.

Estos diferenciales de presión del aire solamente pueden ser mantenidos en espacios completamente cerrados, por lo que es muy importante lograr una obstrucción o cierre razonable de todas las puertas y entradas para evitar el paso de aire no tratado. Cuando se abre una puerta entre dos áreas se reduce

instantáneamente cualquier diferencial de presión existente entre ellas, degradando o hasta anulando la efectividad de la diferencia de presión. Esto último trae como consecuencia que se produzca un intercambio natural de aire.

Para las áreas críticas se requiere el mantenimiento de presiones diferentes a la de los espacios adyacentes, mientras el personal se mueva entre estos espacios o áreas, el uso de antecámaras de esterilización o cierres adecuados se recomienda para estos casos.

En general, es recomendable que los escapes de aire para áreas sensiblemente ultra limpias, además de áreas muy contaminadas, sean ubicadas cerca del piso. Esto suministra un movimiento hacia abajo del aire limpio atravesando el ambiente y las zonas de trabajo hasta el piso para extraer el aire contaminado. A este respecto, la parte superior de las rejillas de salida de este aire contaminado no deben estar por debajo de 75 mm del nivel del piso.

El concepto de flujo de aire laminar desarrollado para la limpieza de salas industriales ha llamado la atención a algunas autoridades sanitarias. Sin embargo, otras autoridades no apoyan el concepto de flujo laminar para quirófanos pero se inclinan por sistemas de aire similares a estos para dichos espacios.

El flujo de aire laminar en los quirófanos se le define como el flujo de aire que es predominantemente unidireccional cuando no es obstaculizado.

Este régimen del movimiento de aire es comúnmente alcanzado a una velocidad de $0,46 \pm 0,10$ m/s.

Estos sistemas de flujo laminar prometen aplicaciones importantes en áreas usadas para el tratamiento de pacientes que son muy susceptibles a las infecciones, entre los que pueden incluirse los que han sufrido muchas quemaduras y los que sufren terapias por radiación, quimioterapia, trasplantes de órganos, amputaciones y reemplazo de miembros.

Unidades tipo banco pueden ser utilizados para grandes extensiones de área tales como la farmacia, depósitos de lencería y laboratorios.

11.1.- Relaciones de Presión y Ventilación.

La tabla 5 contiene los estándares de ventilación para el confort, además para el control aséptico y de olores, en aquellas áreas delicadas de los hospitales que afectan el cuidado que se presta a los pacientes. La tabla 9 no refleja necesariamente los criterios de D.H.H.S. u otros grupos. Sin embargo, especifica donde encontrar otros criterios de diversos organismos, referidos en otras literaturas. Para establecer los niveles de ventilación para la toma de aire fresco con calidad aceptable se hace de acuerdo con el estándar 62 – 1.989 de A.S.H.R.A.E., cuando los estándares específicos no son dados. En algunos casos, deben usarse los valores altos de la tabla 5 en lugares donde se requiere de altos volúmenes de aire fresco, tal como es citado en el estándar 62 – 1.989 de A.S.H.R.A.E. Las áreas de cuidados para pacientes especiales, incluidas las unidades de transplantados de órganos y unidades para quemados, deben tener apropiados volúmenes de ventilación para el control de la calidad del aire.

El diseño de los sistemas de ventilación deben, a medida que sea posible, suministrar un movimiento al aire que vaya desde las áreas más limpias a las menos limpias. En las áreas de cuidados críticos, deben emplearse sistemas de volumen constante para asegurar la ventilación y la relación de presiones apropiadas, exceptuando las salas no ocupadas. En las áreas de cuidado para pacientes no críticos y espacios para el personal, debe considerarse el uso de sistemas de volumen de aire variable para ahorrar energía. Cuando los sistemas de volumen de aire variable son usados dentro del hospital, debe tomarse un especial cuidado para asegurarse que la tasa de ventilación mínima, como la requerida por los códigos, sea mantenida, y que la relación de presiones entre las distintas dependencias también se mantenga. Debe emplearse un método para controlar el volumen de aire que entra, va al retorno y es extraído a fin de garantizar la relación de presiones cuando se utilizan sistemas de volumen de aire constante, Lewis (1.988). En la tabla 9, las áreas que requieren de controles direccionales continuos se indican con P, N o E,

para presiones positivas, negativas o iguales. Donde se usa \pm , no hay requerimientos para controles direccionales continuos.

El número de cambios de aire puede ser reducido en 25 % cuando el recinto está desocupado, si se toman las previsiones para asegurar que el número de cambios de aire indicado sea restablecido cuando el área es ocupada, y procurando que la relación de presión para aislar dicha área sea mantenida cuando la carga de aire es reducida.

Las áreas no indicadas, a medida que necesitan del control direccional continuo deben poseer sistemas de ventilación cerrados cuando el espacio está desocupado y no es necesaria la ventilación.

Debido a lo difícil de la limpieza y a la potencial acumulación progresiva de contaminación, las unidades con aire recirculado no deben ser utilizadas en las áreas señaladas con "NO".

En los casos que sea posible, para la máxima conservación de energía debe considerarse un método eficiente de conversión de calor.

11.2.- Control de Humo.

Cuando el sistema de ventilación es proyectado, deben considerarse las estrategias para el control del humo. Los sistemas pasivos se soportan en ventiladores apagados, particiones para el humo y fuego, y ventanas que se pueden abrir. En este caso debe atenderse a la posible penetración de humo por los ductos.

Los sistemas de control de humo activos usan ventiladores para aquellas áreas con presiones positivas y negativas que, no solo con las particiones de humo y fuego, limitan la extensión del humo. Los sistemas de ventilación son una forma de remover el humo de sitios donde debe extraerse productos de la combustión por medios mecánicos. Como el diseño de los sistemas de control activo del humo están continuamente evolucionando, el ingeniero y las autoridades calificadas deberían determinar con cuidado la operación y configuración de estos sistemas. Referirse al capítulo 42, N.F.P.A. 90 A, N.F.P.A. 92 A y N.F.P.A. 101.

| Función del Espacio | Presión relativa con respecto a las áreas adyacentes | Cantidad de ingreso mínima de aire fresco por hora | Cantidad mínima de cambios de aire por hora | Todo el aire consumido se descarga al exterior | Unidad con recirculación interna |
|--|--|--|---|--|----------------------------------|
| CIRUGIA Y CUIDADOS CRITICOS | | | | | |
| Quirófanos (todo aire) | P | 15 | 15 | Sí | No |
| Quirófanos (con recirculación) | P | 5 | 25 | Opcional | No |
| Sala de partos (todo aire) | P | 15 | 15 | | |
| Sala de partos (con recirculación) | P | 15 | 15 | | |
| Sala de recuperación | E | 2 | 6 | Opcional | No |
| Retén | P | 5 | 12 | Opcional | No |
| Sala de trauma | P | 5 | 12 | Opcional | No |
| Depósito de anestesia | ± | Opcional | 8 | Sí | No |
| HOSPITALIZACION | | | | | |
| Habitaciones de pacientes | ± | 2 | 4 | Opcional | Opcional |
| Baños | N | Opcional | 10 | Sí | No |
| Cuidados intensivos | P | 2 | 6 | Opcional | No |
| Aislamiento | ± | 2 | 6 | Sí | No |
| Cuarto o antesala de aislamiento | ± | 2 | 10 | Sí | No |
| Trabajo/parto/recuperación/ post parto | E | 2 | 4 | Opcional | Opcional |
| Pasillos de áreas de hospitalización | E | 2 | 4 | Opcional | Opcional |
| SERVICIOS AUXILIARES | | | | | |
| Radiología | | | | | |
| Rayos X Cirugía y cuidados críticos | P | 3 | 15 | Opcional | No |
| Rayos X Diagnóstico y tratamiento | ± | 2 | 6 | Opcional | Opcional |
| Cuarto oscuro | N | 2 | 10 | Sí | No |
| Laboratorios generales | N | 2 | 6 | Sí | No |
| Laboratorio de bacteriología | N | 2 | 6 | Sí | No |
| Laboratorio de bioquímica | P | 2 | 6 | Opcional | No |
| Laboratorio de citología | N | 2 | 6 | Sí | No |
| Laboratorio de histología | N | 2 | 6 | Sí | No |
| Laboratorio de medicina nuclear | N | 2 | 6 | Sí | No |
| Laboratorio de patología | N | 2 | 6 | Sí | No |
| Laboratorio de serología | P | 2 | 6 | Opcional | No |
| Laboratorio de esterilización | N | Opcional | 10 | Sí | No |
| Sala de autopsia | N | 2 | 12 | Sí | No |
| Sala de cuerpos no refrigerados | N | Opcional | 10 | Sí | No |
| Farmacia | P | 2 | 4 | Opcional | Opcional |

| DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO | | | | | |
|--|-------|-----------|----|----------|----------|
| Sala de exámenes | \pm | 2 | 6 | Opcional | Opcional |
| Sala de medicación | P | 2 | 4 | Opcional | Opcional |
| Sala de tratamiento | \pm | 2 | 6 | Opcional | Opcional |
| Fisioterapia e hidroterapia | N | 2 | 6 | Opcional | Opcional |
| Sala de faena sucia | N | 2 | 10 | Sí | No |
| ESTERILIZACION Y SUMINISTROS | | | | | |
| Sala de esterilización | N | Opcional | 10 | Sí | No |
| Central médica y suministros quirúrgico: | N | Opcional | 10 | Sí | No |
| Área de descontaminación o sucia | N | 2 | 6 | Sí | No |
| Faena limpia y material estéril | P | 2 | 4 | Opcional | Opcional |
| Depósito de equipos | \pm | 2(Opcio.) | 2 | Opcional | Opcional |
| SERVICIOS | | | | | |
| Cocinas | \pm | 2 | 10 | Sí | No |
| Área de lavaplatos | N | Opcional | 10 | Sí | No |
| Depósito de alimentos de dieta diaria | \pm | Opcional | 2 | Opcional | No |
| Lavandería | N | 2 | 10 | Sí | No |
| Depósito de lencería sucia | N | Opcional | 10 | Sí | No |
| Depósito de lencería limpia | P | 2(Opcio.) | 2 | Opcional | Opcional |
| Sala de baño | N | Opcional | 10 | Opcional | No |

P: Presión Positiva, N: Presión Negativa, \pm : No Requiere de Control de Presión Diferencial.

Tabla 5. Relación de Presiones Relativas y Ventilación en Diversas Áreas del Hospital.

11.3.- Flujo Laminar.

El flujo laminar es definido por el estándar federal 209 como un flujo de aire en el cual el volumen entero de aire dentro del cuarto sale a una velocidad uniforme a lo largo de líneas paralelas con un mínimo de turbulencia. El estándar requiere que el porcentaje de flujo de aire deberá ser 90 pies/min \pm 20, lo que representa un límite entre el confort humano y un razonable tiempo calculado para eliminar las partículas del aire.

Esta velocidad quita las partículas en segundos, antes que ellas se conviertan en impurezas del aire y no permite que se acumulen ni se posen. Las partículas son llevadas afuera del cuarto con flujo laminar tan rápido como ellas son generadas.

El nivel de contaminación se mide por el número de partículas por pie cúbico y no por el número de bacterias ya que éstas son inmóviles y van adheridas a las

partículas. En un cuarto con flujo laminar las partículas que están cerca del piso son llevadas a lo largo del mismo nivel, nunca son elevadas y esto evita la contaminación del área de trabajo.

11.3.1.- Ventajas del Flujo Laminar.

- Proveen una ultra limpieza del cuarto sin turbulencias del aire.
- Capacidad para limpieza automática.
- Eliminan la contaminación.
- No requieren duchas de aire, encierros de aire ni complicados pasadizos o entradas.
- La operación de costos es más baja debido a la reducción de requerimientos de sanidad.

Hay dos configuraciones básicas de flujo laminar:

- Flujo bajo o flujo laminar vertical.
- Flujo cruzado o flujo laminar horizontal.

11.3.2.- Requerimientos Fundamentales para el Diseño de Flujo Laminar.

El aire deberá fluir con velocidad y dirección uniformes a través de cualquier sección de corte del cuarto.

Todas las entradas de aire hacia el cuarto deberán pasar a través de filtros H.E.P.A. Para este fin se requieren los componentes básicos de cuartos limpios, tales como:

- Sistema de distribución del aire; consiste en tubería y recolectores.
- Aditamentos mecánicos tales como ventiladores y acondicionadores de aire y sistema de filtración.

El tamaño y configuración de los componentes del cuarto requieren solamente que las superficies de las paredes interiores sean totalmente paralelas a la dirección

del flujo del aire y las paredes deben tener un mínimo de protuberancias, bordes, asperezas o cualquier obstrucción en la circulación del aire.

11.4.- Control de Olores.

Existe un gran número de mecanismos para el control de los olores producidos en un ambiente, sin embargo solamente han logrado importancia los siguientes:

- La ventilación con aire exterior libre de olores, de acuerdo a las normas de ventilación.
- La utilización de carbón activado para purificar el aire exterior y/o el aire de recirculación. El carbón activado es obtenido mediante procesos especiales de la cáscara de coco o del carbón de leña. El carbón activado se puede presentar en paneles como los filtros. La cantidad de gas orgánico removido está regido, entre otros factores, por la densidad del carbón. El carbón es reactivado, después de su utilización, a una alta temperatura mediante vapor. El carbón no sirve como filtro de aire pero se protege por medio de prefiltros. El carbón activado reduce los niveles de olor del aire de recirculación disminuyendo por lo tanto la cantidad de aire exterior requerida.
- El uso del ozono para la purificación del aire.

12.- INSTALACIÓN DE FILTROS.

Todos los sistemas de ventilación y aire acondicionado central deben ser equipados con filtros cuya eficiencia no debe ser inferior a la indicada en la tabla 6. Cuando se indique emplear 2 filtros, el filtro No. 1 debe ubicarse en el flujo de aire antes del equipo de aire acondicionado y el filtro No. 2 debe colocarse aguas abajo después del ventilador y de cualquier sistema de humidificación. Deben seguirse ciertas precauciones para prevenir la humedad en el medio filtrante por la condensación desde los humidificadores.

En las aplicaciones donde se indica colocar un solo filtro, este debe ser colocado aguas arriba del equipo de aire acondicionado. Todas las eficiencias de los filtros se indican según los estándares 52 – 76 de la A.S.H.R.A.E.

A continuación se presentan unas indicaciones para la instalación de filtros en los hospitales:

- Los filtros H.E.P.A. con ensayos de eficiencia D.O.P. de 99,97 % deben ser usados en los sistemas de suministro de aire para las salas y habitaciones empleadas para el tratamiento de pacientes con una alta susceptibilidad a infecciones incluyendo casos como la Leucemia, quemaduras, transplantes de médula ósea, transplantes de órganos hasta enfermos del Síndrome de inmunodeficiencia Adquirida (S.I.D.A.). Estos filtros también deben emplearse a las descargas de aire desde incineradores o cabinas de seguridad en los cuales materiales infecciosos o altamente radioactivos son procesados. Estos filtros deben ser diseñados e instalados para permitir su fácil remoción, reparación y sustitución de las piezas contaminadas o agotadas.
- Todos los filtros deben ser instalados para prevenir grietas o infiltraciones entre los segmentos del filtro o entre el alojamiento del filtro y su soporte o marco. Una pequeña grieta que permita que algún aire contaminado escape a la acción del filtro, puede incapacitar la efectividad del mejor limpiador de aire.
- Se debe instalar un manómetro o dispositivo en el sistema de filtrado para obtener una lectura de la caída de presión a través del banco de filtros. Esta acción permite conocer con más exactitud cuando debe ser reemplazado el filtro, y es más efectivo que una simple inspección visual.
- Los filtros de alta eficiencia deben ser instalados en el sistema de tal manera que permitan su mantenimiento externo evitando introducir contaminantes en el área servida.
- Debido a que los filtros de alta eficiencia son costosos, los hospitales deben proyectar la vida del filtro y los costos de reposición e incorporar estos en sus presupuestos de operaciones.

- Durante la construcción, las aperturas en los ductos y difusores deben estar selladas para prevenir la entradas de polvo, sucio y materiales peligrosos. Tal contaminación provee un medio para el crecimiento de agentes infecciosos. Los filtros instalados y los filtros nuevos pueden ser contaminados rápidamente por construcciones sucias o poco cuidadosas.

| Número Mínimo de Filtros | Designación del Área | Eficiencia del Filtro % | | |
|--------------------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | Filtro No. 1 ^a | Filtro No. 2 ^b | Filtro No. 3 ^c |
| 3 | Quirófanos para: trasplantes de médula ósea, para trasplantes de órganos e intervenciones ortopédicas. | 25 | 90 | 99,97 |
| 2 | Quirófanos para procedimientos generales. Salas de parto. Retenes Unidad de terapia intensiva Salas de cuidados y recuperación, Tratamiento y diagnóstico. | 25 | 90 | |
| 1 | Laboratorios Depósitos estériles | 80 | | |
| 1 | Áreas de preparación de alimentos Lavanderías Administración y oficinas Depósitos grandes Áreas de faena sucia | 25 | | |

^a Basado en A.S.H.R.A.E. Standard 52-76.

^b Basado en prueba D.O.P.

^c Filtros HEPA para aire a la salida.

Tabla 6. Eficiencia de los Filtros para Sistemas de Ventilación y Aire Acondicionado en Hospitales Generales.

**PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA DE
ACONDICIONAMIENTO DE AIRE**

1.- DÍAS CRÍTICOS DE DISEÑO.

Se recomienda el cálculo de la carga térmica del ambiente, de acuerdo a la orientación de sus paredes exteriores y vidrios exteriores en los siguientes días:

| ORIENTACIÓN | FECHA | HORA |
|--------------------|--------------------------|-------------|
| Norte | 21 Junio | 4 p.m. |
| Noreste | 21 Junio | 10 a.m. |
| Este | 21 Septiembre – 21 Marzo | 10 a.m. |
| Sureste | 21 Diciembre | 10 a.m. |
| Sur | 21 Diciembre | 12 m |
| Suroeste | 21 Diciembre | 4 p.m. |
| Oeste | 21 Septiembre – 21 Marzo | 4 p.m. |
| Noroeste | 21 Junio | 4 p.m. |

Tabla 7. Días Críticos de Diseño.

Así mismo:

Si por lo menos el 30 % de las áreas del techo son insoladas se deben agregar las horas 4 p.m. y 6 p.m.

Si las áreas de vidrio, orientación este, son mayores del 20 % de las áreas totales de paredes exteriores en la misma orientación se debe agregar 21 Septiembre – 21 Marzo a las 8 a.m. como día adicional de cálculo (cohen tomo 1 pag 77).

2.- GANANCIA TÉRMICA DE RADIACIÓN SOLAR EN EL AMBIENTE.

En un módulo de ventana, provisto de protecciones solares, recibiendo insolación, en un instante determinado, se presenta, generalmente, una zona en sombra y el resto del módulo insolado, de áreas A_{vs} y A_{vi} respectivamente; sobre la zona insolada incide radiación directa y difusa mientras que solamente radiación difusa incide sobre la zona en sombra.

Se tendrá, como carga de enfriamiento requerida:

$$HR = A \times FS \times FGCS \times FCE \dots \dots \dots (1)$$

Siendo:

HR : carga térmica de radiación, BTU/hr.

A : área total de vidrio, pie².

FS : factor de implementos de sombra. Ver anexo 7.

FGCS : factor de ganancia de calor solar, BTU/(hr x pie²).

- Insolación total : ver anexo 9.
- Sombra total : ver anexo 10.
- Insolación parcial : ver anexo 11.

FCE : factor de carga de enfriamiento. Ver anexo 12.

2.1.- Protecciones Solares.

Estudiaremos a continuación, figura 3, el caso de un módulo de ventana provisto de parales verticales y de un alero horizontal.

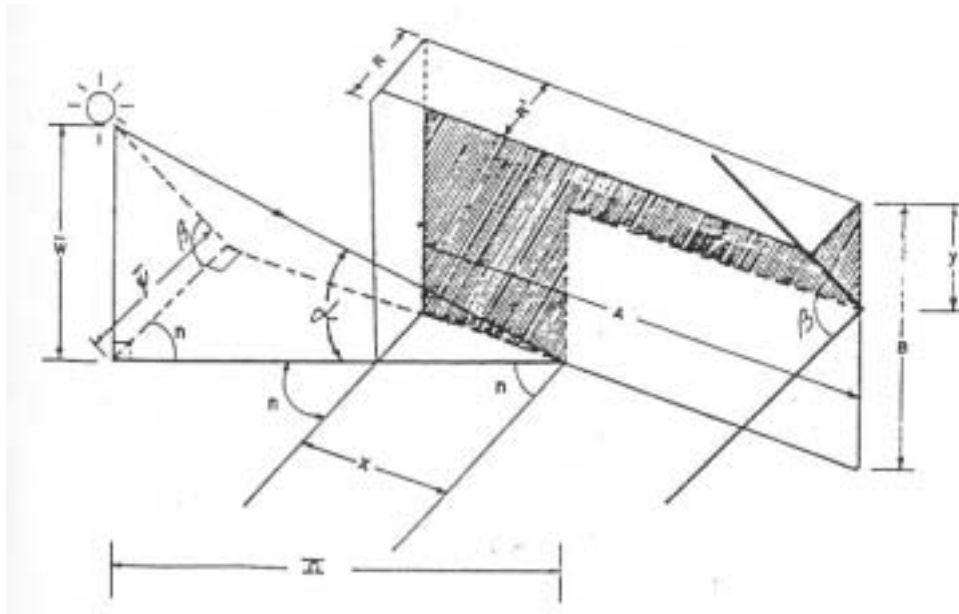


Figura 3. Insolación Producida en un Módulo de Ventana Provisto de Artefactos Exteriores de Sombra.

De la figura 3 obtenemos lo siguiente:

$$y = R' \times (\text{Tg}(\alpha) / \text{Cos}(n)) \dots \dots \dots (2)$$

Por otra parte:

$$X = R \times \text{Tg} (n) \dots\dots\dots (3)$$

Siendo:

X : Sombra Horizontal Producida por el Paral Vertical.

y : Sombra Vertical Producida por el alero Horizontal.

Así mismo, de la figura 3 se tiene:

$$A_{vs} = (A \times y) + (B - y) \times X \dots\dots\dots (4)$$

$$A_{vi} = (A \times B) - A_{vs} \dots\dots\dots (5)$$

Siendo:

A_{vs} : Área de Vidrio en Sombra.

A, B : Dimensiones Módulo de Ventana.

A_{vi} : Área de Vidrio Insolada.

En base al día y a la hora, y para la latitud de la localidad se determinan los valores de altitud solar y de azimut solar (ver tabla 8). Se deberá considerar:

a) Para las orientaciones norte, noreste, este y sureste:

$$n = z - m, \text{ desde las 8 a.m. hasta las 11:59 a.m.}$$

$$n = z + m, \text{ desde las 12 m hasta las 6 p.m.}$$

b) Para las orientaciones sur, suroeste, oeste, noroeste:

$$n = z + m, \text{ desde las 8 a.m. hasta las 11:59 a.m.}$$

$$n = z - m, \text{ desde las 12 m hasta las 6 p.m.}$$

| MESES | ÁNGULO | HORA (DÍA) | | | | | |
|---------------------|---------|------------|---------|------|--------|--------|--------|
| | | 8 a.m. | 10 a.m. | 12 m | 2 p.m. | 4 p.m. | 6 p.m. |
| Junio | Altitud | 32° | 58° | 77° | 58° | 32° | 4° |
| | Azimut | 68° | 61° | 0° | 299° | 292° | 293° |
| Septiembre Marzo | Altitud | 30° | 59° | 80° | 59° | 30° | 1° |
| | Azimut | 95° | 106° | 180° | 254° | 265° | 270° |
| Diciembre | Altitud | 23° | 46° | 57° | 46° | 23° | - |
| | Azimut | 121° | 139° | 180° | 221° | 239° | - |

Tabla 8. Ángulos de Altitud y Azimut Solar (10° LN).

En la tabla 9 se presentan los valores de azimut de la pared (m) de acuerdo a su orientación.

Los valores resultantes negativos en los puntos a y b (así como las tangentes y cosenos) deberán considerarse como positivos.

| | | | | | | | | |
|--------------------|----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|
| ORIENTACIÓN | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
| AZIMUT | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 135° | 90° | 45° |

Tabla 9. Azimut de la Pared.

3.- CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN Y RADIACIÓN COMBINADA.

La combinación de conducción, convección y radiación sirve para determinar la transferencia de calor a través de paredes y techos exteriores.

La carga térmica será:

$$H_{c,te/pe} = U \times A \times DT_c \dots \dots \dots (6)$$

Siendo:

$H_{c,te/pe}$: flujo de calor a través del techo o pared exterior, BTU/hr.

U : coeficiente total de transmisión de calor, pared o techo exterior, BTU/(hr x pie² x °F).

A : área total del techo o pared exterior, pie².

DT_c : diferencia de temperatura, °F.

En el anexo 15 se presentan las características térmicas de materiales comúnmente utilizados.

En el anexo 16 se presentan valores de diferencias de temperatura para un grupo de paredes y techos exteriores, para determinadas condiciones.

En el anexo 17 se presentan las correcciones necesarias para las diferencias de temperatura, por latitud y mes del año.

4.- CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN.

Este tipo de ganancia térmica por conducción y convección se tiene en vidrios exteriores y en los lugares internos que tengan recintos adyacentes no acondicionados.

4.1.- Vidrios Exteriores.

La carga de enfriamiento requerida debido a la ganancia de calor por conducción y convección por vidrios exteriores se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_{c,ve} = U_{ve} \times A_{ve} \times DT_c \dots\dots\dots(7)$$

Siendo:

$H_{c,ve}$: flujo de calor a través del vidrio exterior, BTU/hr.

U_{ve} : coeficiente total de transmisión de calor, vidrio exterior, BTU/(hr x pie² x °F).

A_{ve} : área total de vidrio exterior, pie².

DT_c : diferencia de temperatura para la carga de enfriamiento, °F. Ver anexo 13 y ecuación de corrección.

4.2.- Vidrios Interiores.

El diferencial de temperatura para vidrios interiores, al igual que para techo, piso, paredes, y puertas interiores se selecciona como la diferencia entre la temperatura exterior de diseño (T_E) y la temperatura interior del ambiente (T_r) menos 5 °F cuando los lugares adyacentes, no acondicionados, tienen por lo menos ventilación natural y no presentan una fuente apreciable de calor.

Se tendrá:

$$H_{c,vi} = U_{vi} \times A_{vi} \times (T_E - T_r - 5) \dots\dots\dots(8)$$

Siendo:

$H_{c,vi}$: flujo de calor a través del vidrio interior, BTU/hr.

U_{vi} : coeficiente total de transmisión de calor, vidrio interior, BTU/(hr x pie² x °F).

A_{vi} : área total de vidrios interiores adyacentes a ambientes no acondicionados, pie².

4.3.- Techo Interior.

La ganancia térmica a través de techo interior se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_{c,ti} = U_{ti} \times A_{ti} \times (T_E - T_r - 5) \dots \dots \dots (9)$$

Siendo:

$H_{c,ti}$: flujo de calor a través del techo interior, BTU/hr.

U_{ti} : coeficiente total de transmisión de calor, techo interior, BTU/(hr x pie² x °F).

A_{ti} : área total de techo interior, pie².

4.4.- Piso Interior.

La ganancia térmica a través de piso interior se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_{c,si} = U_{si} \times A_{su} \times (T_E - T_r - 5) \dots \dots \dots (10)$$

Siendo:

$H_{c,si}$: flujo de calor a través del piso interior, BTU/hr.

U_{si} : coeficiente total de transmisión de calor, piso interior, BTU/(hr x pie² x °F).

A_{su} : área total de piso interior, pie².

4.5.- Paredes Interiores.

La ganancia térmica a través de paredes interiores se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_{c,pi} = U_{pi} \times A_{pi} \times (T_E - T_r - 5) \dots \dots \dots (11)$$

Siendo:

$H_{c,pi}$: flujo de calor a través de pared interior, BTU/hr.

U_{pi} : coeficiente total de transmisión de calor, pared interior, BTU/(hr x pie² x °F).

A_{pi} : área total de pared interior, pie².

4.6.- Puertas Interiores.

La ganancia térmica a través de puertas interiores se determina mediante la siguiente ecuación:

$$H_{c,di} = U_{di} \times A_{di} \times (T_E - T_r - 5) \dots \dots \dots (12)$$

Siendo:

$H_{c,di}$: flujo de calor a través de puerta interior, BTU/hr.

U_{di} : coeficiente total de transmisión de calor, puerta interior, BTU/(hr x pie² x °F).

A_{di} : área total de puertas interiores que dan acceso a ambientes no acondicionados, pie².

5.- ILUMINACIÓN.

La carga térmica de iluminación para el ambiente será determinada de la siguiente manera:

$$H_{illum.} = A_{su}^* \times FIL \times a_2 \times C \times FCE \dots \dots \dots (13)$$

Siendo:

$H_{illum.}$: flujo de calor por iluminación, BTU/hr.

A_{su}^* : área de piso, m².

FIL : factor de iluminación, w/m².

a_2 : factor multiplicador dependiente de las características de las luminarias; tiene un valor de 1 para luces incandescentes y de 1,25 para fluorescentes.

C : factor de conversión; 3,412 (BTU/hr)/w.

FCE : factor de carga de enfriamiento, basado en las horas totales de operación y tiempo, así como también del tipo de mobiliario, sistema de suministro y retorno del aire, características constructivas del ambiente y tipo de luminarias. Ver anexo 18.

Si el sistema de aire acondicionado opera solamente durante las horas de ocupación del ambiente, se considera FCE = 1.

6.- PERSONAS.

El número de personas y la actividad que realizarán en el ambiente son datos del usuario o arquitecto, con lo cual se puede definir la disipación metabólica sensible METS y la disipación metabólica latente METL. Ver anexo 26.

Se tendrá:

$$H_{s,pers.} = N^{\circ} \text{ de personas} \times \text{METS} \times \text{FCE} \dots \dots \dots (14)$$

$$H_{l,pers.} = N^{\circ} \text{ de personas} \times \text{METL} \dots \dots \dots (15)$$

Siendo:

$H_{s,pers.}$: flujo sensible de calor por persona, BTU/hr.

$H_{l,pers.}$: flujo latente de calor por persona, BTU/hr.

FCE : factor de carga de enfriamiento, basado en la duración de ocupación y el tiempo desde la entrada al ambiente. Ver anexo 25.

- Si el sistema de aire acondicionado no opera 24 horas y si hay alta densidad ocupacional, como en teatros, se considera FCE = 1.

7.- EQUIPOS.

Para el ambiente en consideración se deberán conocer los equipos a utilizar y sus características.

Se tendrá:

$$H_{s,equipos} = \Sigma \text{ carga sensible de equipos} \times \text{FCE} \times C \dots \dots \dots (16)$$

$$H_{l,equipos} = \Sigma \text{ carga latente de equipos} \dots \dots \dots (17)$$

Siendo:

$H_{s,equipos}$: flujo sensible de calor por equipos, BTU/hr.

$H_{l,equipos}$: flujo latente de calor por equipos, BTU/hr.

C : factor de conversión; 3,412 (BTU/hr)/w.

FCE : factor de carga de enfriamiento, basado en las horas totales de ocupación y tiempo, así como también si se utiliza o no campana de extracción. Ver anexo 25.

La carga latente es considerada cero cuando se utiliza campana sobre los equipos.

8.- MOTORES.

Para el ambiente en estudio, se deberá considerar la ganancia de calor sensible producto de los motores eléctricos, ubicados fuera o dentro del ambiente, que accionan máquinas, ubicadas dentro o fuera del ambiente.

Se tendrá:

$$H_{\text{motores}} = \text{ganancia de calor} \times \text{FCE} \dots \dots \dots (18)$$

Siendo:

H_{motores} : flujo de calor por motores, BTU/hr.

FCE : factor de carga de enfriamiento, basado en las horas totales de operación y tiempo. Ver anexo 25.

- Si el sistema de aire acondicionado no opera continuamente se considera FCE = 1.

9.- INFILTRACIÓN DE AIRE.

El aire que se infiltra en un ambiente a través de puertas o ventanas produce una carga térmica interna sensible y latente.

Ver en la tabla 10 los valores correspondientes a $\text{PCM}_{\text{inf.}}$.

| Componente | Tasa de Infiltración |
|------------|-----------------------|
| Ventanas | 0,75 PCM/ft de fisura |
| Puertas | 1,00 PCM/ft de fisura |

Tabla 10. Tasas Mínimas Recomendadas de Infiltración para Diseño a Través de Ventanas y Puertas.

Determinada la cantidad de aire infiltrado, se tendrá:

$$H_{\text{s,inf.}} = 1,1 \times \text{PCM}_{\text{inf.}} \times (T_E - T_r) \dots \dots \dots (19)$$

$$H_{\text{l,inf.}} = 0,68 \times \text{PCM}_{\text{inf.}} \times (W_E - W_r) \dots \dots \dots (20)$$

Siendo:

$H_{\text{s,inf.}}$: flujo de calor sensible por infiltración, BTU/hr.

$H_{\text{l,inf.}}$: flujo de calor latente por infiltración, BTU/hr.

$\text{PCM}_{\text{inf.}}$: flujo de aire de infiltración, pie^3/min .

$(T_E - T_r)$: diferencial de temperatura, °F.

$(W_E - W_r)$: diferencial de humedad específica, grano/libra.

10.- INFILTRACIÓN DE VAPOR.

En un ambiente puede ocurrir, a través de las paredes, piso, techo, puertas, infiltración de vapor si existe una diferencia apreciable de las presiones parciales de vapor entre el interior y el exterior del ambiente. Esta infiltración, que introduce una carga latente en el ambiente es apreciable para grandes diferencias de humedad específica (superior a 90 granos/libra) y con materiales de construcción con acabados pobres.

Se tendrá:

$$H_{vap.} = S_{vap.} \times \beta \times (W_E - W_r) \dots \dots \dots (21)$$

Siendo:

$H_{vap.}$: carga térmica latente interna debida a infiltración de vapor, BTU/hr.

$S_{vap.}$: superficie de infiltración, pie².

β : permeabilidad de la superficie, BTU/(hr x pie² x (granos/lb)).

$(W_E - W_r)$: diferencial de humedad específica, granos/libra.

11.- AIRE FRESCO.

De acuerdo con normas de renovación de aire, se pueden determinar generalmente los valores distintos para el flujo de aire fresco (se selecciona el mayor):

- En base al número de personas:

$$AF_2 = N^\circ \text{ de personas} \times N_2 \dots \dots \dots (22)$$

Siendo:

AF_2 : flujo de aire fresco, pie³/min.

N_2 : flujo de aire fresco por persona, PCM/persona.

- En base al número de cambios de aire por hora:

$$AF_3 = \text{volumen del ambiente} \times N^\circ \text{ de cambios por hora} \dots \dots \dots (23)$$

Siendo:

AF_3 : flujo de aire fresco, pie³/min.

La carga sensible y latente debida al aire fresco será:

$$H_{s,af.} = 1,1 \times PCM_{af.} \times (T_E - T_R) \dots \dots \dots (24)$$

$$H_{l,af.} = 0,68 \times PCM_{af.} \times (W_E - W_R) \dots \dots \dots (25)$$

Siendo:

$H_{s,af.}$: flujo de calor sensible por aire fresco, BTU/hr.

$H_{l,af.}$: flujo de calor latente por aire fresco, BTU/hr.

$PCM_{af.}$: flujo de aire fresco, pie³/min.

$(T_E - T_R)$: diferencial de temperatura, °F.

$(W_E - W_R)$: diferencial de humedad específica, grano/libra.

12.- VENTILADORES DE LA UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO.

El aire a su paso por los ventiladores de la unidad de aire acondicionado aumenta en entalpía (ya que realiza un trabajo). Este aumento puede ocurrir ya sea con el aire de suministro o con el aire resultante de la mezcla aire de retorno – aire fresco, dependiendo de la posición relativa del ventilador y del serpentín de enfriamiento y deshumidificación.

En el anexo 27 se muestran distintos valores a considerar para la determinación de la ganancia térmica debido al ventilador de insuflación.

Las pérdidas de carga y la diferencia de temperatura de impulsión deben estimarse de una forma aproximada en cada caso que se considera. Los valores admitidos de esta forma deberán verificarse después del cálculo completo de la instalación.

La diferencia de temperatura en la impulsión para las instalaciones de confort está comprendida, generalmente, entre 8 y 14 °C; la altura manométrica del ventilador depende de la importancia del sistema de conductos, del número de codos y transformaciones y, evidentemente, de la velocidad del aire. Se podrá estimar en primera aproximación esta altura manométrica de acuerdo con las siguientes indicaciones:

- Impulsión por pleno (acondicionador autónomo) – 12 a 25 mm c.a.
- Sistema de conductos mediano, instalación a baja velocidad – 20 a 40 mm c.a.

- Sistema de conductos importante, instalación a baja velocidad – 30 a 50 mm c.a.
- Sistema de conductos mediano, instalación a alta velocidad – 50 a 100 mm c.a.
- Sistema de conductos importante, instalación a alta velocidad – 75 a 150 mm c.a (Carrier).

13.- GANANCIA TÉRMICA EN LOS CONDUCTOS DE AIRE.

Debido a la diferencia de temperatura entre el aire transportado y el ambiente que lo rodea, se produce una transferencia de calor a través del ducto, dependiendo del aislamiento térmico y de la velocidad del aire. Esta carga térmica, generalmente es pequeña para ductos de cualquier tipo aislados térmicamente.

Para la determinación de esta ganancia térmica de calor se utilizará el anexo 29, en la que se tiene un diagrama con curvas que se basan en las hipótesis siguientes:

- Diferencia de Temperatura entre el Aire Transportado y el Ambiente: 15 °C.
- Velocidad del Aire en el Conducto: 9 m/s (conducto rectangular).
- Velocidad del Aire en contacto con la Superficie Exterior del Conducto: despreciable.
- Diferencia de Temperatura en la Impulsión: 10 °C.

El eje de ordenadas lleva varias escalas que corresponden a conductos desnudos, conductos cubiertos y conductos calorifugados. Los anexos 30 y 31 dan los coeficientes que deben aplicarse para condiciones de funcionamiento distintas de las expresadas en el anexo 29 (carrier pag 1 – 104 a 1 – 108).

14.- PSICROMETRÍA.

En esta parte se tratará de las propiedades termodinámicas del aire húmedo y del efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y sobre el confort humano mediante la obtención de diferentes factores que determinan dichas propiedades.

14.1- Factor de Carga Sensible Interno.

El factor de calor sensible interno es la relación del calor sensible del ambiente a la suma del calor sensible y calor latente del ambiente siendo expresada de la siguiente forma:

$$FCS_i = H_{si}/(H_{si} + H_{li}) = H_{si}/H_{ti}.....(26)$$

Siendo:

FCS_i : factor de calor sensible interno.

H_{si} : calor sensible interno, BTU/hr.

H_{li} : calor latente interno, BTU/hr.

H_{ti} : calor total interno, BTU/hr.

La condición del aire del ambiente (r) y la del aire de suministro al ambiente (s) pueden representarse en la carta psicrométrica y unirse mediante una línea recta. Ver anexo 32. Esta línea representa el proceso psicrométrico del aire suministrado al ambiente y se conoce como línea de factor de calor sensible interno. La pendiente de esta línea establece la relación de carga sensible (Δh_s) a carga latente (Δh_l) del ambiente, y por lo tanto si el aire suministrado al ambiente compensa estas cargas térmicas se mantendrán las condiciones de temperatura y humedad relativa establecidas para el ambiente.

La línea de factor de calor sensible interno puede trazarse sobre la carta psicrométrica sin conocer las condiciones del aire de suministro, utilizando para ello el FCS_i calculado, las condiciones establecidas para el ambiente (r), la escala de factor de calor sensible y la condición de referencia de la carta psicrométrica.

El procedimiento es el siguiente (ver anexo 33):

- Trácese la línea base que pasa por el punto 1 (condición de referencia) y la división correspondiente al FCS_i calculado (2).
- Paralela a la línea base trácese la línea de factor de calor sensible interno que pasará por la condición del ambiente (r). Esta recta puede prolongarse hasta alcanzar la curva de saturación (r – x).

14.2.- Factor de Calor Sensible Total.

El factor de calor sensible total es la relación del calor sensible total a la suma del calor sensible total y del calor latente total, o sea, la carga térmica total, siendo expresada de la siguiente manera:

$$FCS_t = H_{st}/(H_{st} + H_{lt}) = H_{st}/H_{tt}.....(27)$$

Siendo:

FCS_t : factor de calor sensible total.

H_{st} : calor sensible total, BTU/hr.

H_{lt} : calor latente total, BTU/hr.

H_{tt} : calor total, BTU/hr.

La condición de entrada del aire (m) a la superficie de transferencia de calor (serpentin) y la condición (ss) pueden representarse en la carta psicrométrica y unirse mediante una línea recta. Ver anexo 34. Esta línea representa el proceso psicrométrico del aire a su paso por la superficie de transferencia y se conoce como línea de factor de calor sensible total. La pendiente de esta línea establece la relación entre la carga sensible total (Δh_s) a la carga latente total (Δh_l).

La línea de factor de calor sensible total puede representarse en la carta psicrométrica sin conocer las condiciones de salida del aire de la superficie de transferencia (ver anexo 35); para ello trazamos la recta de FCS_t por la condición de referencia y a continuación la paralela a esta recta que pasa por la condición que representa la entrada a la superficie de transferencia de calor (m).

Obsérvese que la intersección de la línea de FCS_t con la curva de saturación representa la condición de adp. Se llama punto de rocío del aparato o temperatura superficial efectiva.

La intersección de las líneas FCS_i y FCS_t (ver anexo 36) corresponde a la condición del aire de suministro al ambiente (s) y a la condición de salida del aire de la superficie de transferencia (ss), siempre que se desprece la ganancia de calor debida al motor del ventilador y la ganancia de calor en el conducto de transporte del aire, que si son tomadas en cuenta para el cálculo de la carga térmica.

14.3.- Factor de Calor Sensible Efectivo.

El factor de calor sensible efectivo es la relación del calor sensible efectivo interno a la suma del calor sensible y latente efectivo interno. Siendo expresada esta relación de la siguiente forma:

$$FCS_e = (H_{si} + (FD \times H_{saf})) / (H_{ti} + (FD \times H_{taf})) \dots\dots\dots (28)$$

$$FD = (T_{ss} - T_{adp}) / (T_m - T_{adp}) = (h_{ss} - h_{adp}) / (h_m - h_{adp}) = (W_{ss} - W_{adp}) / (W_m - W_{adp}) \dots\dots\dots (29)$$

Siendo:

FD : factor de desvío.

T, h, W : temperatura de bulbo seco, °F; entalpía, BTU/lb y humedad específica, granos/lb; respectivamente.

m, ss, adp : sub – índices que representan condiciones de entrada del aire al serpentín, condiciones de salida y punto de rocío del aparato, respectivamente.

FCS_e : factor de calor sensible efectivo.

H_{si} : carga sensible interna, BTU/hr.

H_{ti} : carga total interna, BTU/hr.

H_{saf} : carga sensible de aire fresco, BTU/hr.

H_{taf} : carga total de aire fresco, BTU/hr.

Este factor relaciona el factor de desvío con el punto de rocío del aparato.

La línea de factor de calor sensible efectivo puede determinarse en la carta psicrométrica uniendo el punto que representa las condiciones adp con el punto que representa las condiciones del ambiente (r). Ver anexo 37.

La línea de FCS_e puede también representarse en la carta psicrométrica sin conocer el adp, trazando la recta de FCS_e por la condición de referencia y a continuación se dibuja la paralela a esta recta que pasa por el punto que representa las condiciones interiores del ambiente (r).

La intersección de la línea de FCS_e con la curva de saturación representa las condiciones de adp. Ver anexo 38.

14.4.- Ecuaciones de Cargas Térmicas para el Análisis Psicrométrico.

Las ecuaciones que se presentan a continuación, se han obtenido considerando el aire atmosférico a las siguientes condiciones (aire Standard):

- Temperatura de Bulbo Seco : 70 °F.
- Humedad Relativa : 50 %.
- Presión Barométrica : 29,92 pulg. de Hg.

$$H_{ti} = 4,5 \times PCM_{sum.} \times (h_r - h_s) \dots\dots\dots(30)$$

$$H_{si} = 1,1 \times PCM_{sum.} \times (T_r - T_s) \dots\dots\dots(31)$$

$$H_{li} = 0,68 \times PCM_{sum.} \times (W_r - W_s) \dots\dots\dots(32)$$

$$H_{taf.} = 4,5 \times PCM_{af.} \times (h_e - h_r) \dots\dots\dots(33)$$

$$H_{saf.} = 1,1 \times PCM_{af.} \times (T_e - T_r) \dots\dots\dots(34)$$

$$H_{laf.} = 0,68 \times PCM_{af.} \times (W_e - W_r) \dots\dots\dots(35)$$

$$H_{ttserp.} = 4,5 \times PCM_s \times (h_m - h_s) \dots\dots\dots(36)$$

Siendo:

H_{si} : carga sensible interna, BTU/hr.

H_{ti} : carga total interna, BTU/hr.

$H_{saf.}$: carga sensible de aire fresco, BTU/hr.

$H_{taf.}$: carga total de aire fresco, BTU/hr.

H_{li} : carga latente interna, BTU/hr.

$H_{laf.}$: carga latente de aire fresco, BTU/hr.

$H_{ttserp.}$: carga total del serpentín, BTU/hr.

T, h, W : temperatura de bulbo seco, °F; entalpía, BTU/lb y humedad específica, granos/lb; respectivamente.

$m, af., sum., s, r, e$: sub – índices que representan condiciones de entrada a la superficie de transferencia de calor, aire fresco, suministro, condiciones del aire de suministro al ambiente, condiciones interiores del ambiente, condiciones del aire externo, respectivamente.

PCM : flujo de aire, pie³/min.

14.5.- Control por Recalentamiento.

Para el cálculo de este tipo de control que utiliza una carga artificial para controlar la temperatura de bulbo seco, a humedad constante, tendremos que:

$$H_{\text{recal.}} = 1,1 \times \text{PCM}_s \times (T_s - T_{ss}) \dots \dots \dots (37)$$

Siendo:

$H_{\text{recal.}}$: carga por recalentamiento, BTU/hr.

T_s : temperatura del aire de suministro al ambiente, °F.

T_{ss} : temperatura del aire a la salida del serpentín, °F.

PCM_s : flujo de aire de suministro al ambiente, pie³/min.

El proceso de recalentamiento a veces se requiere en el día de diseño de un ambiente, cuando las líneas de FCS_i y FCS_t no se cruzan en la carta psicrométrica o lo hacen pero a condiciones no adecuadas (cohen tomo 2 pag 6 – 18).

15.- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE (DUCTERÍA).

Existen tres métodos para el cálculo de la ductería, estos son:

- Método de Igual Fricción.
- Método de Recuperación Estática.
- Método de Balanceo de Capacidad.

En nuestro caso usaremos el método de igual fricción, por ser el más utilizado en cálculos de ductería, ya que presenta la ventaja de que se logra una reducción automática de las velocidades en los ductos en la dirección del flujo de aire minimizando el factor nivel de ruido.

15.1.- Método de Igual Fricción.

Este método se basa en establecer una misma pérdida de presión por unidad de longitud para todo el sistema de ductos.

El procedimiento de cálculo consiste primeramente en seleccionar una velocidad inicial en el ducto principal, tomando en consideración el factor ruido como limitante. Ver tabla 11.

| APLICACIÓN | VELOCIDAD DEL DUCTO PRINCIPAL (pie/min.) |
|--|---|
| Apartamentos, cuartos de hotel y de hospital. | 1000 |
| Oficinas particulares, bibliotecas. | 1200 |
| Cafeterías. | 1800 |
| Oficinas públicas, restaurantes, bancos. | 1500 |
| Residencias. | 800 – 1200 |
| Escuelas, teatros, auditorios, edificios públicos. | 1100 – 1600 |
| Edificios industriales. | 1300 – 2200 |

Tabla 11. Velocidades Máximas Recomendadas (Sistemas de Baja Velocidad).

El factor de fricción que será constante para el sistema de ductos, se determinará de la carta de fricción con esta velocidad inicial y con la cantidad de aire total. A continuación se determina, haciendo uso de la carta de fricción, para cada tramo de sistema de ductos su diámetro circular equivalente (si se trata de sistemas de ductos rectangulares) a partir de la cantidad de aire del tramo correspondiente y del factor de fricción ya determinado. Luego se determina para cada tramo mediante su diámetro circular equivalente el tamaño del ducto correspondiente a partir del anexo 39.

Después que se ha procedido al dimensionado del sistema de ductos se debe determinar la pérdida de presión total determinando para ello la trayectoria más desfavorable (las pérdidas de presión en codos se consideran en función de longitudes equivalentes de conductos rectos) incluyendo la presión de operación en el terminal de aire.

El cálculo para Δp en cada uno de los tramos y ramales se realizará con la siguiente fórmula:

$$\Delta p = (\text{long.} \times f) / 100 \dots \dots \dots (38)$$

Siendo:

Δp : pérdida de presión por fricción, pulg. de H₂O.

long. : longitud equivalente, pulg.

f : factor de fricción.

En el caso de un sistema de ductos de suministro de aire, se produce entre el tramo inicial y final (debido a la disminución de velocidad) una conversión de presión

de velocidad en presión estática; y por lo tanto esto implica una disminución en la presión total que se debe requerir a la descarga del ventilador.

Esta recuperación viene dada por la siguiente expresión:

$$P_r^x = R_1 \times [(V_x/4005)^2 - (V_y/4005)^2] \dots\dots\dots (39)$$

Siendo:

P_r^x : recuperación de presión estática, pulg. de H₂O.

R_1 : coeficiente de recuperación (se considera $R_1 = 0,30$).

V_x : velocidad del tramo inicial, pie/min.

V_y : velocidad del tramo final (trayectoria más desfavorable), pie/min.

Este método es utilizado para el cálculo de ductos de suministro, retorno y extracción de aire (cohen tomo 2 pag 37 – 39).

15.2.- Kilogramos de Ducto y Metros Cuadrados de Fibra Aislante.

Los cálculos de kilogramos de ducto se realizaron con la siguiente fórmula:

$$P = (a + b) \times L \times F_p \dots\dots\dots (40)$$

Siendo:

P : peso del ducto, Kg.

a : ancho del ducto, pulg.

b : alto del ducto, pulg.

L : longitud del ducto, m.

F_p : factor de reducción a kilogramos.

El cálculo de metros cuadrados de fibra aislante se determino con la siguiente fórmula:

$$M = (a + b) \times L \times F_p \times F_a \dots\dots\dots (41)$$

$$M = P \times F_a \dots\dots\dots (42)$$

Siendo:

F_a : factor de reducción a metros cuadrados.

M : cantidad de fibra aislante, m².

| LADO MAYOR | CALIBRE DE LA LÁMINA | F _p | F _a |
|---------------|----------------------|----------------|----------------|
| 1" a 30" | 24 | 0,372 | 0,185 |
| 31" a 60" | 22 | 0,442 | 0,154 |
| 61" a 90" | 20 | 0,521 | 0,134 |
| Mayores a 90" | 18 | 0,676 | 0,107 |

Tabla 12. Factores de Reducción a Kg y m².

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN.

1.- SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO ENCONTRADOS EN EL HOSPITAL.

En el hospital se encontraron dos sistemas de aire acondicionado del tipo central de agua helada (Chiller), de los cuales uno de ellos es el que está en funcionamiento para suministrar aire acondicionado al área de quirófanos y el otro sistema es un chiller que no está en funcionamiento, que se adquirió hace tres años para cubrir junto con el otro Chiller los requerimientos de esta área. Su instalación no se realizó completamente y por ende no se puso en funcionamiento; es un equipo relativamente nuevo y en buen estado. A continuación se darán las especificaciones de estos sistemas.

1.1.- Especificaciones de los Sistemas de Aire Acondicionado.

En primer lugar se presentan las especificaciones del sistema de aire acondicionado que está en funcionamiento y seguidamente se darán las del otro sistema que no está en funcionamiento.

1.1.1.- Chiller 1.

Éstas son las especificaciones de este Chiller:

- Nombre: **Liquid Chiller**
- Marca: **Carrier**
- Modelo: **30GB125550**
- Serial: **R498764**
- Dispositivo de Protección de Máxima Sobrecarga: **Fusible de 700 amps únicamente**
- Cantidad: **3 208 – 230 v 60 Hz 110 RLA 506 LRA 3 PH**
- Cantidad: **2 208 – 230 v 60 Hz 110 RLA 506 LRA 3 PH**
- Cantidad: **3 170 lbs = 77,1 Kg 450 psi**
- **2 120 lbs = 54,4 Kg 235 psi**
- Capacidad: **125 Toneladas de Refrigeración**

- Líquido Refrigerante: **R – 22**



Figura 4. Chiller en Funcionamiento.

1.1.2.- Chiller 2.

Éstas son las especificaciones de este Chiller:

- Nombre: **Springer 30 HK/HR**
- Marca: **Carrier**
- Modelo: **30HRE1604489**
- Serial: **1298B71414**
- Lado de Alta: **27 Kg/cm²**
- Lado de Baja: **17 Kg/cm²**
- Circuito 1: **43,54 Kg**
- Circuito 2: **43,54 Kg**
- Alimentación de Control: **60 Hz 3 PH 440 v**
- Alimentación de Fuerza: **60 Hz 1 PH 110 v**
- Grupo Potencial de Riesgo: **Condensador 5**
Evaporador 5
- Capacidad: **160 Toneladas de Refrigeración**
- RLA: **65 65 65 65**

- Líquido Refrigerante: R – 22



Figura 5. Chiller Nuevo (No Está en Funcionamiento).

1.2.- Condiciones de los Sistemas de Aire Acondicionado.

En esta parte se expone el estado físico y de funcionamiento en que se encuentran cada uno de estos equipos.

1.2.1.- Chiller 1.

Este equipo posee dos compresores inoperantes, de los cinco con que cuenta dicho equipo. Uno de los dos compresores está dañado y el otro se sacó de operación para que no se dañara debido a que los filtros de piedra están tapados lo que ocasiona que el compresor se recaliente (figura 6 y 7).

Este equipo además tiene cuatro de los diez moto – ventiladores de condensación dañados. Dos de ellos están quemados y los otros dos están dañados, uno de estos dos moto – ventiladores no está instalado en el equipo porque se llevó a reparar (figura 8).

Es de hacer notar que a este equipo se le sustituyeron las válvulas termostáticas de expansión electrónica que poseía por válvulas termostáticas de

expansión mecánica, ocasionando que los controles electrónicos que restringen el paso de refrigerante a través de ésta válvula quedaran inoperantes (figura 9).



Figura 6. Compresores Inoperantes.



Figura 7. Filtros de Piedra.

Los termómetros de este equipo, que miden la temperatura de salida y entrada del agua helada, están dañados lo cual se pudo constatar por las mediciones que arroja, en la salida muestra una temperatura mayor que la de entrada al cooler.

Este equipo posee un sistema de bombeo en paralelo, que comparte con el chiller de Medicina Nuclear; que fue diseñado para trabajar con dos (2) bombas operativas y una (1) de reserva, actualmente no posee bomba de reserva ya que fue desmontada para corregir las fallas y su vuelta a funcionamiento se encuentra pendiente en estos momentos (figura 10).



Figura 8. Moto – Ventiladores de Condensación Dañados.

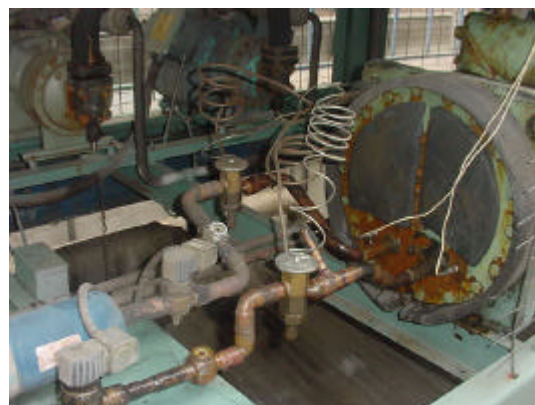


Figura 9. Válvulas Termostáticas de Expansión Mecánica.

Ninguna de las bombas que están en funcionamiento poseen placas de sus especificaciones técnicas ni del fabricante.



Figura 10. Sistema de Bombeo en Paralelo.

1.2.2.- Chiller 2.

Este equipo aparentemente está en perfectas condiciones, es un equipo relativamente nuevo que se adquirió hace tres años atrás para cubrir los requerimientos de aire acondicionado en el área de quirófanos.

No se completo su instalación.

Tiene todos sus componentes presentes 4 compresores recíprocos, 2 cooler, posee 2 torres de enfriamiento (ver figura 14) totalmente nuevas de las cuales no se tienen sus especificaciones, tiene su sistema de bombeo que consta de 5 bombas que sus especificaciones técnicas y del fabricante se dan a continuación en el siguiente punto y en el tablero de controles posee todas las tarjetas electrónicas pero le quitaron unos relevadores, la misma empresa que vendió el equipo al hospital por medidas de seguridad.

En general, este equipo se encuentra en buenas condiciones y es una de las opciones que se tomaron para el mejoramiento del servicio de aire acondicionado del área de quirófanos del hospital (ver figura 5).

1.2.2.1.- Especificaciones del Sistema de Bombeo del Chiller 2.

Este sistema de bombeo consta de 5 bombas colocadas en paralelo, son 4 bombas de las mismas especificaciones tanto técnicas como del fabricante y una bomba que es de mayor capacidad que las otras y de distintas especificaciones técnicas. A continuación se exponen las especificaciones de estos equipos.

1.2.2.1.1.- Bomba 1.

Éstas son las especificaciones de este conjunto bomba – motor (ver figura 15):

- Marca: **Pacific Pumping** (Bomba)
- Modelo: **4CD – LRU**
- Serial: **E3D8164B**
- Caudal: **730 GPM**
- Cabeza: **105 m**
- Marca: **General Electric** (Motor)
- Modelo: **5K4328XA2Y1**
- Serial: **EBJ504419**
- Potencia: **30 HP**
- Factor de Servicio: **1,5 – 1**
- Velocidad: **1.770 – 1.450 RPM**
- Alimentación: **3 PH 60 – 50 Hz 220 – 440 v**

1.2.2.1.2.- Bombas 2, 3, 4 y 5.

Éstos son los datos de estos conjuntos bomba – motor (ver figura 15 y 16):

- Marca: **Pacific Pumping** (Bomba)
- Modelo: **2CD – LRU**
- Serial: **E3C8184B / E3C8187B / E3C8188B / E3C8190B**
(respectivamente)
- Caudal: **240 GPM**
- Cabeza: **35 m**
- Marca: **Duty Master** (Motor)

- Modelo: **2560 – PAH**
- Serial: **YD574192A2 – GR**
- Potencia: **10 HP**
- Velocidad: **1.465 RPM**
- Alimentación: **3 PH 50 Hz 220 – 440 v 28 – 142 amps**

2.- UNIDADES MANEJADORAS DE AIRE (UMA).

Para el suministro de aire al área de quirófano se hallaron tres unidades de distinto tonelaje de refrigeración las cuales estaban ubicadas en el piso tres del hospital, dentro de un cuarto de UMA debajo de la sala de parto del piso cuatro.

A continuación se presentan las especificaciones técnicas y del fabricante de estas unidades manejadoras de aire.

2.1.- Especificaciones de las UMA.

En este punto se exponen las características técnicas y del fabricante de cada uno de estos equipos y se especifican de la siguiente forma: primero la de mayor toneladas de refrigeración, luego la de toneladas de refrigeración intermedia y por último la de menor toneladas de refrigeración.

2.1.1.- UMA 1.

Éstas son los datos de esta unidad manejadora de aire (ver figura 11):

- Marca: **Carrier**
- Modelo: **39LB25AA-A3-ACJ-A9**
- Serial: **2399F26071**
- Capacidad: **600.000 BTU (50 TR)**

2.1.2.- UMA 2.

Éstas son los datos de esta unidad manejadora de aire (ver figura 11):

- Marca: **Carrier**
- Modelo: **39LB15AA-A3-ACJ-A9**

- Serial: **2399F26084**
- Capacidad: **480.000 BTU (40 TR)**

2.1.3.- UMA 3.

Éstas son los datos de esta unidad manejadora de aire (ver figura 11 ó 12):

- Marca: **Carrier**
- Modelo: **39LA15AA-A3-ACJ-A9**
- Serial: **2399F26072**
- Capacidad: **360.000 BTU (30 TR)**



Figura 11. Las Tres UMA del Área de Quirófanos.



Figura 12. UMA de 30 TR.

2.2.- Condiciones de las UMA.

Estas tres UMA que surten de aire acondicionado al área de quirófanos son equipos relativamente nuevos los cuales fueron adquiridos hace aproximadamente unos tres años, estos equipos poseen filtros secos de celda o panel de baja eficiencia (ver figura 13), a los cuales se les hace periódicamente mantenimiento ya que su limpieza es fácil y rápida y se puede hacer manualmente con chorros de agua a presión para quitar las partículas de polvo y sucio que se adhieren al filtro, y filtros H.E.P.A de alta eficiencia, los cuales se tienen que cambiar periódicamente y que no se realiza este cambio en el hospital por su alto costo; por ende en los actuales momentos estos filtros no están instalados dentro de la batería de filtros en cada

UMA porque los ventiladores no vencerían la presión extra creada por la suciedad en los filtros. Estas unidades tampoco poseen filtros de carbón activado para el control de olores.

En general, estas unidades tienen un buen funcionamiento aunque no se pudo verificar como estaban los serpentines de cada unidad, ya que no se logró obtener permiso para parar el sistema de aire acondicionado, ni se pudo verificar el estado de los ventiladores de las unidades de manejo de aire ni sus especificaciones, pero por el funcionamiento de las UMA, el estado exterior de las UMA, la limpieza periódica que se le hace a los filtros y por lo nueva que son estas unidades nos da pie para suponer el buen estado de estas partes y de la UMA en si.



Figura 13. Filtros Seco de Celda o Panel Instalados en las UMA.



Figura 14. Torres de Enfriamiento.

3.- SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE Y DUCTERÍA DE SUMINISTRO.

Se encontró que el sistema de extracción para el área de quirófanos de este hospital consta de 4 extractores de los cuales no se conoce ninguna de sus especificaciones técnicas ni del fabricante, estos equipos se encuentran en el piso 5 del hospital y desde allí se conectan con las ductería de extracción desde sus diferentes localizaciones. Los ductos de extracción al igual que los de suministro son ductos de sección transversal rectangular y el material utilizado para su construcción es de láminas de acero galvanizado. Los ductos de suministro tienen un recubrimiento de fibra de lana de vidrio para el aislamiento térmico. Las rejillas de

extracción y suministro en los quirófanos son del tipo unifilar. A continuación se exponen las condiciones en que se encuentran estos implementos y equipos del sistema de suministro y extracción de aire.



Figura 15. Sistema de Bombeo.



Figura 16. Sistema de Bombeo Lado Derecho del Sistema (Visto de Frente).

3.1.- Condiciones del Sistema de Extracción de Aire y Ductería de Suministro.

Los cuatro extractores utilizados para esta área no funcionan debido a que los motores de los ventiladores de extracción están dañados en su totalidad, estos equipos no poseen ningún tipo de especificación ni siquiera nombre del fabricante o distribuidor, por ende en el área no se está cumpliendo con la asepsia requerida ya que no se está extrayendo dicho aire ya contaminado, primero porque no existen filtros de alta eficiencia y segundo porque no se extrae dicho aire.

La ductería de extracción se encuentra aparentemente en buen estado, ya que a simple vista se puede ver que no existe ningún tipo de corrosión ni hendiduras por donde se pueda escapar el aire de extracción, no se pudo verificar esto con más exactitud debido a que los extractores no funcionaban y no se podía hacer otra inspección más certera. Además no se pudo verificar si estaba diseñada tomando en cuenta el factor ruido y vibración por el mismo problema anteriormente mencionado y también porque no se observó ningún tipo de accesorios para el control del ruido (ver figura 17 y 18).



Figura 17. Tramo 1 de la Ductería de Extracción.



Figura 18. Tramo 2 de la Ductería de Extracción.

Estos ductos de extracción se encuentran completamente sucios y en ellos se puede encontrar todo tipo de desecho quirúrgico como las agujas de las inyectoras, frascos de vidrio de soluciones usadas en las intervenciones, entre otros (ver figura 19).

En el plano 2, en la parte de planos, se muestra la distribución que se tiene actualmente en el hospital de esta ductería de extracción donde se puede observar la trayectoria de estos ductos y la disposición de los ductos a través del recinto de quirófanos.



Figura 19. Sucio en Ductos de Extracción.



Figura 20. Fibra Aislante de la Ductería de Suministro.

La ductería de suministro se encuentra en condiciones regulares, ya que presenta ciertas fugas de aire en algunos pocos puntos de su trayectoria a través del

recinto de quirófanos, a pesar de esto no presenta corrosión en los tramos donde se pudo observar el ducto desnudo, la fibra aislante está totalmente dañada en algunos tramos y en general se necesita cambiar dicha fibra por lo vieja que ésta es (ver figura 20 y 21). Los ductos de suministro al igual que los de extracción se encuentran totalmente sucios. Estos ductos fueron diseñados tomando en cuenta los factores ruido y vibración, ya que en estos ductos se encontraron dispositivos de control de vibraciones y no se sentía algún tipo de ruido a través de la ductería lo cual es indicativo de las bajas velocidades que se manejan y se deben manejar en un sistema de ductería para este tipo de áreas para disminuir este efecto tan molesto.

También se pudo observar que algunos tramos de ductería poseen controles de volumen por rejilla que no funcionan y algunos de estos ductos poseen baterías de recalentamiento las cuales tampoco funcionan.

En el plano 1, en la parte de planos, se muestra la distribución de la ductería de suministro que se tiene actualmente en el hospital donde se presenta la trayectoria de dichos ductos y la disposición de la ductería a través del recinto de quirófanos.

En un ala del área de quirófanos donde se encuentran los quirófanos del A al I, se presentó un inconveniente para poder realizar el diagnóstico ya que el techo era de plafón de yeso lo cual dificultó e hizo casi imposible obtener las dimensiones y la trayectoria exacta de los ductos de esta área tanto de extracción como de suministro, así como verificar los accesorios instalados en la ductería y detectar vibraciones y ruido en el sistema.

Las rejillas de extracción en muchos casos están dañadas como se muestra en la figura 22, además estas rejillas están colocadas fuera de norma ya que estas rejillas se encuentran al lado de las rejillas de suministro como se observa en las figuras 22 y 23, lo cual puede ocasionar un corto circuito y así impedir que ese quirófano sea correctamente acondicionado; estas rejillas deben colocarse en la pared opuesta de donde se encuentra la rejilla de suministro. En cuanto al ruido que puede producir el aire en su paso a través de estos accesorios no se pudo verificar por el problema de que los extractores están dañados.

Es posible que estas rejillas de extracción produzcan cierto ruido debido al tamaño de éstas que son pequeñas y porque los caudales que tienen que manejar son altos, ya que al tener rejillas muy pequeñas y caudales de aire grande la velocidad del aire se incrementa y produce ruido en su paso a través del accesorio de distribución o extracción de aire.

Las rejillas de suministro en esta área se encuentran en mejores condiciones que las de extracción, pero también tienen ciertos defectos ya que muchas de las aletas están dañadas y los dispositivos manuales que tienen para mover dichas aletas están igualmente dañados, esto pasa también con las rejillas de extracción. Estas rejillas no presentan problemas con el ruido ya que son bastante grandes para permitir velocidades del aire muy bajas de acuerdo a lo recomendado por A.S.H.R.A.E. para evitar el ruido que produce el aire en el paso a través de este accesorio de distribución de aire.



Figura 21. Ductería de Suministro.



Figura 22. Rejillas de Extracción Dañadas.

4.- CONDICIONES DEL DISEÑO DEL AIRE ACONDICIONADO EN EL ÁREA DE QUIRÓFANOS.

Para diagnosticar el estado de los quirófanos se cotejó la psicrometría de los mismo (temperatura de bulbo seco, humedad relativa y velocidad del aire) mediante la ayuda de un equipo llamado "Tri – Sense" con el cual se obtuvieron todos estos valores y luego se tabularon para compararlos con los valores estipulados según

Capítulo IV / Diagnóstico de la Situación

A.S.H.R.A.E y Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36574 de fecha 4 de Noviembre de 2002, y así poder dar un diagnóstico certero de las condiciones de los quirófanos y que problemas se tienen para atacarlos dentro del marco del trabajo. A continuación se presentan estos valores en la siguiente tabla para posteriormente emitir un juicio en cuanto a la situación encontrada.

| Quirófano | En el Hospital | | | | Según A.S.H.R.A.E. y G.O.V. | | | |
|---------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|---------------------------------|
| | Vel. del Aire (m/s) | Temp. de B.S. (°C) | Humedad Relativa (%) | Cambios de Aire por hora | Vel. del Aire (m/s) | Temp. de B.S. (°C) | Humedad Relativa (%) | Cambios de Aire por hora (min.) |
| Sala de Parto | --- | --- | --- | --- | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| AA* | 7,35 | 16,54 | 85,23 | 27,43 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| A | 4,31 | 17,84 | 83,90 | 43,30 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| B* | 4,25 | 18,13 | 85,67 | 48,95 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| C* | 4,59 | 17,84 | 86,26 | 39,71 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| D* | 2,65 5,43 | 18,02 | 86,30 | 34,52 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| E | 5,18 | 18,14 | 86,82 | 39,11 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| F* | 4,00 | 18,54 | 85,90 | 36,92 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| G | 3,61 | 18,98 | 85,98 | 34,87 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| H | 2,40 | 19,57 | 79,07 | 25,20 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| I | 2,9 | 20,80 | 82,15 | 27,37 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| J | 4,17 | 20,42 | 77,12 | 21,38 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| K* | 1,23 1,43 | 20,12 | 72,86 | 10,83 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| L* | 2,50 | 20,48 | 72,64 | 15,49 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| LL* | 2,10 | 19,08 | 76,50 | 8,45 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| M* | 0,65 0,57 | 20,58 | 74,14 | 4,73 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| N* | 2,11 | 18,34 | 79,68 | 21,83 | 0,36 – | 20 - 24 | 50 – 60 | 15 |

| | | | | | | | | |
|----|--------------|-------|-------|-------|----------------|---------|---------|----|
| | 2,50 | | | | 0,56 | | | |
| Ñ | 3,83 | 19,96 | 72,20 | 31,39 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| O* | 2,49 | 21,96 | 60,16 | 14,94 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |
| P* | 3,94 3,67 | 21,88 | 61,34 | 20,43 | 0,36 – 0,56 | 20 – 24 | 50 – 60 | 15 |

* indica que en ese quirófano no se estaba realizando ningún tipo de intervención quirúrgica.

Tabla 13. Comparación entre la Psicrometría en Quirófanos y la Psicrometría Recomendada

Por medio de esta tabla se observó como esta serie de quirófanos no cumple con lo estipulado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela y en los manuales de la A.S.H.R.A.E, ya que las velocidades, temperaturas, humedades y cambios por hora en muchos de los casos no son los recomendados.

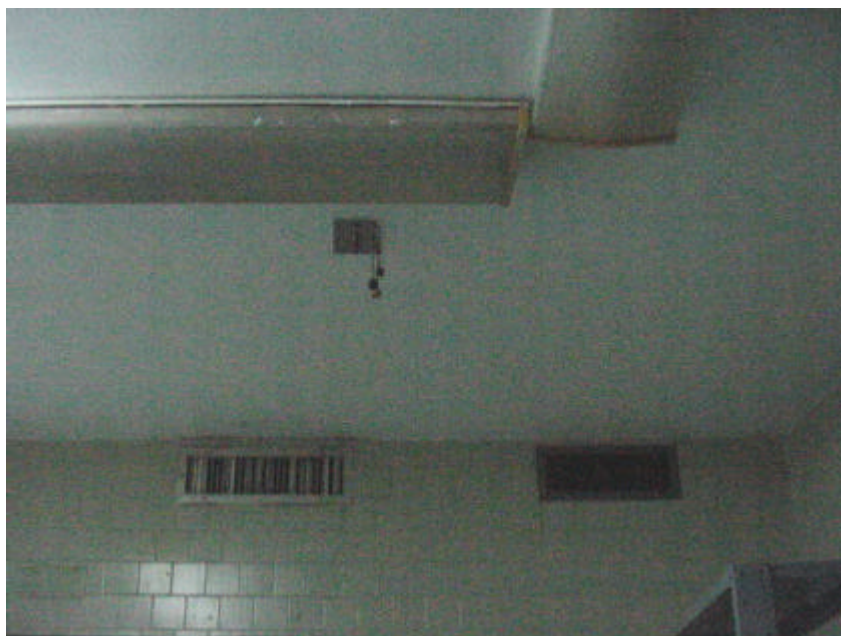
Las humedades en todos los quirófanos son demasiado altas y sobrepasan el rango especificado, lo cual puede traer problemas al paciente durante la operación ya que habrá mucho más sangramiento de lo normal y también con estas condiciones de humedad se permite el crecimiento y desarrollo de colonias de bacterias y de hongos y levaduras, combinado, por supuesto, con altas temperaturas, ya que éstas se desarrollan bajo condiciones de alta temperatura y alta humedad.

Las velocidades dentro de estos espacios son también demasiado altas debido a que con estas velocidades no se logra obtener el flujo laminar que se especifica para este tipo de instalación, con velocidades entre 0,36 y 0,56 m/s, para impedir que las bacterias que puedan estar alojadas en el suelo no sean levantadas o arrastradas por el aire e ingresen al paciente o se adhieran a los equipos e instrumental quirúrgico ocasionando enfermedades post – operatorias o enfermedades nosocomiales. Estas velocidades no producen ruido a pesar de que son algo altas, debido a lo grande de las rejillas de suministro que se calculan bajo este criterio.

En cuanto a las temperaturas dentro de estos recintos se puede notar que la gran mayoría de ellos tienen temperaturas por debajo del rango estipulado que es de 20 a 24 °C; estas temperaturas por debajo de lo recomendado no influyen en el desarrollo y crecimiento de las colonias de bacterias ni hongos y levaduras, pero si

influye sobre el confort de los médicos y personal de enfermería durante la intervención quirúrgica, ya que son temperaturas muy bajas y unidas con la alta humedad ocasionan que durante un gran tiempo de permanencia dentro del recinto los ocupantes en labores de operación sientan mucho frío. Los quirófanos que no cumplen con estas condiciones son: AA, A, B, C, D, E, F, G, H, LL, N y Ñ. Los quirófanos que la cumplen son los restantes como se ve en la tabla 13.

Con respecto a los cambios de aire por hora casi todos los quirófanos cumplen con este requerimiento ya que sobrepasan el mínimo que es de 15 cambios de aire por hora, con excepción de los quirófanos K, LL, M y O, que están por debajo de este mínimo. Es bueno por una parte que se tengan altas cantidades de cambio de aire por hora ya que contribuye a desalojar del área de quirófanos el aire ya viciado con mayor frecuencia; pero también trae un inconveniente ya que conlleva una mayor carga térmica latente e incrementa la humedad dentro de los recintos y por ende se debe gastar mucha más cantidad de energía para eliminar dicha carga térmica y mantener la humedad dentro del rango especificado mediante la colocación de baterías de recalentamiento para deshumidificar el aire de entrada.



**Figura 23. Rejillas de Suministro y Extracción
Creando Corto Circuito.**

PRESENTACIÓN DE LOS DATOS

1.- CONDICIONES GENERALES.

En este punto se presentan los datos de equipos, iluminación, personas, superficie y volumen por cada uno de los distintos espacios que se van a acondicionar dentro del área de quirófanos y además se especifican los materiales de construcción utilizados dentro y fuera de esta área.

1.1.- Sala de Parto.

Iluminación: 10 x 4 x 40 w = 1.600 w

Personas: 28

Equipos:

- 4 x 270 w = 1.080 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 4 x 60 w = 240 w (aspirador uterino)
- 4 x 60 w = 240 w (aspirador)
- 4 x 450 w = 1.800 w (incubadoras)
- 2 x 1.280 w = 2.560 w (máquina de anestesia)

Ancho: 7,2 m = 23,62 pie

Largo: 10,5 m = 34,45 pie

Alto: 3,05 m = 10,01 pie

Área: 75,6 m² = 813,71 pie²

Volumen: 230,58 m³ = 8.145,23 pie³

1.2.- Quirófano AA.

Iluminación: 6 x 4 x 40 w = 960 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)

- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: 3,7 m = 12,14 pie

Largo: 5,4 m = 17,72 pie

Alto: 2,37 m = 7,77 pie

Área: 19,98 m² = 215,12 pie²

Volumen: 47,35 m³ = 1.671,49 pie³

1.3.- Quirófano A.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.770 w (equipo de artroscopia)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: 4,7 m = 15,42 pie

Largo: 6 m = 19,68 pie

Alto: 3,05 m = 10,01 pie

Área: 28,2 m² = 303,47 pie²

Volumen: 86,01 m³ = 3.037,69 pie³

1.4.- Quirófano B.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.770 w (equipo de laparoscopia)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: 4,7 m = 15,42 pie

Largo: 5,6 m = 18,37 pie

Alto: 2,85 m = 9,35 pie

Área: 26,32 m² = 283,27 pie²

Volumen: 75,01 m³ = 2.648,53 pie³

1.5.- Quirófano C.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: 4,8 m = 15,75 pie

Largo: 7,3 m = 23,95 pie

Alto: 2,85 m = 9,35 pie

Área: 35,04 m² = 377,21 pie²

Volumen: 99,86 m³ = 3.526,94 pie³

1.6.- Quirófano D.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: 3,7 m = 12,14 pie

Largo: 7,3 m = 23,95 pie

Alto: 2,9 m = 9,51 pie

Área: 27,01 m² = 290,75 pie²

Volumen: 78,33 m³ = 2.765,06 pie³

1.7.- Quirófano E.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: 5,5 m = 18,04 pie

Largo: 7,3 m = 23,95 pie

Alto: 2,85 m = 9,35 pie

Área: 40,15 m² = 432,06 pie²

Volumen: $114,43 \text{ m}^3 = 4.039,74 \text{ pie}^3$

1.8.- Quirófano F.

Iluminación: $8 \times 4 \times 40 \text{ w} = 1.280 \text{ w}$

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: $4,5 \text{ m} = 14,76 \text{ pie}$

Largo: $7,3 \text{ m} = 23,95 \text{ pie}$

Alto: $2,85 \text{ m} = 9,35 \text{ pie}$

Área: $32,85 \text{ m}^2 = 353,50 \text{ pie}^2$

Volumen: $93,62 \text{ m}^3 = 3.305,24 \text{ pie}^3$

1.9.- Quirófano G.

Iluminación: $8 \times 4 \times 40 \text{ w} = 1.280 \text{ w}$

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: $4,3 \text{ m} = 14,11 \text{ pie}$

Largo: $7,3 \text{ m} = 23,95 \text{ pie}$

Alto: 2,85 m = 9,35 pie

Área: 31,39 m² = 337,93 pie²

Volumen: 89,46 m³ = 3.159,69 pie³

1.10.- Quirófano H.

Iluminación: 6 x 4 x 40 w = 960 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: 3,4 m = 11,15 pie

Largo: 4,6 m = 15,09 pie

Alto: 2,85 m = 9,35 pie

Área: 15,64 m² = 168,25 pie²

Volumen: 44,57 m³ = 1.573,17 pie³

1.11.- Quirófano I.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

- 2 x 400 w = 800 w (oftalmoscopio)
- 2000 w (equipo endolaser)

Ancho: 4,4 m = 14,43 pie

Largo: 7,3 m = 23,95 pie

Alto: 2,85 m = 9,35 pie

Área: 32,12 m² = 345,60 pie²

Volumen: 91,54 m³ = 3.231,35 pie³

1.12.- Quirófano J.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: 3,9 m = 12,79 pie

Largo: 7,2 m = 23,62 pie

Alto: 3 m = 9,84 pie

Área: 28,08 m² = 302,1 pie²

Volumen: 84,24 m³ = 2.972,66 pie³

1.13.- Quirófano K.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)

- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)
- 800 w (intensificador de imágenes)
- 125 w (sierra eléctrica)
- 240 (taladro neumático)

Ancho: 6 m = 19,68 pie

Largo: 7,2 m = 23,62 pie

Alto: 3,05 m = 10,01 pie

Área: 43,2 m² = 464,84 pie²

Volumen: 131,76 m³ = 4.653,06 pie³

1.14.- Quirófano L.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)
- 60 w (aspirador uterino)
- 580 w (cuna de ohio)

Ancho: 4,3 m = 14,11 pie

Largo: 7,2 m = 23,62 pie

Alto: 3,05 m = 10,01 pie

Área: 30,96 m² = 333,28 pie²

Volumen: 94,43 m³ = 3.336,11 pie³

1.15.- Quirófano LL.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)
- 800 w (intensificador de imágenes)
- 125 w (sierra eléctrica)
- 240 (taladro neumático)

Ancho: 5,5 m = 18,04 pie

Largo: 7,2 m = 23,62 pie

Alto: 3,05 m = 10,01 pie

Área: 39,6 m² = 426,1 pie²

Volumen: 120,78 m³ = 4.265,31 pie³

1.16.- Quirófano M.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)
- 450 w (desfibrilador)

- 200 w (sierra de esternón)
- 360 w (máquina extracorpórea)
- 50 w (bomba de infusión)
- 200 w (sistema de enfriamiento)
- 360 w (manta térmica)

Ancho: 5,5 m = 18,04 pie

Largo: 7,2 m = 23,62 pie

Alto: 3,05 m = 10,01 pie

Área: $39,6 \text{ m}^2 = 426,1 \text{ pie}^2$

Volumen: $120,78 \text{ m}^3 = 4.265,31 \text{ pie}^3$

1.17.- Quirófano N.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)
- 1.100 w (dermatomo)

Ancho: 4,5 m = 14,76 pie

Largo: 7,2 m = 23,62 pie

Alto: 3,05 m = 10,01 pie

Área: $32,4 \text{ m}^2 = 348,63 \text{ pie}^2$

Volumen: $98,82 \text{ m}^3 = 3.489,8 \text{ pie}^3$

1.18.- Quirófano Ñ.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)
- 800 w (intensificador de imágenes)
- 200 w (sierra eléctrica)

Ancho: 5,4 m = 17,72 pie

Largo: 7,2 m = 23,62 pie

Alto: 3,05 m = 10,01 pie

Área: 38,88 m² = 418,55 pie²

Volumen: 118,58 m³ = 4.189,65 pie³

1.19.- Quirófano O.

Iluminación: 8 x 4 x 40 w = 1.280 w

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: 3,8 m = 12,47 pie

Largo: 7,2 m = 23,62 pie

Alto: 2,85 m = 9,35 pie

Área: 27,36 m² = 294,54 pie²

Volumen: $77,98 \text{ m}^3 = 2.753,96 \text{ pie}^3$

1.20.- Quirófano P.

Iluminación: $8 \times 4 \times 40 \text{ w} = 1.280 \text{ w}$

Personas: 10

Equipos:

- 270 w (lámpara cialítica)
- 10 w (cronómetro)
- 10 w (reloj)
- 30 w (negatoscopio)
- 370 w (electrocauterio o electrobisturí)
- 1.280 w (máquina de anestesia)

Ancho: $3,8 \text{ m} = 12,47 \text{ pie}$

Largo: $6,5 \text{ m} = 21,32 \text{ pie}$

Alto: $2,85 \text{ m} = 9,35 \text{ pie}$

Área: $24,7 \text{ m}^2 = 265,86 \text{ pie}^2$

Volumen: $70,4 \text{ m}^3 = 2.485,79 \text{ pie}^3$

1.21.- Recuperación 1.

Iluminación: $(7 \times 2 \times 40 \text{ w}) + (6 \times 4 \times 40 \text{ w}) = 560 + 960 = 1.520 \text{ w}$

Personas: 12

Equipos:

- 450 w (desfibrilador)
- $7 \times 50 \text{ w} = 350 \text{ w}$ (monitor de signos vitales)

Ancho: $7,2 \text{ m} = 23,62 \text{ pie}$

Largo: $14,9 \text{ m} = 48,88 \text{ pie}$

Alto: $3,05 \text{ m} = 10,01 \text{ pie}$

Área: $107,28 \text{ m}^2 = 1.154,55 \text{ pie}^2$

Volumen: $327,2 \text{ m}^3 = 11.557 \text{ pie}^3$

1.22.- Recuperación 2.

Iluminación: $(6 \times 2 \times 40 \text{ w}) + (3 \times 4 \times 40 \text{ w}) = 480 + 480 = 960 \text{ w}$

Personas: 18

Equipos:

- $2 \times 450 \text{ w} = 900 \text{ w}$ (desfibrilador)
- $6 \times 50 \text{ w} = 300 \text{ w}$ (monitor de signos vitales)
- $6 \times 50 \text{ w} = 300 \text{ w}$ (bomba de infusión)
- $6 \times 100 \text{ w} = 600 \text{ w}$ (ventilador mecánico)

Ancho: $7,2 \text{ m} = 23,62 \text{ pie}$

Largo: $11 \text{ m} = 36,09 \text{ pie}$

Alto: $3,05 \text{ m} = 10,01 \text{ pie}$

Área: $79,2 \text{ m}^2 = 852,45 \text{ pie}^2$

Volumen: $241,56 \text{ m}^3 = 8.532,98 \text{ pie}^3$

1.23.- Pre – Operatorio o Pre - Anestesia.

Iluminación: $17 \times 4 \times 40 \text{ w} = 2.720 \text{ w}$

Personas: 20

Equipos:

- $2 \times 50 \text{ w} = 100 \text{ w}$ (monitor de signos vitales)

Ancho: $7,2 \text{ m} = 23,62 \text{ pie}$

Largo: $15 \text{ m} = 49,21 \text{ pie}$

Alto: $2,5 \text{ m} = 8,2 \text{ pie}$

Área: $108 \text{ m}^2 = 1.162,34 \text{ pie}^2$

Volumen: $270 \text{ m}^3 = 9.531,19 \text{ pie}^3$

1.24.- Pasillo de J – P.

Iluminación: $(9 \times 3 \text{ w}) + (18 \times 4 \times 40 \text{ w}) = 27 + 2.880 = 2.907 \text{ w}$

Personas: 5

Alto: $2,4 \text{ m} = 7,87 \text{ pie}$

Área: $179,87 \text{ m}^2 = 1.935,53 \text{ pie}^2$

1.25.- Cuarto de Revelado.

Iluminación: $2 \times 4 \times 40 \text{ w} = 320 \text{ w}$

Personas: 1

Equipos:

- 30 w (negatoscopio)
- 1.080 w (reveladora)

Ancho: $3,1 \text{ m} = 10,17 \text{ pie}$

Largo: $3,8 \text{ m} = 12,47 \text{ pie}$

Alto: $2,4 \text{ m} = 7,87 \text{ pie}$

Área: $11,78 \text{ m}^2 = 126,82 \text{ pie}^2$

Volumen: $28,27 \text{ m}^3 = 998,07 \text{ pie}^3$

1.26.- Anestesia.

Iluminación: $6 \times 4 \times 40 \text{ w} = 960 \text{ w}$

Personas: 2

Equipos:

- $2 \times 250 \text{ w} = 500 \text{ w}$ (nevera)

Ancho: $3,8 \text{ m} = 12,47 \text{ pie}$

Largo: $7,2 \text{ m} = 23,62 \text{ pie}$

Alto: $2,4 \text{ m} = 7,87 \text{ pie}$

Área: $50,94 \text{ m}^2 = 548,21 \text{ pie}^2$

Volumen: $122,26 \text{ m}^3 = 4.314,41 \text{ pie}^3$

Ancho: $3,4 \text{ m} = 11,15 \text{ pie}$

Largo: $4,7 \text{ m} = 15,42 \text{ pie}$

1.27.- Pasillo de A – I.

Iluminación: $(9 \times 6 \text{ w}) + (17 \times 4 \times 40 \text{ w}) = 54 + 2.720 = 2.774 \text{ w}$

Personas: 5

Alto: $2,4 \text{ m} = 7,87 \text{ pie}$

Área: $160,66 \text{ m}^2 = 1.728,65 \text{ pie}^2$

1.28.- Estar de Enfermeras.

Iluminación: $3 \times 4 \times 40 \text{ w} = 480 \text{ w}$

Personas: 6

Equipos:

- 120 w (televisor)

Ancho: $3,1 \text{ m} = 10,17 \text{ pie}$

Largo: $7,3 \text{ m} = 23,95 \text{ pie}$

Alto: $2,4 \text{ m} = 7,87 \text{ pie}$

Área: $22,63 \text{ m}^2 = 243,57 \text{ pie}^2$

Volumen: $54,31 \text{ m}^3 = 1.916,91 \text{ pie}^3$

1.29.- Revelado.

Iluminación: $2 \times 4 \times 40 \text{ w} = 320 \text{ w}$

Personas: 1

Equipos:

- 1110 w (reveladora)

Ancho: $2,3 \text{ m} = 7,55 \text{ pie}$

Largo: $4,1 \text{ m} = 13,45 \text{ pie}$

Alto: $2,4 \text{ m} = 7,87 \text{ pie}$

Área: $9,43 \text{ m}^2 = 101,55 \text{ pie}^2$

Volumen: $22,63 \text{ m}^3 = 799,18 \text{ pie}^3$

1.30.- Cuarto de Suturas.

Iluminación: $2 \times 4 \times 40 \text{ w} = 320 \text{ w}$

Personas: 1

Ancho: $2,9 \text{ m} = 9,51 \text{ pie}$

Largo: $4 \text{ m} = 13,12 \text{ pie}$

Alto: $2,4 \text{ m} = 7,87 \text{ pie}$

Área: $11,6 \text{ m}^2 = 124,77 \text{ pie}^2$

Volumen: $27,84 \text{ m}^3 = 981,95 \text{ pie}^3$

1.31.- Oficina Enfermeras.

Iluminación: 6 x 4 x 40 w = 960 w

Personas: 3

Equipos:

- 260 w (computadora)

Alto: 2,4 m = 7,87 pie

Área: 461,78 pie²

1.32.- Pasillo Central.

Iluminación: 30 x 4 x 40 w = 4800 w

Personas: 20

Alto: 2,4 m = 7,87 pie

Área: 3060,86 pie²

1.33.- Faena Limpia.

Iluminación: 3 x 4 x 40 w = 480 w

Personas: 2

Alto: 2,4 m = 7,87 pie

Área: 557,18 pie²

1.34.- Materiales de Pared Exterior.

- Piedra (0,79 pulg.)
- Friso de cemento y arena (1 pulg.)
- Bloque hueco de arcilla (6 pulg.)
- Espacio de aire (3/4 pulg.)
- Bloque hueco de arcilla (6 pulg.)
- Friso de cemento y arena (1 pulg.)
- Cerámica

1.35.- Materiales de Pared Interior.

- Cerámica
- Friso de cemento y arena (1 pulg.)
- Bloque hueco de arcilla (6 pulg.)
- Friso de cemento y arena (1 pulg.)

1.36.- Materiales del Techo.

- Vinyl (1/8 pulg.)
- Friso de cemento y arena (1 pulg.)
- Concreto (2 pulg.)
- Bloque hueco de arcilla (13,78 pulg.)
- Friso de cemento y arena (1 pulg.)
- Plafón de Yeso.
- Cielo Raso.

1.37.- Ventanas Exteriores.

A continuación se presentan las dimensiones de las ventanas exteriores, su ubicación dentro del área de quirófanos y su orientación en cuanto a los puntos cardinales.

1.37.1.- Ventanas de Bloques de Vidrio.

Ubicación: Recuperación 1.

- Orientación: Norte.
- Dimensiones: 12,92 m x 1,14 m = 42,38 pie x 3,74 pie

Ubicación: Recuperación 2.

- Orientación: Norte.
 - Dimensiones: 9,5 m x 1,14 m = 31,17 pie x 3,74 pie
- Orientación: Este.
 - Dimensiones: 3,42 m x 1,14 m = 11,22 pie x 3,74 pie

Ubicación: Sala de Parto.

- Orientación: Norte.
- Dimensiones: 7,41 m x 1,33 m = 24,31 pie x 4,36 pie

Ubicación: Pasillo J – P.

- Orientación: Norte.
- Dimensiones: 3,04 m x 0,57 m = 9,97 pie x 1,87 pie

1.37.2.- Ventanas de Vidrios Ordinario.

Ubicación: Anestesia.

- Orientación: Oeste.
- Dimensiones: 7,98 m x 1,23 m = 26,18 pie x 4,04 pie

Ubicación: Pre – Operatorio o Pre – Anestesia.

- Orientación: Sur.
- Dimensiones: 13,09 m x 1,23 m = 42,94 pie x 4,04 pie

Ubicación: Pasillo A – I.

- Orientación: Sur.
- Dimensiones: 3,04 m x 1,56 m = 9,97 pie x 5,12 pie

Ubicación: Estar de Enfermera.

- Orientación: Este.
- Dimensiones: 2,44 m x 1,22 m = 8 pie x 4 pie

2.- CONSIDERACIONES.

El piso de abajo está acondicionado, en cambio el piso de arriba no está acondicionado.

Las puertas son de madera, las puertas sencillas son de dimensiones aproximadas de 2,12 m x 0,94 m y las puertas dobles son de dimensiones aproximadas de 2,12 m x 1,9 m.

En quirófanos se utilizo 15 cambios por hora, en recuperación 1 y 2 se utilizo 6 cambios por hora, en anestesia 8 cambios por hora, en pre – operatorio se utilizo 30 pcm por persona y en los pasillos y demás áreas a acondicionar 15 pcm por persona.

Temperatura en quirófanos 20 °C y en las demás áreas a ser acondicionadas 24 °C y toda el área de quirófanos 50 % de humedad.

Todas las ventanas tienen protección exterior, o sea, parales horizontales que sobresalen 0,5 m de la pared, excepto los de sala de parto que sobresalen 0,6 m de la pared y todas las ventanas están retrasadas con respecto a la pared 0,2 m.

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Bajo la utilización de un programa de diseño de sistemas de aire acondicionado de la empresa Trane se hicieron los cálculos de cargas térmicas y la selección del equipo de aire acondicionado, el proyecto de tuberías de agua, como el cálculo y selección del sistema de bombeo de agua, el proyecto de ductería de extracción y suministro de aire, el cálculo y selección de los elementos terminales, como difusores y rejillas, el cálculo y selección de las unidades manejadoras de aire (UMA), la selección de las baterías de filtros, el cálculo y selección de los ventiladores del sistema de extracción y de las baterías de recalentamiento.

Todos estos resultados se resumen en este capítulo para mostrarlos de una manera más simple y rápida, para conocer lo más general acerca de los cómputos del sistema. También los cálculos completos se presentan bajo el formato del programa en los anexos. A continuación se muestran los resultados finales obtenidos para el sistema de aire acondicionado del hospital.

1.- CARGA TÉRMICA Y SELECCIÓN DEL CHILLER.

El chiller seleccionado fue uno de 173 TR debido a que la carga térmica da un valor total de 166,3 Toneladas de Refrigeración las cuales se distribuyen en toda el área de quirófanos como se muestra en los anexos 44 y 45 referente al análisis de cargas térmicas. El chiller es de la marca Carrier, modelo 30GTN190. Este chiller estará ubicado en la planta baja del hospital, tres pisos por debajo de la sala de partos.

2.- SELECCIÓN DE LAS UMA.

De las unidades de manejo de aire se seleccionaron 5 unidades para suministrar aire a las distintas áreas del recinto de quirófanos. Hay 2 UMA de 60,9 y 59 TR que son las UMA dispuestas para los quirófanos del ala A y del ala B respectivamente; 1 unidad de 14,8 TR se selecciono para sala de parto y 2 UMA fueron seleccionadas para los pasillos central, del A – I, del J – P y demás áreas que

están dentro del espacio de quirófanos. Las especificaciones y otros valores importantes para estas UMA igualmente se encuentran en los anexos del 46 al 50.

Dos de estas UMA están localizadas en el piso 5 que son las que suministran aire a las dos alas de quirófanos, las otras dos, que son las que suministran aire a los pasillos y demás espacios que se encuentran en esta área, están localizadas dentro del recinto a acondicionar en dos depósitos que no cumplen alguna función y la última, que es la de sala de parto se encuentra en un cuarto en el piso tres que se encuentra justo debajo de esta sala. Se pueden verificar sus localizaciones exactas observando los planos 3 y 4.

3.- SELECCIÓN DE LOS VENTILADORES DE EXTRACCIÓN.

El equipo que se selecciono para la extracción de aire es el extractor modelo BSF 30. Se seleccionaron dos extractores, uno para el ala A (quirófanos del A al I) y el otro para el ala B (quirófanos del J al P).

El equipo del ala A maneja un caudal de 9.835 PCM, con una velocidad de 770 PPM y utiliza un motor de 3 HP. El otro equipo el del ala B maneja un caudal de 9.510 PCM, con una velocidad del aire de 720 y utiliza un motor de 3 HP.

Estos son dos extractores que están colocados en el piso 5 (ver planos 3 y 4) y solamente extraen aire de todas las salas de operación del área de quirófanos. Las demás extracciones se hacen por plafón las cuales son las de pasillos, oficina de enfermeras y otros espacios adyacentes. Las especificaciones técnicas, del fabricante y de dimensiones se especifican en el anexo 51.

4.- SELECCIÓN DE TUBERÍAS DE AGUA HELADA.

Todas las tuberías de diámetro de 2" son de acero galvanizado y las tuberías de diámetro mayor o igual a 2 ½" son de acero negro forjado (hierro negro). El mayor diámetro que tienen estas tuberías es de 4" y el menor es de 2", la de mayor longitud es de 262 pie y la de menor es de 8 pie, los caudales que distribuyen estas tuberías son el mayor de 400 GPM y el menor de 22 GPM. Estos datos al igual que los demás y cada uno de los accesorios que lleva este sistema de tuberías de agua

helada, como las válvulas, se encuentran en el anexo 52 donde se especifican cada uno de los diámetros, longitudes y los caudales que distribuyen dichas tuberías y los accesorios.

En los planos 3 y 4 se muestra la distribución de la tubería de este sistema de agua helada que se le suministra a las UMA.

5.- SELECCIÓN DE LAS BOMBAS.

La bomba que se selecciono maneja un caudal de 400 GPM, tiene una velocidad de 1.750 rpm y una potencia de 18,26 BHP. Esta bomba tiene un motor de 25 HP y es una bomba marca Armstrong, las especificaciones y la curva de este tipo de bombas se encuentra en el anexo 53.

6.- DUCTERÍAS DE EXTRACCIÓN Y SUMINISTRO.

Las dimensiones y ubicación de estas ducterías se pueden verificar en el plano 3. Estas ducterías están fabricas de acero galvanizado, cumplen los niveles de sonido y velocidad del aire permisibles dentro de quirófanos, se colocaron rejillas unifilares tanto en el suministro como en la extracción y estas ducterías de extracción se distribuyeron según la A.S.H.R.A.E. en la pared opuesta a la que están localizadas las de suministro, al igual que se colocaron las rejillas de extracción y suministro según estas normas y la de gaceta oficial. Los caudales que manejan cada uno de los ramales y los caudales a la salida de las rejillas se especifican en el plano 3.

COMPROBACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ASEPSIA

En este capítulo se comparan los distintos procedimientos de asepsia recomendados por la CDC y otros organismos a seguir para la prevención de infecciones hospitalarias en el sitio quirúrgico, con los procedimientos de asepsia que se observaron en el Hospital General Dr. Miguel Pérez Carreño. Primero se exponen estos procedimientos recomendados y luego se emite un diagnóstico acerca de la situación dentro del área quirúrgica de dicho hospital.

1.- RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCIÓN DE INFECCIONES DEL SITIO QUIRÚRGICO.

Los factores que pueden influir en la aparición de una SSI pueden ser atribuibles tanto al propio paciente, como a la preparación de la intervención, a las características del acto quirúrgico, o a los cuidados postoperatorios.

El CDC ha publicado recientemente su nueva Guía para la Prevención de la Infección del Sitio Quirúrgico. En esta guía se describen las estrategias recomendadas para la prevención de las SSI, distribuidas en diferentes categorías de acuerdo con la base científica que las soporta. Estas categorías vienen descritas en la tabla 14.

Categoría IA: claramente soportadas por estudios clínicos, experimentales o epidemiológicos bien diseñados, por lo que se recomienda su aplicación en todos los hospitales.

Categoría IB: tienen un fuerte soporte racional y están sustentados por algunos estudios clínicos, experimentales o epidemiológicos no definitivos. Son consideradas como eficaces por parte de expertos y por Conferencias de Consenso del *Hospital Infection Control Practices Advisory Committee* (HIC-PAC), por lo que también se recomienda su aplicación en todos los hospitales.

Categoría II: están sostenidas por sugerentes estudios clínicos o epidemiológicos. Tienen un fuerte soporte racional teórico o sustentado por estudios definitivos pero no aplicables en todos los hospitales, por lo que, aunque se recomienda su aplicación, se admite que no se aplique en todos los hospitales.

No recomendado, asunto no resuelto: prácticas en las que no existe consenso con respecto a su eficacia o en las que existen evidencias insuficientes.

(*) Adaptado de: Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver RC, Jarvis WR, the Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for the prevention of surgical site infection, 1999. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999; 20: 247-280.

Tabla 14. Evidencia Científica de las Recomendaciones del CDC (*).

1.1.- Preparación Pre – Operatoria del Paciente.

Estas recomendaciones se presentan a continuación tomando en cuenta las categorías del CDC expuestas en la tabla 14.

1.1.1.- Categoría IA.

Identificar y tratar antes de la intervención todas las infecciones distantes al territorio quirúrgico, posponiendo la intervención, si es posible, hasta la curación de las mismas.

No afeitar el campo quirúrgico antes de la operación excepto si interfiere con la misma. Si hay que eliminar el pelo, hacerlo justo antes de la intervención y, preferentemente, usando máquinas eléctricas en vez de cuchillas o cremas depiladoras.

1.1.2.- Categoría IB.

Controlar la glicemia en todos los diabéticos antes de una intervención electiva y mantenerla por debajo de 200 mg/dl durante la intervención y en las primeras 48 horas del postoperatorio.

Recomendar la supresión del consumo de tabaco, al menos 30 días antes de toda intervención electiva.

No evitar la administración de derivados de la sangre para prevenir la aparición de infecciones postoperatorias.

Prescribir ducha o baño del paciente con un jabón antiséptico, por lo menos la noche anterior a la intervención. En su defecto limpiar detenidamente la piel del campo quirúrgico antes de aplicar el antiséptico en quirófano.

Preparar la piel del campo quirúrgico con un antiséptico adecuado (alcohol 70-92%, solución alcohólica de clorhexidina o povidona yodada).

1.1.3.- Categoría II.

Reducir en lo posible la estancia hospitalaria pre – operatoria.

La preparación del campo quirúrgico se hará en círculos concéntricos y centrífugos, cubriendo un área suficiente para incluir posibles ampliaciones de la incisión o colocación de drenajes.

1.1.4.- Asunto No Resuelto.

No hay recomendación de suspender o reducir el tratamiento con corticoides antes de las intervenciones electivas.

No hay recomendación de aumentar el aporte nutritivo del paciente quirúrgico, con la única finalidad de evitar las infecciones postoperatorias.

No hay recomendación de administrar mupirocina de forma pre – operatoria para prevenir las infecciones por *Staphylococcus aureus*.

No hay recomendación de tomar medidas que aumenten el aporte de oxígeno a la herida para evitar la aparición de infecciones postoperatorias.

1.2.- Preparación Antiséptica Pre – Operatoria de las Manos y Antebrazos del Equipo Quirúrgico.

Estas recomendaciones se presentan a continuación tomando en cuenta las categorías del CDC expuestas en la tabla 14.

1.2.1.- Categoría IB.

Llevar las uñas cortas y no usar uñas artificiales.

Realizar un correcto lavado de manos y antebrazos antes de tocar los campos o instrumental quirúrgico y durante 2-5 minutos mantener las manos alejadas del cuerpo después del lavado y con los codos flexionados para que el agua fluya de las puntas de los dedos hacia los codos.

Secar las manos con una toalla estéril y colocar la bata y guantes quirúrgicos también estériles.

1.2.2.- Categoría II.

No utilizar joyas en manos o antebrazos.

Limpiar cuidadosamente las uñas antes de realizar el primer lavado del día.

1.2.3.- Asunto No Resuelto.

No hay recomendaciones sobre la utilización de barniz de uñas.

1.3.- Actuación sobre el Personal Quirúrgico Infechado o Colonizado.

Estas recomendaciones se presentan a continuación tomando en cuenta las categorías del CDC expuestas en la tabla 14.

1.3.1.- Categoría IB.

Educar y estimular al personal quirúrgico que tenga signos o síntomas de enfermedad infecto-contagiosa, para que lo informe a sus superiores o al equipo de salud laboral.

Desarrollar políticas bien definidas con respecto a las responsabilidades y restricciones laborales del personal sanitario que padezca alguna enfermedad infecciosa potencialmente transmisible, e identificar a las personas con autoridad para separar del trabajo al personal afectado.

Realizar cultivos del personal que tenga lesiones cutáneas supuradas, y apartarlos del servicio hasta que esté curada.

No separar del servicio de forma rutinaria al personal colonizado por *Staphylococcus aureus* o *Streptococcus* tipo A, excepto si se puede demostrar epidemiológicamente que es causa de la diseminación de los microorganismos en el ámbito sanitario.

1.4.- Aspectos Intra – Operatorios.

Estas recomendaciones se presentan a continuación tomando en cuenta las categorías del CDC expuestas en la tabla 14.

1.4.1.- Categoría IB.

Filtrar todo el aire utilizando filtros reglamentariamente apropiados.

Mantener dentro del quirófano una ventilación con presión positiva con respecto a su entorno.

Mantener un mínimo de 15 cambios de aire por hora, de los cuales al menos tres deben ser de aire fresco.

Introducir el aire por el techo y extraerlo cerca del suelo.

No utilizar radiaciones ultravioletas para prevenir las infecciones postoperatorias.

Mantener las puertas del quirófano cerradas.

1.4.2.- Categoría II.

Considerar el realizar las intervenciones de cirugía ortopédica en las que se coloquen implantes, en quirófanos con sistema de "flujo laminar".

Limitar al mínimo indispensable el número de personas presentes en el quirófano.

1.5.- Limpieza y Desinfección.

Estas recomendaciones se presentan a continuación tomando en cuenta las categorías del CDC expuestas en la tabla 14.

1.5.1.- Categoría IB.

Utilizar un desinfectante aprobado para limpiar las superficies claramente ensuciadas o contaminadas, antes de comenzar la siguiente intervención.

No realizar una limpieza o desinfección especial después de intervenciones contaminadas o sucias.

No utilizar alfombras pegajosas a la entrada del quirófano ya que se ha probado que no disminuyen el peligro de SSI.

1.5.2.- Categoría II.

Fregar el quirófano con un desinfectante aprobado, después de la última intervención realizada cada día.

1.5.3.- Asunto No Resuelto.

No hay recomendación acerca de realizar una desinfección sistemática del quirófano entre intervenciones, en ausencia de una contaminación evidente.

1.6.- Muestreo Microbiológico.

Estas recomendaciones se presentan a continuación tomando en cuenta las categorías del CDC expuestas en la tabla 14.

1.6.1.- Categoría IB.

Realizar muestreos microbiológicos ambientales únicamente como parte de un estudio epidemiológico.

1.7.- Trajes y Paños Quirúrgicos.

Estas recomendaciones se presentan a continuación tomando en cuenta las categorías del CDC expuestas en la tabla 14.

1.7.1.- Categoría IB.

Usar una mascarilla y gorro que cubran la nariz, boca y pelo, para entrar en quirófano durante una intervención o si ésta va a empezar de forma inmediata.

No usar fundas para los zapatos para evitar las SSI.

El equipo quirúrgico usará guantes estériles que se colocarán después de la bata estéril.

Usar materiales para la ropa y campos quirúrgicos que mantengan su eficacia contra la contaminación cuando se mojen.

Cambiar la ropa quirúrgica cuando se manche o contamine de forma visible.

1.7.2.- Asunto No Resuelto.

No hay recomendaciones acerca de dónde lavar la ropa quirúrgica; el uso de la ropa quirúrgica de forma exclusiva en el quirófano o en cubrirla con otra prenda al salir del mismo.

2.- NORMAS GENERALES PARA PREVENIR Y CONTROLAR LAS INFECCIONES EN UN PABELLÓN QUIRÚRGICO.

Las normas generales que se deben seguir en un pabellón quirúrgico son las siguientes:

- Uso de ropa estéril de todo el equipo quirúrgico.
- Protección de una amplia zona alrededor del sitio de la incisión con ropa estéril.
- Iniciada la intervención, el personal no podrá salir y entrar innecesariamente del quirófano, ya que aumenta el riesgo de infección.
- El máximo de personas en el quirófano es de 13, mayor circulación aumenta el riesgo de infección.
- Mantener la puerta cerrada.

3.- LAVADO Y DESINFECCIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS.

Este procedimiento debe ser supervisado por la enfermera jefe de la respectiva unidad y realizado por personal capacitado y entrenado para realizar esta actividad. Las personas encargadas de estos procedimientos deben utilizar uniformes adecuados, guantes de caucho, gorros y botas. La limpieza se debe iniciar por los elementos y las áreas menos contaminadas. El material de desecho se debe recoger y depositar en bolsas plásticas de diferentes colores según el riesgo de infección.

3.1.- Lavado Rutinario de Áreas Críticas.

Este procedimiento se debe realizar inmediatamente después de cada proceso no séptico (ver anexo 42).

- Lavar paredes de arriba hacia abajo con agua y jabón.
- Aplicar una de las siguientes soluciones:
 - Hipoclorito de sodio en concentración de 500 a 1.000 ppm de cloro libre.

- Dicloroisocianurato de sodio en concentración de 500 a 1.000 ppm de cloro libre.
- Dejar secar la sala.

Nota: Después de treinta minutos la sala está lista para ser utilizada nuevamente.

3.2.- Lavado Terminal de Áreas Críticas.

Procedimiento que debe realizarse (ver anexo 43):

- Después de cada proceso contaminado.
- Cada ocho (8) días.
- Cuando se detecten brotes infecciosos.

3.2.1.- Procedimiento.

- Retirar los equipos e instrumentos del área. En caso que éstos se encuentren demasiado contaminados, se puede introducir un recipiente adecuado con solución desinfectante a la sala y colocar dentro de ésta los materiales e instrumentos a desinfectar.
- Lavar las paredes de arriba hacia abajo con agua y jabón.
- Aplicar una de las siguientes soluciones:
 - Hipoclorito de sodio en concentración de 1.000 a 2.000 ppm de cloro libre.
 - Dicloroisocianurato de sodio en concentración de 500 a 1.000 ppm de cloro libre.
- Dejar secar la sala.
- Lavar nuevamente la sala con agua y jabón.
- Aplicar una de las siguientes soluciones:

- Hipoclorito de sodio en concentración de 1.000 a 2.000 ppm de cloro libre.
- Dicloroisocianurato de sodio en concentración de 500 a 1.000 ppm de cloro libre.
- Dejar secar la sala.
- Introducir los equipos y materiales previamente desinfectados a la sala y colocarlos en su respectivo lugar. Este último paso debe ser realizado por un operario entrenado; la ropa que utilice para realizar la tarea debe ser estéril.

Nota: Después de treinta minutos la sala está lista para ser utilizada nuevamente.

4.- DEFICIENCIAS ENCONTRADAS EN LA APLICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ASEPSIA EN EL HOSPITAL GENERAL DR. MIGUEL PÉREZ CARREÑO.

En este hospital en el área de quirófanos se encontraron ciertas deficiencias en el cumplimiento de un protocolo o procedimiento de asepsia para controlar y prevenir las infecciones nosocomiales, las cuales afectan directamente al paciente. Estos procedimientos garantizan de una u otra forma que haya una correcta asepsia dentro de estas áreas críticas y de sumo cuidado.

Para verificar estas deficiencias se hizo una inspección ocular dentro del área para ver las irregularidades que están presentes en este recinto. Además de esta inspección se trato de realizar un estudio microbiológico para demostrar y sustentar dicha inspección y tratar así de implementar dichos procedimientos en este hospital; estas pruebas no se pudieron realizar debido a su alto costo y que además la institución presenta problemas económicos graves, en el anexo 55 se presenta el presupuesto de estas pruebas.

Dentro de estas deficiencias se pudo observar que todo el personal médico, de enfermeros y camilleros usan prendas como anillos, relojes, zarcillos, cadenas y celulares no permitidas dentro del recinto.

Es un hecho muy común que en este hospital se opere con las puertas de los quirófanos abiertas y que en mucho de los casos se opere con más de 13 personas en el pabellón que entran y salen de la sala de operación tantas veces como les parece necesario.

No se realiza una identificación ni tratamiento antes de la operación de alguna infección que pueda tener el paciente.

Las partes a ser tratadas que se necesitan afeitar porque hay bello son rasuradas con hojillas de afeitar.

Los pacientes a ser operados esperan largas horas en pre – operatorio antes de ser intervenidos quirúrgicamente.

Muchas de las enfermeras y médicos femeninas usan las uñas largas.

No realizan un buen lavado y secado de las manos antes y después de cada intervención quirúrgica. No se filtra el aire con filtros reglamentarios apropiados ni se mantiene una presión positiva dentro de los quirófanos.

No se realiza una adecuada desinfección de los quirófanos, ni se utilizan desinfectantes apropiados, ni se realizan los procedimientos de lavado correcto, se utilizan mopas que son utilizadas en otras partes de menor riesgo en el área de quirófanos, que no requieren de una atención tan especial, para limpiar el quirófano.

No se realiza un estudio microbiológico anual para constatar la eficiencia de desinfectantes, que tipos de microorganismos están presentes y en que proporción.

Algunas veces el personal que interviene en las operaciones no utiliza tapa bocas o utiliza gorros en sustitución de los tapabocas, no todos los que están en la operación usan guantes estériles, normalmente las enfermeras y doctoras no cubren completamente el cabello con los gorros y el personal de camilleros, algunos enfermeros y personal no autorizado utilizan la ropa que usan a diario debajo de la ropa estéril que utilizan en el quirófano.

El acceso al personal no autorizado no es restringido en esta área, estas personas normalmente entran sin protección en los zapatos y sin tapabocas.

Todas estas deficiencias son las que nos llevan a pensar que en esta área es posible que exista un alto número de microorganismos contaminantes y que se este poniendo en riesgo la vida de los pacientes ahí tratados quirúrgicamente.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis psicrométrico que se realizó al área de quirófanos, los distintos problemas que se encontraron con el equipo que suministra aire acondicionado al área quirúrgica y con el sistema completo de extracción y suministro de aire, y los resultados obtenidos del cálculo de cargas térmicas nos indican que se debe adquirir un nuevo equipo de aire acondicionado o, la cual es la solución más factible en cuanto a costo se refiere ya que el equipo de aire acondicionado solamente tiene un costo total de Bs. 191.828.000,00 que es casi el 40% de la inversión del proyecto (este presupuesto se encuentra en el anexo 54), por ende se debe poner en funcionamiento el equipo que se encuentra en el hospital de 160 Toneladas de Refrigeración (TR), ya que el que está en funcionamiento no cubre con las TR requeridas.

Además y debido a lo anterior se hizo el diseño completo de ducterías, tanto de extracción como de suministro, como también el proyecto de la tubería de agua. Dentro del diseño de la ductería se deben hacer ciertas modificaciones a la estructura física del recinto para poder cumplir con las normas en cuanto a que la extracción se tiene que hacer cerca del piso y en la pared opuesta a la pared donde se encuentra la rejilla de suministro, en consecuencia las ducterías de extracción tienen que atravesar el quirófano y para esto se deben colocar unas columnas falsas y también se deben romper algunas paredes dentro del recinto lo cual traería un costo adicional.

Para el caso de las unidades de manejo de aire se instalarían 5 UMA, las cuales pueden ser nuevas o utilizarse las que existen y agregar otras 2 más, se pondría una UMA para un ala de quirófanos, otra para la otra ala, una para la sala de parto y dos para los pasillos. Se deben colocar baterías de recalentamiento en cada uno de los quirófanos para controlar las condiciones de humedad y temperatura o se puede colocar una batería en cada una de las UMA para controlar un promedio de estas condiciones. Se tienen que adquirir todos los elementos terminales y todas las baterías de filtros de cada una de las unidades.

Para la parte de la asepsia dentro del área quirúrgica de este hospital el mantener las puertas abiertas durante la intervención quirúrgica permite que se pierda la presión positiva y que haya intercambio de aire entre los pasillos y el quirófano dejando ingresar microorganismos no deseados a esta área, el usar prendas tanto de vestir como zarcillos, cadenas, etc., dentro de esta área trae consigo el ingreso de microorganismos del exterior de este recinto los cuales pueden ser ingresados directamente al paciente como al ambiente de quirófanos.

El lavado de las manos que se debe hacer correctamente para eliminar del cirujano cualquier microorganismo que pueda ingresar al paciente y poner en peligro su vida.

El que algunos de los del personal que interviene en una operación no utilice guantes estériles es causa de que pueda contraer cualquier infección con los implementos quirúrgicos ya usados.

El que no se utilicen filtros de alta eficiencia para limpiar el aire que entra a quirófanos es causa de que entren microorganismos no deseados dentro de esta área que pondrían en riesgo la vida del paciente.

El utilizar las uñas largas por parte del personal quirúrgico trae consigo que dentro de las uñas se introduzcan microorganismos y sean después transmitidos por el contacto a los pacientes causando infecciones en los mismos.

La desinfección incorrecta de los quirófanos trae como consecuencia que queden algunas bacterias y hongos que luego se vuelven a reproducir causando problemas epidemiológicos dentro de esta área, el utilizar siempre los mismos desinfectantes y de baja calidad; en primer lugar permiten que queden bacterias y hongos o cualquier tipo de microorganismos no deseados permitiendo su reproducción posterior y que estos tipos de microorganismos creen resistencia a los desinfectantes utilizados y no sean efectivos para la eliminación de los mismos, y por último el permitir el paso de cualquier persona ajena a las actividades quirúrgicas permite el ingreso de microorganismos a través de esta persona contaminando así esta área que tiene que ser aséptica.

CONCLUSIONES

El chiller que está actualmente en funcionamiento no cubre con los requerimientos de aire acondicionado para esta área.

Según la verificación realizada se determinó que los quirófanos están contaminados.

Las condiciones psicrométricas y de velocidad del aire no cumplen lo estipulado en normas.

No hay un control de las condiciones de temperatura y humedad dentro de los quirófanos.

La distribución de los elementos terminales y ductería no es correcta.

RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que se pueden realizar para mejorar la situación de este hospital en el área de quirófanos están las siguientes:

Se debería de realizar el estudio microbiológico para ver en que grado están contaminados estos recintos y poder así saber que tipos de microorganismos están presentes, que tipos de enfermedades pueden producir al paciente y comprobar con este estudio si los procedimientos de limpieza y los desinfectantes utilizados son eficaces para combatir a estos microorganismos.

Se podrían aprovechar y utilizar el chiller y las UMA que están funcionando para el suministro de aire al recinto de quirófanos, en otras áreas que requieran acondicionamiento de aire.

Se debería de recuperar el chiller que está funcionando para el área de quirófanos y poner en un 100% de su funcionamiento para seguir utilizándolo.

Implementar un protocolo o procedimiento de asepsia dentro del hospital para así poder controlar y prevenir las infecciones nosocomiales.

Hacer la desinfección de las salas de operación utilizando un desinfectante diferente cada semana para que los microorganismos no creen defensas contra estos desinfectantes.

Hacer mucho más restringido el paso a personas ajenas al área de quirófanos los cuales son fuentes infecciosas.

Implementar un plan de mantenimiento para las unidades de manejo de aire, como para los filtros y el chiller, para mantener el servicio de aire acondicionado en buen estado y así garantizar, por la parte del aire en el quirófano, las condiciones de asepsia que debe cumplir el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. A.S.H.R.A.E. "Fundamentals". U.S.A. 1997.
2. A.S.H.R.A.E. "H.V.A.C. Applications". U.S.A. 1995.
3. A.S.H.R.A.E. "H.V.A.C. Systems and Equipment". U.S.A. 1996.
4. Berry, A. "Técnicas de Quirófano". Séptima Edición. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. Bogotad, México. 1998.
5. Carrier Air Conditioning Company. "Manual de Aire Acondicionado". Marcombo Boixareu Editores. Barcelona, España. 1992.
6. Clínicas Quirúrgicas de Norteamérica. "Infecciones Quirúrgicas y Antibióticos". Ediciones interamericanas. U.S.A. 1975.
7. Cohen, Miguel. "Apuntes de Aire Acondicionado". Décima Edición. Tomos 1 y 2. U.C.V. - Facultad de Ingeniería. Caracas, Venezuela. 1999.
8. C.O.V.E.N.I.N. N° 2340 – 2. "Medidas de Seguridad en Laboratorios. Parte II: Bioseguridad". Caracas, Venezuela.
9. I.V.S.S. "Diagnóstico Situacional de las Unidad Quirúrgica del Hospital Dr. Miguel Pérez Carreño Relacionado con: Estructura Física, Recursos Humanos y Materiales". Caracas, Venezuela. 2003.
10. Mijares, Rodrigo. "Aires Acondicionados en Instalaciones Hospitalarias". U.G.T.S. – U.S.B. Miranda, Venezuela. 1998.

11. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, año CXXVI – mes I, Caracas, miércoles 4 de Noviembre de 1998, N° 36.574. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. “Normas que Establecen los Requisitos Arquitectónicos Funcionales del Servicio de Quirófanos de los Establecimientos de Salud Médico – Asistenciales Públicos y Privados”. Caracas, Venezuela.
12. Pita, Edward. “Acondicionamiento de Aire Principios y Sistemas”. Segunda Edición. Editorial Continental. México. 2000.
13. Rizo, Zuleima. “Evaluación y Propuesta de Optimización del Sistema de Aire Acondicionado del Hospital Pediátrico San Juan de Dios”. Trabajo de Pasantía. U.S.B. Miranda, Venezuela. 2000.
14. Velasco, Renny. “Optimización del Sistema Central de Aire Acondicionado del Área de Quirófano para el Hospital Militar Carlos Arvelo”. Trabajo de Grado. I.U.T.I. Caracas, Venezuela. 2001.
15. Yanez, P. “Infecciones Hospitalarias”. Editorial Interamericana. Bogota, Colombia. 1999.
16. www.carrier.com
17. www.3m.com/microbiology/home/products/petrifilm/pp_over.html
18. www.medmicro.com

GLOSARIO

AGENTES ANTIMICROBIANOS: son sustancias que inhiben el crecimiento y actividad de los microorganismos.

ALTITUD SOLAR: ángulo que un rayo directo del sol forma con la horizontal en un lugar particular de la superficie de la tierra. La altitud solar difiere a la misma hora para diferentes lugares.

ANTISEPSIA: implica la eliminación o inhibición de la proliferación de microorganismos en los tejidos o fluidos corporales.

ANTISÉPTICO: compuesto orgánico o inorgánico preparado para utilizarse sobre tejido vivo con el fin de inhibir la proliferación de microorganismos endógenos, es decir, la flora existente.

ASEPSIA: ausencia de microorganismos patógenos, es decir, ausencia de infección.

ASÉPTICO: sin infección.

AZIMUT DEL SOL: es el ángulo que forma la proyección horizontal de un rayo directo del sol con la orientación norte.

AZIMUT DE UNA PARED: es el ángulo que forma una normal a la pared con la orientación norte.

AZIMUT SOLAR DE UNA PARED: es el ángulo que forma la proyección horizontal de un rayo directo del sol con una normal a la pared.

BACTERIA: es el nombre común que se le da a un vasto grupo de microorganismos unicelulares que abarcan las más pequeñas, simples y quizás las primeras formas de vida celular que evolucionaron.

BACTERIOLOGÍA: pertenece a una de las ramas de la microbiología y se encarga del estudio de las bacterias.

BACTERIOSTASIS: estado de una población bacteriana cuya multiplicación está momentáneamente inhibida.

BACTERIOSTÁTICO: un agente bacteriostático no destruye los microorganismos presentes como lo hace un bactericida sino que inhibe la reproducción al causar la desaparición de las colonias existentes a través del tiempo.

CONFORT: es una sensación subjetiva relacionada básicamente con la facilidad con la cual el individuo mantiene un equilibrio térmico entre él mismo y su ambiente.

DEGERMINACIÓN: métodos establecidos para disminuir el número de gérmenes en un área, o descenso en el número de las bacterias de la piel y microorganismos presentes en la flora normal.

DESCONTAMINACIÓN: remoción de la contaminación biológica, química, física o radiológica de una persona, objeto o superficie o su neutralización en ellos.

DESINFECCIÓN: proceso que elimina muchos o todos los microorganismos patógenos, con excepción de esporas bacterianas, en objetos inanimados.

DESINFECTANTE: es un germicida que inactiva o elimina virtualmente todos los microorganismos patógenos reconocidos, pero no necesariamente todas las estructuras o formas de vida microbianas.

ENDÓGENO: que se origina y forma en el interior, como la célula que se forma dentro de otra.

ENTALPÍA ESPECÍFICA: es el contenido de calor del aire, por unidad de peso. Se expresa en BTU/lb de aire seco o KJ/Kg de aire seco.

ESTERILIZACIÓN: eliminación o destrucción completa de todas las formas de vida microbiana incluyendo las formas esporuladas.

FUNGISTÁTICO: sustancia que inhibe el crecimiento y multiplicación de los hongos.

GERMICIDA: producto o procedimiento que destruye microorganismos especialmente patógenos. Este término se aplica tanto a tejido vivo como a objetos inanimados.

HIGIENIZACIÓN: consiste en reducir la población microbiana a niveles no peligrosos por medio de un agente, según los requerimientos de salud pública.

HONGOS: constituye un gran y diverso grupo de organismos que comparten algunas características con las plantas inferiores (algas) y con los animales inferiores, pero no están cercanamente relacionados con ninguno.

HUMEDAD ESPECÍFICA: es el peso de vapor de agua por libra de aire seco, expresado en lb/lb de aire seco, o en granos de agua por libra de aire seco.

HUMEDAD RELATIVA: es la relación de la presión real de vapor de agua en el aire con la presión de vapor de agua si el aire estuviera saturado a la misma temperatura de bulbo seco. Se expresa en porcentaje.

INFECCIÓN NOSOCOMIAL O INTRAHOSPITALARIA: infección que se adquiere durante la permanencia en el hospital.

LATITUD: la latitud de un lugar en la superficie de la tierra es su desplazamiento angular por encima o debajo del plano del Ecuador, medido desde el centro de la Tierra.

LEVADURA: son hongos pertenecientes a la clase Ascomycetes y a la subclase Hemiascomycetidae.

LIMPIEZA: remoción de material ajeno o foráneo (tierra), manchas y materia orgánica de los objetos; normalmente es lograda con agua, solución detergente o productos enzimáticos y acción mecánica. Esta debe preceder a la esterilización y desinfección.

MICROBIOLOGÍA: es la ciencia que estudia todos los tipos de microorganismos.

MICROORGANISMO: es todo organismo que sólo puede ser observado bajo el lente de un microscopio.

PATÓGENO: elementos y medios que originan o favorecen el desarrollo de las enfermedades.

QUIRÓFANO: es aquella zona cerrada y de acceso restringido del hospital o clínica, que por lo general dispone de un medio ambiente controlado con respecto a las partículas aéreas, la temperatura, la humedad, el movimiento de aire y la iluminación. En el interior del quirófano se efectuarán las intervenciones quirúrgicas destinadas a mejorar las condiciones de salud de un paciente hospitalario, o a salvarle la vida.

TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO: es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha empapada en agua, en el seno de aire en rápido movimiento.

TEMPERATURA DE BULBO SECO: es la temperatura del aire, tal como la indica un termómetro. Las palabras temperatura y temperatura de bulbo seco se emplean para designar lo mismo tratándose del aire.

TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍO: es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se comienza a condensar si se enfría el aire a presión constante.

VOLUMEN ESPECÍFICO: es el volumen de aire por unidad de peso de aire seco. Se expresa en ft^3/lb de aire seco o m^3/Kg de aire seco.