



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

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS
DE UN HOSPITAL DE ACCIDENTES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Jhonatan Esaú Morataya González

Asesorado por el Ing. Axel Oswaldo Higueros Avendaño

Guatemala, mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS
DE UN HOSPITAL DE ACCIDENTES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JHONATAN ESAÚ MORATAYA GONZÁLEZ

ASESORADO POR EL ING. AXEL OSWALDO HIGUEROS AVENDAÑO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS DE UN HOSPITAL DE ACCIDENTES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 16 de mayo de 2011.


Jhonatan Esaú Morataya González

Guatemala 07 de marzo de 2012

Ingeniero
Cesar Urquizú Rodas.
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

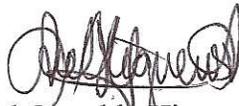
Respetable Ingeniero Urquizú:

Por medio de la presente le informo que he procedido a revisar el trabajo de graduación elaborado por el estudiante, **JHONATAN ESAÚ MORATAYA GONZÁLEZ** Carne No. 200212510, de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, cuyo título es: **PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS DE UN HOSPITAL DE ACCIDENTES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.**

Considero que el trabajo presentado, ha sido desarrollado cumpliendo con los reglamentos y siguiendo las recomendaciones de la asesoría, por lo que doy la aprobación del mismo y solicito el trámite correspondiente.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



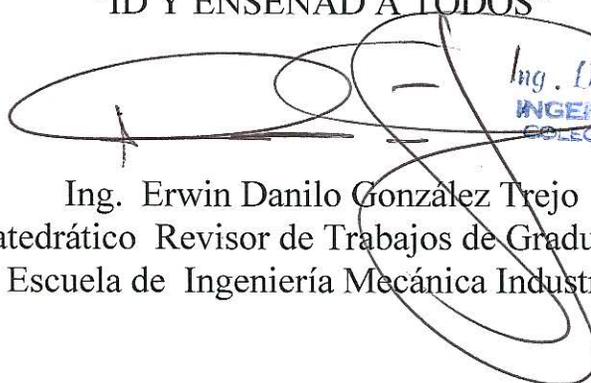
Ing Axel Higueros
COI 6476

Ing. Axel Oswaldo Higueros Avendaño
Colegiado No. 6476
Asesor



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS DE UN HOSPITAL DE ACCIDENTES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jhonatan Esaú Morataya González**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO No. 6.182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2012.

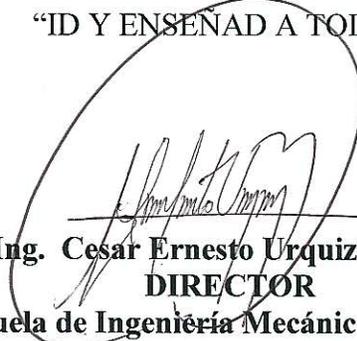
/mgp



REF.DIR.EMI.068.012

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE LOS QUIROFANOS DE UN HOSPITAL DE ACCIDENTES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jhonatan Esaú Morataya González**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2012.

/mgp



DTG. 185.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS DE UN HOSPITAL DE ACCIDENTES DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jhonatan Esaú Morataya González**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Bebe Aceituno
Decano en Funciones

Guatemala, 3 de mayo de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el que derramo de su sabiduría sobre mi vida y me permitió llegar al final de esta etapa de mi vida profesional.
- Mis padres** Hugo Rolando Morataya y Rosa Eva González Girón. Gracias por entender el propósito de Dios, para mi vida e inculcarme los principios eternos.
- Mis hermanos** Oswaldo, Edgar y Luz Marleny. Por su respeto y confianza que siempre tuvieron en mí.
- Mi familia** Oliver, Ivon y Jessica. Con mucho cariño y afecto.
- Mis sobrinos** Benjamín, José Carlo y Mabel Sofía. Que esta etapa desate la bendición de Dios sobre sus vidas y marque el camino hacia el éxito.
- Mis tíos** Que Dios derrame de sus bendiciones incondicionales sobre su vida y familia.
- Mis abuelos** Que reciban la corona que Dios les dio, por medio de sus nietos.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi familia

Por todos sus esfuerzos y consejos. Por el amor que nunca carecí de parte de ellos, lo cual me permitió seguir cada día de mi vida buscando ser una mejor persona.

**Ing. Axel Oswaldo
Higueros Avendaño**

Por la asesoría en mi trabajo de graduación y por su humildad que lo caracteriza como un gran ser humano.

A mis amigos

Que me apoyaron con sus consejos, para que pudiera concluir mi carrera universitaria.

**A mis Pastores: Nelson
y Azucena de Dávila**

Por ser parte de la edificación espiritual de mi vida. Lo cual me permitió, continuar esforzándome para culminar mi carrera.

**Facultad de Ingeniería,
Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser una entidad dedicada a formar profesionales de éxitos, bajo cualquier circunstancia.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).....	1
1.1.1. Historia.....	2
1.1.2. Misión.....	3
1.1.3. Visión.....	4
1.1.4. Organigrama.....	4
1.2. Producción más Limpia.....	5
1.2.1. Producción más Limpia y sus definiciones más importantes.....	10
1.3. Definición de quirófanos.....	14
1.4. Historia de los quirófanos.....	16
1.5. Tipos de quirófanos.....	17
1.6. Condiciones necesarias a mantener en los quirófanos.....	18
1.6.1. Diseño.....	18
1.6.2. Eléctricas.....	23
1.6.3. Seguridad.....	31
1.6.4. Personal.....	32
1.6.5. Higiénicas.....	35

2.4.	Costo beneficio.....	68
2.4.1.	Mantenimientos preventivos.....	71
2.4.2.	Mantenimiento correctivo.....	71
2.5.	Inventario del equipo de enfriamiento.....	72
3.	PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN EN LOS QUIRÓFANOS.....	73
3.1.	Requerimientos reales del proceso.....	73
3.2.	Calculo de la demanda de aire renovado del proceso.....	90
3.3.	Determinación de mejoras del proceso.....	91
3.4.	Plan de contingencia ante perdidas de aire.....	107
3.5.	Programación de funcionamiento a los equipos.....	108
3.6.	Codificación de las unidades de enfriamiento.....	109
3.7.	Costo beneficio de la propuesta.....	110
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA DEL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN EN LOS QUIRÓFANOS.....	113
4.1.	Planificación de la implementación propuesta.....	113
4.1.1.	Distribución de la implementación propuesta.....	113
4.1.2.	Organización de medidas preventivas para evitar perdidas de aire en el sistema.....	115
4.2.	Recursos a utilizar.....	118
4.2.1.	Equipo de climatización.....	118
4.2.2.	Refacciones de equipo de climatización.....	119
4.2.3.	Recurso humano.....	120
4.3.	Planificación de la eficiencia energética.....	121
4.3.1.	Control de los períodos de arranque de los equipos.....	121
4.3.2.	Control de vida útil de los filtros.....	121

4.3.3.	Rutinas de medición de temperatura.....	122
4.3.4.	Medidor de arranque de unidades según turno de servicio.....	123
4.4.	Implementación de la aplicación de Producción más Limpia.	124
4.4.1.	Costo del consumo energético de las unidades.....	124
4.4.2.	Indicadores de consumo eléctrico.....	125
4.4.3.	Indicadores de temperatura optima.....	126
5.	SEGUIMIENTO DE LA MEJORA DEL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN EN LOS QUIRÓFANOS.....	127
5.1.	Plan de mantenimiento preventivo.....	127
5.1.1.	Asignación de rutinas de servicio.....	128
5.1.2.	Inventario de fallas del sistema.....	133
5.1.3.	Inventario de repuestos de alta rotación.....	134
5.2.	Plan de capacitación.....	134
5.2.1.	Jefatura de mantenimiento.....	135
5.2.2.	Personal operativo del área de mantenimiento.....	137
5.3.	Plan de contingencia.....	140
5.3.1.	Contingencia en climatización.....	141
5.4.	Monitoreo de la eficiencia la implementación de la aplicación de Producción más Limpia.....	143
6.	MANEJO AMBIENTAL EN EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS.....	145
6.1.	Eficiencia de materiales utilizados en el sistema.....	145
6.1.1.	Tabicación de muros.....	146
6.1.2.	Instalación de pisos normados FDA.....	146
6.1.3.	Instalación de filtros HEPA.....	148
6.1.4.	Instalación de lámparas.....	163

6.1.5.	Cielos tipo losa.....	168
6.1.6.	Aplicación de pintura FDA.....	169
6.2.	Eficiencia de consumo energético.....	171
6.2.1.	Elevar la eficiencia energética.....	171
6.2.2.	Pasos para eficiencia energética en Producción más Limpia.....	172
6.2.3.	Medidas de eficiencia energética típica.....	174
6.3.	Acciones de mitigación.....	175
6.3.1.	Vulnerabilidad de las instalaciones hospitalarias...	178
6.3.2.	El establecimiento hospitalario durante situaciones de desastre.....	179
6.3.3.	Estimación de daños en hospitales con posterioridad a un desastre.....	180
6.3.4.	Niveles a considerar luego de daños a las estructuras sanitarias.....	181
6.3.5.	Reducción del riesgo de hospitales.....	183
6.3.6.	Coordinación de la restructuración.....	188
6.4.	Costo beneficio de Producción más Limpia.....	190
	CONCLUSIONES.....	193
	RECOMENDACIONES.....	195
	BIBLIOGRAFÍA.....	197
	ANEXOS.....	199

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama estructural simplificado.....	4
2.	Quirófano.....	15
3.	Plano quirófano.....	19
4.	Lámparas quirófano.....	28
5.	Esquema básico para quirófano.....	29
6.	Lavado correcto de manos.....	36
7.	Split de pared.....	44
8.	Split consola para techo.....	45
9.	Multi <i>Split</i>	46
10.	Chiller.....	47
11.	Vista aérea hospital de Accidentes IGSS.....	49
12.	Distribución de equipo.....	54
13.	Dimensiones Chiller Carrier.....	56
14.	Dimensiones manejadoras.....	57
15.	Alimentación de la manejadora.....	57
16.	Transferencia de calor de un espacio a climatizar.....	60
17.	Conversión de carga eléctrica a carga térmica.....	61
18.	Dimensiones quirófano en estudio.....	74
19.	Resistencias térmicas y mallas térmicas.....	75
20.	Pared compuesta.....	76
21.	Esquema de la carta psicométrica mostrando el uso del punto de rocío de equipos y el factor de desviación.....	85

22.	Diagrama para encontrar la temperatura del punto de rocío del aparato.....	88
23.	Diagrama de funcionamiento sistema ecodensar	92
24.	Fotografía sistema ecodensar instalado	93
25.	Pantalla <i>Software</i> de climatización.....	95
26.	Esquema de instalación controles lógicos.....	96
27.	Purificador de aire con emisión de ozono.....	103
28.	Lámparas ultravioletas.....	104
29.	Uso de desinfectantes en rejillas.....	106
30.	Estructura de codificación de los equipos de producción....	110
31.	Distribución de equipo de enfriamiento.....	114
32.	Diseño formato para control de temperaturas.....	123
33.	Planificación de mantenimientos.....	127
34.	Organigrama de la división de mantenimiento.....	136
35.	Composición filtro HEPA.....	149
36.	Filtro de alta temperatura típica.....	161
37.	Ventajas del uso eficiente de la energía.....	172

TABLAS

I.	Fases de la Producción más Limpia.....	7
II.	Clasificación de los quirófanos.....	17
III.	Colores para la identificación de tomacorrientes.....	31
IV.	Índice de protección mecánica.....	37
V.	Parámetros según UNE 100713-2005.....	41
VI.	Equipo eléctrico de quirófanos.....	52
VII.	Programación quirófanos A1-A6, B1-B6.....	53
VIII.	Control de toneladas de aire enfriado año 2011.....	58
IX.	Ganancia de calor debido a luminarias.....	62

X.	Ganancia de calor debido a las personas.....	63
XI.	Coeficiente de transmisión U de paneles verticales.....	64
XII.	Coeficiente de transmisión para puertas de madera sólida..	66
XIII.	Beneficio costo actual.....	69
XIV.	Inversion proyectada a 5 años.....	70
XV.	Equipo de climatización.....	72
XVI.	Diferencias de temperatura equivalentes (°F).....	78
XVII.	Resultados de calor latente y calor sensible en quirófanos.....	81
XVIII.	Estándares de ventilación.....	83
XIX.	Medidas preventivas calderas.....	98
XX.	Medidas preventivas máquinas frigoríficas.....	99
XXI.	Operaciones de mantenimiento.....	100
XXII.	Beneficio costo de las propuestas.....	111
XXIII.	Resumen de propuestas y aplicación de PML.....	112
XXIV.	Refacciones de equipo de climatización.....	119
XXV.	Tarifas de energía eléctrica.....	124
XXVI.	Costo de consumo energético.....	125
XXVII.	Capacitación a jefe de mantenimiento.....	137
XXVIII.	Capacitación de personal administrativo y operativo.....	138
XXIX.	Beneficios costos producción más limpia.....	191

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
Cp	Calor específica del aire húmedo
Q eq.s	Calor sensible ganado debido a equipos
Hp	Caballos de fuerza
Q piso	Calor ganado a través de piso
Q tumbado	Calor ganado a través de tumbado
Q luces	Calor ganado debido a luces
Qpartición total	Calor ganado por divisiones
Qpuerta	Calor ganado por las puertas
Qpared	Calor ganado por paredes
Q per.l	Calor latente debido a personas
Q eq.l	Calor latente ganado debido a equipos
Q per.s	Calor sensible debido a personas
Qs	Carga de enfriamiento del espacio
cm	Centímetros
cm²	Centímetros cuadrados
SC	Coeficiente de sombra
U	Coeficiente global de transferencia de calor
U	Coeficiente global de transferencia de calor
SC	Coeficiente sombra del vidrio
Ca	Columna de agua
ΔTs	Diferencia de temperatura equivalente.
DA	Difusor de aire

SHFG	Factor de ganancia solar
W	Flujo aire suministrado al espacio
GPM	Galones por minuto
Qv	Ganancia de calor sensible del aire de ventilación desviado hacia el espacio
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
K	Grados Kelvin
Hz	Hertz
Hr	Hora
kg	Kilogramos
km	Kilómetros
kW	Kilowatts
Lb	Libras
m	Metro
m²	Metros cuadrado
m³	Metros cúbicos
m³/s	Metros cúbicos por segundo
m/s	Metros por Segundo
NC	Noise criteria
Pa	Pascal
ft	Pies
ft²	Pies cuadrados
CFM	Pies Cúbicos por minuto
FPM	Pies por minuto
P	Potencia
plg	Pulgadas
R	Resistencia térmica
RT	Resistencia térmica total

RPM	Revoluciones por minuto
s	Segundos
Ts	Temperatura de aire de suministro que está entrando al área
Tp	Temperatura de Partición
TD	Temperatura de rocío del equipo
Te	Temperatura del medio exterior
To	Temperatura exterior
Ti	Temperatura interior
TON o TR	Toneladas de refrigeración
UMA	Unidad manejadora de agua
BTU	Unidad térmica de medida
V	Velocidad
VE	Ventilador de extracción
VS	Ventilador de suministro
v	Volumen específico
W	Watts

GLOSARIO

Acometida	La acometida (instalación eléctrica) es una derivación desde la red de distribución de la empresa de servicio eléctrico hacia la edificación. Las acometidas en baja tensión finalizan en la denominada caja general de protección mientras que las acometidas en alta tensión finalizan en un Centro de Transformación.
Artroscopia	La artroscopia es un tipo de endoscopia. Consiste en la visualización de una articulación, como puede ser la rodilla, con el fin de observar el menisco y el resto de su anatomía interna.
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros para Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.
ATC	Artroplastia total de cadera, una cirugía que busca reemplazar la articulación de la cadera con una prótesis.
ATR	Cirugía de reemplazo total de rodilla.
Bulbo húmedo	Termómetro utilizado en la valoración del confort higrotérmico, en la determinación de la humedad relativa, en la determinación del punto de rocío, en psicrometría para el estudio y determinación del comportamiento de mezclas de aire.

Bulbo seco	Termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco.
Calor latente	El calor latente o el calor de cambio de estado es la energía requerida por una sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización).
Calor sensible	Es aquel que recibe un cuerpo y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado.
(CGP+L)	Centro guatemalteco de Producción más Limpia, ente encargado de brindar asesoría en la implementación de P+L.
Chiller	Máquina de refrigeración cuyo cometido es enfriar un medio líquido, generalmente agua.
Ciclo de absorción	Es aquel que requiere poco consumo de energía mecánica para el bombeo entre el absorbedor y el generador. Precisa energía térmica en cantidad considerable para producir la destilación en el generador.
Ciclo de compresión	Consiste en forzar mecánicamente la circulación de un fluido en un circuito cerrado creando zonas de alta y baja presión con el propósito de que el fluido absorba calor en un lugar y lo disipe en el otro.

climatización	Consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados.
CNPMLTA	Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales.
Coeficiente de Transmisión U	Cantidad de calor que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo, cuando hay entre las caras paralelas del cerramiento cuando se establece una diferencia de temperatura de un grado.
Controles lógicos programables	También conocidos como PLC, son dispositivos electrónicos que reproducen programas informáticos, que permiten controlar.
Difusores	Salida de aire generalmente localizada en el techo que permite difundir la corriente de aire desde un conducto a un espacio cerrado.
Ecodenser	Es un sistema optimizador de eficiencia energética utilizado en Chillers.
Eficiencia energética	El rango entre el consumo de energía y la cantidad dada, usualmente se refiere a la cantidad de energía primaria y final consumida por unidad de producto doméstico o nacional.

Enfermedad de los legionarios	Es el nombre de la forma más severa de infección, que cursa con neumonía.
Final del Tubo (End of Pipe)	Es agregar tecnología para reducir emisiones y satisfacer límites más estrictos de un nuevo marco legal. Por lo general un nuevo dispositivo End of Pipe tiene poco impacto positivo en la empresa: es otro costo.
HEPA	Es un tipo de filtro de aire de alta eficiencia que evitan la propagación de bacterias y virus a través del aire y, por tanto, son muy importantes para prevenir infecciones.
HVAC	Corresponden al acrónimo inglés de Heating, Ventilating and Air Conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado), que engloba el conjunto de métodos y técnicas que estudian y analizan el tratamiento del aire en cuanto a su enfriamiento, calentamiento, (des)humidificación, calidad, movimiento, etc.
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Numerosas normas se desarrollan con la ISO (normas ISO/IEC).
Índice de protección	Hace referencia al estándar estadounidense ANSI/IEC 60529-2004 Degrees of Protection[] utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico y/o electrónico.

Norma UNE-EN 143	Norma que regula los equipos de protección respiratoria utilizados en quirófanos.
NORMA UNE 100-030-9419	Serie de directrices para la prevención de la Legionella.
Norma UNE 100-705-91	Norma utilizada en climatización para la medición de caudal de aire en rejillas y difusores.
Norma UNE 100713:2005	Norma utilizada para instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.
Osteosíntesis	Es un tratamiento quirúrgico de fracturas, en el que éstas son reducidas y fijadas en forma estable. Para ello se utiliza la implantación de diferentes dispositivos tales como placas, clavos, tornillos, alambre, agujas y pines.
P+L o (PML)	Siglas utilizadas para abreviar, Producción más Limpia.
Prevención de la contaminación	Uso de procesos, prácticas, materiales y productos que evitan, reducen o controlan la contaminación, lo cual puede incluir el reciclaje, control de mecanismos, uso eficiente de las fuentes y sustitución de material.
Prueba DOP (Test DOP)	Esta prueba - referida generalmente como una prueba DOP (Di-octil ftalato), introduce una extremadamente densa nube de partículas sub-micronic en el lado sucio del filtro HEPA bajo prueba.

Punto de rocío	O temperatura de rocío es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire y agua, produciendo rocío, neblina o, en caso de que la temperatura sea lo suficientemente baja, escarcha.
Quirófano	Estructura independiente en la cual se practican intervenciones quirúrgicas y actuaciones de anestesia-reanimación necesarias para el buen desarrollo de una intervención y de sus consecuencias que tienen lugar en general en el exterior del quirófano.
Refacciones	Stock de Repuestos, para reparar o instalar equipo de climatización.
Rejillas	Accesorio conectado generalmente a un difusor para impulsar o extraer aire.
Resistencia térmica	La capacidad del material de oponerse al flujo del calor.
Síndrome del edificio enfermo	Conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en espacios cerrados.
Software	Es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de computación.

Temática ambiental	Todo lo concerniente al medio ambiente y su protección.
Tenorrafia	Reparación mediante sutura de lesiones tendinosas. Este tipo de lesiones son muy frecuentes y pueden generar una incapacidad, por ello realizar una tenorrafia como tratamiento inicial de la lesión es muy importante.
UNEP (United Nations Environment Program)	Es un programa de las Naciones Unidas que coordina las actividades relacionadas con él medio ambiente, asistiendo a los países en la implementación de políticas medioambientales adecuadas así como a fomentar el desarrollo sostenible.
Unidad Manejadora de Aire (UMA)	U.T.A, en la normativa española o climatizador es un aparato de acondicionamiento de aire que se ocupa de mantener caudales de aire sometidos a un régimen temperatura preestablecida. También se encarga de mantener la humedad dentro de valores apropiados, así como de filtrar el aire.
Ventilación	Es la remoción sistemática de aire y gases calientes de una estructura, seguida por la sustitución de un abastecimiento de aire más fresco, que facilita otras prioridades en el combate contra incendios. Se incrementa la visibilidad por una localización más rápida del foco del incendio. Se disminuye el peligro a los inquilinos atrapados al canalizar hacia fuera los gases calientes y tóxicos.

RESUMEN

En la actualidad se buscan soluciones para optimizar recursos y ser más eficientes y competitivos debido a que es un mundo que está en constantes cambio e introducción de nuevas tecnologías y aplicaciones que logran dichos objetivos. En el presente trabajo se utilizó la aplicación de Producción más Limpia, en el proceso de climatización de quirófanos, con el fin de minimizar la contaminación, mantener parámetros estandarizados que permitan aumentar el costo-beneficio del proceso y como estrategia ambiental preventiva.

El diagnóstico de la situación actual ayudo a identificar los puntos que se deben fortalecer para cumplir con los objetivos citados, como lo son: prevención de la contaminación, eficiencia energética y disminución de contaminantes y/o agentes tóxicos, pilares de Producción más Limpia.

Para ello se propone la instalación de un sistema de limpieza de Chillers en línea llamado Ecodenser el cual a la vez es un optimizador de eficiencia, ya que garantiza el funcionamiento continuo del sistema sin interrupciones.

Otra propuesta para controlar y medir que el sistema cumpla con parámetros estándares es la instalación de controles lógicos programables auxiliados por un Software, los cuales garantizaran la climatización con Producción más Limpia dentro de cada uno de los quirófanos en estudio.

Se proponen también rutinas de mantenimiento diaria, mensual, semestral y anual según sea el caso para garantizar el continuo funcionamiento del equipo y crear una cultura de prevención.

Los parámetros de climatización tomados como referencia para estandarizar y controlar son los dictados por la Norma UNE 100713:2005, combinados con los requerimientos establecidos en la Guía para Producción más Limpia en hospitales y centros de salud del Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.

El costo-beneficio de la propuesta se ve reflejado principalmente en la eficiencia energética, pero dichas propuestas contribuyen también en disminución de tiempos de mantenimiento, prevención de contaminación, y cumplimiento de estándares para un mejor confort de pacientes médicos y demás personal que utilizan los quirófanos.

Se establece la planificación tanto para la implementación y para el control del aumento de la eficiencia energética. Así mismo, se sugieren los indicadores que servirán de base para el seguimiento y mejoramiento continuo de la aplicación de Producción más Limpia.

Se establecieron planes de mantenimiento preventivo, capacitación y contingencia. De modo que se puedan crear planes estratégicos involucrando tanto a la parte operativa como administrativa y se logro mantener de forma conjunta el proceso de climatización de forma óptima.

OBJETIVOS

General

Aplicación de Producción más Limpia en el proceso de climatización de los quirófanos de un hospital de accidentes de la ciudad de Guatemala.

Específicos

1. Determinar la eficiencia del proceso de climatización de quirófanos.
2. Determinar el punto de equilibrio óptimo para el funcionamiento del proceso de climatización en los quirófanos.
3. Conocer el costo-beneficio del proceso de climatización.
4. Diagnosticar el proceso de climatización de los quirófanos.
5. Conocer la demanda real del proceso de climatización en los quirófanos.
6. Establecer materiales adecuados que permitan aumentar la eficiencia del proceso de climatización.
7. Determinar la ergonomía de la ubicación de nuestro equipo de climatización.

8. Crear un plan de mantenimiento para el manejo del proceso de climatización en los quirófanos.

9. Conocer el manejo ambiental para la reducción de desechos del proceso de climatización de quirófanos.

INTRODUCCIÓN

La importancia de conocer acerca de los sistemas de climatización en los quirófanos de hospitales, es debido que la vida de muchas personas dependen del óptimo funcionamiento de los equipos de climatización, los cuales nos permiten renovar el aire caliente producido durante una intervención quirúrgica.

Lo que ha motivado a la humanidad a buscar procesos más eficientes que nos permitan minimizar el riesgo de infecciones en los quirófanos, para ello han surgido en la actualidad estrategias ambientales como lo es Producción más Limpia, el cual permite aumentar el costo-beneficio de los procesos sin afectar al medio ambiente, no obstante de ser una estrategia ambiental preventiva e integrada en los proceso y servicios.

En el 2000, fue cuando mayor auge tomaron los equipos de climatización por medio de la ventilación de flujo laminar vertical, en los cuales se utilizan filtros que purifiquen la circulación del aire, ya que el vapor atrapa los microorganismos patógenos que producen a través de los tejidos humanos, en las intervenciones.

Un buen sistema de climatización en los quirófanos es aquel capaz de realizar 30 renovaciones de aire por hora, esto quiere decir que el volumen total del quirófano es renovado 30 veces por hora. Los quirófanos son espacios asépticos, lo que significa que es el área limpia del espacio físico del hospital. En los años 90, se realizaron 427 intervenciones donde el número de infecciones fue de 37. El sistema permitido de inyectar aire purificado en un quirófano, por medio de un equipo que condense el vapor extraído de los

quirófanos y enfriado con un evaporador colocado en el exterior del mismo, circulándolo por ductos y suministrándolo al espacio físico con rejillas que están colocadas en el techo.

Por otro lado han surgido nuevas estrategias tendencias y aplicaciones que permiten hacer los procesos de climatización más productivos y eficientes como lo es la aplicación de Producción más Limpia, la cual tiene dentro de sus pilares u objetivos principales la Prevención de la contaminación y eficiencia energética.

También hoy en día con la evolución de la tecnología existen diversos sistemas o *software* que permiten controlar parámetros establecidos dentro del proceso de climatización como lo son temperatura, presión, decibeles de ruido, renovaciones de aire.

Es muy importante estar en constante actualización de información y conocimiento de las nuevas tendencias que surgen ya que de esta forma se contará si no es con lo más actual lo más próximo de la actualización, que conlleve a presentar las mejores opciones en cuanto a costo beneficio de un proyecto de implementación, y que mejore en todo sentido el desempeño de un sistema de climatización determinado. También son muy importantes o necesarias las normas que se deben implementar en los quirófanos y que pueden afectar en un momento determinado en el sistema de climatización y la aplicación de Producción más Limpia.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social IGSS

El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) es una institución gubernamental, autónoma, dedicada a brindar servicios de salud y seguridad social a la población que cuente con afiliación al instituto, llamada entonces asegurado o derechohabiente.

El IGSS fue creado por el Decreto No. 295-1946 del Congreso de la República de Guatemala y firmado por el entonces Presidente de la República de Guatemala el Doctor Juan José Arévalo, actualmente se encuentra anexada al Ministerio de Trabajo y Previsión Social, sin embargo, esto no impide su autonomía. La misión del IGSS es la siguiente: proteger a nuestra población asegurada contra la pérdida o deterioro de la salud y del sustento económico, debido a las contingencias establecidas en la ley.

Dentro de los principales objetivos están:

- a. Ampliación de cobertura
- b. Solidez financiera
- c. Oportunidad y suficiencia de las prestaciones
- d. Eficiencia y transparencia de gestión
- e. Crecimiento y desarrollo institucional

1.1.1. Historia

En Guatemala, como una consecuencia de la Segunda Guerra Mundial y la difusión de ideas democráticas propagadas por los países aliados, se derrocó al gobierno interino del General Ponce Vaides quien había tomado el poder después de una dictadura de 14 años por el General Jorge Ubico, y se eligió un Gobierno democrático, bajo la presidencia del Dr. Juan José Arévalo Bermejo.

El Gobierno de Guatemala de aquella época (1946), gestionó la venida al país, de dos técnicos en materia de Seguridad Social. Ellos fueron el Lic. Oscar Barahona Streber (costarricense) y el Actuario Walter Dittel (chileno), quienes hicieron un estudio de las condiciones económicas, geográficas, étnicas y culturales de Guatemala. El resultado de este estudio lo publicaron en un libro titulado Bases de la seguridad social en Guatemala.

Al promulgarse la Constitución de la República en el año 1945, el pueblo de Guatemala, encontró entre las Garantías Sociales en el Artículo 63, que se establece el seguro social obligatorio. La Ley regulará sus alcances, extensión y la forma en que debe de ser puesto en vigor.

El 30 de octubre de 1946, el Congreso de la República de Guatemala, emite el Decreto número 295, la Ley Orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social IGSS. La cual indico en su Capítulo 1 Artículo 1º. Que fue creada una institución autónoma, de derecho público de personería jurídica propia y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones, cuya finalidad es aplicar en beneficio del pueblo de Guatemala, un régimen nacional, unitario y obligatorio de seguridad social, de conformidad con el sistema de protección mínima.

Se crea así un Régimen Nacional, Unitario y Obligatorio. Esto significa que debe cubrir todo el territorio de la República, debe ser único para evitar la

duplicación de esfuerzos y de cargas tributarias; los patronos y trabajadores de acuerdo con la Ley, deben de estar inscritos como contribuyentes, no pueden evadir esta obligación, pues ello significaría incurrir en la falta de previsión social.

La Constitución Política de la República de Guatemala, promulgada el 31 de mayo de 1985, indica en el Artículo 100: Seguridad Social; que el Estado reconoce y garantiza el derecho de la seguridad social para beneficio de los habitantes de la nación.

La seguridad social, constituye un derecho de los trabajadores, y una obligación del Estado proveerlo a todos los trabajadores de la sociedad guatemalteca, sin distinción, ni discriminación por medio de la creación de fuentes de trabajo y capacitación para su mejor desempeño y promoción de la seguridad social en los distintos lugares de trabajo, ejerciendo una actividad controladora para su mejor ejecución y funcionamiento. Tal como lo establece la Constitución Política de la República de Guatemala, en su Artículo 101 el cual establece: el trabajo es un derecho de la persona y una obligación. El régimen laboral del país debe organizarse conforme a principios de justicia social.

1.1.2. Misión

Proteger a nuestra población asegurada contra la pérdida o deterioro de la salud y del sustento económico, debido a las contingencias establecidas en la ley.

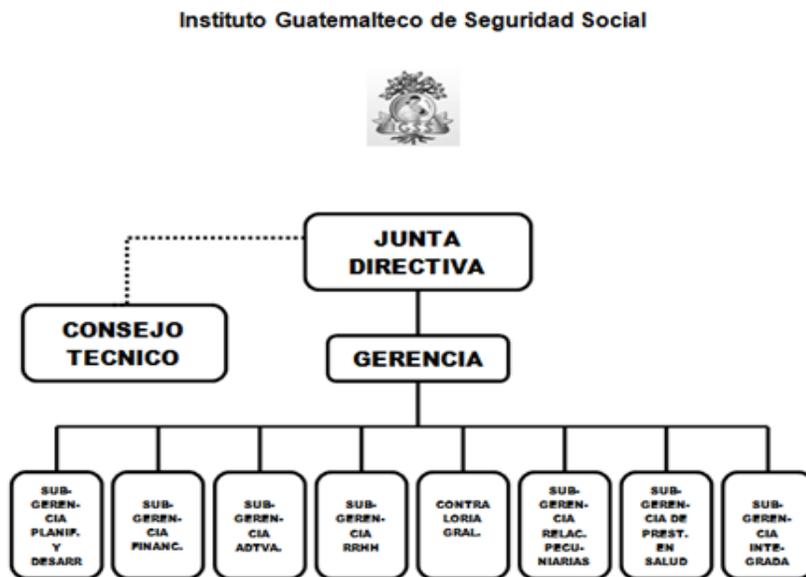
1.1.3. Visión

Ser la institución de seguro social caracterizada por cubrir a la población que por mandato legal le corresponde, así como por su solidez financiera, la excelente calidad de sus prestaciones, la eficiencia y transparencia de gestión.

1.1.4. Organigrama

La estructura organización al del IGSS la encabeza la Junta Directiva quien tiene esta sobre la gerencia general y 7 subgerencias y la contraloría general asesorada por el consejo técnico.

Figura 1. Organigrama Estructural Simplificado



Fuente: estructura orgánica firmada en acuerdos 1164 1166 1190 1199.

1.2. Producción más Limpia

Para introducir el tema de la Producción más Limpia (PML) es necesario explicar cómo ha evolucionado la temática ambiental hasta nuestros días. Toda actividad genera residuos (sólidos, líquidos, gaseosos o una combinación de éstos) que deben ser tratados y dispuestos de manera que su impacto negativo a la salud humana y al medio ambiente sea el menor posible. Desde tiempos remotos, se han buscado soluciones a los problemas de contaminación causados por las actividades del ser humano; empero, es a partir del inicio de la Revolución industrial, que el problema se tornó más complejo y fue abordado desde diversas ópticas. Las actividades industriales, a lo largo de su evolución, han generado diversos problemas ambientales, por lo cual son seguidas muy de cerca por la sociedad y las autoridades en su desempeño frente al medio ambiente.

En Guatemala la institución encargada de velar por la Producción más Limpia es: el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L) el cual se encuentra ubicado en la ruta 6, 9-21 de la zona 4 capitalina. Es una institución técnica sin fines de lucro que fue establecida el 15 de julio de 1999. Ha contado con el apoyo de instituciones nacionales como Cámara de Industria de Guatemala así como instituciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI); actualmente forma parte de la Red Latinoamericana de Producción más Limpia.

Según dicha entidad La Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia en general, y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente. Producción más Limpia puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier industria, a los productos mismos y a varios servicios ofrecidos en la sociedad.

Según la guía ofrecida por (CGP+L) la Producción más Limpia aplicada a Hospitales y Centros de Salud se debe aplicar por medio de las fases que se encuentran en la tabla I.

Para los procesos de producción, Producción más Limpia resulta de una medida, o la combinación de varias de ellas, que conserva materias primas, agua y energía; elimina materiales tóxicos y peligrosos; y reduce la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos en la fuente durante el proceso de producción.

Para los productos, la Producción más Limpia se enfoca en reducir los impactos ambientales, a la salud y a la seguridad de los productos a través de los ciclos de vida completos, desde la extracción de materia prima, pasando por el proceso de manufactura y uso, hasta la disposición final del producto. Para los servicios, la Producción más Limpia implica la incorporación de las preocupaciones ambientales dentro del diseño y prestación de los servicios.

La Revolución Industrial, también conocida como Revolución Científico Tecnológica (RCT), se gestó a partir del siglo XVI, pero su expresión tecnológica se dio a mediados del siglo XVIII hasta mediados del siglo XIX. Cuatro fueron las circunstancias económico-sociales asociadas a esta RCT: la descomposición de la sociedad feudal, el desarrollo del capital comercial, el desarrollo de las relaciones comerciales marítimas y el impulso de la industria pesada (minera y metalúrgica). Se caracterizó, además, por un cambio en los instrumentos de trabajo de tipo artesanal por la máquina de vapor, generado por la energía del carbón.

Tabla I. Fases de la Producción más Limpia

FASES PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN HOSPITALES Y CENTROS DE SALUD	
FASE 1	
	DESIGNAR UN EQUIPO.
	LISTAR LAS ETAPAS DEL PROCESO.
	IDENTIFICAR LAS OPERACIONES GENERADORAS DE RESIDUOS.
FASE 2	
	PREPARAR DIAGRAMA DE FLUJO.
	REALIZAR BALANCE DE MASA Y ENERGÍA.
	ASIGNAR COSTOS A LAS CORRIENTES RESIDUALES.
	REVISAR EL PROCESO E IDENTIFICAR EL ORIGEN DE DESECHOS.
FASE 3	
	GENERAR OPCIONES DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.
	SELECCIONAR OPCIONES VIABLES.
FASE 4	
	EVALUAR VIABILIDAD TÉCNICA.
	EVALUAR VIABILIDAD FINANCIERA.
	EVALUAR ASPECTOS AMBIENTALES.
	SELECCIONAR SOLUCIONES PARA LA IMPLANTACIÓN.
FASE 5	
	PREPARAR LA IMPLEMENTACIÓN.
	IMPLEMENTAR SOLUCIONES DE PREVENCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN.
	MONITOREAR Y EVALUAR RESULTADOS.
FASE 6	
	MANTENER SOLUCIONES DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.
	IDENTIFICAR NUEVAS OPORTUNIDADES.

Fuente: Guía Sectorial de Producción más Limpia Hospitales Clínicas y Centro de Salud. p. 10.

La Revolución Industrial, produjo una serie de cambios tecnológicos y hábitos, los que, sin lugar a dudas, implicaron problemas de contaminación. Durante esta etapa la industria producía mucho y a bajo costo, pero con elevados desperdicios de materiales, lo que también contribuyó a la aparición de enfermedades.

Una segunda etapa de la Revolución Industrial se inició en la segunda mitad del siglo XIX y duró hasta casi mediados del siglo XX, estuvo marcada por la aparición de la energía eléctrica, el uso de hidrocarburos como combustibles, el desarrollo de inventos como el motor a explosión y otros, la producción de acero a bajo costo, promovió la aparición de la industria petroquímica y benefició a la medicina, rubros que se caracterizan por una importante generación de residuos, además de su peligrosidad. Finalmente, la tercera etapa de la Revolución Industrial se inicia en la mitad del siglo XX (a mediados de los años 1940 y una segunda oleada de descubrimientos científicos y tecnológicos se presenta en las décadas de 1970 y 1980) hasta nuestros días. Se trata de una verdadera Revolución de la Inteligencia. El avance de la ciencia y tecnología a nivel mundial fue notable, sobretodo en la aeronáutica, robótica, biotecnología, informática, telecomunicaciones, energía nuclear y ciencias del espacio, lo que propició la aplicación de tecnologías de punta en las industrias introduciendo equipos de gran precisión, invenciones novedosas, algunas de ellas con costosas inversiones.

Este avance, es, sin lugar a dudas, beneficioso para la humanidad, pero también ha traído consigo problemas ambientales. Durante las dos primeras etapas de la revolución industrial, la importancia que se le daba a la temática ambiental era escasa, los residuos eran dispuestos en basurales, sin sistemas de control, ni de seguridad. Es recién a partir de la tercera etapa de la revolución industrial, hacia la mitad del siglo XX que, en algunos países, se comienza a pensar en normativas ambientales específicas. Hacia la mitad de la década de los 60, aparecieron legislaciones que proponían tener en cuenta los impactos ambientales. Durante este periodo, varios países tenían legislaciones que estipulaban que a mayor contaminación, mayor pago o aplicaban el principio de quien contamina paga.

El abuso que se hizo de esta legislación llevó al razonamiento que si yo pago, tengo derecho a contaminar; aunque se creía que el pago llevaría a desalentar las metodologías de trabajos vigentes y paulatinamente a la superación del problema. La realidad mostró que el dicho de la solución a la contaminación es la dilución fue el que se aplicaba en los hechos. En la década de los 70, la comunidad científica mostró ante la sociedad descubrimientos alarmantes, como la destrucción de la capa de ozono, el cambio climático (por incremento del efecto invernadero), la acidificación, la eutrofización, y otros problemas que impactaron al mundo. Los países comenzaron a manifestarse a través de foros internacionales de medio ambiente, planteando nuevas obligaciones y condicionamientos a las prácticas de producción y a los hábitos de consumo del ser humano. Se dio un gran impulso a la normativa, pero el gran problema era que se creía que la solución a la contaminación era el tratamiento al final del proceso (*end of pipe*).

Sólo en los años 90, se comenzó a formular normas que intentaban adelantarse a los problemas, actuando de manera preventiva. Esto significó un cambio de enfoque en el manejo de los temas ambientales, sobre todo para los industriales, debido a que producir sosteniblemente no significa reducir las ganancias, y hacer buenos negocios no está reñido con el cuidado del medio ambiente

Producir eficientemente implica ahorros y retornos económicos a las inversiones como resultado de un mejor uso de los recursos (naturales, humanos, financieros).

Esta cronología de la evolución de la temática del medio ambiente hasta nuestros días, muestra el avance positivo respecto al manejo de los efluentes, desde la simple disposición de los residuos hasta la Producción más Limpia.

1.2.1. Producción más Limpia y sus definiciones más importantes

A continuación se presenta las definiciones y conceptos más importantes relacionados con la Producción más Limpia (PML).

- ✚ La contaminación es un cambio desfavorable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, del agua o de la tierra, que es o podría ser perjudicial para la vida humana, para la de aquellas especies deseables, para nuestros procesos industriales, para nuestras condiciones de vivienda o para nuestros recursos culturales; o que desperdicie o deteriore recursos que son utilizados como materias primas.
- ✚ Prevención de la contaminación es el uso de procesos, prácticas y/o productos que permiten reducir o eliminar la generación de contaminantes en sus fuentes de origen; es decir, que reducen o eliminan las sustancias contaminantes que podrían penetrar en cualquier corriente de residuos o emitirse al ambiente (incluyendo fugas), antes de ser tratadas o eliminadas, protegiendo los recursos naturales a través de la conservación o del incremento en la eficiencia.
- ✚ Eficiencia, es la habilidad de lograr objetivos optimizando la utilización de los recursos (tiempo, horas/hombre, insumos y otros).
- ✚ La eficiencia energética, se define como la habilidad de lograr objetivos productivos empleando la menor cantidad de energía posible.
- ✚ Reciclaje, Reúso y Recuperación (las 3R's). Existen ciertos flujos de residuos cuya cantidad es imposible o difícil de reducir en su fuente de

origen (por ejemplo, la sangre en un matadero de ganado vacuno; las plumas en un matadero de pollos; agua de refrigeración; y otros). Por esta razón, para estos flujos de residuos no siempre es posible aplicar medidas de prevención de la contaminación y, por ende, es necesario recurrir a prácticas basadas en el reciclaje, reusó y recuperación, cuyas definiciones genéricas, sin pretender mayor rigurosidad, buscando únicamente una comprensión conceptual, son:

- Reciclaje: convertir un residuo en insumo o en un nuevo producto.
- Reúso: utilizar un residuo, en un proceso, en el estado en el que se encuentre.
- Recuperación: aprovechar o extraer componentes útiles de un residuo.

El reciclaje de residuos puede ser interno o externo. El reciclaje es interno cuando se lo practica en el ámbito de las operaciones que generan los residuos objeto de reciclaje. Cuando éste se practica como un reusó cíclico de residuos en la misma operación que los genera, se denomina reciclaje en circuito cerrado. El reciclaje externo se refiere a la utilización del residuo en otro proceso u operación diferente del que lo generó. Por otra parte, tanto el reciclaje como el reusó pueden efectuarse, entre otros, por recuperación.

Por ejemplo, una botella de vidrio que contenía una bebida gaseosa, luego de que su contenido ha sido vaciado, puede seguir los siguientes caminos (no son los únicos):

- Si la botella retorna al proveedor para que sea nuevamente usada como envase de la bebida gaseosa, o si se la emplea como

recipiente para otro líquido, en su forma original, esta práctica se denomina reusó.

- Si la botella es enviada a una fábrica de vidrio, para que ésta la reprocese para la fabricación de otros productos, esta práctica se denomina reciclaje.
- Si la botella, una vez desechada (destruida o no), se mezcla con otros residuos, pero antes de procederse a su disposición final (por ejemplo, en el relleno sanitario), se la separa, para darle otros usos, esta práctica se denomina recuperación.

Sin embargo, existen muchas definiciones de otros autores sobre estos términos, lo que ha llevado a confusión. En los hechos, las situaciones que se presentan pueden llevar a que se interprete una misma práctica con varias definiciones. Lo importante es que se comprenda el concepto global de Las tres R's para aplicar los principios de la PML.

✚ Mejores técnicas disponibles, Best Available Techniques – BAT. La fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea practicable, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente. También se entenderá por:

- Técnicas: la tecnología utilizada junto con la forma en que la instalación esté diseñada, construida, mantenida y paralizada.

- Disponibles: las técnicas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del sector industrial correspondiente, en condiciones económica y técnicamente viables, tomando en consideración los costes y los beneficios.
- Mejores: las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto.

(Diario Oficial de las Comunidades Europeas: Directiva 96/61/CE del Consejo de la Unión Europea, N° L257/26, de 24 de septiembre de 1996).

✚ Producción más Limpia (PML). La Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, a los procesos productivos, a los productos y a los servicios para incrementar la eficiencia y reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente. La Producción más Limpia puede ser aplicada a los procesos empleados en cualquier industria, a los productos mismos y a los diferentes servicios prestados a la sociedad.

✚ En los procesos productivos, la Producción más Limpia conduce al ahorro de materias primas, agua y/o energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción, en la fuente, de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y los desechos, durante el proceso de producción.

✚ En los productos, la Producción más Limpia busca reducir los impactos negativos de los productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, pasando por la transformación y uso, hasta la disposición final del producto.

- ✚ En los servicios, la Producción más Limpia implica incorporar el quehacer ambiental en el diseño y la prestación de servicios. (Traducción realizada por el CPTS de la definición oficial, en inglés, de Producción más Limpia, adoptada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA).

1.3. Definición de quirófanos

El quirófano es una estructura independiente en la cual se practican intervenciones quirúrgicas y actuaciones de anestesia-reanimación necesarias para el buen desarrollo de una intervención y de sus consecuencias, que tienen lugar en general en el exterior del quirófano. El quirófano es un espacio cerrado que debe ser completamente independiente del resto del hospital; debe pues quedar aislado frente al resto por una serie de separaciones con las estructuras exteriores. El quirófano permite la atención global e individualizada de los pacientes por un equipo interdisciplinario (personal médico, paramédico y de apoyo) para todos los actos que se hacen bajo anestesia (general o local según el acto que debe efectuarse y el estado de salud del paciente). Sin embargo, su implantación en el hospital deberá tener en cuenta las relaciones del quirófano con el servicio de las urgencias, el departamento de anestesia-reanimación, la reanimación, los laboratorios, el banco de sangre, la esterilización, la farmacia y los servicios hospitalarios.

Figura 2. **Quirófano**



Fuente: <http://www.arqhys.com/arquitectura/climatizacion-quiroyanos.htm>.

Consultada el 18 de enero de 2012.

El quirófano debe ocupar un lugar central debido a una evidente necesidad de estar cerca de algunas estructuras de acogida o de hospitalización así como los servicios médico-técnicos y esto debe guiar su construcción en un nuevo hospital. En el caso de reestructuración o creación de un nuevo quirófano en una estructura arquitectónica antigua, será necesario entonces referirse a dificultades arquitectónicas vinculadas a la existencia de estos edificios, en particular para el tratamiento del aire y la circulación del material y las personas.

El ecosistema del quirófano debe mantenerse a un nivel de contaminación mínimo por medio de una limpieza cuyos ritmos establecidos deberán observarse escrupulosamente. Los principios de la limpieza deben ser codificados por procedimientos escritos discutidos por cada equipo. El preliminar es la evacuación de todos los residuos e instrumentos manchados en sistemas cerrados (contenedores estancos y bolsas herméticamente cerradas).

La limpieza de la sala de operaciones se hace varias veces al día, entre cada paciente. Para ello, se desinfectan todas las salas de operaciones

utilizadas después del final de cada programa operatorio con protocolos de higiene, sin olvidar el resto de las partes del quirófano: oficinas, despachos, vestuarios, etc.

1.4. Historia de los quirófanos

Inicialmente los quirófanos tenían una mesa o una silla elevada de algún tipo en el centro para realizar operaciones, y fueron rodeados por varias filas de asientos; los quirófanos podían ser estrecho o amplio) por lo que los estudiantes y otros espectadores podían observar el desarrollo de la intervención quirúrgica. Los cirujanos llevaban ropa de calle con un delantal para protegerlos de las manchas de sangre, y operaban con las manos sin guantes. Se utilizaban las agujas roscadas; las gasas estaban hechas de basura de los pisos de fábricas de algodón.

En contraste con el concepto actual de la cirugía como una profesión que hace hincapié en la limpieza y la conciencia, a principios del siglo XX la marca de un cirujano ocupado y exitoso Gustav Neuber implementado un amplio conjunto de restricciones para asegurar la esterilización y asepsia condiciones de funcionamiento mediante el uso de batas, gorras y fundas para zapatos, todos los cuales fueron limpiados en su recién inventado autoclave.

Los primeros hospitales fundados en América ya contaban con una sala de operaciones y fueron fundados alrededor del siglo XVI. Guatemala no tiene una fecha exacta de cuando se introdujo el primer quirófano.

1.5. Tipos de quirófanos

No todos los quirófanos tienen las mismas exigencias ambientales. El riesgo de infección postoperatoria está presente en todos los procedimientos quirúrgicos, pero puede ser especialmente serio en ciertos tipos de operaciones. Dada la influencia del sistema de climatización y ventilación en los factores que condicionan el riesgo de infección durante la intervención, los quirófanos se clasificarán en tres tipos, los cuales se describen en la tabla II.

Tabla II. **Clasificación quirófanos**

DENOMINACION		APTOS PARA
A	Quirófanos de cirugía especial o de alta tecnología.	Trasplante de órganos, cirugía cardíaca, cirugía vascular con implante, cirugía ortopédica con prótesis, neurocirugía.
B	Quirófanos convencionales.	Cirugías convencionales y de urgencias, resto de operaciones quirúrgicas.
C	Quirófanos de cirugía ambulatoria	Cirugía ambulatoria y sala de partos

Fuente: Norma UNE 100713;2005. p. 3.

La norma UNE 100713:2005 clasifica los quirófanos en tipo A y tipo B, la categoría C, aparece a criterio de diversas empresas de ingeniería y consultoría. Conforme a esta clasificación se establecerán las exigencias relativas a la calidad del aire, número de renovaciones hora, tipos de filtros o la forma de distribución del aire dentro del quirófano.

1.6. Condiciones necesarias a mantener en los quirófanos

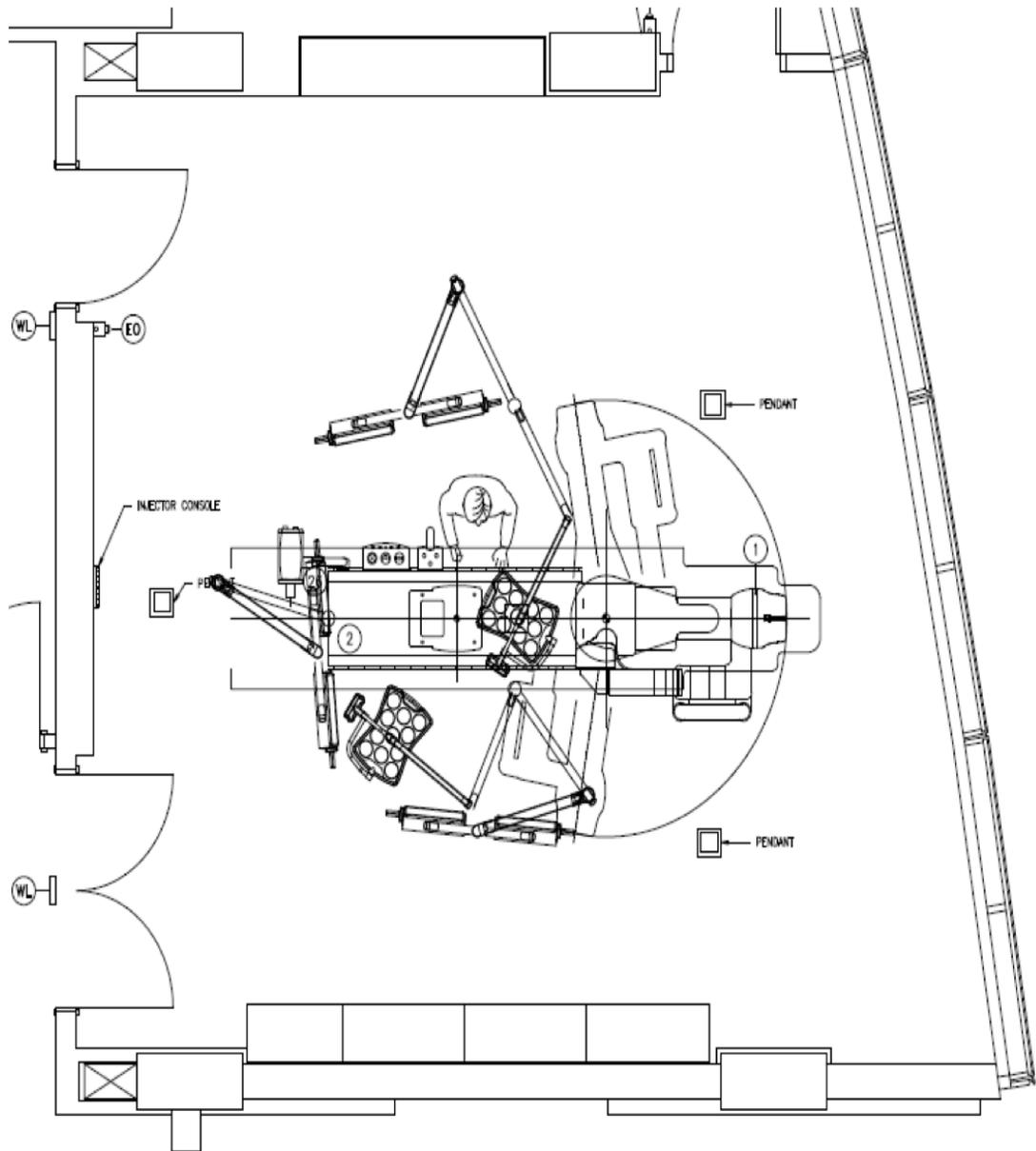
Se deben cumplir ciertas condiciones o parámetros en los quirófanos referentes a diseño, techo, piso, pintura puertas y ventanerías para que el funcionamiento de los mismos sea óptimo.

1.6.1. Diseño

El tamaño mínimo recomendado para los quirófanos debe ser de 6x6 m. que debe ser de 7x7m. Cuando la sala se va a utilizar para cirugía cardiaca o neurocirugía, los cuales requieren equipo adicional. La altura del techo debe ser, por lo menos, de 3 m., que permite la colocación de lámparas, microscopios, y si se coloca aparato de rayos x precisa una altura adicional de 60 cms. El piso debe ser liso, sólido y fácil de limpiar. Por otro lado, debe existir un área de preoperatorio para la preparación del paciente. Esta sala, la sala de despertar así como las salas de Reanimación y/o UCI deben estar próximas entre sí y bien comunicadas.

En la actualidad no existe ninguna norma en Guatemala que dicte las medidas estándar que debe tener un quirófano o sala limpia, las medidas sugeridas o dictadas en el presente artículo son criterios de médicos y especialistas que en base a su experiencia indican las medidas ideales.

Figura 3. Plano quirófano



Fuente: <http://cvascular.wordpress.com/tag/quirofano-hibrido/>.
Consultada el 20 de enero de 2012.

- ✚ Los techos deben ser lisos, de material inalterable y absorbente del sonido. En la actualidad se están usando techos unidireccionales, llamados techos laminares los cuales ofrecen una mayor protección del paciente, menor tiempo de recuperación del quirófano o un ambiente más confortable para el personal sanitario. La tendencia dentro del diseño y planificación de quirófanos es el uso cada vez mayor de los techos laminares, con el objetivo de obtener en el interior de las salas de operaciones una calidad del aire de clase ISO 5, de acuerdo con la Norma ISO 14644. En lugar de lanzar aire estéril en el contaminado para reducir progresivamente la contaminación por dilución, la nueva estrategia se basa en una protección centrada en un núcleo aséptico que incluye la mesa de operaciones, la ropa del equipo sanitario y todo el instrumental y material estéril. Esto crea un pistón estéril de aire perfectamente limpio y libre de cualquier forma de partículas, que desciende de los filtros a baja velocidad para no crear turbulencias.

- ✚ Los pisos deben ser antiestáticos para disipar la electricidad de los equipos y personal, así como prevenir la acumulación de cargas electrostáticas en sitios que se usan anestésicos inflamables. Deben ser de material plano, impermeable, inalterable, duro y resistente. A nivel del zócalo, las esquinas deben ser redondeadas para facilitar su limpieza. Hay disponibles pisos conductores de losa de cemento, vinílicos y terrazo. En la actualidad los más utilizados son los pisos vinílicos, que se componen en base a polímero, que es un compuesto termoplástico de resina de polivinilo, que se caracteriza por ser tenaz y flexible. Estos pisos se destacan por tener notables cualidades térmicas, acústicas, antiestáticas, antibacterianas. Estas los hacen excelentes para ser utilizados en hospitales.

✚ El tipo de pintura utilizado dentro de los quirófanos es epoxica ya que presenta gran resistencia química, sin que les afecten los disolventes ni los aceites o grasas. Gran resistencia a la abrasión y tráfico pesado; excelente adherencia sobre cemento.

Por su resistencia al agua y los detergentes, se usa para lavaderos industriales y hospitales u instalaciones que estén sometidas a frecuentes limpiezas agresivas y desinfecciones.

Las pinturas epoxicas, constituyen una de las soluciones más completas para la protección de pisos y paredes cuando se requiere alto grado de higiene, grado alimenticio, resistencia mecánica y química, según su composición algunas son fabricadas para acabados decorativos en alto relieve, como en suelos y paredes. La pintura epoxica permite obtener elevados espesores por mano, dotando a los suelos de hormigón, terrazo, pisos metálicos, etc., de una impermeabilización total y de una excelente resistencia mecánica y química

✚ Puertas la calidad de una puerta para quirófano es fundamental para el buen funcionamiento de la actividad operatoria. La puerta debe ser sólida pero esbelta, no debe tener partes en las que se pueda acumular el polvo, debe ser fácil de limpiar y sobre todo debe funcionar en el momento adecuado.

Idealmente las puertas deben ser corredizas porque eliminan las corrientes de aire causadas por las puertas giratorias, aunque pueden ser batientes o abatibles, en ambos casos deben ser herméticas.

Puertas corredizas no deben quedar dentro de las paredes. Pero si corredizo superficial.

Mantener la puerta de quirófano cerrada, excepto que haya necesidad de pasaje de equipamiento, personal o pacientes. Por lo general son de tipo volandero, provistas de un viso de 25x25 cm. y de ancho de 1.50 m.

✚ Ventanería. El único tipo de ventanas que puede existir en un quirófano es la ventana tipo guillotina adecuada para el pasaje de instrumentos quirúrgicos entre dos entornos con diferentes niveles de limpieza. Generalmente deben estar hechas integralmente de acero inoxidable Aisi 304 con espesor de 10/10 pre-cepillado.

La pequeña puerta corredera en vertical es de vidrio anti- accidentes de 4 mm de grosor, sin bordura metálica, que se desliza sobre guías antifricción y está equipada de un mecanismo de apertura/cierre equilibrado con sistema de contrapesado para el posicionamiento; su movimiento está controlado de forma manual por medio de un tirador por todo lo ancho, de acero inoxidable. En la ventana guillotina, el compartimento técnico está cerrado por un panel de acero inoxidable AISI 304 de espesor 10/10, en su interior, el compartimento está aislado con material que absorbe el sonido y está fijado con un sistema de Tornillos y pernos que no se ven y medidas estándar 800x1400x150 mm. El montaje en pared se hace por medio de una abrazadera. El hueco en la pared tiene que ser de 20 mm más grande que el tamaño de la ventana. La crujía se sella con espuma de poliuretano y/o silicona no tóxica.

✚ Gases médicos. El quirófano cuenta con suministro de gases medicinales el cual está centralizado, y dispone de cuadro duplicado para su control y regulación así como alarma, el mismo está instalado dentro del quirófano y cuenta con las siguientes tomas:

- Dos de aire comprimido medicinal
- Dos de oxígeno
- Dos de vacío

1.6.2. Eléctricas

Las Normas para Acometidas del Servicio Eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala, expresan en su sección VII de instalaciones especiales, que las cargas fluctuativas o intermitentes como los equipos de rayos X, mayores de 50 mA, 120 kVP (kilovoltios pico), necesitan banco exclusivo. Los de menores capacidades, previo a su instalación. Firma de contrato deben determinar la capacidad del transformador y líneas de la empresa.

También menciona que estos equipos usualmente presentan características de carga severa e intermitente que puede causar bajas de voltaje y parpadeo en la iluminación durante su operación y por consiguiente causar problemas en la instalación de los consumidores vecinos. Todo esto podría considerarse que no se aplica a nuestro caso debido a que se contará con una subestación propia con todas las características necesarias para no violar o causar problemas en la red general o circundante de la Empresa Eléctrica, no siendo necesarios los bancos de transformadores regulares que proporciona la empresa, ni contar con un suministro propio para este fin. En lo referente a las computadoras, se cita que la Empresa tratando de mantener el mejor voltaje posible, aconseja tener sumo cuidado en la selección de equipo auxiliar de alimentación de energía para dichas computadoras, a fin de evitar las fluctuaciones de voltaje e interrupciones que pudieran ocurrir en el servicio.

La infraestructura eléctrica mínima del quirófano constará de:

- ✚ Equipo de Energía Ininterrumpida (UPS): este es un equipo muy importante que debe instalarse en el área de quirófanos. Debe tener una capacidad mínima de salida de 525VA/315W, para poder alimentar todos

los aparatos necesarios en un área de este tipo. El tiempo de transferencia máximo de estos aparatos es de 8 milisegundos, además el tiempo de operación de la batería es de aproximadamente de 180 minutos (3 horas), el tiempo de recarga de la batería es de 2 a 4 horas. La batería es de plomo, ácido, sellada y libre de mantenimiento. De fácil reemplazo, con protección contra descarga severa. Debe conectarse a un voltaje y frecuencia de entrada de 120 V/60 Hz, en el rango de voltaje de salida en la batería es de 120 V +/-5%. Todo viene adentro de un gabinete plástico.

✚ Unidad de Anestesia: se trata de un equipo para soporte de vida, para inducir y conducir la anestesia durante la cirugía y otros procedimientos de diagnóstico y tratamiento, proporcionando flujo continuo mediante fluxómetros de oxígeno, óxido nitroso y aire, así como otros gases anestésicos por vaporización. Esta unidad consta de varios bloques o aparatos interconectados para cumplir con las funciones antes mencionadas, y estos son: bloque de suministro de gases anestésicos; circuito de re inhalación mediante válvulas de inspiración y espiración; un ventilador o respirador de frecuencia respiratoria variable que permite manejar pacientes neonatal, pediátrico y adulto; y por último un monitor de signos vitales. Posee una autonomía de 1 hora mínimo con batería recargable. La alimentación es de 120 V, 60 Hz. Además necesita de una instalación neumática, para todas las válvulas y mangueras de los gases.

✚ Equipo de aspiración o succión de secreciones: consta de un frasco recolector con capacidad de 5 litros mínimo. Fabricado en vidrio pírex o materia resistente al calor y transparente. Tiene un dispositivo de seguridad de rebose, la intensidad de aspiración es regulable con una

presión de hasta 500 mm de mercurio. Posee carro de transporte, y es para funcionamiento con corriente de 120 V y 60 Hz.

✚ Autoclave horizontal de mesa: equipo que sirve para la esterilización de material quirúrgico para trabajar en consultorio médico, ubicado sobre una base plana horizontal o mesa. Es de acero inoxidable de 35 cm de diámetro por 55 cm profundidad aproximadamente. La temperatura de operación es de 120 a 135° C ajustable o programable. Tiene una capacidad de 10 litros. El proceso se lleva a cabo por medio de dos resistencias calentadoras a un voltaje de 240 V y 60 Hz. El tiempo de esterilización es de 0 a 60 minutos ajustable o programable.

✚ Cuna de calor radiante o incubadora para cuidados básicos: es una unidad rodante electrónica controlada por microprocesador con fines terapéuticos para controlar en un medio abierto la temperatura del recién nacido hipotérmico que requiere cuidados básicos. Este equipo electro médico para estabilizar la temperatura de la piel del paciente tiene un rango de 0.2° C o menor de la temperatura seleccionada. Posee un despliegue digital de: temperatura del paciente, temperatura determinada o seleccionada. El control de temperatura es de 34 a 38° C. Alarmas auditivas y visuales de: temperatura del paciente (alta y baja) y falla en el sensor de la temperatura del paciente. El proceso se lleva a cabo con un elemento de calefacción de resistencia eléctrica o de cerámica infrarroja (500 W como máximo) de alta eficiencia. Posee también control eléctrico del ajuste de la altura. La alimentación se hace en corriente eléctrica de 120 V/60 Hz.

✚ Electro cauterizador ginecológico: es un equipo para cauterizar algunas lesiones exocervicales. Es un aparato portátil, alimentado por corriente

eléctrica, que se activa usando un control de pie o de interruptor en el mango, generando una señal de alta frecuencia regulada automáticamente por microprocesador dependiendo de las variaciones del tejido. Tiene una potencia máxima en coagulación monopolar y bipolar de 120 W. Posee un despliegue digital y alarma que se activa si no existe contacto adecuado de la placa de retorno con el paciente, indicadores visuales y audibles con desactivación si se detectan condiciones de falla. Se conecta a la corriente eléctrica 120 V/60 Hz.

✚ Bombas de infusión: los sistemas (bombas) de infusión facilitan la administración parenteral (intravenosa, subcutánea, intraperitoneal, intrarraquídea) de drogas y soluciones, y son usadas donde es esencial la precisión y un aporte constante. Son también utilizadas por su capacidad de administrar medicamentos y soluciones a altas presiones que no podrán ser alcanzadas con equipos clipados manualmente o dependientes de gravedad. Ejemplos de estas situaciones son la administración de drogas intra-arteriales, o flujos muy rápidos de soluciones durante la reanimación de los pacientes (200-1000 ml/h). Se instala por cordón eléctrico y espiga a corriente eléctrica de 120V/60Hz.

✚ Equipo desfibrilador: la desfibrilación y la cardioversión eléctrica consisten en sendos tipos de terapia que mediante la aplicación de un choque eléctrico de corriente continua consigue revertir distintos trastornos del ritmo cardíaco. Su alta eficacia, facilidad de aplicación y seguridad han contribuido a su gran difusión, estando disponibles en casi todos los ámbitos de la asistencia médica, e incluso los automáticos en lugares públicos, sin personal médico.

La desfibrilación se utiliza en los casos de parada cardiorrespiratoria, con el paciente inconsciente, que presenta fibrilación ventricular o taquicardia ventricular sin pulso.

La cardioversión eléctrica se emplea para revertir todo tipo de arritmias reentrantes, salvo la fibrilación ventricular. El choque eléctrico es sincronizado con la actividad eléctrica del corazón. Puede ser administrado de forma electiva o urgente, si la situación compromete la vida del paciente.



Luminarias: lámparas cialíticas o lámparas de quirófano: la intensa luz es provista por 5 o 7 lámparas halógenas dicroicas de 50W/12V cada una, y de haz concentrado (9 grados). Luego de pasar a través de dos filtros anti calóricos, define en el campo operatorio un círculo, de aproximadamente 30 cm de diámetro, de intensa luz blanca y fría. La pantalla tiene un giro de 70 grados, y el movimiento de ascenso y descenso está controlado por un brazo de auto balanceo que permite la firme ubicación de la pantalla en la posición deseada.

La fuente de alimentación, ubicada en el pie de la lámpara, está compuesta por un transformador y dos fusibles, uno para el circuito primario y otro para el secundario. Su alimentación eléctrica estándar es de 220 V – 50 Hz con potencia total de 200 VA.

Figura 4. **Lámparas Quirófano**

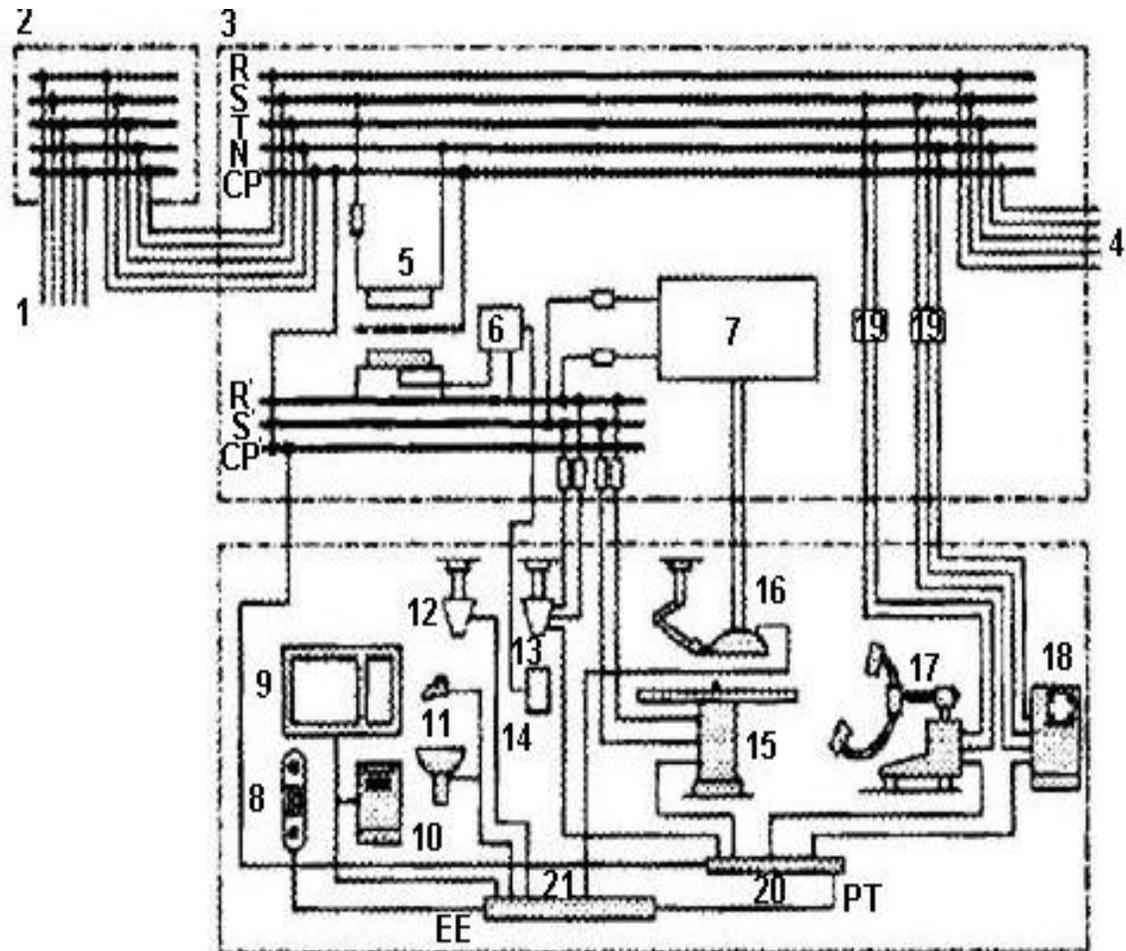


Fuente: www.skytron.us, Lámparas para cirugía.
Consultada el 20 de enero de 2012.

✚ Tomacorrientes: el número de tomacorrientes en los quirófanos varía dependiendo de la cantidad de equipo a ser instalada o utilizada en el mismo como ejemplo ilustrativo de los apartados que debe cumplir la instalación eléctrica se toma como referencia el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión apartado ITC- 38 Norma Española.

Según dicho reglamento. Sobre instalaciones para fines especiales, quirófanos y salas de intervención, la instalación eléctrica debería de cumplir una serie de apartados, los cuales se presentan en la figura 5.

Figura 5. Esquema básico para quirófano



Fuente: Reglamento electrotécnico de baja tensión. p. 5.

Esquema básico para la sala de intervención.

- a. Alimentación general o línea general de alimentación.
- b. Distribución en la planta o derivación individual.
- c. Cuadro de distribución en la sala de operaciones.
- d. Suministro complementario.
- e. Transformador de aislamiento tipo médico.
- f. Dispositivo de vigilancia de aislamiento o monitor de detección de fugas.

- g. Suministro normal y especial complementario para alumbrado de lámparas de quirófano.
- h. Radiadores de calefacción central.
- i. Marco metálico de ventanas.
- j. Armario metálico para instrumentos.
- k. Partes metálicas de lavabos y suministro de agua.
- l. Torreta aérea de tomas de suministro de gas.
- m. Torreta aérea de tomas de corriente (Con terminales para conexión
- n. Equipotencial envolvente conectada al embarrado conductor de protección).
- o. Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento.
- p. Mesa de operaciones (De mando eléctrico).
- q. Lámpara de quirófano.
- r. Equipos de rayos X.
- s. Esterilizador.
- t. Interruptor de protección diferencial.
- u. Puesta a tierra.
- v. Sistema de Tierra Física.

Los tomacorrientes deben identificarse según la Comisión Internacional de Electrotécnica. El estándar internacional IEC 60309 (clavijas y tomas) dice: se identifican por colores. Para instalaciones típicas (donde la frecuencia es 50 Hz o 60 Hz), la codificación se basa en el voltaje (voltaje entre fases en el caso de instalaciones con sistemas polifásicos). Para mayores frecuencias se utilizan conectores color verde.

Tabla III. **Colores para identificación de tomacorrientes**

CARACTERÍSTICAS	COLOR
20-25 Voltios	Purpura
40-50 Voltios	Blanco
100-130 Voltios	Amarillo
200-250 Voltios	Azul
380-480 Voltios	Rojo
500-690 Voltios	Negro
60-500 Hertz	Verde
Ninguno de los de arriba	Gris

Fuente: Tomado del Estándar IEC 60309.

1.6.3. Seguridad

Para garantizar la calidad de la climatización y ventilación de un quirófano, así como disminuir la concentración de contaminantes en el aire es necesario que se cuente con los siguientes sistemas de seguridad.

- ✚ Alarma de fallo de oxígeno
Antiguamente éste era un dispositivo neumático que ahora ha sido reemplazado por sensores electrónicos.

- ✚ Válvula de corte de óxido nitroso
El flujo del óxido nitroso depende de la presión del oxígeno, por lo que es regulado por esta válvula en función de la presión del oxígeno suministrado.

- ✚ Alarmas del respirador
Avisan de la desconexión o del flujo elevado de las presiones de los tubos de suministro.

- ✚ Bloqueos en vaporizadores
Evitan que más de un agente volátil sea suministrado al mismo tiempo.

- ✚ Alarmas en todos los monitores fisiológicos.

- ✚ NIST (Non-Interchangeable Screw Thread)
Impide que los gases suministrados desde la pared del hospital sean conectados a la máquina de anestesia por el lugar equivocado.

1.6.4. Personal

Todo el personal involucrado dentro de un quirófano deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- ✚ Ropa y protectores quirúrgicos: la ropa quirúrgica y los campos colocados entre las áreas estériles y no estériles del campo quirúrgico y

el personal, actúan como barreras y protegen de esta forma contra la transmisión de bacterias de un área a otra. La característica más importante que debe tener la ropa quirúrgica es su impermeabilidad a la humedad, ya que el efecto capilar de un paño o uniforme mojado transmitirá bacterias de un lado a otro del material. Los uniformes quirúrgicos, cuando son reutilizables, deben ser de algodón con una densidad de tejido entre 420 y 810 hilos / metro. Además, para que se comporten como barrera a la humedad hay que tratarlos con una sustancia impermeabilizante.

Hoy se utilizan como alternativa batas desechables fabricadas con fibra de celulosa procesada y tratada, ya que las batas fabricadas con 810 hilos/m., son eficaces como barrera pero tienen el inconveniente de la pérdida de dicho efecto cuando se ha lavado más de 75 veces. Por ello, sería conveniente utilizar batas desechables como mínimo en intervenciones de alto riesgo. A continuación se detalla cada una de la indumentaria utilizada:

✚ Pijamas: son verdes, han de ser anchos, cómodos y de algodón; debe cambiarse a diario o en caso de necesidad.

✚ Gorro: cubrirá el cabello totalmente (incluido los flequillos), lo ideal es que sean transpirables.

Es aconsejable que las personas con barba o pelo largo utilicen gorro tipo escafandra.

El gorro deberá colocarse en el vestuario antes de entrar en el Área Quirúrgica propiamente dicha y no quitárselo en ningún momento hasta volver a salir al vestuario.

- ✚ Guantes: los guantes quirúrgicos protegen a los cirujanos de los líquidos contaminados del paciente y al paciente de las manos del cirujano. No obstante, diversos estudios han encontrado que hasta en un 15% de los casos se rompen los guantes durante la intervención o presentan orificios al final de la misma, aunque no parece que sea causa de aumento de las infecciones.

- ✚ Mascarilla: la mascarilla se debe utilizar porque un porcentaje importante del personal de quirófano son portadores de gérmenes altamente patógenos en los orificios nasales o en la boca. Hay estudios contrapuestos cuando se ha intentado demostrar el efecto de la mascarilla. Mientras algunos encuentran disminución de infecciones con la utilización de mascarilla, otros han encontrado resultados similares utilizando o no mascarilla aunque estos últimos estudios se han realizado en intervenciones de corta duración. La mascarilla utilizada es de filtro desechable que cumple con la Norma UNE-EN 143 y UNE-EN 143/A1.

- ✚ Calzas: las adecuadas son impermeables y antideslizantes, cubrirán totalmente el calzado. No deben utilizarse nunca para deambular fuera del quirófano. Deben cambiarse cuando estén mojadas o cuando se abandone la zona quirúrgica. Por ninguna razón debe reutilizarse las mismas si se sale del quirófano y se ingresa nuevamente, ya que se deben sustituir por un par nuevo.

- ✚ Batas: son recomendables las batas de tejido hidrófugo para repeler y aislarnos de los fluidos, desechables (de tejido sin tejer por ejemplo sontara y poliéster preliminar) o reutilizables de poliéster.
 - Estériles para el campo quirúrgico y maniobras anestésicas.

- No estériles para protegernos de salpicaduras (limpieza de materiales).

En general, las batas han de ser resistentes a la penetración de líquidos y sangre, ser cómodas y no producir un calor excesivo.

La zona de la espalda no se considera estéril, así como la región por debajo del nivel de la mesa una vez puesta la bata y por encima del codo. Aun así, se recomiendan usar batas estériles que se crucen sobre la espalda.

- ✚ Lavado de manos: el objetivo fundamental del lavado de manos del personal sanitario es reducir la flora residente y la flora contaminante de manos y antebrazos. En la actualidad, diversos estudios comparativos han demostrado que su duración debe estar comprendida entre los 3 y 5 minutos. Se recomienda que se realice en 2 ó 3 veces, enjuagándose cada vez, con el fin de retirar el jabón contaminado. Se suele realizar con cepillos que llevan incorporado yodopovidona o clorhexidina. Se recomienda incidir sobre dedos, pliegues, uñas, como se muestra en la figura 6.

1.6.5. Higiénicas

La higiene en la monitorización de un hospital es básica, sea cual sea el fin del monitor con el que se esté tratando en ese momento.

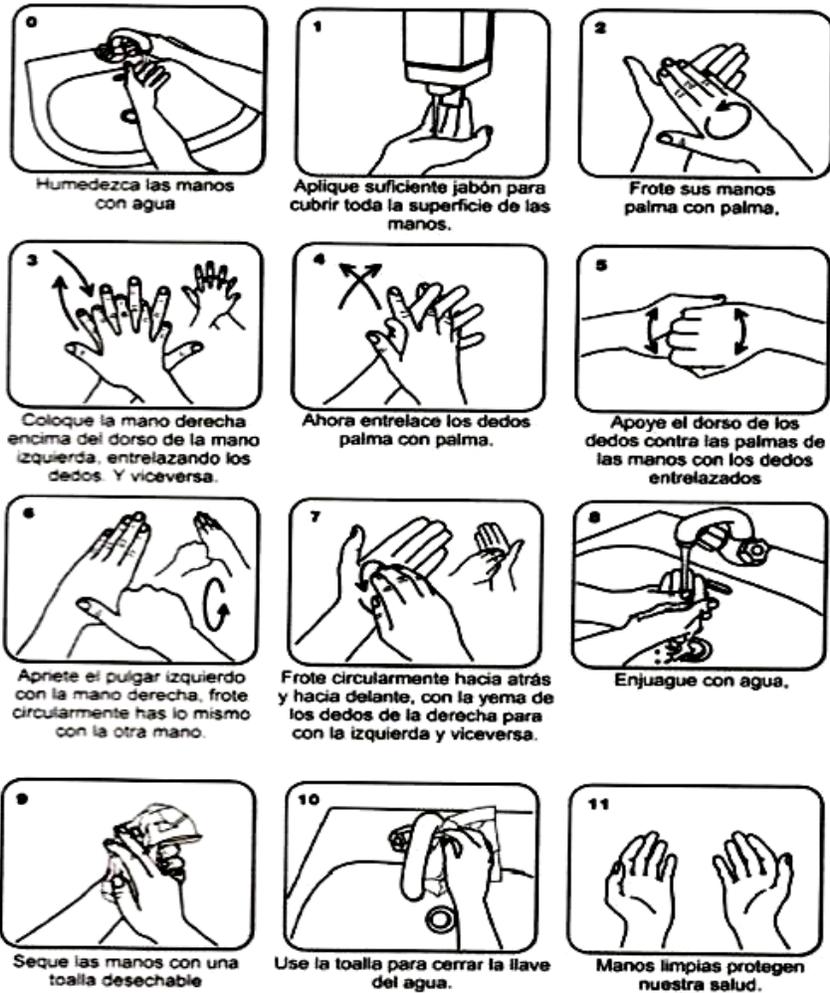
El monitor es uno de los elementos de entrada/salida que puede ser utilizado en uno u otro quirófano, y si como ocurre actualmente, los monitores pueden mostrar diversos parámetros, lo que implica poder visitar más secciones de un hospital aparte del quirófano.

Figura 6. Lavado correcto de manos

COMO LAVARSE LAS MANOS CON AGUA Y JABÓN



Duración del proceso: 40 a 60 segundos



Fuente: <http://nociones-de-enfermeria-y-salud.blogspot.com>.

Consultado el 23 de enero de 2012.

Si el monitor es transportado, no se puede permitir que sea un foco activo de contagio para lo cual, ya vienen preparados tanto externamente como internamente bajo los siguientes factores:

- Caja cerrada completamente cuya ventilación se obtiene internamente mediante un circuito térmico.
- Caja contra penetración de polvo y salpicaduras de agua para ser fácilmente desinfectable por el personal de limpieza.
- Caja recubierta de nano esmalte, lo que la convierte en un germicida y que sea resistente a los desinfectantes.
- Pantalla de protección engastada, lo que contribuye a su fácil limpieza.
- Todo lo anterior cumple la norma española IP65*: Se denomina con el nombre de Normas IP, al Índice de Protección Mecánica proporcionada por las envolturas de los equipos eléctricos. Este índice se mide en base a dos valores, la intrusión de objetos sólidos o polvo, o bien a la resistencia al agua.

Tabla IV. **Índice de protección mecánica**

IP 65	
Protección completa contra contacto, protección contra penetración de polvo.	Protegido contra los chorros de agua (desde todas las direcciones).

Fuente: Norma Española IP65. p. 1.

1.6.6. Climatización

Cada quirófano contará con un equipo terminal de tratamiento de aire independiente.

Partiendo de los factores que definen las estructuras, se definen los parámetros a valorar y la frecuencia, para asegurar la climatización con producción más limpia. Aunque un área quirúrgica es un sistema en equilibrio de varios factores, se consideran por orden de importancia.

Parámetros a considerar:

- ✚ Sobrepresión
- ✚ Parámetros de climatización
- ✚ Cálculo de renovaciones/hora
- ✚ Temperatura y HR
- ✚ Validación de filtros absolutos
- ✚ Clasificación de la sala
- ✚ Control microbiológico
- ✚ Configuración del flujo del aire
- ✚ Disciplina del personal

Será el conjunto de todos estos factores, el que dará lugar a la verificación de la calidad ambiental en los quirófanos. Pasemos a analizar cada uno de ellos, pero teniendo en cuenta que el verdadero significado de la verificación está en el conjunto de todos ellos.

- ✚ Sobrepresión: los cálculos de presión se pueden monitorizar, medir mediante un manómetro o realizar por diferencia entre el caudal de

impulsión y extracción (tomamos datos de la velocidad del aire en las rejillas de impulsión y las de retorno.)

La presión diferencial oscila de 5 a 15 Pa. Entre locales de requisitos más elevados, hacia locales de requisitos menores (ver tabla V) UNE 100713



Parámetros de climatización

Cálculo de renovaciones/ hora (mínimo 20 renovaciones / hora). Debe realizarse Según la UNE 100-705-91: *Climatización. Medición del caudal de aire en rejillas o difusores.*

$$Q= Vm \times S \times K \times 3600$$

Q= caudal total de aire

V= velocidad en m/s

S= superficie de las rejillas difusoras

K= factor de corrección según las rejillas difusoras.

El sistema de climatización del quirófano podrá ser del tipo todo aire exterior o con recirculación parcial. En el primer supuesto el sistema deberá garantizar un mínimo de 15 renovaciones/hora, mientras que en el segundo caso se garantizará un mínimo de 5 renovaciones/hora, con 20 recirculaciones/hora (ver tabla V).

El sistema deberá permitir la regulación de temperatura en el quirófano entre los 22 y los 26 Cº, y la humedad relativa se mantendrá entre el 45 y el 55%. Esta regulación se realizará mediante un termostato (ver tabla V).

El nivel sonoro producido por la unidad de tratamiento del aire no será superior a los 20 decibelios (dB), medidos en los elementos de difusión de aire del quirófano (ver tabla V).

El quirófano dispondrá de un extractor independiente para los gases anestésicos. Si la conexión de evacuación de gases se realiza a través del circuito de vacío habrá un vacío exclusivo para gases, independiente del general. Si la evacuación se realiza a través del circuito de aire acondicionado o climatización, este deberá ser individual para cada quirófano.

Los filtros de aire terminales de impulsión en el quirófano serán HEPA (absolutos), con eficiencia de 99,97 % DOP TEST (EU12). Estarán alojados en cajas de difusión, acabadas en pintura epóxica y perfectamente selladas al techo falso. El cambio de luminarias y filtros (según aviso de manómetro diferencial), se realizará desde dentro del local, sin abrir el techo falso.

La unidad de tratamiento de aire incorporará los siguientes elementos de filtración:

- Un pre filtro de eficacia 25 por 100. (G4)
- Un filtro de eficacia 90 por 100. (F9)
- Un Filtro de eficacia 99.95 % (H14)

El aire se impulsará por el techo y se extraerá por tres niveles, mediante rejillas situadas a una altura mínima de 15 centímetros del suelo terminado, a nivel medio y a nivel alto.

Los filtros del sistema de climatización serán de chapa, con una rugosidad máxima de 0,3 milímetros y dispondrán de un registro lateral, como mínimo, cada 5 metros, para permitir su limpieza.

Tabla V. **Parámetros según UNE 100713-2005**

Tipología	Temperatura	Humedad Relativa	Nivel Acústico	Movimientos de Aire	Aire Exterior	Velocidad	Presión	Filtros
A Quirófano de alta Tecnología. Clase 1.000	22 –26 °C	45-55%	40 dB	F. Unidirecc. > 120 mov./h	40 ren/h	0,3 a 0,6m/s	+15-20Pa	25%-G4 90%-F9 99.97%-H14
B Quirófano Convencional. Clase 10.000	22 –26 °C	45-55%	40 dB	F. Turbulento 40 mov./h	100%	0,2 a 0,3m/s	+15-20Pa	25%-G4 90%-F9 99.97%-H14
C Quirófano Ambulatorio. Clase 100.000	22 –26 °C	45-55%	40 dB	F. Turbulento 40 mov./h	100%	0,2 a 0,3m/s	+15-20Pa	25%-G4 90%-F9

Fuente: Norma UNE 100713-2005. p. 1.

Las tomas de aire exterior para la unidad de tratamiento de aire del área estarán alejadas a menos 8 metros de extracciones, torres de enfriamiento y chimeneas. Si se sitúan en fachadas, estarán, al menos, a 2,5 metros de altura respecto del nivel de la calle.

Todos los valores y características están basados en la norma UNE 100713-2005 Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales y se resumen en la tabla V.

1.7. Tipos de sistemas de climatización

Existe una gran variedad de diseños y equipos para climatizar locales; por esto mismo, y por el hecho de que varios sistemas participan de características comunes, es muy difícil incluso hacer una clasificación con diferenciaciones netas entre unos y otros.

Toda instalación de climatización se compone de tres partes diferenciadas: Producción térmica, Distribución, Emisión en los locales; cuando en un mismo equipo están incluidos todos los elementos se dice que los equipos son compactos.

Hay dos formas de producción por ciclo de compresión y por ciclo de absorción; la más extendida corresponde al ciclo de compresión.

El ciclo de compresión dispone de una zona de evaporación y otra de condensación unidas mediante el compresor y cerrándose el ciclo mediante una laminación.

En la evaporación es donde se produce el frío necesario para la climatización y en la condensación es donde se cede el calor extraído en los locales.

Atendiendo a estos factores los equipos de producción se denominan con dos palabras, indicando en primer lugar el medio en el que se realiza la evaporación y después el medio condensante.

Habitualmente tendremos dos tipos de equipos de producción:

Aire - Aire.

Aire - Agua

1.7.1. Split

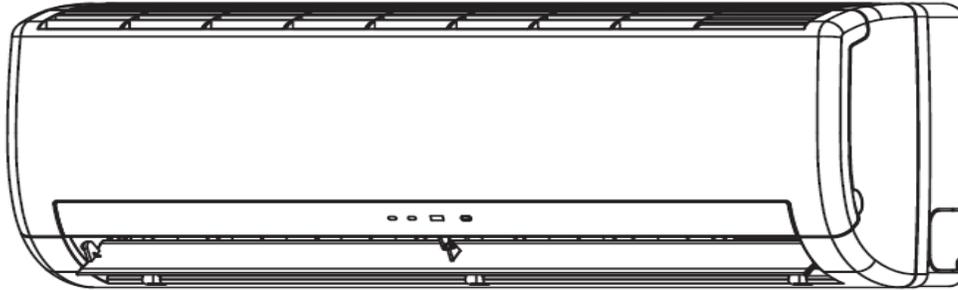
Una unidad interior, situada en el local, incorpora la parte del evaporador del circuito frigorífico, incluyendo por tanto la batería, ventilador de impulsión de aire, filtros y los sistemas de regulación.

Adoptan formas diversas: consola de suelo, de techo, de pared, con envolvente o sin ella, etc. La evolución tecnológica es constante, con mandos a distancia. La unidad condensadora, o exterior, incorpora el compresor frigorífico, el condensador, (generalmente enfriado por aire) y todos los elementos de seguridad y de regulación del sistema frigorífico. La unión entre ambas unidades se realiza mediante conexiones frigoríficas con tubería de cobre.

1.7.2. Split (consola de pared)

Este modelo resuelve necesidades en comercios y locales pequeños como cibernets-cafés, peluquerías, barberías, locales pequeños, etc. Ventajas: fácil instalación y relativamente bajo costo de la misma. Mantenimiento más espaciado y relativamente fácil. Desventajas: se deben aplicar en locales con pocas separaciones pues no cuentan con un tiro de aire muy fuerte. Los locales deben tender a ser cuadrados en vez de muy rectangulares (un pasillo muy largo por ejemplo). Baja capacidad.

Figura 7. **Split de Pared**



Fuente: <http://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado>.

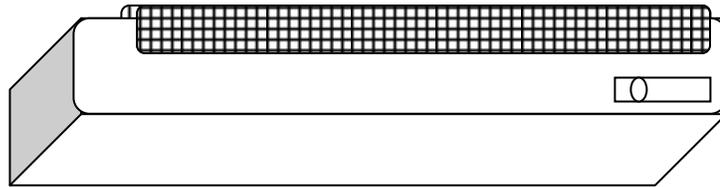
Consultada el 03 de febrero de 2012.

1.7.3. Split (consola de techo)

Es ideal en pequeños locales y comercios, como panaderías, comercios con alta rotación de clientes y ambientes abiertos. Ventajas: Instalación relativamente sencilla y de bajo costo para el tipo de aplicación. Silencioso, y si queda bien instalado ayuda a la decoración de muchos ambientes comerciales.

Generalmente se puede aplicar en lugares que ya se encuentran decorados sin afectar demasiado la apariencia del local. Inconvenientes: mantenimiento tiende a ser más periódico y frecuente en aplicaciones de ambientes de alta rotación de personas.

Figura 8. **Split consola para techo**



Fuente: elaboración propia.

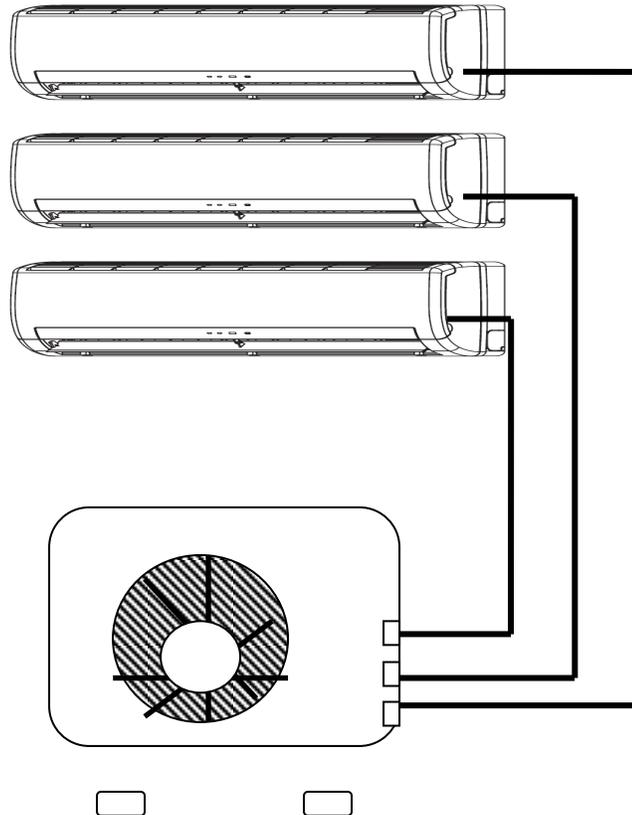
1.7.4. Sistemas partidos múltiples (MULTI-SPLIT)

Son semejantes a los anteriores, pero en los que una sola unidad condensadora exterior, sirve a varias unidades interiores en paralelo, que pueden tener control común o independiente.

Sistemas de volumen de refrigerante variable. Son sistemas partidos múltiples muy evolucionados, en los que, gracias a las posibilidades de regulación de la electrónica moderna y a un cuidadoso diseño de los sistemas frigoríficos, se consigue una gran variedad de combinaciones entre unidades exteriores e interiores, tanto en tipos y potencias, como en distancias entre unas y otras.

El control estricto de las presiones y temperaturas en el refrigerante y de la circulación del aceite, en combinación con la modulación de la potencia frigorífica de los compresores proporciona una gran elasticidad de funcionamiento.

Figura 9. **Multi Split**



Fuente: elaboracion propia.

La regulación de la potencia frigorífica se hace frecuentemente por variación de la velocidad de giro del compresor, con un sistema de variación de frecuencia de la corriente de alimentación, lo que permite una adecuación casi total de la potencia producida a la demanda instantánea.

1.7.5. Sistema todo agua chiller

Un Chiller (o enfriador de agua) es un aparato industrial que produce agua fría para el enfriamiento de procesos industriales. La idea consiste en extraer el

calor generado en un proceso por contacto con agua a una temperatura menor a la que el proceso finalmente debe quedar. Así, el proceso cede calor bajando su temperatura y el agua, durante el paso por el proceso, la eleva. El agua ahora caliente retorna al Chiller adonde nuevamente se reduce su temperatura para ser enviada nuevamente al proceso.

Un Chiller es un sistema completo de refrigeración que incluye un compresor, un condensador, evaporador, válvula de expansión (evaporación), refrigerante y tuberías, además de bomba de impulsión de agua a/desde el proceso, sistema electrónico de control del sistema, depósito de agua, gabinete, etc.

Distintos procesos requieren alimentarse con distintos caudales, presiones y temperaturas de agua. El agua se puede enfriar a temperaturas finales que alcanzan los 20°C o inclusive temperaturas negativas con la adición de anticongelantes, como por ejemplo -20°C (20°C bajo cero).

Figura 10. **Chiller**



Fuente: <http://www.dartico.com/CHILLERS.htm>.

Consultada el 03 de febrero de 2012.

2. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN

2.1. Información general del hospital

El primer hospital de la red social y del Estado, así describe al Hospital General de Accidentes 7-19, del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), el Dr. Arturo Ernesto García Aquino actual director (enero 2012) de la unidad, ubicada en la zona 4 de Mixco.

La afirmación se basa en la tecnología de punta con que cuenta, así como un equipo de trabajo multidisciplinario, distribuido en tres departamentos generales oftalmología, ortopedia y cirugía. Esto permite ofrecer servicios a todas las personas que son remitidas de otros lugares del país.

Figura 11. **Vista Aérea Hospital de Accidentes IGSS**



Fuente: <http://googleearthonline.com/>.
Consultada el 03 de febrero de 2012.

Hay 21 servicios clínicos y en total son 1,300 trabajadores, 48% de enfermería y 52% de personal médico, administrativo y de servicios de apoyo. Los 150 especialistas se rotan en turnos las 24 horas del día. Entre ellos hay residentes de ortopedia, cirugía, anestesia, oftalmología, anestesiología, rehabilitación, técnicas de fisioterapia y nutrición. Algunas de estas especialidades no se tratan en otros centros.

Se recibe un promedio de 150 pacientes diarios y se practican entre 35 y 40 cirugías programadas, muchas de ellas en el mismo momento, por casos de violencia. Incluso se han atendido partos, aunque esto está fuera de la cobertura Accidentes.

Según el Dr. García Aquino, el programa de accidentes es uno de los más importantes, ya que se atiende toda emergencia y rehabilitación, incluso de niños, quienes son acompañados por sus madres el tiempo que permanecen ahí.

Según el Dr. García Aquino, es importante aclarar que se atiende a todas las personas, pero es necesario prevenir percances. Los casos de estricta emergencia se atienden aunque no sean afiliados, pues su vida está en juego.

El hospital tiene una capacidad de 319 camas. Hay 20 quirófanos: 14 para cirugías electivas, 4 para hospital de día y 2 para emergencias. También un cuarto para shock y pacientes de intensivo.

Asimismo, se brindan servicio de apoyo como: laboratorio, banco de sangre, rayos X, farmacia, ultrasonido, bodega para contingencias mayores y la única unidad para pacientes quemados.

2.2. Información del sistema

El sistema de climatización con el que se cuenta en el hospital para la climatización de quirófanos es: 2 Chiller y 12 manejadoras 39L marca Carrier; así como 12 bombas de recirculación conectadas a las manejadoras y 6 bombas de recirculación conectadas a las manejados y 2 bombas hidráulicas conectadas a los Chiller, se cuenta también con 6 hongos de extracción que son los que evacuan el aire contaminado de los quirófanos, se cuenta también con rejillas tanto de impulsión como de extracción de aire.

2.2.1. Datos generales de los quirófanos

Los quirófanos en estudio son 12 de los cuales 6 son tipo A y 6 son tipo B la diferencia entre ambos es el tipo de operaciones o procedimientos que son practicados en los mismos en los primeros son practicadas cirugías especiales o de alta tecnología ejemplo trasplante de órganos, cirugía cardiaca, cirugía vascular con implante, cirugía ortopédica con prótesis o neurocirugías; mientras que los segundos son utilizados para cirugías convencionales y de urgencias.

2.2.1.1. Mediciones eléctricas de los equipos

Se hicieron mediciones con multímetro y detector de corriente para corroborar los parámetros reales versus los parámetros del equipo básico de un quirófano dando como resultado los datos que se presentan en la tabla VI.

Tabla VI. **Equipo eléctrico de quirófanos**

EQUIPO	MEDICION ELECTRICA	EQUIPO	MEDICION ELECTRICA
 UPS	120 V 60 HZ	 ELECTRO CAUTERIZADOR	120 V 60 HZ
 EQUIPO DE ANESTESIA	120 V 60 HZ	 BOMBA DE INFUSION	120 V 60 HZ
 EQUIPO DE ASPIRACION	120 V 60 HZ	 LAMPARAS SCIALITICAS	220 V 50 HZ
 AUTOCLAVE HORIZONTAL MESA	120 V 60 HZ	 LAMPARAS FLUORESCENTES	120 V 60 HZ
 DESFIBRILADOR ELECTRICO	120 V 60 Hz		

Fuente: laboración propia.

2.2.1.2. **Medición de tiempo de utilización de los equipos**

El equipo es utilizado entre las 7:00 y 14:00 dependiendo del tipo de procedimientos (operaciones) a ser practicadas durante el día y por otro lado las emergencias que se atiendan; en promedio se practican 25 procedimientos diarios en los 12 quirófanos en estudio. A continuación se muestra un ejemplo de las operaciones programadas en un día normal no incluye accidentes.

Tabla VII. Programación quirófanos A1-A6, B1-B6

HORA	PROCEDIMIENTO	QUIROFANO	TIEMPO DE UTILIZACION
7:00	ATC	A1	7:00-13:00 HRS.
A/C	ATR	A1	
7:00	OSTEOSÍNTESIS	A2	7:00-14:00 HRS.
A/C	OSTEOSÍNTESIS	A2	
A/C	OSTEOSÍNTESIS	A2	
7:00	ARTROSCOPIA + LCA	A3	7:00-13:00 HRS.
A/C	ARTROSCOPIA + LCA	A3	
A/C	MANO CERRADA	A3	
7:00	CLARO BLOQ. HUMERO	A4	7:00-13:00 HRS.
A/C	TENOTOMÍA	A4	
7:00	CLAVO BLOQ.	A5	8:30-13:00 HRS.
8:30	TENORRAFIA, AQUILES DER.	A5	
8:00	AMPLIACIÓN DE CANAL	A6	8:00-12:00 HRS.
8:00	L/C + CAMBIO VAC.	B1	8:00-12:00 HRS.
7:00	AMPLIACIÓN CANAL	B2	7:00-14:00 HRS.
7:00	4D + INJERTO PIEL	B3	7:00-12:00 HRS.
A/C	REDUCCIÓN C	B3	
A/C	REDUCCIÓN C	B3	
7:00	OSTEOSÍNTESIS	B4	7:00-14:00 HRS.
A/C	LIBERACIÓN S.T.E.	B4	
7:00	TENORRAFIA	B4	
7:00	L/D + CIERRE HERIDA	B5	7:00-11:00 HRS.
A/C	MANIP YESO	B5	
8:00	T/C INJ. PIEL	B6	8:00-12:00 HRS.
A/C	REVISIÓN DEL SISTEMA	B6	

Fuente: pizarra de programación quirófanos.

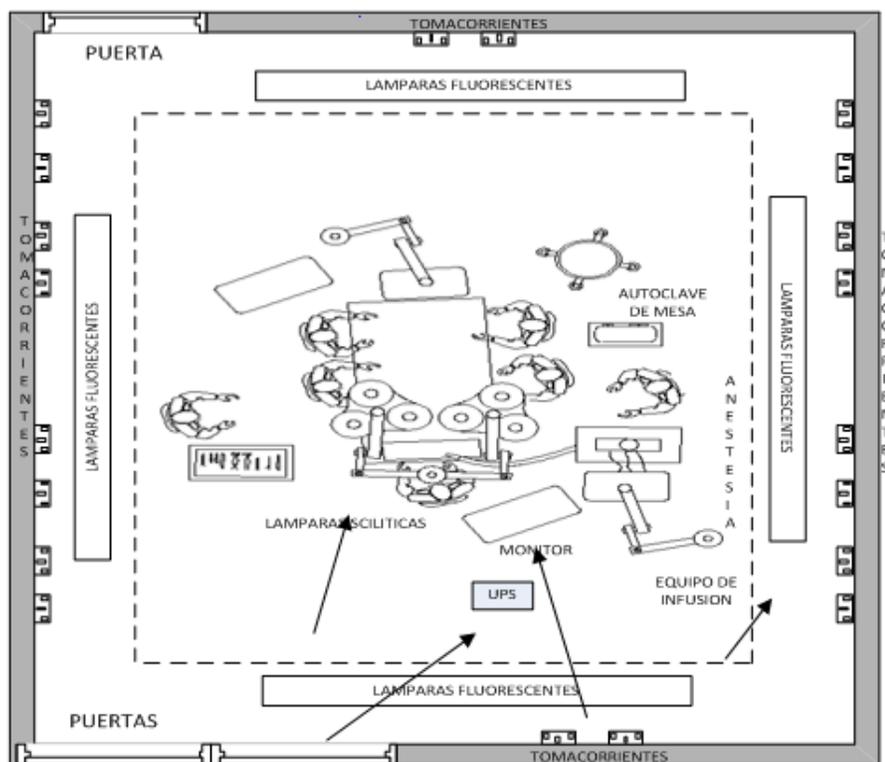
Consultada el 25 enero 2012.

Los equipos eléctricos son apagados durante la limpieza y somatización del quirófano tiempo aproximado promedio de 12 min.

2.2.1.3. Distribución en planta de los equipos

Los quirófanos cuentan con tomacorrientes, lámparas fluorescentes, lámparas cialíticas, equipo de infusión, autoclaves de mesa, monitor ups entre otros y están distribuidos como se muestra en la figura

Figura 12. Distribución de equipo



Fuente: elaboración propia.

2.2.1.4. Programación de mantenimiento de los equipos

Para mantener las características funcionales de las instalaciones y su seguridad y conseguir la máxima eficiencia de sus equipos, es preciso realizar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo que garanticen el adecuado

funcionamiento de los equipos y dispositivos para una climatización más limpia en el área de quirófanos.

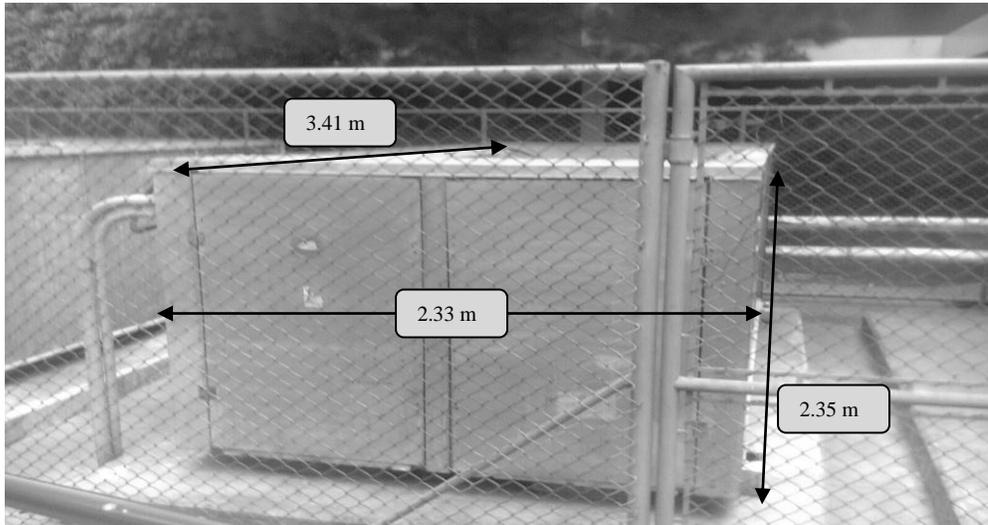
Actualmente en Guatemala no hay alguna norma que regule la obligatoriedad del mantenimiento por lo que queda a disposición de las distintas entidades regular sus normas y reglamentos, en el hospital de accidentes no cuentan con alguna programación de mantenimiento de equipo de climatización, ya que estos equipos los evalúa una empresa externa.

2.2.2. Tipo de sistema utilizado

El sistema de acondicionamiento de aire está comprendido por un Chiller Carrier modelo 30GB-045---631 CA enfriado por aire, este tiene una capacidad de 50 toneladas y esta particionado en dos sistemas uno de 20 y otro de 30 toneladas; utiliza dos bombas marca Marathon Electric de 7.5 Hp y un sistema de tubería para el circuito del agua distribuido a doce manejadoras Carrier de modelo 39THWQAA.

El Chiller trabaja con refrigerante UN 2857 y dos compresores de tornillo semi-hermético, el aceite del compresor es R22 los cuales son elementos principales que comprenden al sistema.

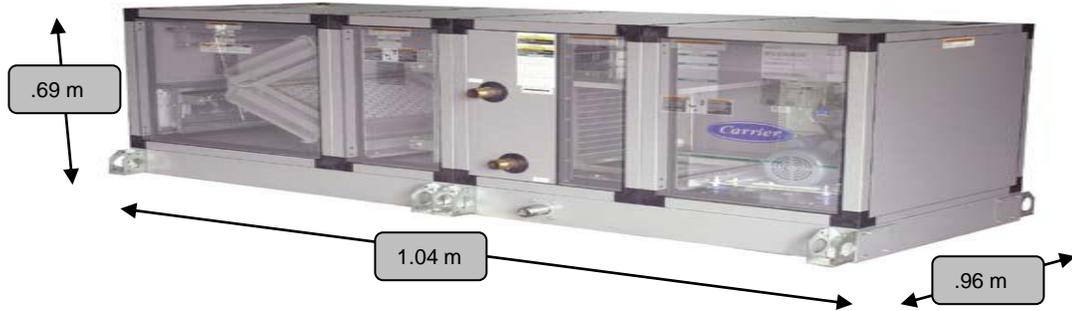
Figura 13. Dimensiones Chiller Carrier



Fuente: elaboración propia.

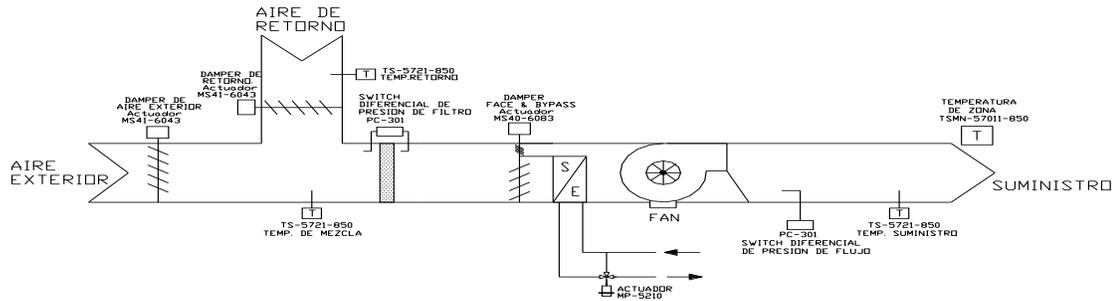
El funcionamiento de este sistema contiene los mismos principios de refrigeración. La unida exterior llamada Chiller contiene los elementos para formar el circuito frigorífico común, por medio de dos intercambiadores de calor, se enfría el agua succionada de un tanque de abastecimiento. El agua es transportada hacia las 12 manejadoras, donde cada una contiene ventiladores centrífugos que hacen transportar el aire a través de serpentines e impulsarlos hacia el sistema de ductería. Las manejadoras utilizan un ventilador centrífugo, es de mayor uso, por tener una gran eficiencia para mover grandes o pequeñas cantidades de aire. Estos tipos de ventiladores contienen un impulsor giratorio montado en una carcasa con forma de caracol, dándole energía al aire. Las aletas del impulsor pueden ser rectas o curvas hacia delante o hacia atrás. Su diseño es dependiente de las aletas del impulsor y demás características.

Figura 14. Dimensiones manejadoras



Fuente: Manual técnico Carrier. p. 2.

Figura 15. Alimentación de la Manejadora



Fuente: Manual técnico Carrier. p. 5.

2.2.3. Capacidad del proceso de climatización

La capacidad del proceso estará determinado por las toneladas de aire enfriado por el sistema completo en un mes determinado.

2.2.3.1. Toneladas de aire enfriado

El Chiller con que se cuenta tiene una capacidad de enfriamiento de 20 toneladas a continuación se presenta un estadístico aproximado en base al control que se llevaba ya que actualmente lo lleva una empresa externa.

Tabla VIII. **Control de toneladas de aire enfriado 2011**

JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIOS
13.95	13.99	14.5	13.9	13.5	12.3	13.69
14.5	13.5	12.6	12.9	13.5	13.4	13.4
14.5	15.1	13.4	13.5	14.5	13.98	14.163333
13.9	12.6	13.65	13.4	15	15.5	14.008333
15.58	13.2	13.95	13.2	14.1	14.5	14.088333
16.1	14.5	14.3	13.35	13.95	13	14.2
13.95	15.5	15.6	14	13.78	13.95	14.463333
14.5	12.6	12.5	15	13.7	14.2	13.75
15.2	13.7	13.6	12.95	13.95	14.7	14.016666
13.68	13.75	13.5	12.78	15	13.9	13.768333
PROMEDIO GENERAL						13.954833 Ton.

Fuente: elaboración propia.

Con base a la información anterior se determina que se enfrían diariamente un promedio de 13.95 toneladas de aire. Y se está utilizando un 70% de la capacidad del Chiller.

2.2.4. Carga térmica

La ganancia de calor o la pérdida es la cantidad de calor que entra o sale instantáneamente del espacio (haciendo un esquema de transferencia de calor). La carga real se define como esa cantidad de calor que es removida por el equipo. La ganancia de calor instantánea y la carga real en el equipo raramente serán iguales, debido a la inercia termal o efecto de almacenamiento de la estructura que rodea el espacio a ser climatizado.

La ganancia de calor tiene dos componentes: *calor sensible* y *calor latente*, ésta ganancia puede ocurrir de las siguientes formas:

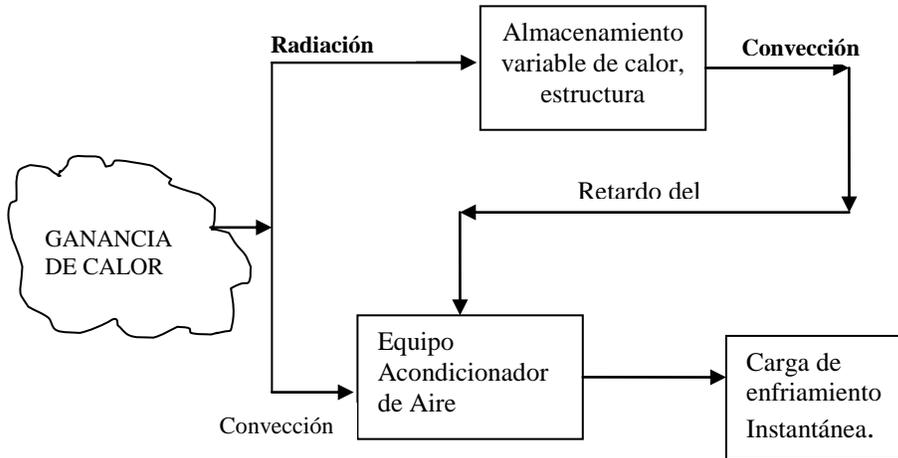
- ✚ Radiación solar
- ✚ Conducción de calor a través de paredes exteriores
- ✚ Conducción de calor a través de paredes interiores
- ✚ Calor generado por personas, equipos, luces
- ✚ Ventilación, infiltración
- ✚ Otras

La carga de enfriamiento es la razón a la cual la energía es removida para mantener la temperatura y humedad deseada, véase figura 16.

Los siguientes aspectos físicos deben ser considerados al momento de realizar el cálculo de carga, las características son:

- ✚ Orientación del edificio; (norte, sur, este oeste), localización.
- ✚ Uso del espacio: hospital, oficinas, departamento, centro comercial, etc.
- ✚ Dimensiones físicas: altura, largo, ancho.

Figura 16. **Transferencia de calor de un espacio a climatizar**



Fuente: SIERRA V. Fabio. Climatización y tratamiento de Aire. p. 40.

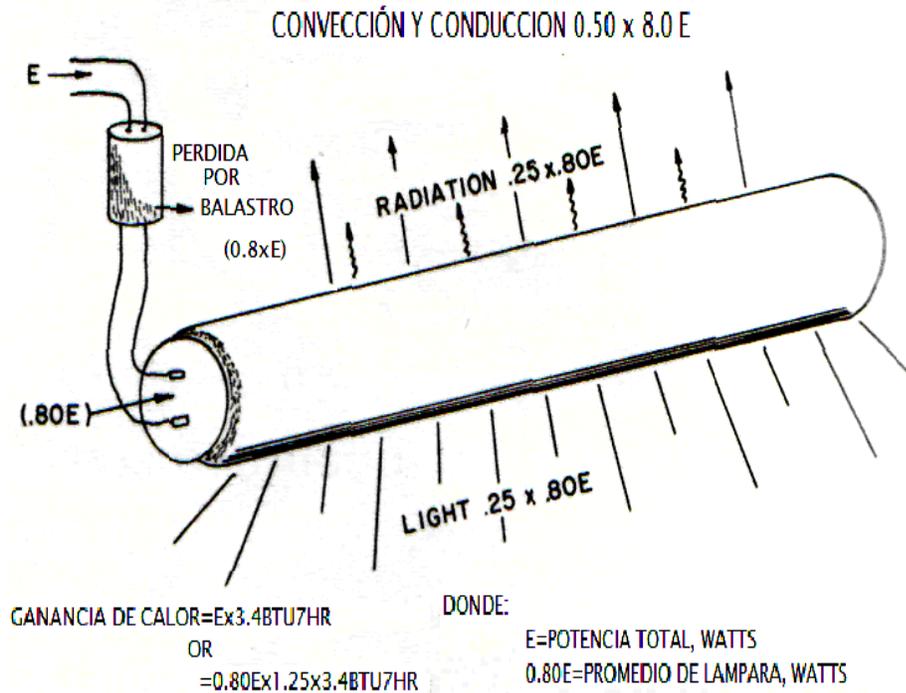
- ✚ Alturas entre tumbado y losa, losa y piso.
- ✚ Material de construcción: espesor de paredes, losa, pisos, paredes compartidas (internas).
- ✚ Ventanas: tamaños, orientación, etc.
- ✚ Personas: número, tiempo de ocupación.
- ✚ Luces.
- ✚ Motores o equipos que generen calor.
- ✚ Ventilación. CFM (Cubic feet per minute, pie cúbico por minuto) por persona.

2.2.4.1. Eléctrica

Para considerar la carga térmica eléctrica consideramos las luminarias y el equipamiento básico del quirófano.

La mayoría de luminarias del sistema de iluminación se encuentran empotradas en cielo falso con pantalla difusora, a excepción de un pequeño porcentaje que es sobrepuesto, máxime en los pasillos de los quirófanos.

Figura 17. **Conversión de carga eléctrica a carga térmica**



Fuente: Manual de aire acondicionado Carrier 1980. p. 70

El número de lámparas por luminaria es muy diverso, en los pasillos se encuentran luminarias de 1x20 W, de 1x40 W, de 2x40 W además de lámparas incandescentes, siendo las más abundantes las de 2x40 W. Adentro de los quirófanos se cuentan con 7 luminarias de 2x4 pies y 1 de 2x2 pies. El tipo de lámpara utilizado es fluorescente.

Tabla IX. **Ganancia de calor debido a luminarias**

TIPO	GANANCIA DE CALOR* Btu/hr
Fluorescente	Luces Totales Watts x 1,25† x 3,4
Incandescente	Luces Totales Watts x 3,4

* Referido a Tablas 12 y 13, pag. 35-37 para determinar carga actual de refrigeración

† Vatiaje de Luces Fluorescentes es multiplicado por 1.25 incluye ganancia de calor por balastro

Fuente: Manual de aire acondicionado Carrier 1980. p. 70.

Se cuentan con 7 de 4 tubos fluorescentes de 40 Watts cada una:

$$Q_{\text{luces}} = 4760 \text{ BTU/Hr}$$

El equipamiento básico del quirófano la mayor parte de estos aparatos son a la vez, fuente de calor sensible y latente, los aparatos eléctricos solo emiten calor latente en función de su utilización. En la mayoría de los casos se produce una disminución importante de ganancias tanto sensibles como latentes por medio de hongos de extracción ventilados mecánicamente los cuales están colocados en la terraza del hospital.

2.2.4.2. Humana

Para el cálculo de carga debido a ocupantes del lugar existen valores tabulados, ya que esta pérdida no es constante, varía según la actividad, condiciones atmosféricas género y edad.

Tabla X. **Ganancias de calor en las personas**

GANACIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS													
Grados de Actividad	Aplicación Típica	Promedio Metabólico (Hombre Adulto) Btu/h	Promedio Metabólico Ajustado* Btu/h	TEMPERATURA BULBO SECO DE HABITACIÓN									
				82 F		80 F		76 F		75 F		70 F	
				Btu/h		Btu/h		Btu/h		Btu/h		Btu/h	
				Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en Descanso	Teatro y escuela primaria	390	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Sentado, muy ligero trabajo	Escuela Secundaria	450	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Trabajo de Oficina	Oficinas, Hoteles, Apartamentos de Universidad	475	450	180	170	200	250	215	235	245	205	285	165
De Pie, Caminado lento	Mini markets, Tiendas de Variedad	550											
Camianado, y sentado	Farmacias	550	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
De Pie, Caminado lento	Bancos	550											
Trabajo Sedentario	Restaurantes†	500	550	190	360	220	330	245	310	280	270	320	230
Trabajo de Mesa suave	Fábricas, trabajo liviano	800	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	385
Baile Moderado	Pista de Baile	900	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Caminando, 3 millas por hora	Fábricas, solo trabajo pesado	1000	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Trabajo Pesado	Pista de Bolos, Fábricas	1500	1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845

* Promedio Metabólico Ajustado para ser aplicado a grupos mixtos de personas con un compuesto típico de porcentaje basado en los siguientes factores:

Promedio Metabólico de Mujeres=Promedio Metabólico de Hombres x 0.85
 Promedio Metabólico de Niños=Promedio Metabólico de Hombres x 0.75

†Restaurantes - El valor de esta aplicación incluye 60 Btu/h por porción de comida individual (30 Btu/h sensible y 30 Btu/h por latente)

± Bowling - Asume una persona por pista jugando bolos y todos los demás sentados, promedio metabólico=400 Btu/h o de pie 550 Btu/h

Fuente: Manual de aire acondicionado Carrier 1980. p. 69

Para este tipo de aplicaciones; quirófanos, están seis personas adultas: dos cirujanos, ayudante, anestesista, instrumentista, enfermera circulante.

La tabla X indica incluso la temperatura del cuarto donde se está realizando el cálculo. Como no hay para la temperatura de diseño de 74°F se escogerá la temperatura que más se aproxime de 75°F para una actividad de oficina tenemos; 245 BTU/ hr por persona como calor sensible ($Q_{per.s}$) y 205 BTU/hr por persona como calor latente ($Q_{per.l}$):

Tomando como base una temperatura de diseño de Bulbo Seco = 83°F. Exterior y 75°F Tenemos que tomar el valor de 245 Btu/hora (Q per s) y 205 Btu/hora (Q pers l).

$$Q_{\text{per.s}} = 1715 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_{\text{per.l}} = 1435 \text{ BTU/Hr}$$

2.2.4.3. Ventanas

Ventanas en los quirófanos no existen únicamente hay vidrios en las puertas para lo cual se hará el cálculo respectivo.

Tabla XI. **Coefficiente de transmisión U de paneles verticales**

COEFICIENTES U DE TRANSMISIÓN PARA PANELES CLAROS						
Descripción	Exterior				Interior	
	Invierno		Verano		BTU hr-ft2-F	W m2-C
	BTU hr-ft2-F	W m2-C	BTU hr-ft2-F	W m2-C		
<i>Vidrio Llano</i>						
Hoja Sencilla	1.13	6.42	1.06	6.02	0.73	4.15
Vidrio Aislado - doble						
1/4 plg o 6 mm espacio de aire	0.65	3.69	0.61	3.46	0.49	2.78
1/2 in or 13 mm espacio de aire	0.58	3.29	0.56	3.18	0.46	2.61
1/2 in or 13 mm espacio de aire						
Emisión Cubierta						
emisión= 0,20	0.38	2.16	0.36	2.04	0.32	1.82
Emisión = 0,60	0.52	2.95	0.5	2.84	0.42	2.38
Vidrio Aislado - triple						
1/4 in or 6 mm espacio de aire	0.47	2.67	0.45	2.56	0.38	2.16
1/2 in or 13 mm espacio de aire	0.36	2.04	0.36	1.99	0.3	1.7
Ventanas para Tómbatas						
1 - 4 in or 25 a 100 mm espacio de aire	0.56	3.18	0.54	3.07	0.44	2.5
<i>Bloque de Vidrio</i>						
6 x 6 x 4in or 150 x 150 x 100 mm espesor	0.6	3.41	0.57	3.24	0.46	2.61
12 x 12 x 4 in or 300 x 300 x 100 mm espesor	0.52	2.95	0.5	2.84	0.41	2.33
Con Cavidad Divisora	0.44	2.5	0.42	2.38	0.36	2.04
<i>Hoja Simple de Plástico</i>	1.09	6.19	1	5.68	0.7	3.97

Fuente: Traducido de ASHRAE Handbook. p. 62.

Tenemos 3 vidrios claros de 2 de 0.20 x 0.80 mts y otro de 0.50 x 0.8 m. todos de 3 mm de grosor. Dando como resultado un área de 0.052 pies².

Según la tabla XI para vidrio de hoja sencilla; escogiendo en condiciones de verano; que son las adecuadas para la ciudad de Guatemala tenemos:

$$U = 0.73 \text{ BTU / Hr} \cdot \text{Ft}^2 \cdot \text{F}.$$

$$U = 0.73 \cdot 6.02 \cdot 83 = 365.04 \text{ BTU/Hr}$$

Utilizamos las siguientes formulas

Radiación solar a través de vidrio.-

La ecuación fundamental es:

$$Q_v = A[(SC) \times (SHFG) + U(T_o - T_i)] \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

Q_v : Ganancia de calor total a través de los vidrios [BTU/h]

A: Área del vidrio [Ft²]

SC: Coeficiente del vidrio

SHFG: Factor de ganancia solar [BTU/ h Ft²]

U: Coeficiente Global de transferencia de calor [BTU/ h Ft² ° F]

To: Temperatura Exterior [° F]

Ti: Temperatura interior [° F]

De donde los factores SHFG son igual a 0 porque estos vidrios no están expuestos al sol. SC igual a 0 ya que no tiene coeficiente de sombra. To = 83°F y Ti = 71.6° F

Obtenemos

$$Q_v = 4161.42 \text{ BTU/hr}$$

2.2.4.4. Puertas

Los quirófanos cuentan cada uno con dos puertas en la parte frontal de 1.50 x 2.10 1 hoja y otra de 0.95*2.10 y otra en la parte trasera de 1.60*2.10 todas con un grosor de 1 3/4".

$$Q_{\text{puerta}} = 188.78 \text{ BTU/h [70.86 W/hr]}$$

Tabla XII. **Coefficientes de Transmisión para puertas de madera**

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

* Calculado usando $k = 1,10$ (para madera); $f_i = 1,46$, $f_o = 6,0$; 1,03 para espacio de aire.

+ Se puede usar un valor de 0,85 para U para puertas simples y expuestas con entrepaños de madera o entrepaños simples de vidrio guardapuertas

- 50 % de vidrio y entrepaños delgados de madera.

Fuente: Manual aire acondicionado y refrigeración; Burgess. p. 74.

2.3. Condiciones de funcionamiento del Sistema

Actualmente el sistema no trabaja bajo controles estandarizados que garanticen la Producción más Limpia en la climatización de quirófanos, ya que

no se tiene el enfoque de eficiencia energética, prevención de la contaminación, y reducción de desechos tóxicos

2.3.1. Manejo de desechos

Para determinar el manejo de los residuos líquidos y sólidos generados en el Hospital General de accidentes se hicieron observaciones directas durante los días de estudio. Y se pudo observar lo siguiente:

- ✚ Si existe un programa dentro del hospital para la minimización de residuos; pero hay que mejorarlo para contribuir a la climatización y ventilación más limpia de los quirófanos.
- ✚ Existe solamente como disposición para algunos de los residuos generados, la incineración.
- ✚ No existe separación de residuos, de acuerdo a su naturaleza.
- ✚ El procedimiento que se lleva a cabo en el hospital para el manejo de residuos es el siguiente:
 - a. La recolección de residuos se realiza en bolsas de plástico transparentes o de color negro.
 - b. Los residuos punzocortantes se recolectan en bolsas de plástico, en algunas áreas donde estos residuos son recolectados en contenedores adecuados.
 - c. No existe un almacén temporal adecuado para los residuos peligrosos.

Es primordial controlar el manejo de desechos ya que mediante la minimización de los mismos es posible garantizar ambientes más limpios y menos contaminación ambiental que es uno de los principales objetivos de Producción Más limpia, debemos recordar que entre menos contaminantes hayan es mejor tanto para la empresa que en este caso sería el hospital específicamente el área de quirófanos, las personas que están dentro del mismo pacientes y personal médico así como para el medio ambiente y población en general.

2.3.2. Control de tiempo de uso del equipo

Actualmente no se lleva ninguna bitácora ni registros de los tiempo de utilización del equipo, anteriormente el chiller contaba con un contador digital que contabilizaba las horas de uso que llevaba pero el mismo fue removido, por otro lado el arranque y apagado del equipo lo tienen que hacer de forma manual cuando les avisan por radio no se tiene un control electrónico que permita controlar esto así como las variables de climatización en un sitio centralizado, donde el personal de mantenimiento u otra persona encargada verifique cada cierto tiempo por medio de una rutina establecida, dichos parámetros para evitar pérdidas energéticas, u aire contaminado por algún desperfecto en los componentes del sistema de climatización. Este punto en particular es de mucha importancia para garantizar la eficiencia energética uno de los principales objetivos de la Producción más Limpia.

2.4. Costo beneficio

Esto se refiere a la rentabilidad de un proyecto, en términos sencillos lo que se busca es poder conocer por cada quetzal de inversión cual es la utilidad que genera.

Un proyecto se justifica cuando su razón B/C es mayor a 1.

$$B/C = \frac{\text{Beneficio- positivo} - (\text{beneficios} - \text{negativos})}{\text{Costos}} = \frac{B - BN}{C}$$

Tabla XIII. **Beneficio costo actual**

BENEFICIOS

CANTIDAD	BENEFICIOS	CUOTA Trab	CUOTA PAT.	INGRESO TRAB	INGRESO PAT	COSTO MIN.	INGRESO TOTAL
6600	INTERVENCIONES QUIRURGICAS					Q 3000.00	Q 19,800,000.00
6600	PACIENTES ATENDIDOS	Q 4.83	Q 10.67	Q 9853.00	Q 21766.00		Q 31,620
TOTAL							Q19,831,620.00

COSTOS

CANTIDAD	EQUIPO	MODELO	CAPACIDAD	CONSUMO U	CONSUMO T	PRECIO	COSTOS TOTALES
2	CHILLER CARRIER	30GB 045	20 TON.	618.1 KW/H	618.1 Kw/h	Q 3,084,000.00	Q 6,168,000.00
12	MANEJADORAS CARRIER	39L	29968 BTU/H	22.2 KW/H	266.4 KW/h	Q 34,695.00	Q 416,340.00
12	BOMBAS TERMALIC PROTECTED	VCMA20ULS	30 HP	0.093 KW/H	1.116 Kw/h	Q 3,787,923.00	Q 4,545.50
6	HONGOS DE EXTRACCION	4C398 C	1/8 HP	0.275 KW/H	1.65 Kw/h	Q 23130.00	Q 138,780.00
	TUBERIA CAÑUALES DIFUSORES REJILLAS						Q 100,000.00
	MANO DE OBRA Y MANTENIMIENTOS ENERGIA					Q 20,000.00	Q 254,200.00
TOTAL							Q7,081,865.5

Fuente: elaboración propia.

Dicho dato fue tomado proyectando los precios del equipo con que se cuenta ya que este está totalmente depreciado en libro ya que la instalación del mismo tiene más de 5 años.

Los beneficios están calculados en base al promedio de procedimientos practicados en un día (25) considerando 22 días al mes dan como resultado 6600 intervenciones quirúrgicas sin considerar los casos atendidos de emergencia , por otro lado se consideran ingresos de dichas intervenciones en base al salario mínimo actual tanto del trabajador como del patrono, y también se estima como beneficio el costo mínimo de una intervención quirúrgica de Q 3000 que el beneficiado tendría que pagar en un hospital privado.

Dando como resultados un valor de Q 19 831 620,00

Por tanto el B/C = 2.80

Para el cálculo de la razón B/C del sistema actual implementado se debe considerar el costo del sistema y todos sus componentes. Un sistema de climatización tiene un costo aproximado de Q7 081 865,51 incluyendo la instalación del mismo; este costo sería un desembolso inmediato. Si se proyecta la inversión a 5 años el valor sería de Q 9 340 891,40 con una tasa de 10% sobre capital.

Tabla XIV. **Inversión proyectada a 5 años**

MONTO INICIAL	FLUJO DE EFECTIVO 5 AÑOS TASA INTERES 10% SOBRE CAPITAL					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTALES
Q7,081,865.51						
PAGOS PARCIALES	Q1,416,373.10	Q1,416,373.10	Q1,416,373.10	Q1,416,373.10	Q1,416,373.10	Q7,081,865.51
INTERESES	(Q708,186.55)	(Q592,187.38)	(Q464,588.29)	(Q324,229.29)	(Q169,834.39)	(Q2,259,025.89)
INTERES + PAGO	Q2,124,559.65	Q2,008,560.48	Q1,880,961.39	Q1,740,602.39	Q1,586,207.49	Q9,340,891.41

Fuente: elaboración propia.

2.4.1. Mantenimientos preventivos

El hospital actualmente no cuenta con mantenimientos preventivos para garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos el mantenimiento practicado actualmente es más de tipo reactivo lo que no ayuda a tener los sistemas de climatización en óptimas condiciones y cumpliendo con los estatutos primordiales de Producción más Limpia como lo son eficiencia energética, prevención de contaminación ambiental en los sistemas de climatización, optimización y uso adecuado de recursos. Actualmente el mantenimiento de los equipos de climatización están a cargo de una empresa externa que brinda dicho servicio.

2.4.2. Mantenimiento correctivo

Los mantenimientos correctivos actuales se realizan de acuerdo a la falla o diagnostico reportado en los sistemas de climatización ya que como se mencionó en el mantenimiento preventivo para el caso de los equipos de climatización los encargados de dar el mantenimiento a los equipos es una empresa externa. Es decir si la falla en el sistema no es muy técnica o específica mantenimiento coordina la reparación de la misma pero si el daño en el equipo es muy específico se tiene que contactar a la empresa que da mantenimiento a los equipos de climatización.

En cuanto a mantenimientos generales correctivos, se reporta la falla a mantenimiento de turno y si el problema no es muy significativo se coordina la reparación o mantenimiento inmediato del área u equipo, si en dado caso en mantenimiento es mayor se consulta con Gerencia de Mantenimiento y se planifica el mismo. La forma en que se reportan los mantenimientos necesarios son vía telefónica o por radio generalmente los mismos son

reportados por las personas que se encuentran en las áreas afectadas, y en algunas ocasiones por mantenimiento generalmente cuando el daño es mayor, o no se ha podido reparar por personal de dicho departamento y se coordina la reparación con empresas externas.

Dentro de los mantenimientos correctivos no se tienen contempladas medidas que ayuden o contribuyan a mejorar la climatización por medio de la aplicación de Producción más Limpia.

2.5. Inventario del equipo de enfriamiento

El equipo de enfriamiento con que se cuenta actualmente en el hospital de accidentes se detalla a continuación:

Tabla XV. **Equipo de climatización**

CANTIDAD	EQUIPO	MODELO	CAPACIDAD
2	Chiller Carrier	30GB-045	20 y 40 Toneladas
12	Manejadoras Carrier	39L	29968 BTU/H
12	Bombas Termalic Protected	VCM20AULS	30 HP
6	Hongos de Extracción	4C 398 C	1/8 HP
2	Bombas Marathon Electric	N/A	7.5 HP
4	Compresores	N/A	3 HP

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN EN LOS QUIRÓFANOS

3.1. Requerimientos reales del proceso

Para conocer los requerimientos reales del proceso de climatización y garantizar de esta forma la eficiente aplicación de Producción más Limpia nos falta conocer los siguientes parámetros los cuales se complementan con los cálculos efectuados en el título 2.

Condiciones exteriores de diseño son:

Temperatura de Bulbo Seco: 28.33° C [83 ° F]

Temperatura de Bulbo Húmedo: 21.11° C [70 ° F]

Localización: Guatemala;

- a. Altitud: 1.592 metros.
- b. Latitud: 14° 37' 15" N
- c. Longitud: 90° 31' 36" O
- d. Extensión: 996km

Condiciones interiores de diseño:

Temperatura de Bulbo Seco: 26° C [78.8 ° F]

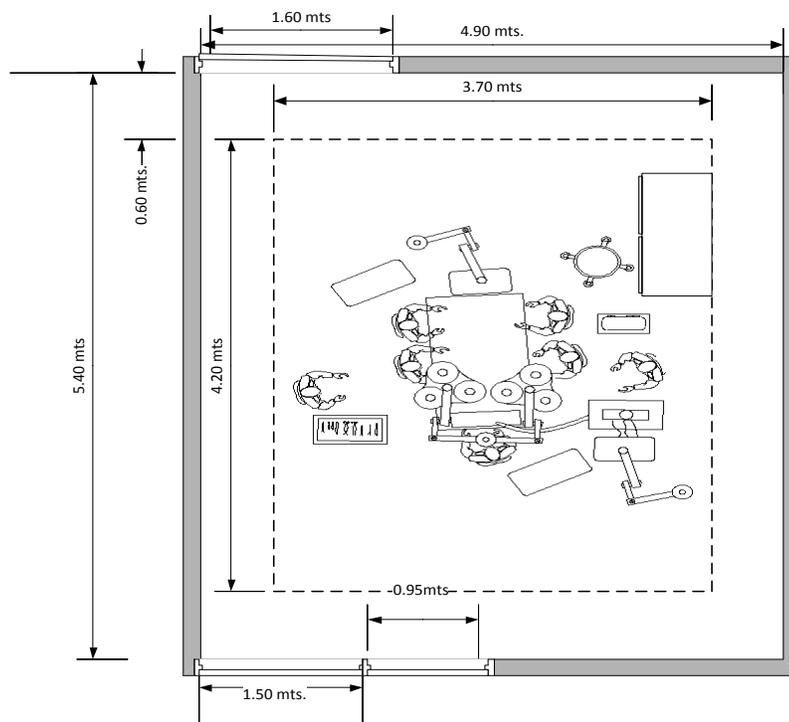
Temperatura de Bulbo Húmedo: 22° C [71.6 ° F]

Humedad Relativa: 50 +/-5%

Los quirófanos en estudio tienen un área total de 26.46 mts² el ancho de los mismos es de 4.90 mts y su largo de 5.40 mts, cuentan con 3 puertas dos en la parte frontal de dimensiones 1.50 más de ancho x 2.10 m. de altura y otra

de 0.95 mts de ancho x 2.10 m. de altura y una en la parte trasera de 1.60 m. x 2.10 m. de altura. La altura del techo más baja es de 2.60 m. para un área de 10.92 mts²; y la más alta de 3.20 mts para un área de 15.92 mts² a continuación se muestra el plano de uno de los quirófanos.

Figura 18. Dimensiones quirófano en estudio



Fuente: elaboración propia.

Ganancia de calor a través de paredes y techos.-

La ecuación fundamental es:

$$Q_p = U \times A(\Delta T_{eq})$$

Ec. 2

Dónde:

U = Coeficiente global de transferencia de calor a través de paredes y techos.

A = Área de Paredes y techos

ΔT_{eq} = Diferencia de Temperatura equivalente.

U está definida como en inverso de la suma de todas las resistencias:

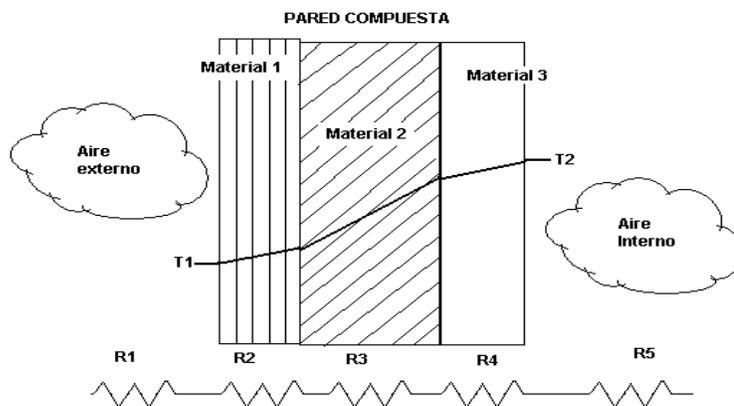
$$U = \frac{1}{R_T} \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad \text{Ec. 4}$$

R_1, R_2, R_3, R_n : corresponden a cada una de las resistencias térmicas de los materiales que conforman la pared; incluso la resistencia térmica de los alrededores:

Figura 19. Resistencias térmicas y mallas térmicas



Fuente: SIERRA V. Fabio. Climatización y tratamiento de aire. p. 53.

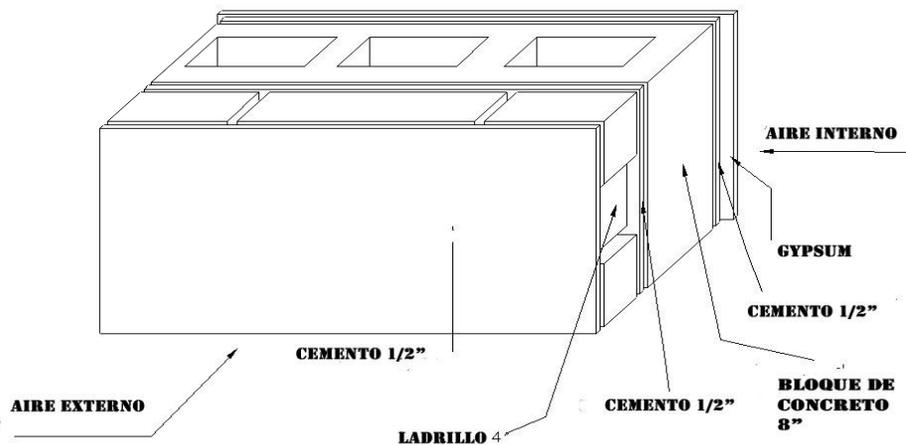
Cabe recalcar que cada capa de la cual está compuesta la pared tiene una resistencia correspondiente, en el Anexo 3, se encuentra una tabla donde se

muestran diferentes materiales con sus respectivas resistencias, y el anexo 4 presenta varios materiales con los valores de U directamente.

Para obtener el factor de U, debemos conocer la estructura de la pared para lo cual tenemos:

Cemento	=	1.3 cm. (1/2")
Ladrillo	=	10.16 cm. (4")
Cemento	=	1.3 cm. (1/2")
Bloque de concreto	=	20.32 cm. (8")
Cemento	=	1.3 cm. (1/2")
Gypsum	=	1.3 cm. (1/2")

Figura 20. **Pared compuesta**



Fuente: SIERRA V. Fabio. Climatización y tratamiento de aire. p. 54.

Tomando en cuenta que además de la composición de la pared en sí tenemos que considerar el aire que se encuentra tanto al interior del cuarto como al exterior y ayudados, con las tablas presentadas en el anexo 2 tenemos los siguientes valores:

R1: Aire externo	=	0,17
R2: Cemento (1/2")	=	0,1
R3: Ladrillo de Frente (4")	=	0,44
R2: Cemento (1/2")	=	0,1
R4: Bloque d Concreto (8")	=	1,72
R2: Cemento (1/2")	=	0,1
R5: Gypsum (1/2")	=	0,45
R6: Aire interno	=	0,68
Rt : Total resistencias	=	3.76

Dando como resultado:

$$U = 0.27 \text{ BTU/ hr } \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F} [1.533 \text{ W/m}^2 \text{ K}]$$

Para obtener la diferencia de temperatura equivalente nos referiremos a la Tabla XVI, para la orientación adecuada con un peso de pared de 60 Lb/ft^2 293.56 Kg/m^2

Tabla XVI. **Diferencias de temperatura equivalentes (°F)**

ORIENTACIÓN	PESO DE LA PARED	TIEMPO										
		A.M.						PM				
	lb/ft2	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
NE	20	2	11	22	32	5	6	7	7	7	7	6
	60	2	9	17	25	4	4	5	5	6	5	5
	100	1	6	12	18	2	3	4	4	4	4	3
	140	0	4	7	11	1	2	2	2	2	2	2
E	20	2	11	22	32	38	6	7	7	7	7	6
	60	2	9	17	25	30	4	5	5	6	5	5
	100	1	6	12	18	21	3	4	4	4	4	3
	140	0	4	7	11	13	2	2	2	2	2	2
SE	20	2	11	22	32	38	39	7	7	7	7	6
	60	2	9	17	25	30	31	5	5	6	5	5
	100	1	6	12	18	21	22	4	4	4	4	3
	140	0	4	7	11	13	13	2	2	2	2	2
S	20	2	11	22	32	38	39	7	7	7	7	6
	60	2	9	17	25	30	31	5	5	6	5	5
	100	1	6	12	18	21	22	4	4	4	4	3
	140	0	4	7	11	13	13	2	2	2	2	2
SO	20	0	2	2	3	5	6	40	39	31	22	11
	60	0	1	2	3	4	4	32	31	25	17	9
	100	0	1	1	2	2	3	23	22	18	12	6
	140	0	0	1	1	1	2	14	13	11	7	4
O	20	0	2	2	3	5	6	40	39	31	22	11
	60	0	1	2	3	4	4	32	31	25	17	9
	100	0	1	1	2	2	3	23	22	18	12	6
	140	0	0	1	1	1	2	14	13	11	7	4
NO	20	0	2	2	3	5	6	7	39	31	22	11
	60	0	1	2	3	4	4	5	31	25	17	9
	100	0	1	1	2	2	3	4	22	18	12	6
	140	0	0	1	1	1	2	2	13	11	7	4
N	20	0	2	2	3	5	6	7	7	7	7	6
	60	0	1	2	3	4	4	5	5	6	5	5
	100	0	1	1	2	2	3	4	4	4	4	3
	140	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2
TECHO	20	0	10	21	32	39	40	41	40	32	21	10
	40	0	7	16	25	30	31	32	30	25	16	7
	60	0	6	13	20	24	25	26	25	20	13	6

Fuente: Fundamentos de aire acondicionado. p. 44.

Escogiendo las características mencionadas tenemos a las 3 PM una diferencia de temperatura equivalente:

$$\Delta E_{eq} = 6 \text{ } ^\circ \text{ F [14.47}^\circ \text{ C]}$$

Con lo cual y sumando las dos partes que conforman la pared norte tenemos:

$$Q_{pared} = 155.45 \text{ BTU/hr [45.56 W/hr]}$$

Para las paredes que son parte de las divisiones, se utiliza la misma fórmula, sin embargo la diferencia consiste en el cálculo de la resistencia térmica, además por la diferencia de temperatura.

Para realizar este cálculo se asumirá que los alrededores, que corresponden a pasillos y cuartos aledaños tienen una temperatura igual a la temperatura exterior (no están climatizados).

Calcularemos primero las divisiones 1, 2, 3, 4:

$$\text{Área} = 26.46 \text{ m}^2 \text{ (284.67 Ft}^2\text{)}$$

$$T_i = 23.33 \text{ } ^\circ \text{ C (74 F)}$$

$$T_p = 30^\circ \text{ C (86}^\circ \text{ F)}$$

Donde T_p (temperatura de partición) corresponde a la temperatura de corredores.

Para el cálculo de U se procede como se realizó anteriormente, se tienen las siguientes resistencias:

Aire Interno	=	0,68
Cemento (1/2")	=	0,1
Ladrillo Común (4")	=	0,8
Cemento (1/2")	=	0,1
Aire Interno	=	0,68
Total resistencias	=	2,36

Con lo cual tenemos:

$$U_p = 0,42 \text{ BTU/ hr *ft}^2\text{*F [2.36 W/m}^2\text{ K]}$$

Reemplazando valores en total por paredes divisorias tenemos:

$$Q_{\text{partición total}} = 2989.035 \text{ BTU/hr [463.86 W/hr]}$$

Para el cálculo de la carga de calor por tumbado y piso se calcula los coeficientes globales de transferencia de calor para cada uno teniendo en cuenta los materiales que los componen, se presume que la temperatura entre tumbado y entre piso es menor que la temperatura exterior ya que no está en planta baja ni en un último piso.

Coeficiente de transferencia de calor del tumbado:

Gypsum	=	0,45
Espacio de Aire	=	0,85
Aire interno	=	0,61
Bloque de Concreto	=	1.72
Total de Resistencia	=	3.7
U Tumbado =	=	0.27

Coeficiente de transferencia de calor del piso:

Aire interno	=	0,61
Cemento (1/2")	=	0,1
Concreto (2")	=	2,22
Espacio de Aire	=	0.85
Cemento (1/2")	=	0,1
Total de Resistencia	=	3.78
U Piso	=	0,26

Con estos datos tenemos:

$$Q_{\text{tumbado}} = 1015.88 \text{ BTU/hr [297.72 W/hr]}$$

$$Q_{\text{piso}} = 994.38 \text{ BTU/hr [291.42 W/hr]}$$

A continuación se resumen los resultados obtenidos en el capítulo 2 y en el presente.

Tabla XVII. **Resultados de calor latente y calor sensible en quirófanos**

ELEMENTO O MATERIAL	Q Sensible (BTU/Hr)	Q Latente (BTU/Hr)
Vidrio	4760	0
Pared (norte)	155.45	0
Particiones	2989.035	0
Puertas	188.78	0

Continuación de tabla XVIII.

Tumbado	1015.88	0
Piso	994.38	0
7 Personas	1715	1435
Luces	2559.75	0
Aparatos eléctrico (esterilizador)	2700	2400
TOTAL	17078.75	3835

Fuente: elaboración propia.

Para poder determinar la carga real necesaria debemos tener en cuenta la ventilación necesaria para el área ya que el acondicionador debe incluir esta carga.

A continuación nos apoyamos en las tablas de rangos de ventilación estándar recomendadas para diferentes aplicaciones:

Tabla XIX. Estándares de ventilación

ESTÁNDARES DE VENTILACIÓN				
APLICACIÓN	FUMADORES	CFM POR PERSONA		CFM POR PIE CUADRADO DE ÁREA *mínimo
		Recomendado	Mínimo *	
Apartamento {	Promedio	20	15	-
	De lujo	30	25	0.33
Espacios en Banco	Ocasional	10	7 1/2	-
Barberías	Considerable	15	10	-
Salones de Belleza	Ocasional	10	7 1/2	-
Cuarto de caminadores	Muy Alto	50	30	-
Bares	Alto	30	25	-
Corredores	---	-	-	0.25
Tiendas por Departamentos	No	7 1/2	5	0.05
Direcciones	Extremo	50	30	-
Farmacias†	Considerable	10	7 1/2	-
Fábricas‡§	no	10	7 1/2	0.10
Tiendas pequeñas	no	7 1/2	5	-
Salones de Velación	no	10	7 1/2	-
Garajes‡	---	-	-	1.0
Hospitales {	Cuartos de Operación†***	No	25	2.0
	Cuartos Privados	No	30	15
	Pabellones	No	30	25
Habitaciones de Hotel	Alto	30	25	0.33
Cocinas {	Restaurantes†	-	-	4.0
	Casas	-	-	2.0
Laboratorios†	Algunos	20	15	-
Sala de Reuniones	Muy Alto	50	30	1.25
Oficinas {	Generales	Poco	15	10
	Privadas	No	25	15
	Privadas	Considerable	30	25
Restaurantes {	Cafeterías†	Considerable	12	10
	Sala de Cena†	Considerable	15	12
Aulas de Escuelas‡	No	-	-	-
Tiendas al por menor	No	10	7 1/2	-
Teatros‡	No	7/12	5	-
Teatros	Poco	15	10	-
Baños‡ (extracción)	-	-	-	2.0

* Cuando el mínimo es usado, use el máximo entre CFM por persona o por pie cuadrado de área

‡ Ver códigos locales

† Puede gobernar la extracción

§ Use este valor a menos que existan elementos contaminantes o códigos locales

** Todo las tomas de aire son recomendadas prevenir explosiones de anestesia

Fuente: Manual de aire acondicionado Carrier. 1980. p. 79.

Según esta tabla tenemos que para hospitales de cuartos de operación (quirófano), donde se indica los caudales de aire en (CFM: pies cúbicos por minuto), para cada habitación, se deben escoger tanto la ventilación por persona como la correspondiente al cuarto y obtener una ventilación total: 25 CFM por persona (son 7 personas adultas), y 2.0 CFM por cada pie cuadrado de área de piso, con lo cual tenemos una ventilación de: 744.34 CFM

Una vez obtenido el aire de ventilación utilizaremos el método de desviación en el cual primero se debe considerar que el aire de ventilación no pasa por los serpentines del equipo sino que forma parte de la carga del espacio acondicionado.

Las ecuaciones a utilizar en este caso son [2]:

Para carga sensible:

$$Q_s = WC_p(T_i - T_s) \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

$$Q_s = \text{Carga de enfriamiento del espacio (interna) (BTU/Hr)}$$

W= aire suministrado al espacio, en Lb/Hr

C_p = Calor específica del aire húmedo (aprox. 0.244 (BTU/Lb F))

T_s, T_i = Temperatura de aire de suministro que está entrando al área, Temperatura interna del área (F Bulbo seco).

Para carga latente:

$$Q_L = W(W_{s2} - W_{s1}) \frac{3}{20} \quad \text{Ec. 6}$$

De donde el factor 3/20 se refiere al peso de aire libras (7000 gramos es una libra) dividido para el calor latente de vaporización de agua 1060.

W_{s2}, W_{s1} = Granos por libra humedad específica del aire interno y del aire de suministro.

La siguiente ecuación de la relación de calor sensible:

$$SHR = \frac{Q_s}{Q_T} \quad \text{Ec. 7}$$

En términos de la línea total desde D hasta 2, la línea D – 1 es proporcional a la cantidad de aire desviado (b) y, la longitud de 1 – 2 es proporcional al aire no desviado (1-b).

$$b \equiv \frac{T_s - T_D}{T_i - T_D} \quad \text{Ec. 8}$$

Y

$$1 - b \equiv \frac{T_i - T_s}{T_i - T_D} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

b = factor de desviación del serpentín y

T_D = temperatura de rocío del equipo.

Si reemplazamos en (5) tenemos:

$$Q_s = W(0.244)(T_i - T_D)(1 - b) \quad \text{Ec. 10}$$

Con lo cual podemos obtener la carga sensible y latente del espacio en función del factor de desviación:

$$Q_{sS} = (CFM)(1.08)(T_o - T_i)(b) \quad \text{Ec. 11}$$

$$Q_{vL} = 0.685(CFM)(W_{so} - W_{si})(b) \quad \text{Ec. 12}$$

Q_{sS} = Ganancia de calor sensible del aire de ventilación desviado hacia el espacio (BTU/hr);

Q_{vL} = Ganancia de calor latente del aire de ventilación desviado hacia el espacio (BTU/Hr);

CFM = Aire de ventilación;

W_{so} , W_{si} = Humedades específicas del aire exterior y del espacio acondicionado, en granos por libra de aire seco;

b = Factor de desviación.

Para la utilización de estas fórmulas se ha considerado calor específico del aire $C_p = 0.244$ (BTU/lbF) y con un volumen específico de $v = 13.5$ Ft³/lb.

Para los cálculos se asumirá el factor de desviación $b = 0.10$, para estas aplicaciones y la mayoría de serpentines trabajan con este factor. (Ver Anexo 4)

Reemplazando valores en ecuación(11):

$$Q_{vs} = 1447 \text{ BTU/Hr}$$

Para la ecuación (12) debemos obtener de la tabla Psicométrica (Anexo 5) las humedades específicas del aire exterior y del aire interior, con los datos de Temperatura de Bulbo seco de 92°F y bulbo húmedo 80°F para el exterior y para el interior 74°F de bulbo seco y 62°F de bulbo húmedo tenemos:

$$W_{se} = 136 \text{ (granos/lb)}$$

$$W_{si} = 63 \text{ (granos/lb)}$$

Reemplazando en (12) tenemos:

$$Q_{vL} = 3722 \text{ BTU/Hr}$$

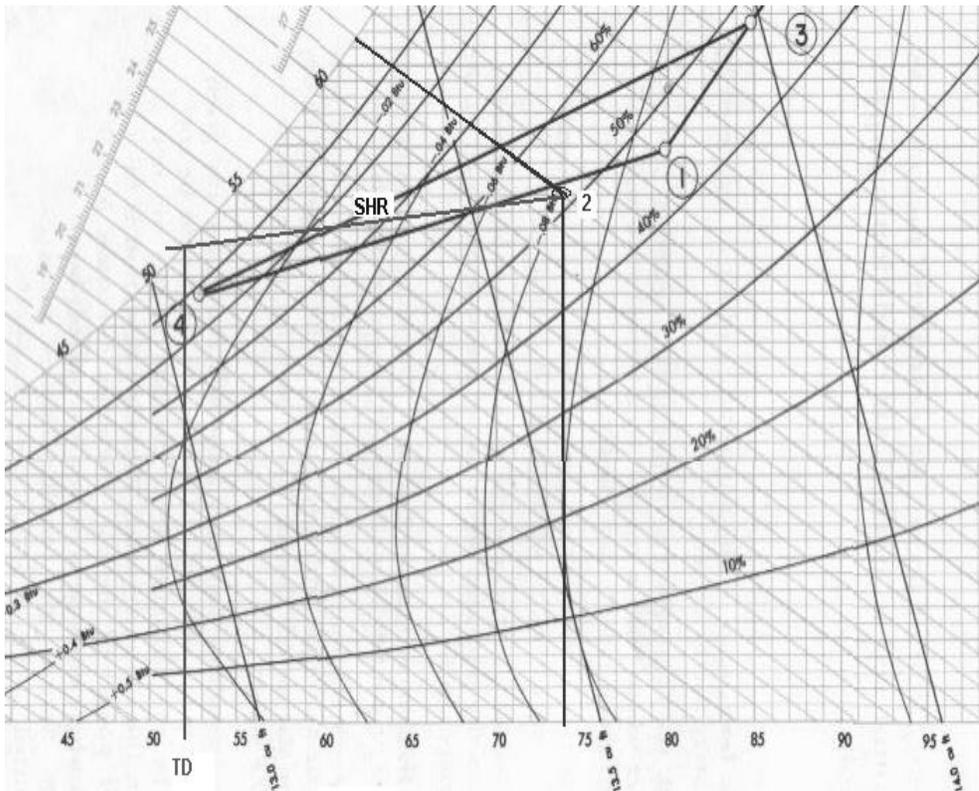
Por lo tanto la relación de calor sensible es:

$$SHR = \frac{(17078.75) + (1447)}{(17078.75 + 3835) + (1447 + 3722)}$$

$$SHR = 0.71$$

Graficamos las líneas correspondientes en la Carta Psicrométrica:

Figura 22. Diagrama para encontrar la temperatura del punto rocío del aparato



Fuente: trazo propio sobre carta psicrométrica Carrier.

Con lo cual obtenemos aproximadamente $T_D = 53^\circ\text{F}$, así reemplazamos en (8):

$$T_s = b(T_i - T_D) + T_D$$

$$T_s = 55.10 F \quad [12.8^\circ C]$$

Para obtener la carga total necesaria del equipo debemos agregar la carga de enfriamiento para pasar al aire de ventilación de las condiciones exteriores a las condiciones del cuarto, para este efecto se utilizan las ecuaciones (11) y (12) considerando la fracción $(1 - b)$ del aire exterior:

$$Q_{sS} = (CFM)(1.08)(T_o - T_i)(1 - b) \quad \text{Ec. 13}$$

$$Q_{sS} = (144)(1.08)(92 - 74)(0.9)$$

$$Q_{sS} = 13023 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_{sL} = (0.685)(CFM)(w_{s2} - w_{s1})(1 - b) \quad \text{Ec. 14}$$

$$Q_{sL} = (0.685)(744.34)(136 - 63)(0.9)$$

$$Q_{sL} = 33498.65 \text{ BTU/Hr}$$

Por lo tanto la carga total en el acondicionador es:

$$Q_S = 17078.75 + 1447 + 13023$$

$$Q_S = 31548.75 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_L = 3835 + 3722 + 33498.65$$

$$Q_L = 41055.65 \text{ BTU/Hr}$$

Para una carga total del equipo de:

$$Q_T = 72604.40 \text{ BTU/Hr. [10.619 KW/Hr.]} \text{ Equivalentes a 6.05 Toneladas.}$$

El equipo con que se cuenta es un Chiller Carrier modelo 30 GB045 el cual tiene una capacidad de 549600 Btu/h equivalentes a 45.8 Toneladas es decir si cubre el equipo actual la demanda requerida.

3.2. Cálculo de la demanda de aire renovado del proceso

La ventilación ambiental puede definirse como la sustitución del aire interior de un local, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada, humedad excesiva, etc.; mismo que será sustituido por aire exterior de mejores características. Para ello hay que seguir 4 sencillos pasos:

El primer paso consiste en calcular el volumen del local:

Multiplicar el largo por el ancho y por el alto, nos dará el volumen buscado.

$$\text{Volumen } V(\text{m}^3) = 5.40 * 4.90 * 2.90 = 76.73 \text{ m}^3$$

El siguiente paso se escogerá el número de renovaciones por hora que mejor se adapten a la actividad desarrollada en ese local.

El último paso es calcular el caudal necesario multiplicando ambos, el volumen V por el número de renovaciones por hora N según norma UNE .1000713-2005 es igual a 40 renovaciones por hora

$$\text{Caudal } Q (\text{m}^3/\text{h}) = V * N$$

$$Q = 76.73 * 40 = 3069.36 \text{ m}^3/\text{hr. Requerido}$$

$$Q = 76.73 * 25 = 1918.25 \text{ m}^3/\text{hr. Real}$$

3.3. Determinación de mejoras del proceso

Como se observó en el subtítulo 3.1 el sistema instalado cumple con los requerimientos reales del proceso en cuanto a capacidad, ya que el equipo con que se cuenta supera la demanda necesaria pero para garantizar la producción y climatización más limpia en el área de quirófanos se requiere garantizar que se cumplan los parámetros estándar o establecidos que son los que no están estandarizados y en algunos quirófanos no se cumple por deterioro o falta de mantenimiento ya que hay algunos en los que el caudal de aire suministrado es nulo; y en los que existe caudal de aire hay una deficiencia de $1151.11 \text{ m}^3/\text{hr}$.

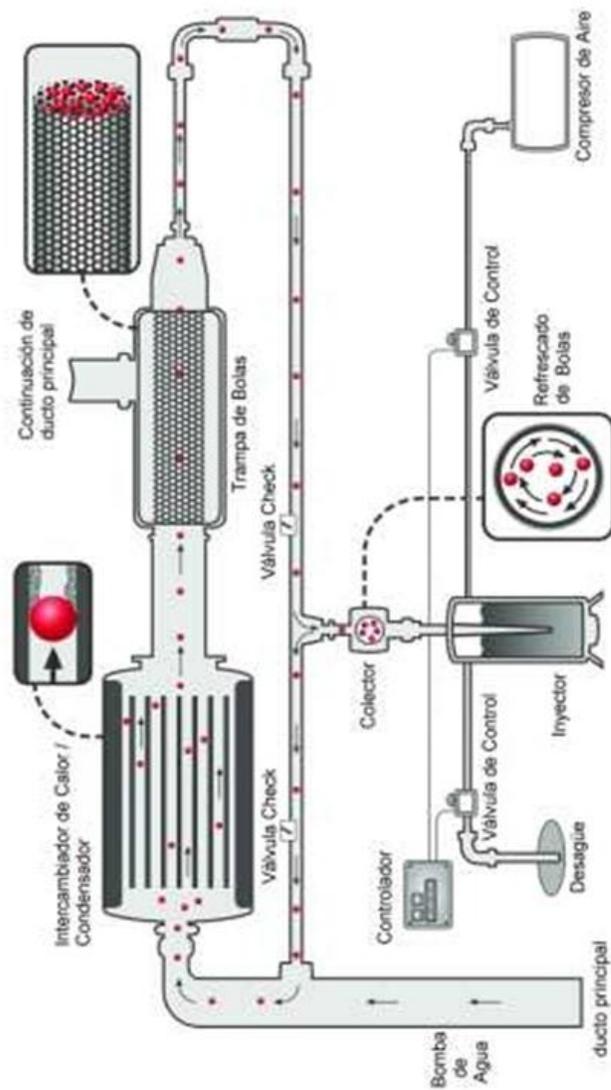
Otro punto importante es que el requerimiento necesario de enfriamiento es de 6.05 toneladas para el equipo instalado y según tabla No. VIII se están gastando aproximadamente 13.95 las mejoras propuestas se resumirán a continuación:

Producción más Limpia con instalación de equipos:

- Instalación de Ecodenser:
El cual es un sistema de eficiencia energética y a la vez de limpieza automática de tubería de chillers que opera en línea para limpiar automáticamente los depósitos acumulados en la batería de condensadores, este garantiza una limpieza continua que permite la operación 100% sin interrupciones, y reduce el número de horas hombre empleadas en la limpieza o mantenimiento de Chiller. Dicho sistema contribuye y cumple con los principios de Producción más Limpia, ya que cumple con los Principios de prevención de la contaminación, eficiencia energética, y disminución de contaminantes y/o desechos tóxicos.

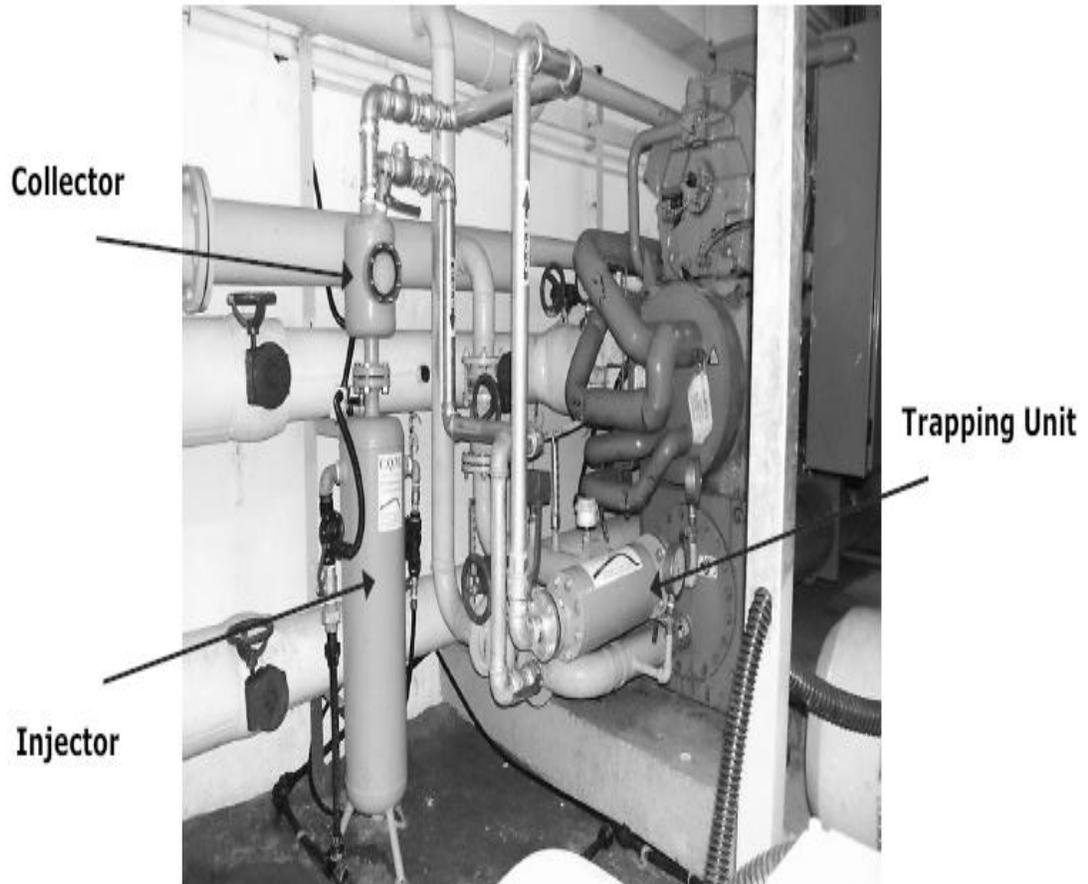
Este sistema tiene como objetivo principal garantizar la Producción más Limpia de aire sin interrupciones en los quirófanos y lograr eliminar todos los contaminantes. También se lograra optimizar la vida útil de los filtros ya que los contaminantes que pueden llegar a los mismos serán mínimos.

Figura 23. Diagrama de funcionamiento sistema Ecodenser.



Fuente: folleto Ecodenser HVAC optimizador de eficiencia energética. p. 2.

Figura 24. **Fotografía sistema Ecodenser instalado**



Fuente: Ecodenser HVAC optimizador de eficiencia energética. p. 4.

- Características del equipo que garantiza la Producción más Limpia:
 - Rentable: maximiza la eficiencia HVAC para ahorro multiplicado en operación, mano de obra y energía – hasta

un 25% de ahorro en climatización anual costo de operación.

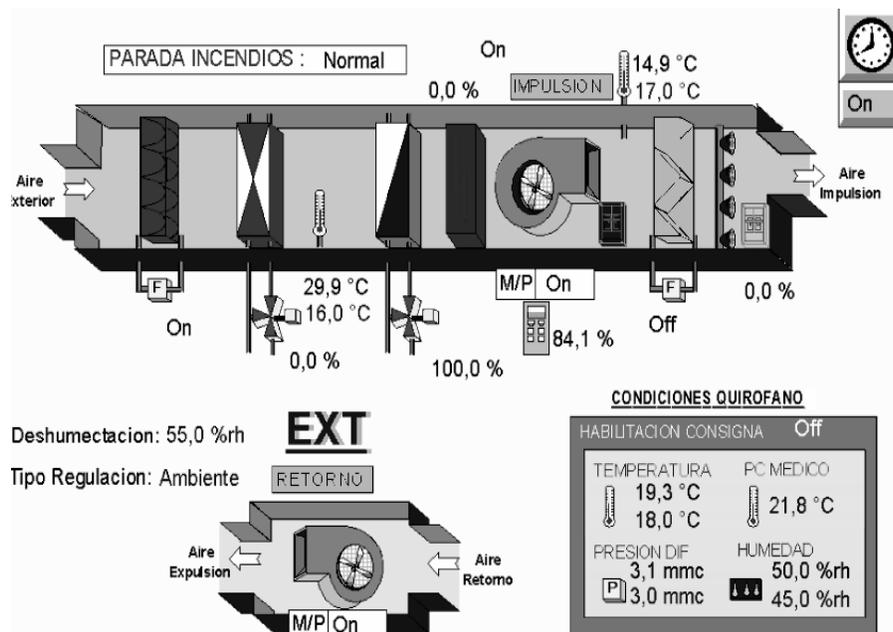
- Ambientalmente seguro: no utiliza ningún químico, no produce los residuos peligrosos.
- Funcionamiento continuo: funciona durante todo el día, todo el año, sin interrupción.
- Automático: programado por el equipo de limpieza sin necesidad de intervención.
- Confiable: piezas de alto rendimiento con un mínimo de interfaces de electrónica y mecánica.
- Eficiente: una instalación Ecodenser puede manejar una instalación completa. Ahorros medibles: Tracker de rendimiento integrado proporciona en tiempo real datos de validación.
- Análisis para cuantificar los ahorros en energía, contaminantes de los costos operacionales, ROI, residuos tóxicos y mucho más.

Uno de los principales propósitos de este sistema es la Prevención Ambiental Integrada estrategia de la Producción más Limpia, ya que se pretende minimizar la Contaminación desde el inicio del proceso y reducción de residuos y emisiones que puedan afectar la calidad del aire en la climatización de los quirófanos. Y otro propósito es la optimización de Eficiencia Energética, ya que reduce los tiempos de paro por mantenimiento, optimiza el uso eficiente de recursos principalmente agua y energía.

- Instalación de *Software* para control de climatización, una unidad de control gobernada por un *software* y unos codificadores digitales transmiten las señales mediante diferentes sondas de

presión. Por medio del *software* se parametrizan las condiciones de funcionamiento del quirófano y todo el conjunto de climatización es un sistema automatizado que auto regula los parámetros de consigna, todo esto para garantizar la calidad del aire y los parámetros con los que debe cumplir el mismo, para garantizar la aplicación de Producción más Limpia.

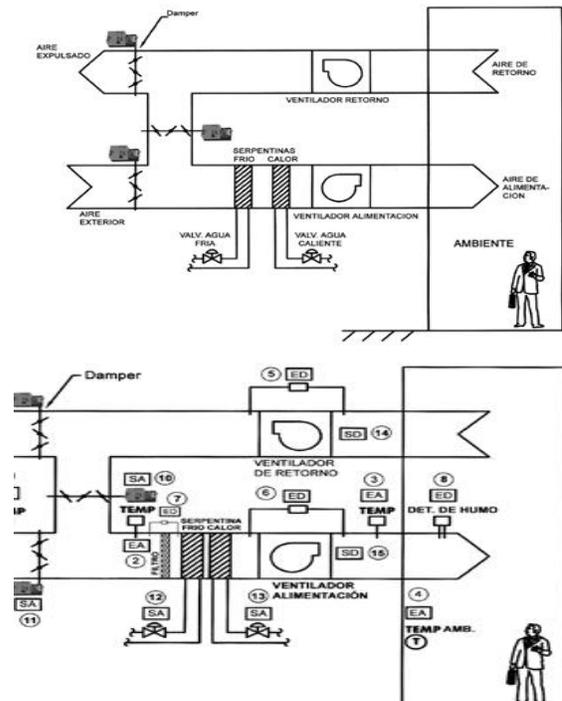
Figura 25. **Pantalla Software de climatización**



Fuente: LARIVE LÓPEZ, Antonio. Ventilación y climatización de quirófanos. p. 27.

- Instalación de controles lógicos programables: para controlar los parámetros en las manejadoras se recomienda la instalación de controles lógicos programables los cuales detectaran cualquier cambio en las condiciones fijadas.

Figura 26. Esquema de instalación controles lógicos



ENTRADAS		SALIDAS					
ANALÓGICAS		DIGITALES		ANALÓGICAS		DIGITALES	
1	Sensor Temp. Exterior	5	Pres.Difer.Vent.Retomo	9	Actuador Salida	14	Ventilador de Retorno
2	Sensor Temp. Mezcla	6	Pres.Difer.Vent.Aliment.	10	Actuador Mezcla	15	Ventilador Alimentación
3	Sensor Temp. Alimentación	7	Pres.Difer.Filtro Sucio	11	Actuador Exterior		
4	Sensor Temp. Ambiente	8	Detector de Humo	12	Válvula de Frio		
				13	Válvula de calor		
4	TOTAL	4	TOTAL	3	TOTAL	2	TOTAL

Fuente: folleto PLC para Climatización. (www.supercontrols.com.ar).

Consultada el 25 de febrero de 2012.

- Forma en la que contribuyen los *software* de climatización y los controles lógicos programables a la aplicación de Producción más Limpia.
 - Control eficiente de los recursos materias primas, materiales y tiempos principalmente.

- Garantizan el suministro de aire bajo estándares de climatización de quirófanos.
 - Control de indicadores que sirven para el establecimiento de indicadores de desempeño, por ende mejor eficiencia energética.
 - Mediante el control eficiente se puede aplicar el ciclo de mejora continua, ya que todo lo que se mide se puede mejorar.
- Instalación de UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida): es necesaria la instalación de UPS en todos y cada uno de los quirófanos ya que actualmente en algunos no hay y en un procedimiento quirúrgico no se deben quedar sin suministro de energía, los proveedores de los mismos donde se haga la adquisición deben ser certificados bajo las Normas ISO 9001 y 14000 y respaldados por IEC/EN 62040-2: 2005: Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI). Parte 2: prescripciones para la Compatibilidad Electromagnética (CEM). Los Sistemas de alimentación ininterrumpida al quedar inservibles deberán ser desalojados de los quirófanos y enviarlos a una planta recicladora para que no representen un riesgo potencial a la salud. Actualmente acumuladores Iberia cuenta con una planta recicladora de Producción más Limpia y ellos brindan asesoría de cómo se deben manejar dichos desechos.
- ✚ Producción más Limpia cambio de materiales, se sugiere el cambio de refrigerante R22 utilizado actualmente a R 410A que no daña la capa de ozono, mientras que el R22 tiene un daño a la capa de ozono de 0.055.

El principio de aplicación según producción Más limpia es la prevención y reducción de la contaminación.

- + Producción más Limpia Procedimientos de Mantenimiento y Limpieza, el recurso humano es primordial en la aplicación de Producción más Limpia, ya que el involucramiento del mismo en rutinas de mantenimientos preventivos garantizaran que el sistema se encuentre en condiciones óptimas o se revierta cualquier cambio en los estándares de climatización, debido a que no está establecido ningún procedimiento de mantenimiento preventivo local sino que el mismo es externo se sugiere aplicar el siguiente: Tomando como referencia la norma española del ITE (Instituto de Tecnologías Educativas en su Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Complementarias (ITE).

Realizar una buena programación de mantenimiento para garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos por ende una mejor eficiencia energética, disminución de contaminantes, desechos tóxicos así como la confiabilidad del sistema e ir creando una cultura de prevención dentro del personal de mantenimiento del hospital de accidentes, y que la misma sea extensiva a otras áreas no solo a la climatización.

Tabla XX. **Medidas Preventivas Calderas**

Medidas en calderas	PERIODICIDAD
1. Consumo de combustible	M
2. Consumo de energía eléctrica	M
3. Consumo de agua	M
4. Temperatura o presión del fluido portador en entrada y salida	M
5. Temperatura ambiente de sala de máquinas	M
6. Temperatura de los gases de combustión	M
7. Contenido de CO	M

Continuación de tabla XIX.

8. Índice de opacidad de los humos en combustibles sólidos o líquidos y de contenido de partículas sólidas en combustibles sólidos	M M
9. Tiro en la caja de humos de la caldera	M

- m Una vez al mes para potencia térmica entre 100 y 1.000 kW, una vez cada 15 días para potencia térmica mayor que 1.000 kW
- M Una vez al mes

Fuente: Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. p. 44.

Tabla XXI. **Medidas preventivas en máquinas frigoríficas**

Medidas en máquinas frigoríficas	Periodicidad
1. Temperatura del fluido exterior en entrada y salida del vapor.	M
2. Temperatura del fluido exterior en entrada y salida del condensador.	M
3. Pérdida de presión en el evaporador	M
4. Pérdida de presión en el condensador	M
5. Temperatura y presión de evaporación	M
6. Temperatura y presión de condensación	M
7. Potencia absorbida	M

- m Una vez al mes para potencia térmica entre 100 y 1.000 kW, una vez cada 15 días para potencia térmica mayor que 1.000 kW
- M Una vez al mes

Fuente: Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. p. 45.

Tabla XXI. Operaciones de Mantenimiento

Operaciones de mantenimiento	Periodicidad
1. Limpieza de los evaporadores	A
2. Limpieza de los condensadores	A
3. Drenaje y limpieza de circuito de torres de refrigeración	2A
4. Comprobación de niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos	M
5. Limpieza de circuito de humos de calderas	2A
6. Limpieza de conductos de humos y chimenea	A
7. Comprobación de material refractario	2A
8. Comprobación estanquidad de cierre entre quemador y caldera	M
9. Detección de fugas en red de combustible	M
10. Comprobación niveles de agua en circuitos	M
11. Comprobación estanquidad de circuitos de distribución	A
12. Comprobación estanquidad de válvulas de interceptación	2A
13. Comprobación tarado de elementos de seguridad	M
14. Revisión y limpieza de filtros de agua	2ª
15. Revisión y limpieza de filtros de aire	M
16. Revisión de baterías de intercambio térmico	A
17. Revisión aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo	M
18. Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	2A
19. Revisión de unidades terminales agua-aire	2A
20. Revisión de unidades terminales de distribución de aire	2A
21. Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	A
22. Revisión equipos autónomos	2A
23. Revisión bombas y ventiladores, con medida de potencia absorbida	M
24. Revisión sistema de preparación ACS	M
25. Revisión del estado del aislamiento térmico	A
26. Revisión del sistema de control automático	2A

M Una vez al mes

2A Dos veces por temporada (año), una al inicio de la misma

A Una vez al año

Fuente: Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. p. 45.



Mantenimiento de ductos, para el buen funcionamiento del sistema de aire acondicionado; siempre se recomienda que se realicen mantenimientos a los equipos, y revisiones periódicas a los mismos; sin embargo no se habla acerca del mantenimiento de los ductos para la distribución de aire, a pesar de que son una parte fundamental en los sistemas de acondicionamiento de aire, ya que es el medio por donde se lo transporta.

- Un adecuado diseño de los ductos de aire acondicionado es; evitar codos pronunciados para impedir que se acumulen bacterias, hongos o polvos en las esquinas donde generalmente éstas se aglomeran. También es elaborar tramos de ductos adecuados a cada flujo para evitar pérdidas de energía o arrastre de material debido a velocidades no adecuadas.
- El mantenimiento y limpieza de ductos es un actividad nueva ya que se han realizado investigaciones en las cuales se ha demostrado que en los conductos de aire se acumula mucho polvo y bacteria y como generalmente no se realizan tomas de aire fresco este polvo recircula en el ambiente creando, en las personas que se encuentran dentro de los ambientes climatizados: alergias, gripes, infecciones, etc. Existen estudios en los que se ha establecido que muchas enfermedades han sido provocadas por la falta de limpieza de ductos, como por ejemplo La enfermedad de los Legionarios, en la cual murieron una veintena de personas para determinar que se debe realizar limpiezas periódicas de los mismos, es más en la actualidad de habla del Síndrome del Edificio Enfermo, esto se origina porque muchos diseños de sistemas acondicionadores de aire no se realizan

tomas de aire fresco sino 100% de recirculación provocando que las bacterias tengan más posibilidades de desarrollarse; motivo por el cual se ha comprobado que en muchos casos el aire interior está más contaminado que el exterior, porque este es un aire viciado. Por estas razones es muy importante tomar en cuenta a la hora de realizar la limpieza del sistema de acondicionamiento de aire incluir la limpieza de ductos.

- Un factor muy importante también al momento de la instalación es revisar los ductos antes de la puesta en marcha del sistema para evitar posibles materiales de construcción, polvo, arena, etc., dentro de los mismos y contaminar todo el ambiente. Como sabemos en nuestro caso, se está realizando 100% toma de aire fresco en la los quirófanos A y B, por lo tanto la limpieza de los ductos se la realiza, cada año, (en muchos dependiendo del funcionamiento puede ser de 2 a 3 años); existen varios procedimientos para realizar la limpieza de ductos nombraremos una en la cual se tiene:
 - El primer paso a realizar es aislar la zona en la que se va a trabajar, se suele utilizar una cubierta de plástico para evitar que esta zona se contamine.
 - Para poder hacer la limpieza de los ductos es necesario abrir una de las rejillas de mantenimiento que nos permite el acceso al interior de los ductos, en dos extremos del ducto.
 - Se conecta un equipo de extracción de contaminantes como una aspiradora.

- Las partículas que se extraen del interior del ducto, quedan en el interior del equipo para luego ser desechadas como residuo.
- Por el otro ingreso al ducto se conectan unos cepillos rotatorios, así se desincrusta y volatiliza las partículas adheridas en el interior, creando una presión/ depresión que nos permita recoger en el equipo de vacío toda la suciedad.
- Es muy recomendable después de haber realizado estas operaciones, proceder a descontaminar los ductos nebulizando con un desinfectante no tóxico para el ser humano, muchas veces no es suficiente con la limpieza de los ductos y es necesario también la limpieza y desinfección de los equipos.

Para el quinto paso se pueden utilizar generadores de ozono para limpiar el ducto de contaminantes, virus o esporas que con la limpieza mencionada no se logra eliminar.

Figura 27. **Purificador de aire con emisión de ozono**

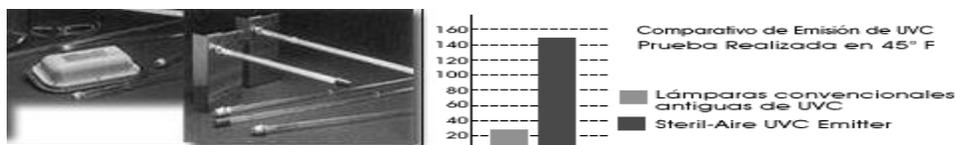


Fuente: <http://www.esencialveganos.com/Purificador-de-aire-Profesional>.

Consultada el 27 de febrero de 2012.

Existen otros métodos para evitar el crecimiento de bacterias, ya el mencionado anteriormente es limpieza, no purificación, para este procedimiento se suele utilizar lámparas ultravioleta; esto ya depende mucho del factor costo/vida útil para tomar alguna decisión al respecto; estas lámparas ultravioletas se conectan a los serpentines del evaporador con lo cual se evita la proliferación de bacterias, asimismo pueden ser instaladas en las entradas de las tomas de aire fresco.

Figura 28. **Lámparas ultravioletas**



Fuente: www.ductolimpio.com.

Consultada el 27 de febrero de 2012.

La realización de estos trabajos trae muchos beneficios entre los cuales se tiene:

- Ahorro de energía (de un 15 a un 30%)
- Mejoramiento en la calidad del aire interior a través de controles efectivos de microorganismos.
- Incremento en la capacidad de enfriamiento de los aparatos.
- Restituye el desempeño del sistema de aire acondicionado dejándolo como nuevo.
- Alarga la vida de sus aparatos, recuperando su inversión a corto plazo.



Mantenimiento de filtros y accesorios: el cambio de los filtros absolutos HEPA de estos climatizadores viene determinado por la pérdida de carga debido a la saturación de los mismos. Se aconseja cambiar los filtros absolutos HEPA una vez al año aunque no se haya llegado a la pérdida de presión máxima admitida. Se hará coincidir este cambio de filtro con la cualificación de la sala para asegurar su correcta instalación y estanqueidad de los mismos.

Para hablar acerca del mantenimiento de filtros es necesario conocer el material con que están fabricados para conocer la limpieza y desinfección adecuada, sin embargo se debe conocer que los filtros tienen un tiempo de vida relativamente corto (en comparación con el resto del sistema), y se deben reemplazar.

Entonces bajo esta premisa se deben realizar limpiezas de los filtros mínimo cada 6 meses si el sistema es de flujo continuo.

- Se deberán limpiar las rejillas de tomas de aire fresco diariamente mientras que se desmontarán para proceder a desinfectar cada 6 meses. La limpieza se la realizará con hipoclorito sódico (lejía comercial en un porcentaje 1.10) o un derivada aldehídico al 1% para la desinfección. Existen la norma UNE100-030-9419 para la prevención de Legionella que da estas indicaciones.
- Básicamente la limpieza de filtros se aplica a los filtros del 30% de eficiencia, estos filtros se desmontan, se limpian desde la parte interna hacia la parte expuesta al polvo con una pequeña herramienta que suministra aire, eliminando cualquier impureza que se pueda haber incrustado, luego se procede a limpiarlo con líquidos o aerosoles específicos para su efecto.

- Utilizando secadoras estériles se procede a dejar sin rastros de humedad los filtros ya que esto también provoca generación de bacterias, para luego ser colocados en su lugar nuevamente.
- Los filtros de alta eficiencia se desinfectan con químicos a base de amonio cuaternario que no afecta al filtro; se pueden desinfectar de la siguiente manera; se desmontan los filtros dejando primeramente sellada la entrada o salida de aire mediante compuerta herméticas diseñadas para el efecto, se introducen en una solución de 1 en 500 partes de este desinfectante por unos minutos para luego colocarlos en su sitio ya que estos desinfectantes no son tóxicos ni dañinos para el ser humano en las concentraciones que indica el fabricante, además de esto se secan fácilmente a la intemperie, se recomienda si es necesario una pulverización.

Figura 29. **Uso de desinfectantes en rejillas**



Fuente: <http://www.misterducto.com/servicios.html>.

Consultada el 27 de febrero de 2012.

- También se pueden utilizar los siguientes desinfectantes:
Solución del hipoclorito (50 PPM de cloro) hecha agregando aproximadamente un mililitro de cloro limpia ropa a un litro de agua a 43°C/110°F; solución acuosa del yodo (50 PPM de yodo) hecha agregando aproximadamente 0.8 mililitros de tinte de yodo (6-8 gramos de amonio y/o yoduro de potasio /100 c/c del alcohol 45%) a un litro de agua a 43°C/110°F; así mismo se sumerge el filtro en estos preparados para luego secarlo.

3.4. Plan de contingencia ante pérdidas de aire

Ante la posibilidad de pérdidas de aire en cualquier punto del sistema se cuenta con llaves de paso con las cuales se puede cerrar o abrir cualquier módulo o sector y dejar trabajando sin ningún problema el resto mientras que se repara o se le da mantenimiento, por otro lado el sistema de enfriamiento por chiller esta particionado en dos uno con capacidad de 20 y otro con capacidad de 30 toneladas los cuales pueden suplir la necesidad de aire si falla alguno. El plan a seguir sería el siguiente.

- ✚ Detectar equipo área o sector donde se dé la fuga de aire.
- ✚ Cerrar llave de paso para aislar del resto que esté en funcionamiento.
- ✚ Ver disponibilidad de equipo para suministrar aire al sector con problemas.
- ✚ Abrir llave de paso del equipo a suministrar aire.
- ✚ Dar mantenimiento o restablecimiento al sistema con pérdidas de aire.
- ✚ Volver a dejar los equipos funcionando en la misma forma que estaban antes de darse las pérdidas de aire.
- ✚ Si en dado caso sigue con problemas repetir el ciclo.

3.5. Programación de funcionamiento a los equipos

El funcionamiento de los equipos se programará en función de los horarios de utilización de los quirófanos siendo estos para procedimientos u operaciones programadas de 6:00 a 14:00 horas, mantenimiento debe garantizar que el equipo de climatización esté funcionando en ese horario y en horario diferente se programará el funcionamiento con el encargado de turno que puede ser la utilización del quirófano por emergencia suscitada. Siempre que no haya utilización de los quirófanos el equipo deberá estar apagado. Con la instalación de PLC que se está proponiendo también es posible hacerlo de la siguiente manera:

- ✚ Central de Sistema Airzone – elemento indispensable del sistema creado para la gestión y supervisión de todos los parámetros de funcionamiento.
- ✚ Tiene varias entradas y salidas para la comunicación con los otros elementos del sistema y para el control externo.
- ✚ Placa Periférica – se utiliza para la ampliación del número de zonas controladas a través de una Central de Sistema Airzone.
- ✚ Termostato Maestro Tacto Plus – es indispensable en el sistema. Permite la selección de la temperatura de demanda deseada, del modo de climatización, además de una serie de funciones que dependen de la tipología de instalación elegida.
- ✚ Termostato de Zona Tacto Plus - habrá que disponer de uno en cada zona de la instalación. Permite la selección de la temperatura de demanda deseada.

- ✚ ByPass – este elemento tiene la misión de mantener la presión estática en la red de conductos, dentro de los límites preestablecidos, para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

- ✚ Rejilla Inteligente Triple (RINT) - controla el paso de aire a la zona a la que da servicio, mediante la apertura y cierre de su hilera de lamas motorizadas, dependiendo de la demanda térmica de la zona a climatizar.

- ✚ Fuente de alimentación – está diseñada para dar a los sistemas de zonificación Airzone la corriente y tensión necesaria para el correcto funcionamiento, así como el filtrado de posibles ruidos espurios.

3.6. Codificación de las unidades de enfriamiento

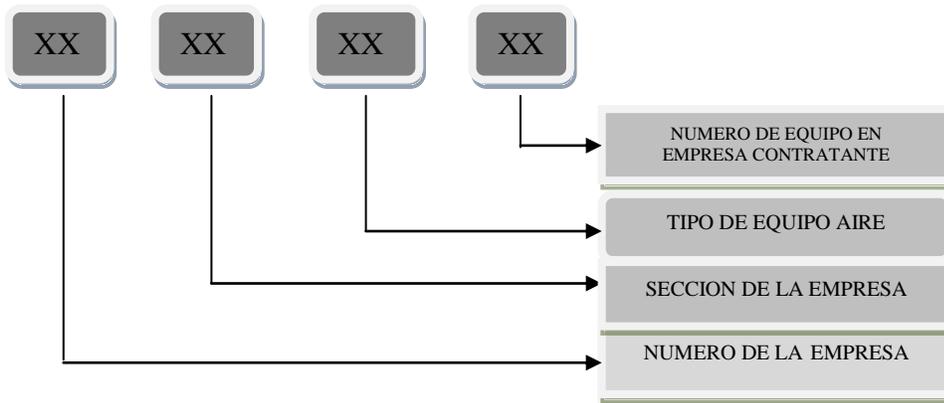
Un sistema de codificación es un requerimiento para poder llevar historial de mantenimiento a los equipos que componen el sistema de climatización .Se propone al hospital realizar una clasificación y registro de los equipos que se tienen para el proceso, es importante diseñar y colocar físicamente etiquetas a los equipos para un mejor control al momento de llevar un inventario físico de estos y también ayuda a recopilar información técnica de los equipos y poder implementar el uso de las ordenes de trabajos direccionadas a cada uno.

La codificación de cada uno de los equipos del hospital se determina mediante la unión de varios códigos que permitan dar la suficiente información del equipo y lograrlo ubicar de una forma más rápida. Los parámetros a tener en cuenta para la codificación de los equipos son: la sección, el proceso y el equipo, como se muestra en la figura 30.

3.7. Costo beneficio de la propuesta

Los costos en los que se incurren para la implementación de las propuestas son básicamente valores del equipo y/o software o dispositivos que se adquieren incluyendo la instalación y capacitación sobre el uso de los mismos.

Figura 30. Estructura de codificación de los equipos de producción



Fuente: elaboración propia.

Los beneficios por el contrario de la implementación se verán reflejados en la calidad del aire de la climatización, satisfacción confort de los usuarios, optimización en tiempos de uso y disponibilidad de quirófanos más pronta por trabajar en condiciones estandarizadas, ahorros energéticos, ausencia de mantenimientos preventivos y/o correctivos por parte de empresas externas, prolongación de vida útil del equipo ya instalado entre otras a continuación se presenta el beneficio costo.

El beneficio costo ascendería a Q17,09 contra un Q2,80 que se tenía estimado para las condiciones actuales, es decir un aumento de Q 14,29 por cada quetzal que se llegara a invertir.

Tabla XXIII. **Beneficio costo de las propuestas**

BENEFICIOS

CANTIDAD	BENEFICIOS	CUOTA Trab	CUOTA PAT.	INGRESO TRAB	INGRESO PAT	COSTO MIN.	INGRESO TOTAL
6600	INTERVENCIONES QUIRURGICAS					Q 3000.00	Q 19,800,000.00
40385	AHORRO ENERGETICO PURIFICACION DE AIRE						Q 24,231.0342
12	GASTOS DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA						Q 40,000.00
6600	PACIENTES ATENDIDOS	Q 4.83	Q 10.67	Q 9853.2	Q 21766.8		Q 31620
TOTAL							Q19,895,851.03

COSTOS

CANTIDAD	EQUIPO	MODEL O	CAPACIDAD	CONSUMO U. CONSUMO T	PRECIO	COSTOS TOTALES
1	ECODENSER				Q 362370	Q 362370
1	SOFTWARE CONTROL DE PARAMETROS DE CLIMATIZACION	ENDIKA 3.0			Q 385500	Q 385500
36	PLCS CONTROLES LOGICOS PROGRAMABLES				Q 11565	Q 416340
TOTAL						Q1,164,210.00
BENEFICIO COSTO						Q 17.09

Fuente: elaboración propia

En resumen después de obtener el beneficio costo podemos concluir que si son viables las propuestas consideradas, las cuales consistirían en lo siguiente:

Tabla XXVIII. Resumen de propuestas y PML

PROPUESTA	Aplicación de Producción más Limpia
Instalación de Sistema Ecodensar	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Optimización de Recursos. Humano, Materias Primas, Maquinaria ✓ Eficiencia Energética, ahorros consumo de agua y energía. ✓ Prevención de Contaminación, reducción desechos tóxicos.
Instalación de Software Climatización y Controles Lógicos .	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cumplimiento de Estándares de Climatización ✓ Control de Parámetros para Indicadores de Desempeño. ✓ Eficiencia Energética. ✓ Eficiencia de Consumo.
Cambio de R22 a R410 A Refrigerante.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prevención de Contaminación, Protección Capa de Ozono. ✓ Optimización de Recurso.
Utilización de UPS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Optimizar recursos. ✓ Prevención de Contaminación reducción desechos tóxicos.
Programas de Mantenimientos Preventivos y Rutinas de Limpieza.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Crear Cultura de Prevención y no Reacción. ✓ Garantizar el funcionamiento continuo de equipos. ✓ Prevención de Contaminación. ✓ Optimización de recursos. ✓ Prolongación de vida útil. ✓ Reducción de Contaminantes y Desechos.

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA DEL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN EN LOS QUIRÓFANOS

4.1. Planificación de la implementación propuesta

En base a la información obtenida durante el diagnóstico y las características técnicas tanto del equipo de climatización como de los quirófanos se establecerá la distribución del equipo, medidas para evitar pérdidas de aire, recursos a utilizar, planificación de la eficiencia energética y por último la implementación de Producción Más limpia.

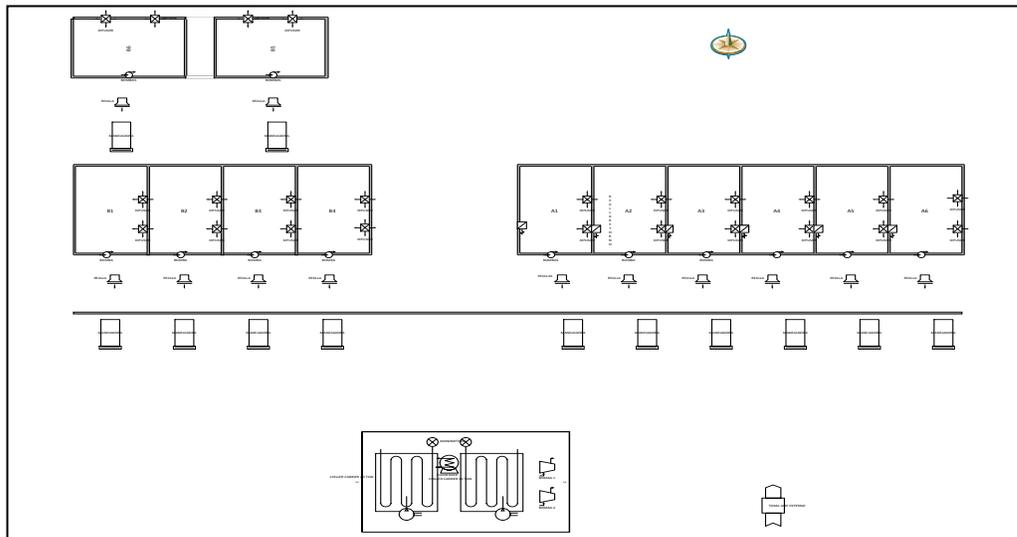
Dicha planificación se hace principalmente con el fin de que la aplicación sea exitosa, y se logren los objetivos establecidos o planteados.

4.1.1. Distribución en planta de equipo de enfriamiento

El equipo de enfriamiento está distribuido en un área aproximada de 600 m². En la parte sur oeste se encuentran ubicados los dos Chillers de 20 y 30 toneladas así como sus compresores y manómetros allí mismo a un costado se encuentran las bombas hidráulicas, esta área es ventilada y no se encuentra bajo techo; las manejadoras se encuentran enfrente de los quirófanos aproximadamente a 2 m.

Las bombas de recirculación se encuentran en la pared externa frente a los quirófanos, los difusores de impulsión de aire están centrados en el costado derecho viendo de frente los quirófanos A1-A6 y B1-B4 en el caso de los quirófanos B5-B6 los difusores están centrados en la pared de fondo.

Figura 31. **Distribución de equipo de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

Las rejillas de extracción se encuentran ubicadas únicamente en los quirófanos A1-A6 a una altura aproximada de 0.30 m. en el costado izquierdo. Existen también rejillas colocadas en el techo de los pasillos de delantero y trasero la altura es de 2.90 m. y tienen una separación aproximada de 2.50 m. Los hongos de extracción están ubicados a 0.05 m. debajo de la terraza a la altura de las rejillas de extracción.

La instalación del sistema ecodensar se realizaría en medio de los dos Chillers, mientras que la instalación de los controles lógicos programables se realizaría como lo indica la figura 23, el *software* de climatización puede ser instalado en el área de mantenimiento de turno donde estaría el computador central, pero el mismo puede ser consultado en red de las computadoras por ejemplo de Gerencia de Mantenimiento y otras a las que se desee dar acceso.

4.1.2. Organización de medidas preventivas para evitar pérdidas de aire en el sistema

Para garantizar el continuo funcionamiento del equipo sin inconvenientes y/o alteraciones de los parámetros establecidos y la eficiente aplicación de Producción más Limpia, para el cumplimiento de prevención de contaminación, eficiencia energética y disminución de contaminantes tóxicos se deben seguir las siguientes medidas preventivas:

En un equipo de manejadoras de aire central.

- ✚ Elimine las fugas de aire en la manejadora central, alrededor de serpentines, accesos de puertas contramarcos y juntas; séllelas.
- ✚ Inspeccionar los reguladores automáticos de aire, mantenerlos en buen estado y con parámetros de control adecuados a las condiciones climáticas y estaciones del año.
- ✚ Cuando el equipo se encuentra apagado, comprobar que los reguladores de aire exterior o conexiones de extracción estén completamente cerrados.
- ✚ Limpiar las aletas en los serpentines.
- ✚ Examine el filtro de aire electromecánico, por si hubiera excesiva acumulación de materia extraña en las placas.
- ✚ Limpiar aspas del ventilador y lubricar baleros.

- ✚ Ajuste o cambie las bandas del ventilador de acuerdo con su capacidad.
- ✚ Comprobar la alineación correcta del motor y ventilador.
- ✚ Revisar motores que sufran sobrecalentamiento, particularmente comprobar amperaje.
- ✚ Cambiar aislamientos dañados en las tuberías que transportan líquido de enfriamiento.

Chiller

- ✚ En una instalación múltiple de enfriadores que opere con cargas bajas, no arranque el segundo enfriador hasta que el primero este trabajando a su máxima capacidad.
- ✚ Cuando un enfriador se encuentre fuera de servicio, apagar nada más las del condensador y las del agua fría.
- ✚ En sistemas antiguos alternar ventiladores de las celdas de torres de enfriamiento, según se varíe la carga, para mantener el agua de condensado a una temperatura constante.
- ✚ Verificar que los enfriadores estén trabajando a la mayor eficiencia.
- ✚ Limpiar tubos del condensador anualmente.

- ✚ Verificar que el compresor está operando en condiciones óptimas de acuerdo con las recomendaciones proporcionadas por el fabricante.
- ✚ Cerciorarse que el sistema de refrigeración no tenga fugas.
- ✚ Revisar con frecuencia los manómetros y termómetros de los equipos.
- ✚ Lubricar baleros, la parte móvil y los motores de transmisión. Verificar la cimentación y anclaje de los motores, llevar a cabo un programa de evaluación y disminución de vibraciones.
- ✚ Verifique que las bandas de un mismo equipo estén a igual tensión y cámbielas cuando sea necesario.
- ✚ Examinar las cajas reductoras de velocidad; revise su lubricación y que esté en buenas condiciones el engranaje del cojinete de empuje y del balero.
- ✚ Verificar el tiempo de purga en la torre de enfriamiento; remueva las incrustaciones.
- ✚ Revisar si en la torre existe contaminación por algas. En ventiladores, verificar que la cantidad de aire sea la adecuada.
- ✚ Asegúrese de que la descarga del aire de la torre no penetre en la entrada de aire de la misma.
- ✚ Revisar nivel de agua de la torre.

- ✚ Asegurar que la descarga del aire de la torre no penetre en la entrada de aire de la misma.
- ✚ Revisar nivel de agua.
- ✚ En condensadores enfriados por aire.
- ✚ Revisar condiciones de refrigerante.
- ✚ Mantener limpia la cara del serpentín y condensador.
- ✚ Retirar hojas o partículas que obstruyan el flujo de aire.
- ✚ Comprobar que la descarga del aire caliente no se introduzca a la entrada del mismo.
- ✚ Lubricar el ventilador y los baleros del motor.

4.2. Recursos a Utilizar

Los recursos que serán utilizados son de los tres tipos: humano, Maquinaria y/o equipo, y materiales o materias primas.

4.2.1. Equipo de Climatización

El equipo de climatización a utilizar es el siguiente:

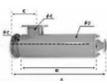
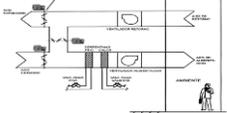
- ✚ Chiller Carrier Modelo 30 GB045 dividido en 2 unidades 20 y 30 toneladas de capacidad.

- ✚ Dos bombas hidráulicas Marathon Electric con capacidad de 7.5 HP cada una.
- ✚ Doce manejadoras Carrier modelo 39L con 75900 Btuh.
- ✚ Doce bombas Termalic Protected de 30HP cada una.
- ✚ Seis hongos de extracción de 1/8 HP cada uno.
- ✚ Un Ecodenser con tablero digital consumo 0.231Kwh
- ✚ *Software* de climatización y controles lógicos programables.

4.2.2. Refacciones de equipo de climatización

Las refacciones se refieren a un stock de repuestos, que se utilizaran para llevar a cabo la propuesta de implementación de Producción más Limpia, así como para garantizar el funcionamiento continuo y la reducción de tiempos de paro; serían las siguientes:

Tabla XXIV. Refacciones de equipo de climatización

EQUIPO		REFACCIONES UTILIZADAS												
UNIDAD DE TRAMPA ANGULAR 	TAMANOS DE REFERENCIA <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Trap</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>CQ-3</td> <td>585</td> <td>350</td> <td>3"</td> <td>6"</td> <td>170</td> </tr> </table>	Trap	A	B	C	D	E	CQ-3	585	350	3"	6"	170	<ul style="list-style-type: none"> ✚ TUBERÍA GALVANIZADA, REGULADAS POR NORMA COVENIN 3335 ✚ VÁLVULAS DE CHEQUE, ✚ LLAVES DE PASO
Trap	A	B	C	D	E									
CQ-3	585	350	3"	6"	170									
INYECTOR 	COLECTOR 													
CONTROLADOR PLC 		<ul style="list-style-type: none"> ✚ VÁLVULAS DE CONTROL. ✚ CABLE ELÉCTRICO DISTINTOS CALIBRES 10-14 												
SOFTWARE DE CLIMATIZACION 	CONTOLES LOGICOS PROGRAMABLES 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ CABLE ELECTRICO DISTINTOS CALIBRES SEGÚN ESPECIFICACION DE PLC. ✚ SENSORE DE TEMPERATURA. ✚ SENSORES DE PRESION- 												

Continuación de tabla XXIV.

<p style="text-align: center;">CHILLER</p> 	<p style="text-align: center;">MANEJADORAS</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ FAJAS SEGUN ESPECIFICACION DE CADA EQUIPO. ✚ FUSIBLES ✚ CARGA REFRIGERANTE 410A. ✚ ACEITE LUBRICANTE ✚ LLAVES DE PASO ✚ LLAVES DE CHEQUE ✚ CAÑUELAS ✚ FIBRA DE VIDRIO ✚ GRASAS LUBRICANTES. ✚ COJINETES
<p style="text-align: center;">BOMBAS HIDRAULICAS</p> 	<p style="text-align: center;">HONGOS DE EXTRACCION</p> 	

Fuente: elaboración propia.

Las refacciones o stock de repuestos mencionadas son las que en base a estudios estadísticos ocasionan paros recurrentes en equipos de climatización, no valdría la pena tener refacciones que no es muy común su cambio ya que esto elevaría los costos, y no se estaría cumpliendo el principio de Eficiencia de Producción más Limpia. El objetivo primordial es el cumplimiento de Producción más Limpia, ahorro energético, disminución de la contaminación y garantizar los estándares de Climatización de los quirófanos según la Norma UNE 100713:2005.

4.2.3. Recurso Humano

El recurso humano necesario con el que se llevara a cabo la implementación de los equipos sugeridos para la Aplicación de Producción más Limpia; serán técnicos especializados por las distintas empresas proveedoras del equipo. El personal de mantenimiento del hospital se utilizara como apoyo para el montaje de equipo. Por otro lado dichos técnicos capacitaran al personal del hospital para la utilización del equipo a instalar así como para mantenimientos preventivos y correctivos.

4.3. Planificación de la eficiencia energética

Esta pretende optimizar y garantizar que los recursos energéticos sean optimizados de la mejor forma.

4.3.1. Control de los períodos de arranque de los equipos

Para poder establecer indicadores de desempeño que contribuya a mejorar el principio de eficiencia energética de Producción más Limpia el control se hará por medio de los controles lógicos programables los cuales pueden ordenar al sistema los horarios o períodos de arranque del equipo, como se mencionó en el subtítulo 3.5 horarios para procedimientos programados son de 6:00 a 14:00 horas, más sin embargo no se tiene control de arranque cuando los quirófanos son utilizados por emergencia y por ende es necesario encender el equipo de climatización. Dichos controles en conjunto con el software permitirán saber con exactitud el tiempo de utilización que permitan hacer cálculos eficientes de la energía empleada y el uso eficiente de los quirófanos.

4.3.2. Control de vida útil de los filtros

Para evitar una colmatación prematura de los filtros y garantizar la prevención de contaminación principio de Producción Más limpia es muy importante no superar el caudal nominal o velocidad de paso del aire de cada filtro recomendada por el fabricante, instalando la sección necesaria.

El estado de los filtros se controlará instalando sondas de presión diferenciales entre cada nivel de filtración. Se procederá la sustitución cuando se alcance la pérdida de carga máxima recomendada por el fabricante. El

control al implementar es la utilización de un esticker donde se detalle la siguiente información:

Tipo de Filtro: _____

Fecha de Cambio de Filtro: _____

Toneladas de Aire Enfriadas: _____

Nombre de Quien Hace el cambio: _____

Próxima Fecha de Cambio: _____

Este se pegara afuera de la manejadora, y se reportara en una bitácora para llevar el control de eficiencia en cada equipo. Esto con el fin de involucrar al personal la cultura de prevención y monitoreo de equipos, ya que por medio del software se puede tener ejercer dicho monitoreo.

4.3.3. Rutinas de medición de temperatura

El encargado de turno de mantenimiento deberá asignar al personal encargado de hacer el monitoreo de la temperatura en los diferentes turnos para garantizar el funcionamiento óptimo de los mismos, y/o restablecer el sistema. El fin primordial al igual que en el subtítulo 4.3.2 es acostumbrar al personal e involucrarlo en un cultura de prevención y no reacción, ante la posible contaminación que se pudiera dar por no cumplir los parámetros de climatización, con esto cumpliríamos el principio de prevención de la Contaminación de Producción más limpia.

Figura 32. **Diseño formato para control de temperaturas**

NOMBRE: _____ FECHA: _____

HOJA DE CONTROL DIARIO DE CLIMATIZACIÓN

QUIRÓFANO	6-8HR	8-10HR	10-12HR	12-14HR	14-16HR	16-18HR	18-20HR	20-22HR	22-24HR	0-2HR	2-4HR	4-6HR
TEMP A1												
TEMP A2												
TEMP A3												
TEMP A4												
TEMP A5												
TEMP A6												
TEMP B1												
TEMP B2												
TEMP B3												
TEMP B4												
TEMP B5												
TEMP B6												

OBSERVACIONES:

Fuente: elaboración propia.

4.3.4. **Medidor de arranque de unidades según turno de servicio**

En cada cambio de turno el encargado de mantenimiento deberá asignar quien hará las mediciones respectivas en cada uno de los componentes de la climatización. Por medio de un aparato medidor de energía se obtendrá:

- ✚ Indicación de consumo de electricidad actualizado y potencia activa en amperios y factor de potencia.
- ✚ Indicador del consumo de electricidad en vatios.
- ✚ Indicación de tiempo de medición en minutos y horas.
- ✚ Indicación del consumo total durante el tiempo de medición en kWh.
- ✚ Indicación del coste total del consumo de electricidad medido.

- Indicación del consumo máximo de potencia en vatios.

4.4. Implementación de la aplicación de Producción más Limpia

Se seguirán los lineamientos contemplados en la Guía de Producción más Limpia para la aplicación de la misma, tomando como eje principal la Eficiencia energética principalmente. Para ello se evaluarán los costos y se establecerán indicadores, que contribuyan con el control y mejoramiento continuo del proceso de Climatización de los quirófanos en estudio.

4.4.1. Costo del consumo energético de las unidades

Para calcular el costo energético tomamos como base las tarifas vigentes de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala siendo estas las siguientes:

Tabla XXV. Tarifas de energía eléctrica

Tarifa: Media Tensión con demanda en punta – MTDp	Valor
Cargo por Consumidor (Q/usuario-mes)	Q 707.788751
Cargo Unitario por Energía (Q/kWh)	Q 1.401794
Cargo Unitario por Potencia Máxima (Q/kW-mes)	Q 45.99468
Cargo Unitario por Potencia Contratada (Q/kW-mes)	20.77709

Fuente. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. p. 1.

A continuación detallamos el cálculo:

Tabla XXVI. Costo de consumo energético

CANTIDAD	EQUIPO	MODELO	CAPACIDAD	CONSUMO U. KW/h CONSUMO T	COSTO SUB-TOTAL DE CONSUMO ELÉCTRICO	PRECIO	COSTOS TOTALES	HORAS MES
2	CHILLER CARRIER	30GB 045	20 TON.	618.1	1236.2	1.401794	Q1,732.90	Q415,895.46
12	MANEJADORAS CARRIER	39L	29968 BTU/H	22.2	266.4	1.401794	Q373.44	Q89,625.10
12	BOMBAS TERMALIC PROTECTED	VCMA20ULS	30 HP	0.093	1.116	1.401794	Q1.56	Q375.46
6	HONGOS DE EXTRACCION	4C398 C	1/8 HP	0.275	1.65	1.401794	Q2.31	Q555.11
1	ECODENSER	ATCS	N/A	0.231	0.231	1.401794	Q0.32	Q77.72
1	CARGO CONSUMIDOR						Q707.79	Q707.79
1	CARGO UNITARIO POR POTENCIA CONTRADA				1505.6	20.777		Q31,281.79
					COSTO CONSUMO ENERGÉTICO UNIDADES			Q538,518.42

Fuente: elaboración propia.

El costo total de todas las unidades instaladas es de Q 538,518,42 y el costo energético de la unidad de ecodensar propuesta asciende únicamente a un costo mínimo Q 77.72 y representará un ahorro total de energía del sistema cerca del 30% es decir Q 161,555,53 aproximadamente.

4.4.2. Indicadores de consumo eléctrico

La falta de conocimiento de indicadores de consumo de energía eléctrica, representa un problema ya que evita tener un control eficiente en los equipos o áreas, si se conocieran los mismos se podría controlar mensualmente el correcto funcionamiento, ya que si por cualquier motivo hubieran fugas de energía eléctrica o se diera un mayor consumo de energía el mismo sería

contabilizado por el contador y se podría conocer rápidamente el lugar donde se está originando la falla.

Además, actualmente esta falta de conocimiento en los índices de consumo evita en parte conocer la posibilidad de cuanto más se podría aumentar la carga o bien cuál sería la carga máxima que podría ser instalada.

La propuesta del *software* y los PLC garantizaría el control eficaz de los índices de consumo de cada equipo en particular. Es indispensable y primordial para la aplicación de Producción más Limpia, porque por medio de los mismos se puede monitorear eficientemente el consumo energético de las unidades de climatización.

4.4.3. Indicadores de temperatura óptima

Los quirófanos cuentan con su indicador de temperatura en los cuales se visualizan los datos obtenidos por medio de sensores de ambiente que mandan una señal a los reguladores y estos a su vez gobiernan las etapas de calor y frío.

Por medio del *software* y PLC propuestos se puede programar el rango de temperatura al que debe de estar y que manden una señal de alerta si en dado caso se sale fuera de dichos parámetros, y poder volver a condiciones normales los valores.

Al igual que en el subtítulo 4.4.2 por medio de los mismo se monitorea la eficiencia de consumo por ejemplo agua y energía, por medio de los cuales se pueden obtener ahorros significativos o estar teniendo gastos innecesarios por no monitorear adecuadamente las condiciones de los quirófano.

5. SEGUIMIENTO DE LA MEJORA DEL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN EN LOS QUIRÓFANOS

5.1. Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento se dividirá en dos semestres, el primero de enero a junio y el segundo de julio a diciembre (ver programación) el plan está basado en el cumplimiento de las tareas o actividades descritas en las tablas XIX- XXI y las tareas de forma semanal, mensual, semestral, y anual que se describirán en el subtítulo 5.1.1

Figura 33. Planificación de mantenimientos

EQUIPO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
CHILLER						
MANEJADORAS						
BOMBAS HIDRAULICAS						
BOMBAS DE RECIRCULACION						
HONGOS DE EXTRACCION						
REJILLAS DE IMPULSION						
REJILLAS DE EXTRACCION						
INSTALACIONES ELECTRICAS						
TUBERIA Y DUCTOS						

COLOR	SIGNIFICADO
	MANTENIMIENTO SEMANAL
	MANTENIMIENTO MENSUAL
	MANTENIMIENTO SEMESTRAL
	MANTENIMIENTO ANUAL

Continuación de la figura 33.

EQUIPO	JUL	AG	SEPT	OCT	NOV	DIC
CHILLER						
MANEJADORAS						
BOMBAS HIDRAULICAS						
BOMBAS DE RECIRCULACION						
HONGOS DE EXTRACCION						
REJILLAS DE IMPULSION						
REJILLAS DE EXTRACCION						
INSTALACIONES ELECTRICAS						
TUBERIA Y DUCTOS						

COLOR	SIGNIFICADO
■	MANTENIMIENTO SEMANAL
■	MANTENIMIENTO MENSUAL
■	MANTENIMIENTO SEMESTRAL
■	MANTENIMIENTO ANUAL

Fuente: elaboración propia.

5.1.1. Asignación de rutinas de servicio

La gerencia de mantenimiento con el fin de garantizar la aplicación efectiva de Producción más Limpia deberá asignar una programación de mantenimiento preventivo semanal, mensual semestral y anual para garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos. Se deben cumplir las tareas o asignaciones indicadas en las tablas XIX-XXI.

✚ Mantenimiento del equipo anual. Las tareas de mantenimiento preventivo anual de la instalación eléctrica de quirófanos son:

- Comprobación de las medidas de protección.

- Comprobación de la continuidad de los conductores activos y de los conductores de protección y puesta a tierra.
- Comprobación de las resistencias de las conexiones de los conductores de protección y de las conexiones de equipotencialidad.
- Comprobación de la resistencia de aislamiento entre conductores activos y tierra en cada circuito.
- Comprobación de la resistencia de aislamiento de suelos anti electrostáticos.
- Comprobación de todos los suministros complementarios



Fallo microbiológico

- Medición de la pérdida de carga de filtros HEPAs en puntos terminales del quirófano.
- Respetar los circuitos limpios y sucios.



El mantenimiento preventivo de la instalación de climatización de los quirófanos tiene una periodicidad semanal, mensual, semestral y anual.

- Mantenimiento del equipo semanal. Las tareas del mantenimiento preventivo semanal de la instalación de climatización de quirófanos son las siguientes:
 - Verter agua en la bandeja de condensados y sumideros asociados.

- Verificación del estado del prefiltro.
- Comprobación de circulación en baterías.

- Mantenimiento del equipo mensual. Las tareas del mantenimiento preventivo mensual de la instalación de climatización de quirófanos son las siguientes:
 - Medir y anotar los caudales de impulsión de aire.
 - Medir y anotar los caudales de retorno de aire.
 - Anotar el porcentaje de funcionamiento del variador de velocidad.
 - Anotar el valor de sobrepresión en Pascales.
 - Medir temperatura de quirófano.
 - Revisión y limpieza de filtros de aire.
 - Verificación del estado del filtro de alta eficacia.
 - Verificación del estado del filtro absoluto.
 - Comprobación drenaje desagües.
 - Medición de consumo de motor.
 - Medición de la tensión eléctrica.
 - Comprobación tensión y estado de correas.
 - Comprobación de rodamientos.
 - Comprobación vibración, transmisión y estado de anclajes.
 - Comprobación válvulas de regulación de tres vías motorizadas, apertura y cierre.
 - Verificación apertura de alarma y seguridad.
 - Comprobación transmisión compuertas toma y salida de aire.
 - Verificación de presostatos diferenciales.
 - Medición consumo de motor.

- Medición de la tensión eléctrica.
 - Revisión del ventilador.
 - Comprobación tarado de los elementos de seguridad, térmico, etc.
 - Comprobación tensión y estado de correas.
 - Comprobación de rodamientos.
 - Comprobación vibración, transmisión y estado de anclajes.
 - Verificación del estado del pre filtro.
 - Comprobación de circulación en baterías.
 - Comprobación de funcionamiento.
 - Comprobación circuito eléctrico.
- Mantenimiento del equipo semestral, las tareas del mantenimiento preventivo semestral de la instalación de climatización son las siguientes:
 - Sustitución del filtro de alta eficacia, según necesidad.
 - Comprobación de la estanqueidad de las válvulas de interceptación asociadas.
 - Revisión y limpieza de los filtros de agua, si existen.
 - Comprobación y reapriete de terminales motor.
 - Comprobación acoplamiento motor ventilador.
 - Comprobación actuador variador de velocidad.
 - Comprobación del estado del silenciador.
 - Revisión del sistema de control automático.
 - Revisión de estanqueidad de válvulas de tres vías motorizadas.
 - Comprobación de tensiones.
 - Verificación y comprobación de sondas.

- Comprobación general de puntos de consigna.
 - Comprobación y apriete terminales motor.
 - Comprobación acoplamiento motor extractor.
 - Comprobación actuador variador de velocidad.
 - Revisión del funcionamiento y estado general del equipo.
- Mantenimiento del equipo anual, las tareas del mantenimiento preventivo anual de la instalación de climatización son las siguientes:
 - Sustitución del filtro absoluto.
 - Limpieza general y verificación de estanqueidad.
 - Revisión y limpieza si procede de las baterías de intercambio térmico.
 - Reapriete de conexiones eléctricas.
 - Limpieza de álabes (en ventilador).
 - Medición rev/min motor ventilador.
 - Verificación y contraste temperatura de termostato.
 - Verificación y contraste de humidostatos.
 - Limpieza de álabes (en extractor).
 - Medición rev/min motor extractor.
 - Comprobación del estado de aislamiento térmico del climatizador.
 - Revisión y limpieza de las secciones del climatizador.
 - Comprobación y verificación de caudal.
 - Medir caudal en rejilla de impulsión.
 - Comprobación de sobrepresión respecto a locales colindantes.

- Limpieza de conductos entre filtro absoluto y rejilla de impulsión.
- Limpieza y revisión del sistema de humectación.
- Comprobación de la continuidad de la resistencia de la conexión de puesta.

5.1.2. Inventario de fallas del sistema

Se llevara un inventario de fallas en el sistema que se clasificara en tres tipos que son:



Fallo eléctrico

- La falta de caudal y la disminución de ren/h de aire, sólo es asumible hasta el límite marcado de 20 ren/h y 2400 m³/h, para los quirófanos tipo A y tipo B y 10ren/h y 1200m³/h, para quirófanos del tipo C.
- La parada total de la UTA no es asumible, salvo que sea una parada controlada, con el quirófano cerrado. Ya que la parada de la UTA supone la anulación de la diferencia de presión, el aumento de temperatura y la disminución de las ren/h en quirófano. Además se ha de considerar el movimiento y arrastre de polvo asociado a la puesta en marcha del ventilador.



Fallo mecánico

- El acortamiento de la vida del rodamiento, poleas y correas del ventilador, solo tiene coste económico, siempre y cuando se realice dentro de una parada controlada.

- El ruido asumible viene limitado a 40 dBA.
- La falta de rendimiento y el consumo eléctrico sólo tienen coste económico, por lo que no supone una falla en sí.



Fallo microbiológico

El número y tipo de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m³) lo fijara el servicio de medicina preventiva. Como valores orientativos, se recomienda la ausencia de hongos, y en cuanto a bacterias, se considera un ambiente muy limpio si se miden menos de 10 UFC/m³, ambiente limpio si se miden entre 10 y 100 UFC/m³ y ambiente aceptable entre 100 y 200 UFC/m³.

Por tanto, no es admisible la presencia de hongos o bacterias por encima de 100 UFC/m³, ya que implica unas malas condiciones para la actividad quirúrgica.

5.1.3. Inventario de repuestos de alta rotación

Se deberá contar con un stock de repuestos de climatización en base a estudios estadísticos de aquellos que se hayan cambiado en las respectivas reparaciones que se le hayan hecho a los diferentes equipos del sistema, para garantizar que los mismos no se queden varados por mucho tiempo y el costo de restablecimiento sea mucho mayor si no se cuenta con el repuesto necesario.

5.2. Plan de capacitación

La capacitación de personal implica la ejecución de una serie de actividades organizadas en forma sistemática, con el propósito de brindar los

conocimientos, habilidades y actitudes, para incidir en el mejoramiento del desempeño de sus funciones laborales y profesionales; además de orientar las acciones al cumplimiento de la aplicación de Producción más Limpia en el proceso de climatización de quirófanos. La gestión de la capacitación, que se debe hacer en todas las áreas de la empresa o proyecto, incluye los siguientes pasos: el diagnóstico de las necesidades de capacitación, el diseño del plan anual de capacitación; la ejecución de la capacitación y la evaluación de los resultados.

Plan de capacitación: en el plan de capacitación se mencionan los siguientes aspectos:

- Temas a desarrollar
- Objetivos a cumplir
- Modalidad a utilizar
- Recursos a utilizar

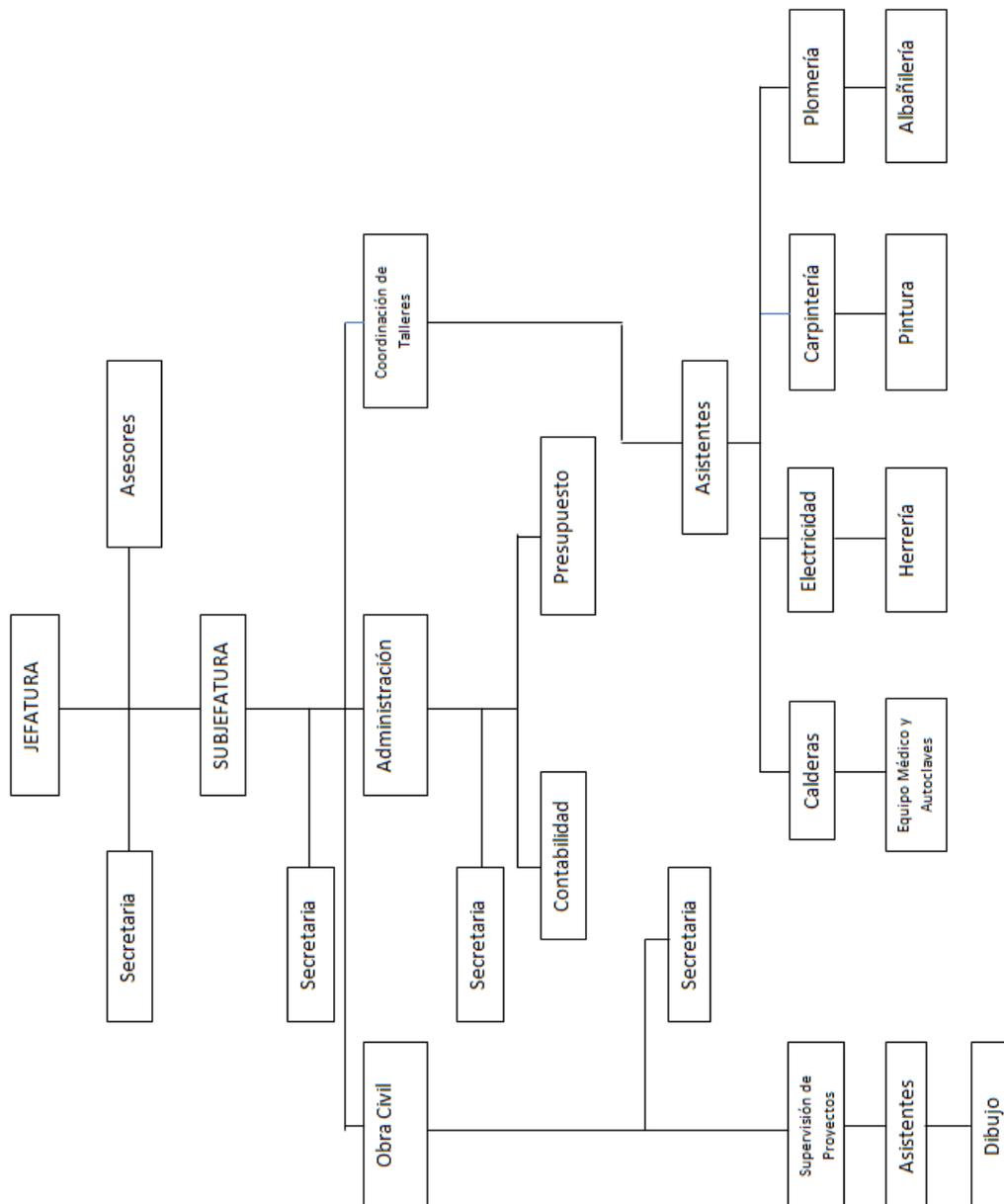
5.2.1. Jefatura de mantenimiento

La capacitación de la jefatura de mantenimiento estará enfocada en temas de conocimientos generales que ayuden a ser más efectiva su gestión administrativa; se le proporcionaran herramientas para cumplir con los objetivos y metas propuestas; en temas de Producción más Limpia y climatización principalmente.

Para fines ilustrativos se muestra el organigrama del departamento de mantenimiento (vea figura 34), como está la estructura actual líneas de mando quienes le reportan etc. La persona encargada de ver aires o equipo de

climatización sería el departamento de equipo médico y autoclaves, pero es muy eventual porque dicha tarea la desarrolla por subcontrato.

Figura 34. Organigrama de la división de mantenimiento



Fuente: División mantenimiento IGSS.

Tabla XXVII. **Capacitación jefe de mantenimiento**

CURSO	DIRIGIDO A	ÁREA
PRODUCCIÓN MAS LIMPIA CONCEPTOS GENERALES	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
OPTIMIZACIÓN EN EL CONSUMO DE AGUA	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
EFICIENCIA ENERGÉTICA TÉRMICA	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA ENERGÍA STAR	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
REDUCCIÓN Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
OFICINA VERDE	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
CUMPLIMIENTO LEGAL AMBIENTAL	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
CURSO LIBRE SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
CURSO LIBRE SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
CURSO LIBRE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
CONSUMO Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLE	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
CONGRESO DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA	JEFE DE MANTENIMIENTO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA CLIMATIZACIÓN.	JEFE DE MANTENIMIENTO	CLIMATIZACIÓN
ENERGÍAS DISPONIBLES	JEFE DE MANTENIMIENTO	CLIMATIZACIÓN
EFICIENCIA ENERGÉTICA	JEFE DE MANTENIMIENTO	CLIMATIZACIÓN
ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION	JEFE DE MANTENIMIENTO	CLIMATIZACIÓN
NUEVAS TENDENCIAS Y NUEVOS EQUIPOS EN CLIMATIACION	JEFE DE MANTENIMIENTO	CLIMATIZACIÓN
PUESTA EN MARCHA INICIAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION	JEFE DE MANTENIMIENTO	CLIMATIZACIÓN
SUSTITUCION DE REFRIGERANTE R22 POR R410 A	JEFE DE MANTENIMIENTO	CLIMATIZACIÓN

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Personal operativo del área de mantenimiento

La capacitación en Producción más Limpia del personal operativo, tiene como objetivo principal inculcar dicha cultura de prevención, eficiencia, reducción de la contaminación, para que sirva como punto de partida para la implementación en un futuro en todas las áreas del hospital, de igual forma garantizar que el recurso humano está preparado para lograr exitosamente su aplicación.

La capacitación en climatización del personal operativo se enfoca en temas técnicos operativos y específicos que ayuden a fortalecer la preparación

técnica del personal y estén capacitados para actuar en cualquier desperfecto u inconveniente que se produzca en el sistema, por otro lado se pretende crear una cultura de prevención y no de reacción, también está enfocada principalmente en que el personal de mantenimiento sea el que esté a cargo del equipo de climatización y no la empresa externa que lo hace actualmente.

Tabla XXVIII. **Capacitación personal administrativo y operativo**

CURSO	DIRIGIDO A	ÁREA
PRODUCCIÓN MAS LIMPIA CONCEPTOS GENERALES	PERSONAL OPERATIVO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
CONSUMO Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLE	PERSONAL OPERATIVO	PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA CLIMATIZACIÓN.	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
ENERGÍAS DISPONIBLES	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
EFICIENCIA ENERGÉTICA	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
PUESTA EN MARCHA INICIAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
PRINCIPALES AVERÍAS E INCIDENCIAS EN EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
ELECTROMECÁNICA EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
ELECTRÓNICA EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
AIRE ACONDICIONADO	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
SUSTITUCIÓN DE REFRIGERANTE R22 POR R410A	PERSONAL OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN
MATERIALES UTILIZADOS EN CLIMATIZACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE QUIRÓFANOS BIOAMIGABLES	PERSONAL ADMINISTRATIVO Y OPERATIVO	CLIMATIZACIÓN, CONSTRUCCIÓN, MEDIO AMBIENTE.

Fuente: elaboración propia.



Objetivos a Desarrollar

- Clasificación de las necesidades de capacitación del Departamento de Mantenimiento.
- Evaluación del personal de mantenimiento de la empresa.
- Crear las bases para la implementación de la programación del mantenimiento preventivo con la aplicación de Producción más Limpia.

- Capacitar de manera rápida y eficaz a los técnicos de mantenimiento del Hospital y de la empresa de servicios de mantenimiento en los sistemas y Equipos específicos del Hospital.
- Homogenizar los conocimientos técnicos de los empleados del Departamento de Mantenimiento y de la empresas de mantenimiento externas.
- Implementar nuevas herramientas para realizar labores técnicas.
- Establecer vínculos de compañerismo y motivación entre el personal técnico participante.
- Ampliar y mejorar los conocimientos en el área de biomédica, electricidad y electromecánica y sistemas hospitalarios.
- Formar responsabilidad y criterio técnico en el personal de mantenimiento.

✚ Modalidad a utilizar: la modalidad a utilizar es de tipo presencial, y en el caso de los cursos técnicos prácticas en los lugares donde se encuentre el equipo dentro del hospital.

✚ Determinación de recursos: los recursos para la capacitación varían a la cantidad de participantes, sin embargo con un poco de esfuerzo se puede lograr capacitar todo el recurso humano, sin necesidad de una gran inversión, ya que contamos con la anuencia de las autoridades y sobre todo la motivación de los empleados que participaran en la capacitación.

Al momento de realizar las capacitaciones se deberá de hacer un inventario de los materiales que se utilizarán, entre estos se mencionan:

- Reproducción de materiales
- Laptop y cañonera

- Papelería y útiles
- Otros

5.3. Plan de contingencia

Un plan de contingencia es una presentación para tomar acciones específicas cuando surja un evento o condición que no esté considerado en el proceso de planeación formal. Es decir, se trata de un conjunto de procedimientos de recuperación para casos de desastre; es un plan formal que describe pasos apropiados que se deben seguir en caso de un desastre o emergencia. Materializa un riesgo, ya que se pretende reducir el impacto de éste.

Se recomienda establecer un modelo a partir de aquellas organizaciones que se han preocupado por su desarrollo y crecimiento, han establecido dentro de la estructura orgánica de la empresa una función definida para la administración de riesgos y que han obtenido estupendos resultados como una disminución considerable del impacto físico y económico de los riesgos dentro de la misma organización. El plan de contingencia contempla tres tipos de acciones las cuales son:

- ✚ **Prevención:** conjunto de acciones a realizar para prevenir cualquier contingencia que afecte la continuidad operativa, ya sea en forma parcial o total, con la finalidad de estar preparados para hacer frente a cualquier contingencia. De esta forma se reducirá su impacto, permitiendo restablecer a la brevedad posible los diferentes servicios interrumpidos.

- ✚ Detección: deben contener el daño en el momento, así como limitarlo tanto como sea posible, contemplando todos los desastres naturales y eventos no considerados.
- ✚ Recuperación: abarcan el mantenimiento de partes críticas entre la pérdida del servicio y los recursos, así como su recuperación o restauración.

5.3.1. Contingencia en climatización

Se debe proveer un sistema de calefacción, ventilación climatización, separado, que se dedique al bloque de quirófanos y equipos en forma exclusiva. Teniendo en cuenta que los aparatos de climatización son causa potencial de incendios e inundaciones, es recomendable instalar redes de protección en todo el sistema de cañería al interior y al exterior, detectores y extinguidores de incendio, monitores y alarmas efectivas.

En cuanto al ambiente climático, la temperatura de los quirófanos debe estar comprendida entre 22 y 26°C y la humedad relativa del aire debe estar comprendida entre el 45% y el 55%. En todos los lugares hay que contar con sistemas que renueven el aire constantemente. No menos importante es el ambiente sonoro por lo que se recomienda no adquirir equipos que superen los 55 dB, sobre todo cuando trabajan muchas personas en un mismo espacio.

En todas las instalaciones existen grandes problemas con el aire acondicionado; el riesgo que éste implica es doble:

- ✚ El aire acondicionado es indispensable en los quirófanos donde trabaja; las fluctuaciones o los desperfectos de consideración pueden ocasionar que la sala de operaciones tenga que ser desocupada.

- ✚ Las instalaciones de aire acondicionado son una fuente de incendios muy frecuente, y también son muy susceptibles al ataque físico, especialmente a través de los ductos.

Para poder afrontar estos riesgos se requiere lo siguiente:

- ✚ Se deben instalar equipos de aire acondicionado de respaldo donde ya se hayan establecido las aplicaciones de alto riesgo.
- ✚ Unidades de enfriamiento, y otros equipos relacionados. También es recomendable instalar unidades modulares, de forma que los componentes que se pueden reemplazar fácilmente.
- ✚ Se deben instalar redes de protección en todo el sistema de ductos al interior y al exterior.
- ✚ Se deben instalar extinguidores y detectores de incendios en los ductos.
- ✚ Se deben instalar monitores y alarmas para humedad, temperatura y flujos de aire efectivos. Aun cuando el equipo de aire acondicionado funcione adecuadamente, la habilidad de regular y dirigir el flujo de aire, representa otra dificultad ya que difícilmente alguien trabajará a gusto si la corriente de aire es muy frecuente. Una gran dificultad que ha surgido con los sistemas de aire acondicionado, en especial en los países cálidos, es el efecto del polvo y de la exposición al sol.
- ✚ Las entradas de aire fresco no deben estar al nivel del suelo y deben colocarse lejos de las áreas donde haya polvo. Deben utilizarse los filtros adecuados para proporcionar aire limpio a los quirófanos.

En el caso del hospital de accidentes el equipo de climatización se encuentra dividido en dos por si uno falla se puede utilizar el otro, y no correr el riesgo de quedarse sin climatización en una área o sector del hospital en especial en el área de quirófanos.

Se cuentan con llaves de paso para reaccionar de forma rápida y poder aislar el aire de un quirófano en particular del resto mientras que se restablece el sistema de operación. También se cuenta con equipo portátil de aire acondicionado, el cual puede ser utilizado inmediatamente por si se está en un proceso quirúrgico que no puede esperar y si no hay disponibilidad de quirófano desocupado.

5.4. Monitoreo de la eficiencia la implementación de la aplicación de Producción más Limpia

Son necesarios los métodos de medición que permitan evaluar de una manera sencilla y de fácil cuantificación los resultados obtenidos. Los métodos pueden ser:

-  Cambios en la cantidad de residuos.
-  Cambios en los consumos de agua y energía.
-  Cambios en la rentabilidad.
-  Cambios en las condiciones laborales. Con el fin de evaluar el mejoramiento obtenido por medio de la implementación, es necesario llevar a cabo un seguimiento y monitoreo de los resultados obtenidos, siendo la utilización de indicadores de desempeño una excelente alternativa a emplear para analizar la efectividad de implementar una metodología de Producción más Limpia.

6. MANEJO AMBIENTAL EN EL PROCESO DE CLIMATIZACIÓN DE QUIRÓFANOS

6.1. Eficiencia de materiales utilizados en el sistema

El objetivo principal a ser desarrollado en el presente título es tener un marco teórico de referencia para conocer los materiales adecuados e innovadores que cumplan con principios de Producción más Limpia tales como: prevención de contaminación, disminución de agentes tóxicos, eficiencia energética, que sean aportadores en primer lugar de mejor costo beneficio y protectores del medio ambiente.

El motivo de presentar teoría en el presente título es que a partir del conocimiento teórico de los materiales se pueden establecer los programas en donde se involucra al departamento de mantenimiento y administrativo para trabajar en las capacitaciones necesarias enfocadas en el ahorro energético.

Recordemos que para obtener mejores resultados y/o aplicar Plan eficiente de manejo ambiental y la mejora continua debemos tener primero un conocimiento teórico para aplicarlo a la práctica, la retroalimentación nos la dan los resultados de dicha aplicación y luego replanteamos la o las modificaciones necesarias.

6.1.1. Tabicación de muros

El tabique es un muro ligero que inicialmente fue usado para cubrir exteriormente e interiormente grandes edificios, se debe garantizar que la utilización de materiales para la fabricación de muros sea por un empresa idealmente certificada bajo las normas ISO 14000 que garantiza que la empresa cuida el medio ambiente con todos los productos utilizados; actualmente son utilizados en edificios públicos, habitacionales, comerciales, industriales, así como en escuelas, hospitales, etc.

Un muro de tabique debe ser diseñado para soportar esfuerzos provocados por el viento y por lo tanto tiene la capacidad de resistir cargas relativamente livianas provenientes del techo, y evitar que el mismo suelte o desprenda desechos que puedan contaminar el ambiente.

El utilizar un muro de tabique nos provee de algunas ventajas como lo son: protección térmica y acústica, protección del viento, protección del fuego, rapidez de montaje y ejecución, simplificación de almacenamiento, larga duración, mantenimiento económico, flexibilidad en la aplicación, economía en la construcción. Pero para que cumpla el objetivo principal de eficiencia que interesa o contribuye a la aplicación de Producción más Limpia es la prevención de contaminantes por ello se hace necesario garantizar que los materiales de los que estarán compuestos los muros y tabiques no sean tóxicos y eviten el daño al medio ambiente y al área específica en que se encuentren.

6.1.2. Instalacion de pisos normados FDA

Un piso normado por FDA para instalarse en quirófanos es un piso epóxico que es un material usado especialmente para la industria,

principalmente metalmecánica, farmacéutica, de alimentos y química, por sus características califica como un piso industrial, aunque los componentes utilizados en un piso epóxico podrían ser considerados como tóxicos, hoy en día la fabricación de los mismos se hace con materias primas amigables del medio ambiente y en muchos de los casos los proveedores están certificados por normas de calidad y seguridad ambiental, lo que garantiza la prevención de contaminantes aplicando Producción más Limpia, es decir si no se utiliza este tipo de pisos la contaminación se elevaría ya que otro tipo en vez de poder sanitizarlo perfectamente de bacterias o contaminantes como se puede hacer con el epóxico, otro tipo las acumularía y reproduciría más.

Se caracteriza por su amplia gama de usos y acabados que se le pueden dar, como texturizado, antiderrapante, ultra resistente, etc. esto gracias a las resinas epóxicas que se emplean para su fabricación. Un piso epóxico, por ser un elemento pensado para la industria debe ofrecer seguridad, resistencia y fácil mantenimiento.

Las resinas epóxicas confieren al sustrato resistencias a las condiciones más extremas como temperaturas 0 °C, impactos o arrastre de objetos pesados, tránsito de montacargas, sustancias químicas corrosivas, protección contra grasas y aceites difíciles de limpiar y alta asepsia para las áreas que requieran un estricto control de limpieza y sanidad.

En ocasiones suele agregarse arena especial para mejorar su resistencia y acabado, aunque pueden presentarse cambios de tonalidad en el color por el tipo de arena usada, eso no alterará las propiedades fisicoquímicas del material.

Todos los Sistemas para pisos epóxicos están fabricados con resinas epóxicas de dos componentes, de alta tecnología y calidad, 100% sólidos, libres de solventes y asépticos. Son de fácil aplicación. Con excelente resistencia mecánica al tráfico constante, a la abrasión, compresión, tracción y elongación a la ruptura. Diseñados para soportar derrames químicos, choques térmicos, impactos, leves ser auto extingüibles e impermeables. Brindan a nuestros clientes alta seguridad, durabilidad, calidad total, ahorro y bajo mantenimiento. Cumplen con las normas de la, FDA (USA).

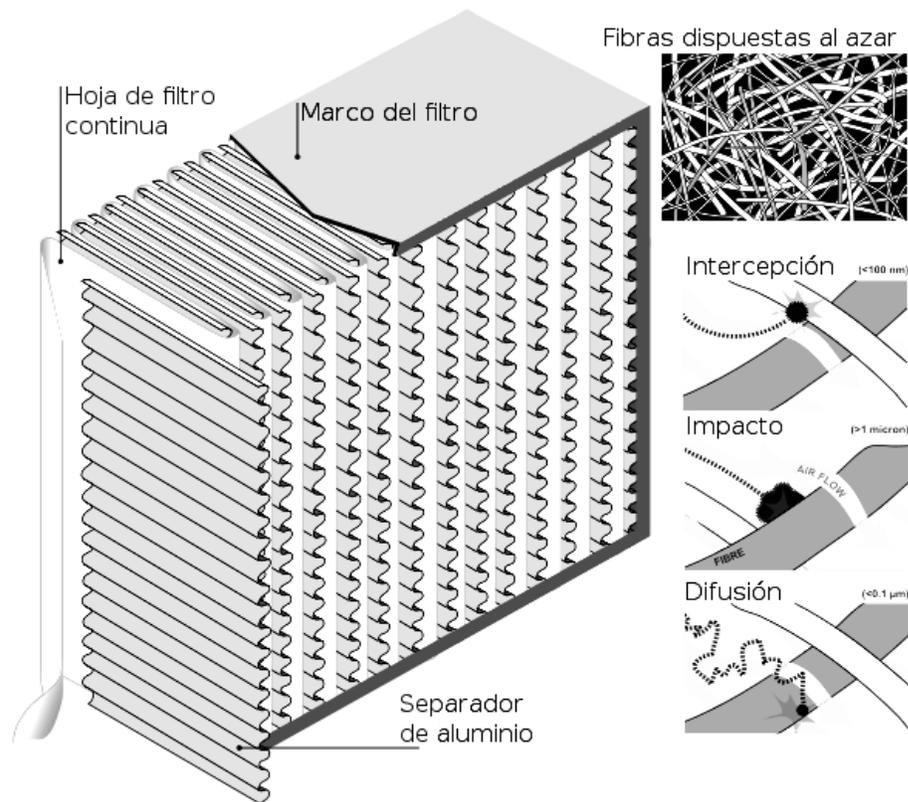
Los pisos epóxicos que se instalan en un quirófano son asépticos y presentan las siguientes ventajas y/o beneficios:

- ✚ Rápida instalación sin olor y ruido
- ✚ Sin juntas, monolítico y no acumula bacterias
- ✚ No requiere demoler piso existente
- ✚ Instalación sobre concreto, cerámico y granzón
- ✚ Fácil limpieza

6.1.3. Instalación de filtros HEPA

Los filtros HEPA (Filtro de Alta Eficiencia en Particula de Aire), están compuestos por una malla de fibras dispuestas al azar. Las fibras típicamente están compuestas por fibra de vidrio y con diámetros entre 0.5 y 2 μm . Los factores más importantes a tener en cuenta en un filtro HEPA son el diámetro de las fibras, el espesor del filtro y la velocidad de las partículas. El espacio entre las fibras es mucho mayor de 0.3 μm , pero eso no significa que las partículas con un diámetro menor puedan pasar. A diferencia de los filtros de membrana los filtros HEPA están preparados para retener contaminantes y partículas mucho más pequeñas.

Figura 35. **Composición filtro HEPA**



Fuente: Normativa producción de filtros HEPA

<http://www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/if/05articulos.pdf>.

Consultada el 28 de febrero de 2012.

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

- ✚ Intercepción: donde las partículas que siguen a un flujo de aire rozan una fibra y se adhieren a ella.
- ✚ Impacto: donde las partículas grandes no son capaces de evitar las fibras mientras siguen al flujo de aire y son obligadas a impactar directamente

con una de ellas. Este efecto aumenta con la disminución de la separación entre fibras y el aumento de velocidad en el flujo de aire.

- ✚ Difusión: las partículas más pequeñas, especialmente las menores de 0.1 μm , colisionan con las moléculas de gas lo que impide y retrasa su paso por el filtro. Este comportamiento es similar al movimiento browniano (es el movimiento aleatorio que se observa en algunas partículas microscópicas que se hallan en un medio fluido (por ejemplo, polen en una gota de agua)) y aumenta la probabilidad de que una partícula sea detenida por uno de los dos mecanismos anteriores. Es la más dominante cuando el flujo de aire es lento.

La difusión predomina en partículas inferiores a 0.1 μm de diámetro. La intercepción y el impacto predominan en partículas mayores de 0.4 μm . Para partículas con un tamaño intermedio, 0.3 μm es el tamaño de partícula más penetrante (en inglés: Most Penetrating Particle Size), la difusión y la intercepción son bastante ineficientes. Las especificaciones de los filtros HEPA utilizan la retención de estas partículas intermedias para definir el tipo de filtro.

Para la utilización adecuada de los filtros HEPA se deben considerar los factores siguientes:

- ✚ Aplicaciones biomédicas
Los filtros HEPA evitan la propagación de bacterias (prevención de la contaminación P+L) y virus a través del aire y, por tanto, son muy importantes para prevenir infecciones. Los sistemas de filtrado HEPA con fines médicos suelen incorporar luz ultravioleta de alta energía para eliminar cualquier bacteria viva y virus atrapado por el filtro físico.

Algunas de las unidades HEPA mejor valoradas tienen una eficiencia del 99.995% lo que asegura un alto nivel de protección contra enfermedades que se transmitan por el aire.

- Filtro HEPA: filtro de alta eficiencia en partícula de aire. Medios altos 99.97% o superior. La eficiencia es una medida de cuán efectivamente el filtro atrapa partículas. Se calcula dividiendo el número de partículas atrapadas por el número total de incidente en el filtro. Se permiten menos de 3 en 10.000 a través de un filtro, si se lo clasifica como grado HEPA. Por lo general, el papel pasa menos de 1 en 10.000. Ninguna de ellas es mayor de 5 micrones, a menos que exista una fuga en el filtro (Principio de Eficiencia de Producción más Limpia).
- Medio: el filtro de papel que atrapa partículas del aire que circulan a través de él. Está confeccionado de fibras de vidrio de boro silicato y aglutinante. No es un papel particularmente resistente cuando es nuevo y es extremadamente frágil después del quemado.
- Aglutinante: sustancia que se utiliza para unir las fibras de vidrio y que proporciona algo de fuerza estructural al medio. El aglutinante es una parte normal de la fabricación del filtro HEPA.
- Separadores: componentes que sostienen los pliegues del medio separados del canal de flujo de aire. Por lo general son de una lámina de aluminio corrugado pero se han utilizado otras formas de líneas de goma en cadena.

- DOP: oftalato de dióctilo – un líquido aceitoso (plastificante) utilizado para producir gotitas de aerosol de 0.3 micrones (DOP caliente para mediciones de eficacia del filtro) y de 2 a 4 micrones (DOP frío para probar si el filtro presenta fugas).
- Quemado: un proceso de alta temperatura para remover el aglutinante del filtro. Se debe continuar hasta quitar el humo y el olor del horno. Después, por lo general, es necesaria una limpieza manual.
- Derramamiento: el comportamiento del filtro se caracteriza por altos niveles de partículas descendentes durante los cambios de temperatura. Los cambios de temperatura más rápidos resultan en mayores conteos de partículas. Ésta es una característica típica de los filtros después de haber quemado el aglutinante del medio.
- Pliegue: el doblar del medio en cada cara del filtro. El plegado le otorga al filtro una gran área de superficie del medio.
- Embalaje y envío: el embalaje varía según el fabricante del filtro. Normalmente los filtros HEPA se embalan en cajas de cartón reforzadas en su interior. Los filtros se embalan con separadores verticales – que van desde la parte superior hasta el fondo del paquete. El paquete debe llevar una flecha vertical estampada y una leyenda que diga: “Este lado hacia arriba”.
- Por lo general, todos los filtros HEPA que se necesitan en un horno se fajarán juntos en una sola bandeja de envío, con láminas

de madera terciada que protegen la cara de papel en cada cartón o en toda la bandeja.

Precaución: al recibir un envío de filtros HEPA, asegúrese de que se han enviado con los pliegues hacia arriba. En posición horizontal durante el envío, la vibración normal de la ruta y las sacudidas pueden ocasionar que el medio se curve. Cualquier manipulación agresiva puede causar un daño sutil en el filtro.

Manipulación y almacenaje

Minimice la manipulación innecesaria. Los filtros HEPA se deben manipular como se manipula el vidrio frágil. Nunca hay que dejarlos caer o sacudirlos. Ante cualquier caída del filtro, esté o no en la caja de cartón, se lo debe volver a examinar para ver si presenta daños según lo descrito en Inspección. Los filtros deben permanecer en sus cajas de embalaje y cartones de transporte hasta la instalación.

Al manipular un filtro, se recomienda que la unidad se incline hacia una esquina y se lo tome por los dos ángulos adyacentes (en diagonal uno del otro).

Durante el almacenamiento, mantenga siempre el filtro en correcta posición vertical, como lo marca el envase. Para la instalación, los filtros deben descargarse en un punto en el que se minimice la manipulación física y luego desembalarlo como se indica a continuación.

Desembalaje

Retire las cajas de embalaje de alrededor de los cartones, tan cerca del horno como sea posible. Ponga extremo cuidado al retirar el filtro del cartón. No permita que se caigan o sacudan.

Asegúrese de que el área sea lo suficientemente grande y libre de obstáculos ya que el filtro se puede dañar. Retire con cuidado la cinta selladora de la parte superior de la caja de cartón.

- Abra y vuelva a cerrar las aletas de la caja de cartón.
- Con delicadeza, invierta la caja del filtro para colocar la parte superior descubierta del filtro sobre una superficie plana, preferentemente el piso.
- Extraiga el cartón hacia arriba, fuera del filtro.
- Retire con cuidado la bolsa de plástico del filtro.

Precaución: Intentar retirar el filtro de la caja de cartón sujetando el marco del filtro puede ocasionar un daño irreparable cuando los dedos perforan el medio delicado del filtro.

Inspección

Utilice una luz fuerte para examinar las áreas descubiertas del filtro para asegurarse de que no existen roturas, grietas o perforaciones evidentes. En un lugar más oscuro se puede utilizar una luz menos intensa, como la de una linterna.

- Busque defectos visibles con la luz proyectada en toda la longitud de cada canal creado por los separadores. Todos los separadores deben estar parejos y uniformes. Los separadores comprimidos en un borde indican un choque importante al filtro, lo que probablemente dañó el medio. Manchas translúcidas en el medio pueden indicar o no agujeros o grietas.

- Pequeñas roturas o grietas en el medio por lo general aparecen en los bordes de la superficie de los pliegues del filtro, pero con frecuencia no se detectan fácilmente. Aunque sean pequeñas, son importantes. Si la unidad de filtro se instala en estas condiciones, las grietas se agrandan por el movimiento del aire.
- Después de examinar cada canal, el inspector debe examinar con cuidado el sello adhesivo alrededor de la cara del filtro para asegurarse de que el sello está completo y sin roturas. Se debe pegar estrechamente al marco y al medio. También controle el medio en el borde del adhesivo. Las grietas capilares, el papel con hoyuelos o difuso en/o dentro de 1/2 pulgada de la junta son claves para daños ocultos en el filtro.
- Después de un escrutinio minucioso de ambas caras del filtro, se deben controlar las juntas de las esquinas del marco para observar el sellado adhesivo y la tirantez. Se debe controlar la empaquetadura alrededor del borde del marco para ver si el tope está tirante o el acoplamiento de las bandas está en buenas condiciones físicas. También se deben examinar las bandas de la empaquetadura para ver si están completamente adheridas al marco.



Reemplazo del filtro HEPA

Los filtros HEPA se deben reemplazar cuando ya no presten la función requerida. Algunas de las razones más comunes son:

- Excesiva resistencia o caída de presión en la unidad del filtro. La resistencia de un filtro HEPA aumenta al tiempo que se carga de

partículas. El flujo de aire a través de los hornos se reduce a medida que aumenta la presión estática del filtro. Esto disminuye el índice de calor que se entrega al producto. Los procesos individuales varían, pero por lo general los filtros HEPA deben cambiarse si la caída estática inicial en el filtro aumenta por 1 pulgada de agua. Por ejemplo, si la caída estática inicial de un filtro nuevo es de 1.3 pulgadas de agua, se lo debe cambiar cuando la estática aumente a 2.3. Registre la caída de presión del nuevo filtro para compararla más adelante.

- Pérdida de eficiencia (fuga), determinada por el descenso en los conteos de partículas que se realizan en la unidad de filtro.
- Daño visible o fisura del papel del filtro (lo que puede ocasionar en una caída de presión reducida en el filtro).



Instalación

Cualquier persona que instale un filtro HEPA debe saber de la alta eficiencia de rendimiento requerida. Además, debe saber que el paquete del filtro dentro de cada marco es delicado y no se lo debe dañar durante la instalación. También, se debe instalar cada filtro de manera que no pase aire sin filtrar. La superficie en la que se monta un filtro debe estar alineada, limpia, lisa, plana, sin salpicado de soldadura y lo suficientemente rígida como para comprimir completamente la empaquetadura (aproximadamente la mitad de su altura nueva o sin comprimir).

Se recomienda realizar lo siguiente:

- Retire con cuidado el filtro de la caja de cartón de envío y siga el procedimiento descrito bajo el título Desembalaje. Precaución: Desembale un filtro por vez de la manera indicada y cuando deba instalarlo.
- Inspeccione con cuidado ambas caras de la unidad del filtro para ver si presentan grietas en el medio del filtro, daños en los separadores y si se despegó el adhesivo entre el embalaje del filtro y el marco, según se describió bajo el título Inspección. Vea que las empaquetaduras estén firmemente cementadas al marco y que las piezas de la empaquetadura estén a tope o acopladas bien ajustadas a las juntas.
- Montaje vertical del filtro: siempre instale el filtro con los pliegues orientados verticalmente. Un separador del grosor adecuado de un lado al otro de los dos rodillos de sujeción inferiores puede ayudar a colocar el filtro mientras se acoplan los herrajes de sujeción.

Precaución: si se instala en la dirección equivocada, los pliegues del filtro formarán plataformas que recolectarán los materiales atrapados. El peso acumulado de los materiales puede llevar a fallas tempranas del filtro.

- Montaje horizontal del filtro: si el flujo de aire tiene una dirección constante hacia el filtro, éste debe estar orientado para minimizar la turbulencia. Eso es, el separador debe estar colocado en la dirección en que el aire se acerca al filtro. No deben estar a través de la corriente de aire, donde el aire girará sobre un borde filoso.

- Coloque el filtro de manera uniforme sobre la abertura. En este paso, sea extremadamente cuidadoso. Pida ayuda, si fuese necesario. Mantenga los dedos fuera del medio del filtro y de los separadores.
- Para compensar la presión del filtro se deben ajustar en forma sucesiva tuercas de compresión. La empaquetadura se debe comprimir de manera uniforme y pareja a aproximadamente la mitad de su altura en pies. Cuando la tuerca de sostén es de 3/8-16 NC de roscado (como es por lo general en los hornos Despatch, esto significa 2 a 3 giros después del contacto. Esto representa un torque de aproximadamente 4 a 12 libras por pie. Registre el torque para comparar los valores más adelante.
- Registre la caída de presión en cada grupo de nuevos filtros en temperatura ambiente para realizar posteriores comparaciones en caso de obstrucción.
Precaución: Los filtros de aire puro, horno y de escape con frecuencia son del mismo tamaño. Asegúrese que el filtro a instalar en un horno o de escape esté clasificado para la temperatura. Los filtros, por lo general, tienen un adhesivo elástico de color rojo entre el medio del filtro y el marco apto para temperaturas superiores a 260 °C / 500 °F y una almohadilla de fibra comprimida para usos más calientes.



Eliminación del quemado del aglutinante

El proceso de eliminación del quemado se llevará a cabo en cualquier pieza del equipo en la que se utilice un filtro HEPA nuevo a temperaturas superiores a 150 °C / 300 °F. Habrá humo, posible olor acre y un residuo

en las superficies interiores. Éste es el resultado de la oxidación del aglutinante y de la evaporación/descomposición de alguno de los agentes enfrentados.

Uno de los fabricantes de medios dice que la mayoría del aglutinante abandonará el filtro después de funcionar a una temperatura de 260 °C / 500 °F durante ocho (8) a cuarenta y ocho (48) horas. Después de 8 horas, el 4.2% del total del peso del medio se pierde y después de 48 horas se pierde el 4.8%. Después se pierde aproximadamente el 0.1%. Controle que el horno no tenga partículas o el escape de humo u olor para determinar que la eliminación de quemado ha finalizado.

Cuando el medio del filtro tiene el aglutinante quemado, se vuelve muy frágil. Luego, es posible que un filtro no se mantenga firme para resistir la manipulación normal ni el traslado. No espere un buen rendimiento de HEPA si los filtros HEPA se manipulan después de eliminar el quemado del aglutinante.

Se obtienen ventajas significativas en las características de resistencia del papel y de derramamiento para algunos filtros si se deja algo del aglutinante en el medio (eliminación del quemado por debajo de 220 °C / 428 °F; y cuanto más bajo, mejor). Sin embargo, la eliminación del quemado se debe realizar a/o por encima de la temperatura máxima del proceso. Si la eliminación del quemado del aglutinante se realiza por debajo de 260 °C / 500 °F, es muy atinado recordar de que se eliminará más humo cuando el horno se calienta por encima de este máximo de temperatura de proceso.

Seleccione un lugar para realizar este proceso donde el humo y el olor generado se ventilen con la menor cantidad de interrupciones y de inconvenientes. Sería ideal que se realizara en la ubicación final del horno. Sin embargo, podría ser una dársena de recepción, algún espacio bien ventilado o incluso en el exterior, si el clima es adecuado. Si este lugar es un área muy limpia, debe ponerse especial atención a una conexión de escape que capture el humo y el olor.

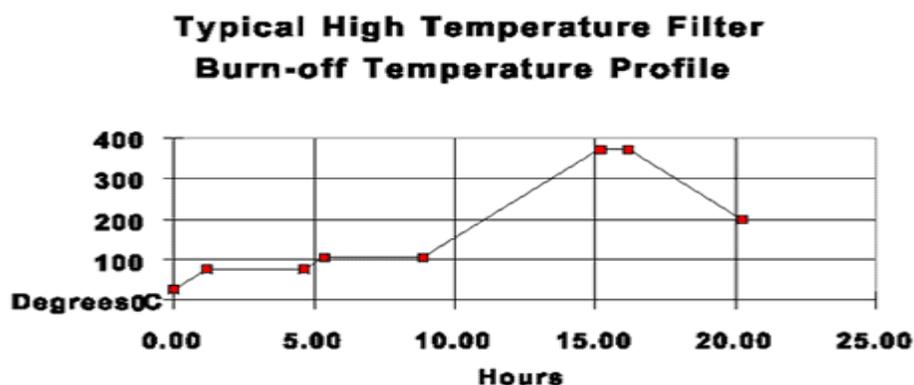
Se recomienda actuar de la siguiente forma:

- Coloque la abertura de escape del equipo donde se expulse el aire de la cámara. Si la eliminación del quemado del filtro del horno se realiza en un área limpia, asegúrese de manipular adecuadamente el escape del equipo. Si el equipo es grande y la chimenea de escape es una conexión de servicio permanente, se deberá conectar antes de ejecutar el proceso de eliminación del quemado. Si el equipo es pequeño y no requiere un conducto de escape permanente, disponga una conexión temporaria fuera del área limpia, eso manipulará la máxima temperatura del equipo. Dirija el humo y el olor hacia el exterior o a un área muy ventilada.
- Filtros para temperaturas inferiores a 260°C/500°F: Fije el control de temperatura a la temperatura máxima del proceso.
- Filtros para temperaturas superiores a 260°C/500°F: Para maximizar la vida útil del filtro, fije el control para ascender la temperatura del horno a 1 grado C (1.8 °F) por minuto o más lento. Programe 3 horas de remojo a 75°C/167°F, un remojo de 3.5 horas a 105°C/220°F y 1 hora de remojo a la temperatura máxima de la cámara más 5 a 10 °C (9 a 18 °F) durante el primer

ascenso de temperatura. El filtro no se debe enfriar más rápido que a 1°C por minuto. El índice de ascenso limitado y de remojos endurecerán el adhesivo de cerámica de estos filtros a la resistencia máxima, durante el primer ciclo.

- Inicie los ventiladores después de realizar las conexiones de energía eléctrica.
- Dé energía al calentador de equipo.
- Elimine el quemado del filtro hasta que el aire de descenso sea lo suficientemente limpio para el proceso.
- Utilice suficiente aire puro o purgue con nitrógeno para extraer el humo, al tiempo que todavía pueda lograr y mantener la temperatura necesaria.

Figura 36. Filtro de alta temperatura típica



Fuente: Tecnología de Tratamiento Térmico (<http://es.despatch.com>).

Consultada el 29 de febrero de 2012.

- La finalización del período de eliminación del quemado se basará en el nivel de partículas en el horno. A la misma temperatura, el medio laminado llevará más tiempo que el medio HEPA estándar para eliminar el quemado de acuerdo a un nivel especial de limpieza. Ambos tipos de medios eliminarán el quemado más rápido a temperaturas más elevadas. Ninguno tiene un final de proceso de eliminación del quemado claramente definido y continuarán limpiando durante el funcionamiento del horno. El medio laminado por lo general limpiará a un nivel de partícula inferior que el medio estándar. Filtros para temperaturas inferiores a 260°C/500°F: Normalmente limpian dentro de las 72 horas a 500°F. Filtros para temperaturas superiores a 260°C/500°F: Normalmente limpian dentro de las 24 horas a 750 °F.
- Si fuese necesario mover el equipo después del proceso de eliminación del quemado (lo que no se recomienda), se debe poner especial cuidado. El aglutinante que le proporciona resistencia a los nuevos filtros ahora ya no están y el medio es muy frágil. Desestime por completo cualquier manipulación del filtro solamente o del equipo con el filtro instalado. El medio se puede agrietar o desgarrar (fuga).
- Para realizar un mejor proceso de limpieza del horno, se recomienda limpiarlo minuciosamente después del período de eliminación del quemado y a intervalos regulares de ahí en adelante.
- Después de la eliminación del quemado deben controlarse las tuercas de sostén del filtro y ajustarlas si fuese necesario. Para

obtener mejores resultados, este paso también se debe repetir con regularidad. Se sabe que la mayoría de las empaquetaduras del horno toman una postura y por lo tanto requieren que se las ajusten después del calentamiento



Prueba

Después de la instalación los filtros deben controlarse con frecuencia para ver si presentan fugas. No se recomienda utilizar DOP ni agentes enfrentados similares en los hornos debido a su comportamiento a temperaturas elevadas.

Las pruebas varían ampliamente entre las diferentes compañías. Sin embargo, debe resaltarse que no son necesarias las pruebas de eficiencia de los filtros de recirculación. Por lo general, es suficiente que el filtro sea capaz de mantener la clase de limpieza que el horno requiere. Esto se debe hacer después de la eliminación del quemado del aglutinante. Una manera de controlar el nivel de partícula, en un horno a temperatura elevada, es extraer muestras del aire que sale por los intercambiadores de calor a un contador de partículas.

Otra manera es determinar una correlación entre el índice de asentamiento en láminas de monitores a temperatura ambiente. Luego, las láminas de monitoreo se utilizan en el horno a través del ciclo del horno. Para obtener más información, comuníquese con la fábrica.

6.1.4. Instalación de lámparas

Las lámparas quirúrgicas son dispositivos que emiten una luz la cual ilumina un campo quirúrgico por un tiempo prolongado, para una visualización

óptima de objetos pequeños y de bajo contraste en profundidades variables o a través de incisiones pequeñas. Por otro lado la adecuada selección de las mismas contribuyen en Eficiencia y Ahorro energético principio de Producción más Limpia.

Además de proporcionar suficiente iluminación, este tipo de luz reduce las sombras y produce una mínima distorsión del color.

Debido a que estos dispositivos son utilizados por periodos prolongados, es necesario el uso de dispositivos que limiten la cantidad de calor radiante que pudiera causar molestias y daños al tejido que se encuentra en el campo quirúrgico.

Las lámparas quirúrgicas operan a través de la generación de luz que proviene de una fuente encontrada en la cabeza de la lámpara, la cual normalmente es un foco o un arreglo de focos que reflejan la luz a través de reflectores o espejos.

Las lámparas se encuentran montadas en uno o varios brazos porta lámparas que permiten una rotación ilimitada y movimiento vertical.

Para lograr una configuración flexible de posicionamiento se usan mangos desmontables, esterilizables o desechables, así como con frenos automáticos para controlar y mantener una ubicación por arriba y alrededor del campo quirúrgico.

Los factores que se deben de tomar en consideración en una lámpara de quirófano son:



Iluminación

La iluminación de un quirófano siempre debe de ser diseñada tomando en consideración tanto la generada por las lámparas quirúrgicas y las propias del quirófano o lámparas complementarias.

La iluminancia de las lámparas complementarias deben de ser de 1000 lux en todo el quirófano y el color debe de ser lo más parecida a la de las lámparas quirúrgicas.

La iluminancia de 100,000 lux equivale a la emitida por el sol a mediodía. Debido a que en la zona de operaciones una gran parte de la luz no se ve reflejada, sino absorbida, las lámparas de quirófanos han de suministrar una cantidad de luz especialmente elevada.

Las lámparas de quirófano deben de generar una iluminancia sobre el campo quirúrgico entre 20,000 y 100,000 lux.



Calidad del color: expresada por medio de la temperatura de color y del índice de reproducción de color.

La curva de temperatura de color de Planck muestra lo siguiente: la luz con una temperatura de color baja contiene preferentemente componentes de amarillo y de rojo. La luz es blanca únicamente a partir de unos 4.500 Kelvin. Dentro de este campo se encuentra también la temperatura de color de la luz diurna. Y como mejor ve el ojo humano es con la luz diurna.

La temperatura de color que deben de emitir las lámparas quirúrgicas debe de estar dentro del rango de 4000 a 5000 K.

El índice de reproducción de color expresa el efecto que la luz tiene sobre la apariencia de los tejidos en un campo quirúrgico. (Ej. Hipoxia).

Este método fue desarrollado por la Comisión Internacional sobre iluminación (CIE por sus siglas en francés Commission Internationale de l'Eclairage) y está basado en una escala de 0 a 100 para expresar la habilidad de la luz para igualar la reproducción de una luminaria de referencia con una temperatura de color establecida. Una lámpara con baja iluminancia requiere de un índice de reproducción alto para lograr un brillo y una buena claridad visual para lograr una buena percepción visual. El índice de reproducción es de mucha utilidad para comparar diferentes tipos de luces del mismo color de temperatura.



Diámetro de campo iluminado.

Las lámparas quirúrgicas producen planos de luz que se juntan para formar un cilindro de luz homogénea.

El campo iluminado debe de tener un diámetro de campo mínimo de 20 cm y una profundidad de campo de trabajo de 70 cm como mínimo.



Calor.

Luz significa luminosidad, pero también calor. Especialmente en aquellos casos en los que las operaciones se prolongan durante mucho tiempo puede llegar a ser muy molesto para el cirujano el calor, que se genera a causa del componente de infrarrojos de la luz. Además el calor seca los tejidos en el quirófano.

El cirujano necesita luz suficiente al realizar una operación, pero ningún calor. Se debe de considerar un incremento máximo en la zona de la cabeza del cirujano de 2°C y en la zona de operación de 15°C como máximo.

Para prevenir calentamiento de los tejidos expuestos en el sitio de operación, la eficacia luminosa o rendimiento de iluminación en el campo

quirúrgico debe de ser de cuando menos 170 lm/W, lo cual nos daría una radiación menor de 600 W/m² para una iluminancia de 100000 lux.



Tipos de lámparas quirúrgicas

Las lámparas quirúrgicas se diferencian principalmente por la forma de generación de la luz con el objetivo de minimizar las sombras por interposición de cuerpos.

- Lámpara con una luminaria. Normalmente se encuentra con reflectores periféricos.
Este tipo de equipos debe de contar con una bombilla de repuesto o de emergencia con reemplazo automático con el objeto de no afectar la intensidad luminosa o la calidad de la iluminación en ningún momento.
- El equipo debe de tener un indicador en el panel de control que muestre la necesidad del cambio de la bombilla defectuosa. En caso de falla de una lámpara, la iluminancia no debe de disminuir en más de 50%.
- Lámpara multifocal. En este tipo de lámparas las luces se enfocan para maximizar la iluminación en el área deseada.
- Lámpara quirúrgica portátil. La cual es utilizada para iluminar el campo quirúrgico en caso de suspensión del suministro de energía eléctrica de corriente alterna. Este tipo de lámparas cuenta con un batería recargable la cual debe de asegurar un funcionamiento continuo sin variación de calidad de la luz por lo menos durante 3 horas. Tanto las lámparas con una luminaria y las multifocales pueden a su vez contar con dos o más satélites.

También se pueden incluir accesorios como:

Sistema de video con cámara. Estas cámaras son muy útiles para la documentación, consulta y entrenamiento. Y pueden fijarse a la lámpara en sí o uno de los brazo adjuntos. Algunas de estas cámaras son fijas y otras son intercambiables, lo que nos facilita el poder colocarlas en quirófanos diferentes y no depender de una sola sala para la grabación de la operación.

Brazos adicionales. A los cuales se les pueden colocar monitores o repisas para sistemas de video.

6.1.5. Cielos tipo losa

Los cielos falsos o rasos son elementos constructivos que definen visualmente la superficie superior de un local, reduciendo su altura, ocultando estructuras como tuberías y otras instalaciones, mejorando de esa manera el confort térmico e integrándose como un elemento decorativo. La tabla yeso es un material muy efectivo en su utilización para este tipo de elementos ya que provee de aislamiento tanto térmico como acústico, características que ayudan a contribuir a cumplir los parámetros de climatización dentro de los quirófanos

Los materiales utilizados para garantizar la óptima eficiencia de los mismos y el cumplimiento de la aplicación de Producción más Limpia, certificados bajo normas ISO 14001 u otra de protección del medio ambiente para garantizar la minimización de contaminantes y prevención de los mismos

Los cielorrasos se pueden colocar de dos maneras, ya sea anclados que son aquellos en que una estructura de madera sirve de soporte directo a las láminas que van ancladas por la parte inferior; o bien suspendidos el cual será el método que explicaremos y que consiste en que desde la estructura principal

se suspende una estructura liviana y modulada que sirve de soporte a las láminas que conforman el cielorraso.

6.1.6. Aplicación de pintura FDA

Al igual que los pisos hoy en día las pinturas utilizadas y aprobadas por la FDA están garantizadas con la protección del medio ambiente lo que nos garantizará la eficiencia óptima para la aplicación de Producción más Limpia por la prevención de contaminantes.

Muchas veces, tanto en el campo arquitectónico como en la industria de la construcción, aparte de las aplicaciones específicas en diversas áreas, se necesitan pinturas que cumplan requerimientos más exigentes que los que puede ofrecer una pintura FDA o en todo caso un Esmalte Sintético, específicamente cuando las condiciones ambientales son difíciles y por el tipo de requerimientos, como cuando se deben proteger superficies metálicas de tanques, tuberías, estructuras, plantas químicas de tratamiento de aguas, bebidas o alimentos, maquinarias, recubrimientos para piso, empacadoras, hospitales, estructuras de puentes de madera, metal, o concreto y ambientes interiores o exteriores con alta contaminación industrial, etc., donde es recomendable el uso de las pinturas epóxicas.

Para la aplicación de pinturas epóxicas, la preparación de las superficies es muy importante y se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✚ Las superficies deben estar libres de humedad, polvo, mugre, grasa, cera, pintura deteriorada, hongos, óxido, o cualquier otro contaminante, lo que permitirá asegurar una buena adherencia. Para el caso de

superficies de hormigón o paredes enlucidas con mortero arena-cemento se recomienda la limpieza previa con una solución de ácido muriático o productos específicos como el Muriaquim, luego lijar, rasquetear o realizar cualquier procedimiento que permita tener una superficie totalmente libre de impurezas y un P.H. equilibrado. Si la factibilidad lo permite es importante el uso de herramientas mecánicas como lijadoras, amoladoras etc.



En el caso de no lograr una limpieza adecuada, se recomienda el uso de sistemas de limpieza con chorro abrasivo, por lo general arena fina lanzada a gran velocidad con equipos específicos, lográndose de esta manera una limpieza profunda, tanto en superficies de hormigón como en metálicas; existen otros métodos de limpieza, especialmente para metales, como el uso de chorro abrasivo mediante aire comprimido. Estos medios de limpieza profunda, denominados de metal blanco, que constituye el color metálico uniforme ligeramente rugoso, permitirán un patrón de anclaje excelente para la pintura, siendo recomendable su aplicación en forma inmediata, ya que un metal sometido a este tipo de limpieza corre el riesgo de oxidarse rápidamente. Los metales deben estar protegidos con un primer anticorrosivo, apropiado para las condiciones ambientales que deban soportar.

Las pinturas no epóxicas se remueven o ablandan al aplicarles una pintura epóxica, por lo tanto es mejor utilizar un removedor de pinturas con el objeto de eliminarlas o, métodos mecánicos.

6.2. Eficiencia de consumo energético

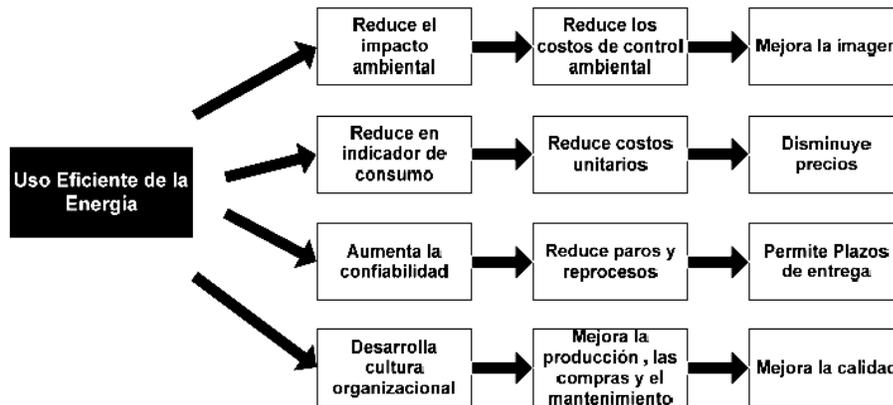
La eficiencia energética y la conservación de la energía son dos conceptos muy relacionados entre sí pero diferentes. La conservación de la energía es obtenida cuando se reduce el consumo de la energía, medido en sus términos físicos. Es el resultado, por ejemplo, del incremento de la productividad o el desarrollo de tecnologías de menores consumos de energía.

La eficiencia energética es obtenida, sin embargo, cuando se reduce la intensidad energética de un producto dado (consumo de energía por unidad de producto), o cuando el consumo de energía es reducido sin afectar la cantidad producida o los niveles de confort. La eficiencia energética contribuye a la conservación de la energía. Lo que se persigue en ambas es mitigar la situación de que la humanidad, en los últimos 200 años ha consumido el 60% de los recursos energéticos fósiles que fueron creados durante 3 millones de años, pero en un caso se espera reducir el valor total del consumo y en otro ser más eficiente en el uso.

6.2.1. Elevar la eficiencia energética

A nivel global los beneficios de la eficiencia energética son la reducción de las emisiones contaminantes y la contribución al desarrollo sustentable. A nivel de Nación, la conservación de los recursos energéticos límites, la mejora de la seguridad energética. la reducción de las importaciones de energéticos y la reducción de costos que pueden ser utilizados para el desarrollo. A nivel de empresa el incremento de la eficiencia energética reduce las cuentas de energía, incrementa la competitividad, eleva la productividad y las ganancias.

Figura 37. **Ventajas del uso eficiente de la energía**



Fuente: Beneficios de eficiencia energética en un programa P+L (www.cpmlnic.org.ni).

Consultada el 01 de marzo de 2012.

En la identificación y cuantificación de los consumos energéticos de cada área de la empresa, se analiza cómo se está utilizando la energía y se elaboran medidas de ahorro. La Producción más Limpia sugiere una serie de pasos para alcanzar dicho objetivo.

6.2.2. Pasos para eficiencia energética en Producción más Limpia

1er. Paso conocer el proceso.

- Organización de los recursos
- Estructuración del tiempo.
- Instrumentación

2do. Paso inspección visual y recorrido de la planta.

Seleccione personal de la empresa, utilice los planos disponibles o realice bosquejos con la ayuda del personal de la planta.

Sistemas que se analizan.

- Secadores, calderas, hornos, etc.
- Cubierta del edificio
- Iluminación
- Ventilación
- Calefacción
- Enfriamiento
- Sistema de agua, incluyendo distribución de vapor y condensado
- Sistemas de distribución tales como aire comprimido, fluidos térmicos

3er. Paso solicite y analice los procedimientos que se utilizan para los informes de energía.

4to. Paso solicite y analice procedimientos para los informes de producción.

5to. Paso señale en el bosquejo el flujo de energía.

6to. Paso identifique las oportunidades de conservación.

7mo. Paso evaluación de los datos

- Control de la explotación de los sistemas.
- Definición de puntos básicos para el mantenimiento.

- Determinación de los puntos sobre los que se debe actuar para reducir el consumo, así como una buena indicación para fijar las prioridades.

8vo. Paso evalué el nivel de eficiencia energética de la empresa.

- Establecer parámetros de comparación
- Establecer medidas técnicas organizativas o necesidades de inversión.

9no. Paso evaluación económica del plan de medidas propuesto.

10mo. Paso plan de acción.

- Recomendaciones para la implementación del plan de medidas.
- Se propondrá un cronograma de implementación del plan de medidas

11vo. Paso plan de monitoreo en base a los indicadores establecidos

6.2.3. Medidas de eficiencia energética típicas

Las medidas a ser consideradas para el aumento de la eficiencia energética se describen a continuación:

- Reducir la presión de condensación de todas líneas de proceso.
- Hermetizar las áreas administrativas.
- Eliminar fugas de aire comprimido.
- Bajar la presión de descarga de los compresores

- Aumentar la eficiencia de la caldera, regulando el exceso de aire para la combustión.
- Reducir la presión de condensación.
- Mejorar las operaciones del proceso con el fin de disminuir el tiempo operación.
- Reagrupación de unidades aire acondicionado.
- Reagrupación y sustitución de equipos con mejor indicador de relación de eficiencia energética.
- Disminución del tiempo del trabajo través de implementar programa de producción mejorado.
- Recuperación del condensado.
- Reducción de calor por infiltración a través del aislamiento de techos.
- Banco de capacitores para compensar factor de potencia.
- Recuperación de calor en hornos y chimenea.
- Reducir pérdidas de la carga de enfriamiento.
- Optimización del proceso de procesos.
- Establecer controles.

6.3. Acciones de mitigación

El término mitigación (sinónimo de reducción), abarca todas aquellas acciones tendientes a reducir la exposición o la vulnerabilidad de una comunidad, de un elemento o de un sistema, amenazados por uno o por varios fenómenos de origen natural o tecnológico previsible. Las principales medidas de mitigación se conciben en el mediano y largo plazo, e incluyen tanto medidas de planificación del desarrollo medidas ingenieriles tales como obras de protección y medidas de relocalización, estas últimas normalmente se toman cuando la exposición a un fenómeno previsible es considerada como alta.

Mientras que la atención, son todas las acciones dirigidas a controlar los efectos de un fenómeno desastroso, desde el momento de su ocurrencia (o si ello es posible, desde el instante en que se prevé su inminencia), hasta la superación de las consecuencias más graves y básicas, situación donde está involucrado los establecimientos de salud (los hospitales). Entendiéndose por desastre, un problema del desajuste, entre las dinámicas de la sociedad, sus logros y desarrollos tecnológicos, con las de la naturaleza.

El hospital es una estructura fundamental para la seguridad de la población, su salida de operación genera un gran impacto tanto social como político, es eje en la etapa de mitigación, ya que aminorar el impacto del desastre, debido que algunas veces no es posible evitar sus consecuencias.

Por el papel que juega el hospital, en la atención de desastre (prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la comunidad), desde su concepción se debe decidir su ubicación, planificación, diseño, construcción, mantenimiento, operación, por lo cual deben ser considerados múltiples aspectos, que van desde la planificación adecuada para casos de atención de desastres hasta la instalación de equipos y elementos no estructurales diversos pasando por los requisitos de resistencia estructural, debe tomar en consideración la prevención y mitigación de riesgos, debido a los factores de:

- ✚ Complejidad y sus características de ocupación;
- ✚ Papel durante la situación de desastre.

La mitigación, resulta de la aplicación de un conjunto de medidas tendientes a reducir el riesgo y a eliminar la vulnerabilidad física, social y económica, por lo que es la etapa de más eficiencia y económica en términos de inversión de recursos y del costo social. En algunos lugares, la red

hospitalaria suele ser planificada o construida sin considerar algunos o ninguno de los aspectos de seguridad y vulnerabilidad, las modificaciones que sufren luego por lo general solo tienden a incrementarlas, no se consideran las medidas de mitigación, así como carecen de programas sistemáticos de mantenimiento preventivo, incrementando la posibilidad de daños frente a eventos menores.

Los costos de mitigación de centros dispensadores de salud públicos (hospitales, ambulatorios, clínicas y otros) como privados, varían de acuerdo a la amenaza y el grado de medidas de intervención, las medidas más sencillas y económicas son las relacionadas con los aspectos no estructurales y funcionales / organizativas, siendo las más complejas y costosas las medidas estructurales.

El incorporar medidas de mitigación en un hospital o establecimiento de salud, es con objetivo de proteger no sólo la inversión realizada, sino proteger la vida de sus ocupantes, en el momento que ocurre el desastre, como asegurar el continuo y correcto funcionamiento de los servicios y limitar los daños para una fácil recuperación. Razón por la cual contempla aspectos de organización de los recursos: humanos y materiales (vía de acceso, continuidad del abastecimiento, etc.) como aspectos físicos: estructurales como no estructurales (instalaciones básicas, elementos arquitectónicos y equipamiento).

Reparación hospitalaria para casos de desastre tiene una finalidad distinta en que se acepta la ocurrencia de consecuencia sobre la salud, pero se pretende mejorar la respuesta de emergencia a través de la formulación de planes, de capacitación del personal, de simulacros y de reservas de equipamiento de socorro. Se estima que el valor de los estudios de evaluación de la vulnerabilidad hospitalaria (aspectos estructurales, no estructurales y

funcionales) no sobrepasa un 0,3% del costo total del hospital, aunque ésta cifra dependerá realmente del tamaño, complejidad del hospital y mantenimiento.

6.3.1. Vulnerabilidad de las instalaciones hospitalarias

Por ser los hospitales, instalaciones esenciales para enfrentar un desastre, se debe vigilar y disminuir al mínimo su vulnerabilidad, la cual por lo general se debe: Por su complejidad: ya que cumplen funciones de hotel, oficinas, diagnóstico, tratamiento y almacén:

- ✚ Por su ocupación: son edificios con un alto índice de ocupación, alojan pacientes, empleados, personal y visitantes, las 24 horas al día, los 365 días del año, están provisto por equipos especiales, los cuales algunos ameritan gases, fluidos eléctricos permanentemente y que un número de pacientes requieren de su ayuda para sobrevivir.
- ✚ Por los suministros: críticos que requieren y son esenciales para los pacientes y son cruciales para el tratamiento de víctimas.
- ✚ Por las instalaciones básicas: depende de servicios públicos, electricidad, agua, gases clínicos, red de vapor, oxígeno, combustible, recolección de basura, comunicaciones, para poder funcionar.
- ✚ Por el manejo de materiales peligrosos: que muchos de los hospitales manejan como insumos o producen, puede constituir amenazas por toxicidad (líquida, gaseosa) o drogas que pueden convertirse en objetos de abusos al romperse las normas de seguridad. Así como los artículos pesados (equipos), corren el riesgo de convertirse en amenazas.

6.3.2. El establecimiento hospitalario durante situaciones de desastre

Se consideran:

-  El tratamiento de los pacientes debe continuar durante y después de una emergencia o desastre.
-  La protección de todos los ocupantes debe estar asegurada (por lo cual se debe hacer un análisis de vulnerabilidad de las instalaciones, de ser necesario debe ser reforzada con los requisitos actuales de diseño y construcción, de no ser posible, los planes de emergencia debe ajustarse a la vulnerabilidad existente).
-  En algún momento crítico durante la emergencia o desastre puede ser necesario evacuar pacientes, por lo que el ordenamiento sistemático y una fácil movilización del personal, de equipos y suministro dentro de un ambiente seguro es fundamental.

Hay que tener presente una interdependencia de procesos, edificaciones, equipamiento y de que dicha organización incluye el establecimiento de un comité, dedicado a formular y ejecutar las medidas para la mitigación de desastre y a planificar la respuesta en caso de emergencia. La experiencia indica que se deben hacer consideraciones en el diseño y construcción de las edificaciones, con el fin de proveer seguridad y preservar áreas críticas del hospital, tales como: el servicio de emergencias, servicios diagnósticos, área quirúrgica, farmacia, almacén, cocina entre otros, la mayoría de los hospitales en América Latina y el Caribe han mostrado ser vulnerables a la distribución de los sectores para la atención masiva de heridos, y en la ubicación y disposición

de sus componentes no estructurales. En lo que respecta al equipamiento, hay más problemas cuando el desastre es un sismo que en el caso de tormentas, huracanes o riadas. Muchos de los daños pueden ser evitados mediante medidas de mitigación, inspecciones regulares, y el mantenimiento apropiado.

6.3.3. Estimación de daños en hospitales con posterioridad a un desastre

Las evaluaciones sugieren que debe ser un trabajo multidisciplinario y establecer una estrategia que permita desarrollar las actividades del hospital, para ello lo primero será identificar el tipo de instalación dañada, luego se efectúa el análisis económico y estimar los efectos indirectos que se derivan de la disminución de los servicios prestados normalmente, más el costo por la atención de los damnificados en instalaciones provisionales mientras dura el proceso de reconstrucción o el traslado de estos a otras instalaciones. La naturaleza de los daños indirectos pueden ser muy variada; si bien se destacan:

Mayor riesgo de propagación de enfermedades infecto-contagiosas y de efectos nocivos para la salud, mayores costos-públicos y privados por la atención hospitalaria, ambulatoria y asistencia de salud. Disminución de la calidad de vida de la población afectada. Es grave el deterioro del patrimonio social, especialmente el de servicios generales a la población de escasos recursos. Los daños a los establecimientos hospitalarios pueden llegar a recrudecer las carencias de un sistema nacional de salud, alterando o postergando la atención básica a la población.

6.3.4. Niveles a considerar luego de daños a las estructuras sanitarias

Según expertos: EERI (Earthquake Engineering Research Institute), Ghoush, Cardona O.D., Sarmiento J.P., Biltrán D., OFDA/USAID, OPS/OMS, PAHO entre otras. Sobre los niveles se consideran.

-  Nivel de protección de la vida: es el estado posterior al desastre, en el cual se presenta daño significativo en la estructura, aunque se cuenta con un cierto rango de protección contra el colapso parcial o total. La mayoría de los componentes estructurales y no estructurales no han caído. Las rutas de evacuación permanecen operacionales, aunque limitadas por acumulaciones de escombros no significativa, pero se espera que las lesiones no sean de magnitud tal que puedan cobrar la vida de los afectados. Es posible reparar la estructura, aunque en algunos casos esto podría resultar poco práctico desde el punto de vista económico.

-  Nivel de prevención del colapso: la edificación puede sufrir un colapso parcial o total como consecuencia de la degradación de la rigidez o de la resistencia del sistema portante ante las fuerzas laterales, la deformación lateral permanente de la estructura o la disminución de su capacidad para soportar cargas verticales. No obstante, todos los componentes básicos del sistema resistente a cargas gravitacionales pueden continuar funcionando y aunque el edificio puede mantener su estabilidad, existe un riesgo grave de heridos debido a la caída de objetos. Es probable que no sea práctico reforzar la estructura, y el edificio no es seguro para su ocupación inmediata, puesto que las actividades consecuentes pueden

inducir su colapso. Tal como es especificado en The Basic Of. Seismic Risk Analysis en 1990, elaborado por EERI.

No es posible efectuar una intervención eficiente y efectiva de la vulnerabilidad no estructural y administrativo-organizativa si no se adelanta de manera simultánea o previa la intervención de la vulnerabilidad estructural. La evaluación del estado de una construcción existente puede hacer surgir serias dudas sobre su capacidad para soportar eventos sísmicos. En algunos países se han desarrollado campañas de refuerzo de edificios existentes a efectos de reducir su vulnerabilidad, a principio puede pensarse que el refuerzo debería ser obligatorio para edificios esenciales y que resultan vulnerables luego de las evaluaciones de vulnerabilidad estructural.

- ✚ Nivel de operación permanente: el edificio permanece en condiciones aptas para su uso normal, aunque tal vez con algunas limitaciones. Todos los sistemas de abastecimiento y servicios básicos deben quedar operando.
- ✚ Nivel de ocupación inmediata: Únicamente se presentan daños muy limitados en la estructura y en los componentes no estructurales. El daño no estructural es mínimo, de modo que pueden ser reparados rápidamente. Por su naturaleza, las construcciones hospitalarias tienden a ser construcciones de gran envergadura y complejidad, lo que conduce a que en muchos casos presenten esquemas de configuración complejos.

6.3.5. Reducción del riesgo de hospitales

La administración de salud en América Latina, con el fin de mejorar la asignación y utilización de recursos, promueve el desarrollo armónico de la infraestructura en relación con las necesidades de la comunidad y la relación con la reducción del riesgo por desastres naturales: de acuerdo a un análisis de la demanda hospitalaria, la evaluación y reducción de la vulnerabilidad.

El análisis de la demanda hospitalaria se refiere a la planificación, organización y estructura como: la red hospitalaria, crecimiento, clasificación por niveles de atención (certificación o acreditación hospitalaria), sistema de referencia y contra referencias. Hay un potencial por desastre de origen natural o antrópico, que puede generar frecuentemente modificaciones en el funcionamiento de los sistemas de salud, pudiendo ser específico para cada evento (tipo, magnitud, intensidad y duración), lugar, población e infraestructura expuesta, relacionados con la información epidemiológica y en general con el diagnóstico de salud de la región.

Esta información debe confrontarse con la capacidad de resolución de los servicios, en el caso de ocurrencia de un desastre. Este análisis sirve para identificar variables que influyen negativamente, a fin de intervenirlas.

En lo que respecta a la evaluación y reducción de la vulnerabilidad, debido a la importancia de contar con la infraestructura hospitalaria después de un desastre, que pueda dar una eficiente respuesta, es necesario que la administración del hospital realice estudios de la vulnerabilidad estructural, no estructural y administrativo-organizativa de los servicios, ya que sólo se podrá determinar la vulnerabilidad hospitalaria, cuando se haga un estudio de vulnerabilidad integral, el cual podría iniciarse con una inspección visual de las

instalaciones y la preparación de un reporte preliminar de evaluación, realizada para un grupo de expertos en el tema. La inspección permite identificar áreas que requieran atención.

Vulnerabilidad estructural, se refiere a las partes del hospital (edificio) que lo mantiene en pie (cimientos, columnas, muros portantes, vigas y diafragmas), diseñados para transmitir fuerzas horizontales, deberán contemplar normas de sismo resistencia, provee criterios de diseño con el fin de evitar que colapse, asegurando su funcionamiento con posterioridad a la ocurrencia del sismo, tsunami, deslave, es decir, cualquier evento catalogado como desastre

Vulnerabilidad no estructural, se refiere a los componentes del hospital (edificio) que están unidos a las partes estructurales y que cumplen funciones esenciales en el hospital (plomería, aire acondicionado, conexión eléctrica), o que están dentro del hospital (equipos: médicos, mecánicos, muebles, etc.) y están agrupados en tres categorías: componentes arquitectónicos, instalaciones y equipos. Por lo general representan un valor económico superior al costo de la estructura (algo más del 80% del costo total del hospital).

Vulnerabilidad administrativo-organizativa, comprende la distribución y relación entre los espacios arquitectónicos y los servicios médicos y de apoyo al interior de los hospitales, así como a los procesos administrativos (contrataciones, adquisiciones, rutinas de mantenimiento, etc.) y a las relaciones de dependencia física y funcional entre las diferentes áreas de un hospital. Una adecuada zonificación y relación entre las áreas que componen el establecimiento, puede garantizar, no solamente un adecuado funcionamiento en condiciones de normalidad, sino también en caso de emergencia o desastres, pueden garantizar una adecuada atención y evita un colapso funcional.

Es responsabilidad del administrador de salud considerar los aspectos anteriores, con el fin de reducir las pérdidas potenciales de los servicios y el impacto social de los desastres cuando, en el momento en que más se los necesita, este tipo de servicios y de atención no pueden ofrecerse, con el grado de eficiencia que requiere la población. El administrador de salud debe identificar oportunidades para incorporar conceptos de prevención y mitigación de desastres.

La coordinación con los entes gubernamentales y privados que tiene a su cargo el estudio de condiciones geológicas, sismológicas e hidrometeorológicas, le permitirá conocer las diferentes amenazas, a las cuales estarán sometidos los establecimientos de salud existentes o que estén en fase de proyecto, de forma que permitan tomar las medidas de prevención y mitigación pertinentes, para disminuir la vulnerabilidad general de la infraestructura hospitalaria.

Para esto es necesario que los encargados de la administración hospitalaria, establezcan un balance entre el costo de la inversión y el beneficio esperado, que les permita por último definir un nivel admisible de riesgo, al cual se llegará una vez se hayan aplicado las medidas correspondientes. La actividad de planificación es permanente. Es considerablemente más económico construir un centro asistencial con técnicas sismo resistente o efectuar un refuerzo de un edificio construido, que la pérdida económica resultante del colapso del edificio hospitalario con la consecuente morbi-mortalidad, la pérdida de equipos y la interrupción de la prestación de servicios de salud.

La reducción del riesgo en hospitales y en los establecimientos de la salud en general ha sido promovida de manera insistente en los últimos años en la

región de América Latina y el Caribe, eleva el nivel de seguridad de la infraestructura de salud en los países. La Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), ha realizado esfuerzos para lograr la voluntad política de las autoridades de salud y ha promovido la divulgación y capacitación técnica de los profesionales involucrados, impulsando el trabajo multidisciplinario.

Un hospital preparado para enfrentar situaciones de desastre, es aquel en el cual se identifican 4 etapas para su desarrollo:

- Un diagnóstico de vulnerabilidad en cada hospital de niveles II, III y IV de atención, que corresponden a los de mayor complejidad, de acuerdo con las amenazas presentes.
- Una evaluación exhaustiva de la vulnerabilidad.
- Una validación de los resultados obtenidos en las etapas anteriores por parte de un ente competente a nivel nacional.
- Un reconocimiento con carácter internacional para aquellos establecimientos que cumplan con los parámetros establecidos por el cuerpo colegiado nacional en la etapa, que les permita ser considerados como hospitales seguros.

Las formas y estrategias para implementar las medidas de prevención y mitigación, en establecimientos hospitalarios, dependerán de sí estos ya existen o están por construirse; el componente estructural debe ser considerado durante la etapa de diseño y construcción, cuando se trata de un nuevo edificio, o durante una etapa de reparación, remodelación o mantenimiento, cuando se trata de un edificio ya construido, en la planificación de un hospital nuevo o

necesario tener en cuenta que una de las mayores causas de daños en edificaciones han sido los esquemas arquitectónicos-estructurales nocivos.

Dada la naturaleza errática de los sismos, así como la posibilidad de que se exceda el nivel de diseño, es aconsejable evitar el planteamiento de configuraciones riesgosas, independientemente del grado de sofisticación que sea posible lograr en el análisis de cada caso, los hospitales, que deberían ser las últimas estructuras en ser afectadas, con el fin de evitar enormes pérdidas económicas y sociales.

Debido a que muchas edificaciones hospitalarias fueron construidas hace mucho tiempo y otras no han sido diseñadas ni construidas con normas sismo resistentes, surgen dudas con respecto a la certeza de que dichas edificaciones puedan seguir funcionando con posterioridad a un sismo u otro desastre, por lo cual se hace imperativa una revisión lo más detallada posible, sobre la capacidad de la estructura de soportar, mediante estudios de vulnerabilidad.

Los daños estructurales son de acuerdo con una buena normativa sismo resistente, donde la construcción es sometida a una supervisión estricta y donde el sismo de diseño es representativo de la amenaza sísmica, donde no se han dado estas circunstancias. La ductilidad y redundancia estructural han resultado ser los medios más efectivos para proporcionar seguridad contra el colapso.

Es importante destacar, que el solo hecho de diseñar de acuerdo con un código, no siempre salvaguarda contra el daño producido por terremotos severos, riadas, u otros eventos destructores. Los códigos sísmicos establecen requisitos mínimos para proteger la vida de los ocupantes, requisitos que

muchas veces no son suficientes para garantizar el funcionamiento del hospital después del sismo.

Un hospital debe ser diseñado de tal forma que continúe en operación después de un desastre. En general, los componentes electromecánicos se encuentran seguros y deberán operar si se lo requiere. Algunos de estos componentes podrían quedar descalibrados o sufrir desalineamientos o daños internos que imposibilitan su uso.

Podría haber falta de electricidad, de agua, problemas con las líneas de comunicación y tuberías de gas. El riesgo de lesiones severas es bajo y el edificio puede ser ocupado; sin embargo, es posible que no sea apto para su funcionamiento normal hasta que se hayan efectuado reparaciones.

6.3.6. Coordinación de la reestructuración

Según la OFDA/USAID, para una adecuada coordinación de los trabajos de reestructuración o reforzamiento de un establecimiento hospitalario, deben intervenir los diferentes agentes involucrados en el normal funcionamiento del hospital y los profesionales directamente encargados de la ejecución de las medidas de mitigación., así como todos los profesionales involucrados en el diseño y ejecución de las obras de refuerzo, las acciones de coordinación se deben realizar en el trabajo de diseño de las medidas de mitigación, en la planificación de las obras, así como en su ejecución.

La intervención de la vulnerabilidad sísmica de la estructura de una edificación hospitalaria es una tarea usualmente más compleja que la que se puede realizar en otro tipo de edificaciones. Varios son los aspectos que hacen diferente este tipo de trabajo en las instalaciones de la salud. Entre ellos:

Normalmente la edificación no se puede desocupar a efectos de llevar a cabo el refuerzo.

- ✚ La programación de los trabajos debe tener en cuenta la operación de los diferentes servicios de atención médica, con el fin de no causar graves trastornos al funcionamiento del hospital o la inoperancia injustificada de cierto tipo de servicios.
- ✚ Se debe prever que habrá un amplio número de labores imprevistas.
- ✚ Deben conocerse los elementos no estructurales y los efectos sobre los acabados arquitectónicos, previamente al inicio de la intervención estructural.
- ✚ Una reestructuración debe obedecer a un programa de trabajo muy detallado que involucre aspectos relativos a la función de los servicios en cada etapa del proceso.

El costo de una intervención de la vulnerabilidad de un hospital no es posible conocerlo si no se realiza un diseño detallado de la solución estructural y de sus implicaciones en relación con los elementos no estructurales, un edificio resistente a huracanes, sismos o inundaciones pueden considerarse como seguro. Los costos de una edificación diseñada y construida desde su inicio considerando especificaciones contra amenazas como la sísmica, pueden incrementarse entre el 1% y el 4% del costo total del edificio.

Se ha demostrado la alta rentabilidad económica y social de mejorar el comportamiento estructural de las edificaciones hospitalarias vulnerables. El costo de una reestructuración, aunque puede considerarse alto en algunas

ocasiones, siempre será un valor poco significativo en relación con el presupuesto del servicio o en relación con el costo de su reparación o reposición física, esto por supuesto sin tener en cuenta las vidas humanas involucradas directa o indirectamente y en general el costo social que significa la pérdida del servicio.

La información, ideas, planes y actividades para la mitigación, prevención y atención de emergencias y desastres; deben ser el resultado de un proceso interinstitucional, y de interacción de las instituciones gubernamentales, no gubernamentales y del sector privado - con diversos sectores de la base social, tales como líderes comunitarios prevencioncitas. Mantener y fortalecer la idea central según la cual la mitigación de riesgos es un aspecto que hace parte integral de la planificación y de los planes de desarrollo en la sociedad en la cual vivimos. Razón por la cual cada institución hospitalaria o de otra índole y entidad incorpore en sus agendas de trabajo el tema de la prevención y mitigación de riesgos desde el plan de diseño y porque ello se exprese a través de programas, objetivos, metas y de que sus presupuestos sean capaz de dar mantenimiento preventivo.

6.4. Costo beneficio de Producción más Limpia

La implementación de medidas de Producción más Limpia al interior de una empresa o institución cualquiera que sea su tamaño. Significa básicamente establecer practicas preventivas tendientes a reducir la generación de residuos y emisiones, utilizar en mejor forma los recursos disponibles y mejorar la calidad de la producción. En este sentido, la dimensión ambiental no tiene que ser asumida solo como un costo para las empresas. De hecho, a mayor cantidad de emisiones y descargas, es posible constatar una mayor ineficiencia en los procesos productivos, que al ser corregida, puede generar beneficios

económicos para la empresa, más allá de lo que implica cumplir con las normativas. Esta es la esencia del concepto de Producción más Limpia.

Las experiencias exitosas descritas en el portal de Producción más limpia muestran que la implementación de medidas puede conducir a lograr significativos ahorros en la empresa o institución, sin incurrir en grandes costos.

Una de las actividades más importantes de la evaluación económica de las medidas de Producción más Limpia, corresponde a la identificación de los costos y beneficios en que incurriría la empresa al implementarlas. Este paso es de fundamental importancia, puesto que olvidar algún costo o beneficio puede llevar a tomar una decisión errónea.

Tabla XXIX. **Beneficios costos Producción más Limpia**

BENEFICIOS	COSTOS
a) Ahorro de materias primas.	a) Costos por inversión en nuevos equipos.
b) Ahorro de energía (electricidad, combustible, etc.).	b) Costos asociados a los estudios de auditorio y otros.
c) Ahorro consumo de agua.	c) Costos de inversión por modificación o reparación de equipos.
d) Reducción de pérdidas de materiales.	d) Costos Asociados a modificaciones en procesos productivos.
e) Reducción de fallas en equipos.	e) Costos por materias primas más caras.
f) Reducción de accidentes	f) Costos por mantenimiento de equipos.
g) Operación estable.	g) Costos asociados a la elaboración de auditoria.
h) Mejor gestión de procesos	h) Aumento del consumo de agua y/o energía asociado a las nuevas tecnologías.
i) Disminución del costo de tratamiento y/o disposición final de los residuos.	
j) Disminución de los costos de operación de planta de tratamiento.	
Disminución en costos legales	

Continuación de tabla XXIX.

BENEFICIOS	COSTOS
k) Disminución en costos legales asociados a problemas ambientales y de seguridad, l) Disminución en costos por seguro de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. m) Mejor imagen ambiental. n) Mayor accesibilidad a los mercados con sensibilidad ambiental. o) Reducción de riesgos.	i) Disminución en la producción. j) Costos nuevos programas de entrenamiento.

Fuente: Guía de Producción más Limpia. p. 7.

Una vez identificados y cuantificados los costos y beneficios, se está en condiciones de contestar la pregunta: ¿Es conveniente realizar el cambio? O alternativamente, se puede contestar las preguntas: ¿Cuánto cuesta económicamente el cambio?, ¿En cuánto tiempo se recuperara la inversión efectuada? Para responder estas preguntas se deben balancear los costos totales de realizar el cambio con los beneficios que este genera.

Es importante considerar el hecho de que algunos costos o beneficios pueden ocurrir en diferentes periodos de tiempo. Por ejemplo, en el caso del cambio de un combustible, el costo del cambio de quemadores ocurre inmediatamente, y salvo que se pague en cuotas, se tendrá que desembolsar el dinero de una sola vez, sin embargo, los ahorros de combustible ocurrirán a lo largo del tiempo. Lo anterior significa que se debe hacer una evaluación económica para decidir cuales medidas son más atractivas para la empresa.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de Producción más Limpia combinada con los sistemas y controles propuestos, se tendrá inicialmente un 30% de ahorro energético, y se controlara cumplir los estándares de climatización de quirófanos, y se dará seguimiento con el Plan de mantenimiento preventivo.
2. La eficiencia actual del proceso de climatización es de 62% según datos obtenidos en el diagnostico comparados con estándares internacionales Norma UNE 1000713 y se prevé mejorar un 38% con la propuesta de Producción más Limpia.
3. El punto de equilibrio de funcionamiento del equipo de climatización se lograra cuando se cumpla con temperaturas de 22-26°C humedades relativas de 45-55%, presiones de 15-20 Pa nivel acústico de 40db; en quirófanos A y B.
4. El costo beneficio del proceso de climatización antes de implementar la aplicación de Producción más Limpia es de Q 2,80, contra un Q 17,09 con la aplicación propuesta, es decir un aumento de 14.29 por cada quetzal que sea invertido.
5. La demanda real del proceso de climatización considerando todos sus factores es de 72604,40 BTU/Hr. [10,619 KW/Hr.] Equivalentes a 6,05 toneladas, y la demanda real de aire renovado del proceso es de

3069,36m³/hr. Según (Norma UNE 1000713:2005), para el tipo de quirófanos que se tienen en el hospital.

6. Los materiales que deben utilizarse para mejorar la eficiencia del proceso de climatización y que cumplen con el propósito de prevención de la contaminación, son todos aquellos que no dañan el medio ambiente o están regidos por normas ISO 14000 o FDA.
7. El cambio de filtro HEPA debe hacerse al cumplir su ciclo de uso ya que estos tienen una eficiencia de 99,97% o superior de retención de partículas que contaminan los quirófanos.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar el ciclo de mejora continua para mantener la aplicación de Producción más Limpia, e ir alcanzando gradualmente la eficiencia del 100% en el sistema.
2. Se debe hacer partícipe a todo el personal para que se puedan obtener óptimos resultados de la aplicación; y que la misma sea extensiva, no solo para el área de climatización.
3. Con el fin de obtener la climatización óptima, se deben hacer cambios graduales y utilizar estrategias en base a los parámetros establecidos en la planificación de la eficiencia energética.
4. Se debe hacer uso de la Norma UNE 10012 Higienización de Sistemas de Ventilación, para limpieza del equipo de ventilación, ya que de esta forma se garantizará reducir al máximo agentes contaminantes y por ende un mejor desempeño del sistema de climatización.
5. Se debe de mejorar la relación laboral entre los jefes de servicios de quirófanos y de mantenimiento, para poder focalizar los problemas de una mejor forma, en cuanto a climatización. Debido a que si no se manifiestan los inconvenientes de manera oportuna que presentan los equipos. No se puede detectar la raíz del problema de los mismos, a fin de que en conjunto optimicen el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Society of Heating and Air Conditioning Engineering. *ASHRAE Handbook – HVAC Applications, C.7*. Atlanta: ASHRAE, 1999. 700 p.
2. Asociación Española de Normalización. *Instalaciones de Acondicionamiento de Aire en Hospitales*. UNE 100713. España: AENOR, 2005. 36 p.
3. _____. *Salas Limpias y Locales Anexos*. UNE 14644. España: AENOR, 200. 14 p.
4. Carrier Air Conditioning. *Manual de aire acondicionado Carrier*. España: Marcombo, 1980. 640 p.
5. Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales. *Guía de Sectorial de Producción más Limpia, Hospitales Clínicas y Centros de Salud*. Medellín: CNPMLTA, 2011. 53 p.
6. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. *Historia del IGSS*. [en línea]. [ref. 5 enero de 2012]. Disponible en Web: <http://www.igss.org.gt>.
7. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. *Manual de Producción más Limpia*. Colombia: ONUDI. 2005. 30 p.

ANEXOS

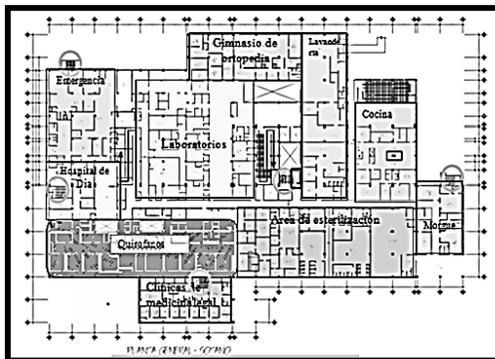
Anexo 1

Ingreso fachada central IGSS de accidentes



Fuente: IGSS Accidentes zona 4 Mixco.

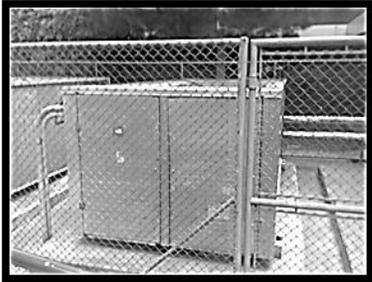
Plano general de planta baja área de estudio quirófanos



Fuente: IGSS de Accidentes zona 4 de Mixco.

Anexo 2

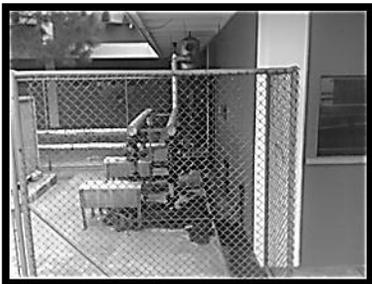
1. Chille Carrier 30 GB045



2. Tubería lateral hacia manejadoras



3. Bombas hidráulicas



4. Hongos de extracción



5. Conexión de tubería al Chiller



6. Tubería hacia manejadoras



Fuente: IGSS Accidentes zona 4 de Mixco.

Anexo 3

Propiedades térmicas de diversos materiales.

Description	Density, kg/m ³	Conductivity ^b (k), W/(m·K)	Conductance (C), W/(m ² ·K)	Resistance ^c (R)		Specific Heat, kJ/(kg·K)
				1/k, (m·K)/W	For Thickness Listed (1/C), (m ² ·K)/W	
BUILDING BOARD						
Asbestos-cement board.....	1900	0.58	—	1.73	—	1.00
Asbestos-cement board.....	1900	—	187.4	—	0.005	—
Asbestos-cement board.....	1900	—	93.7	—	0.011	—
Gypsum or plaster board.....	800	—	17.6	—	0.056	1.09
Gypsum or plaster board.....	800	—	12.6	—	0.079	—
Gypsum or plaster board.....	800	—	10.1	—	0.099	—
Plywood (Douglas Fir) ^d	540	0.12	—	8.66	—	1.21
Plywood (Douglas Fir).....	540	—	18.2	—	0.055	—
Plywood (Douglas Fir).....	540	—	12.1	—	0.083	—
Plywood (Douglas Fir).....	540	—	9.1	—	0.11	—
Plywood (Douglas Fir).....	540	—	7.3	—	0.14	—
Plywood or wood panels.....	540	—	6.1	—	0.16	1.21
Vegetable fiber board						
Sheathing, regular density ^e	290	—	4.3	—	0.23	1.30
.....	290	—	2.8	—	0.36	—
Sheathing intermediate density ^e	350	—	5.2	—	0.19	1.30
Nail-base sheathing ^e	400	—	5.3	—	0.19	1.30
Shingle backer.....	290	—	6.0	—	0.17	1.30
Shingle backer.....	290	—	7.3	—	0.14	—
Sound deadening board.....	240	—	4.2	—	0.24	1.26
Tile and lay-in panels, plain or acoustic.....	290	0.058	—	17.	—	0.59
.....	290	—	4.5	—	0.22	—
.....	290	—	3.0	—	0.33	—
Laminated paperboard.....	480	0.072	—	13.9	—	1.38
Homogeneous board from repulped paper....	480	0.072	—	13.9	—	1.17
Hardboard ^e						
Medium density.....	800	0.105	—	9.50	—	1.30
High density, service-tempered grade and service grade.....	880	0.82	—	8.46	—	1.34
High density, standard-tempered grade.....	1010	0.144	—	6.93	—	1.34
Particleboard ^e						
Low density.....	590	0.102	—	9.77	—	1.30
Medium density.....	800	0.135	—	7.35	—	1.30
High density.....	1000	0.170	—	5.90	—	1.30
Underlayment.....	640	—	6.9	—	0.14	1.21
Waferboard.....	590	0.091	—	11.0	—	—
Wood subfloor.....	—	—	6.0	—	0.17	1.38
BUILDING MEMBRANE						
Vapor—permeable felt.....	—	—	94.9	—	0.011	—
Vapor—seal, 2 layers of mopped 0.73 kg/m ² felt.....	—	—	47.4	—	0.21	—
Vapor—seal, plastic film.....	—	—	—	—	Negl.	—
FINISH FLOORING MATERIALS						
Carpet and fibrous pad.....	—	—	2.73	—	0.37	1.42
Carpet and rubber pad.....	—	—	4.60	—	0.22	1.38
Cork tile.....	3.2 mm	—	20.4	—	0.049	2.01
Terrazzo.....	25 mm	—	71.0	—	0.014	0.80
Tile—asphalt, linoleum, vinyl, rubber.....	—	—	113.6	—	0.009	1.26
vinyl asbestos.....	—	—	—	—	—	1.01
ceramic.....	—	—	—	—	—	0.80
Wood, hardwood finish.....	19 mm	—	8.35	—	0.12	—
INSULATING MATERIALS						
<i>Blanket and Batt^g</i>						
Mineral fiber, fibrous form processed						
from rock, slag, or glass						
approx. 75-100 mm.....	6.4-32	—	0.52	—	1.94	—
approx. 90 mm.....	6.4-32	—	0.44	—	2.29	—
approx. 90 mm.....	19-26	—	0.38	—	2.63	—
approx. 140-165 mm.....	6.4-32	—	0.30	—	3.32	—
approx. 140 mm.....	10-16	—	0.27	—	3.67	—
approx. 150-190 mm.....	6.4-32	—	0.26	—	3.91	—
approx. 210-250 mm.....	6.4-32	—	0.19	—	5.34	—
approx. 250-330 mm.....	6.4-32	—	0.15	—	6.77	—
<i>Board and Slabs</i>						
Cellular glass.....	136	0.050	—	19.8	—	0.75
Glass fiber, organic bonded.....	64-140	0.036	—	27.7	—	0.96
Expanded perlite, organic bonded.....	16	0.052	—	19.3	—	1.26
Expanded rubber (rigid).....	72	0.032	—	31.6	—	1.68
Expanded polystyrene, extruded (smooth skin surface) (CFC-12 exp.).....	29-56	—	—	—	—	—

Propiedades térmicas de diversos materiales. (Continua)

Description	Density, kg/m ³	Conductivity ^b (k), W/(m·K)	Conductance (C), W/(m ² ·K)	Resistance ^c (R)		Specific Heat, kJ/(kg·K)
				1/k, (m·K)/W	For Thickness Listed (l/C), (m ² ·K)/W	
Expanded polystyrene, extruded (smooth skin surface) (HCFC-142b exp.) ^h	29-56	0.029	—	34.7	—	1.21
Expanded polystyrene, molded beads.....	16	0.037	—	26.7	—	—
	20	0.036	—	27.7	—	—
	24	0.035	—	28.9	—	—
	28	0.035	—	28.9	—	—
	32	0.033	—	30.2	—	—
Cellular polyurethane/polyisocyanurate ⁱ (CFC-11 exp.) (unfaced).....	24	0.023-0.026	—	43.3-38.5	—	1.59
Cellular polyisocyanurate ⁱ (CFC-11 exp.) (gas-permeable facers).....	24-40	0.023-0.026	—	43.3-38.5	—	0.92
Cellular polyisocyanurate ⁱ (CFC-11 exp.) (gas-impermeable facers).....	32	0.020	—	48.8	—	0.92
Cellular phenolic (closed cell) (CFC-11, CFC-113 exp.) ^k Cellular phenolic (open cell).....	32	0.017	—	56.8	—	—
	29-35	0.033	—	30.5	—	—
Mineral fiber with resin binder.....	240	0.042	—	23.9	—	0.71
Mineral fiberboard, wet felted Core or roof insulation.....	260-270	0.049	—	20.4	—	—
Acoustical tile.....	290	0.050	—	19.8	—	0.80
Acoustical tile.....	340	0.053	—	18.7	—	—
Mineral fiberboard, wet molded Acoustical tile ^l	370	0.060	—	16.5	—	0.59
Wood or cane fiberboard Acoustical tile ^l 12.7 mm	—	—	4.5	—	0.22	1.30
Acoustical tile ^l 19.0 mm	—	—	3.0	—	0.33	—
Interior finish (plank, tile).....	240	0.050	—	19.8	—	1.34
Cement fiber slabs (shredded wood with Portland cement binder).....	400-430	0.072-0.076	—	13.9-13.1	—	—
Cement fiber slabs (shredded wood with magnesia oxysulfide binder).....	350	0.082	—	12.1	—	1.30
<i>Loose Fill</i> Cellulosic insulation (milled paper or wood pulp).....	37-51	0.039-0.046	—	25.6-21.7	—	1.38
Perlite, expanded.....	32-66	0.039-0.045	—	25.6-22.9	—	1.09
	66-120	0.045-0.052	—	22.9-19.4	—	—
	120-180	0.052-0.060	—	19.4-16.6	—	—
Mineral fiber (rock, slag, or glass) [§] approx. 95-130 mm.....	9.6-32	—	—	—	1.94	0.71
approx. 170-220 mm.....	9.6-32	—	—	—	3.35	—
approx. 190-250 mm.....	9.6-32	—	—	—	3.87	—
approx. 260-350 mm.....	9.6-32	—	—	—	5.28	—
Mineral fiber (rock, slag, or glass) [§] approx. 90 mm (closed sidewall application).....	32-56	—	—	—	2.1-2.5	—
Vermiculite, exfoliated.....	110-130	0.068	—	14.8	—	1.34
	64-96	0.063	—	15.7	—	—
<i>Spray Applied</i> Polyurethane foam.....	24-40	0.023-0.026	—	43.3-38.5	—	—
Ureaformaldehyde foam.....	11-26	0.032-0.040	—	31.5-24.7	—	—
Cellulosic fiber.....	56-96	0.042-0.049	—	23.9-20.4	—	—
Glass fiber.....	56-72	0.038-0.039	—	26.7-25.6	—	—
<i>Reflective Insulation</i> Reflective material ($\epsilon < 0.5$) in center of 20 mm cavity forms two 10 mm vertical air spaces ^m	—	—	1.76	—	0.57	—
METALS (See Chapter 39, Table 3)						
ROOFING						
Asbestos-cement shingles.....	1900	—	27.0	—	0.037	1.00
Asphalt roll roofing.....	1100	—	36.9	—	0.026	1.51
Asphalt shingles.....	1100	—	12.9	—	0.077	1.26
Built-up roofing..... 10 mm	1100	—	17.0	—	0.058	1.46
Slate..... 13 mm	—	—	114	—	0.009	1.26
Wood shingles, plain and plastic film faced.....	—	—	6.0	—	0.166	1.30
PLASTERING MATERIALS						
Cement plaster, sand aggregate.....	1860	0.72	—	1.39	—	0.84
Sand aggregate..... 10 mm	—	—	75.5	—	0.013	0.84
Sand aggregate..... 20 mm	—	—	37.8	—	0.026	0.84

Propiedades térmicas de diversos materiales. (Continua).

Description	Density, kg/m ³	Conductivity ^b (k), W/(m·K)	Conductance (C), W/(m ² ·K)	Resistance ^c (R)		Specific Heat, kJ/(kg·K)
				1/k, (m·K)/W	For Thickness Listed (1/C), (m ² ·K)/W	
Gypsum plaster:						
Lightweight aggregate13 mm	720	—	17.7	—	0.056	—
Lightweight aggregate16 mm	720	—	15.2	—	0.066	—
Lightweight aggregate on metal lath.....19 mm	—	—	12.1	—	0.083	—
Perlite aggregate.....	720	0.22	—	4.64	—	1.34
Sand aggregate.....	1680	0.81	—	1.25	—	0.84
Sand aggregate.....13 mm	1680	—	63.0	—	0.016	—
Sand aggregate.....16 mm	1680	—	51.7	—	0.019	—
Sand aggregate on metal lath19 mm	—	—	43.7	—	0.023	—
Vermiculite aggregate.....	720	0.24	—	4.09	—	—
MASONRY MATERIALS						
<i>Masonry Units</i>						
Brick, fired clay	2400	1.21-1.47	—	0.83-0.68	—	—
	2240	1.07-1.30	—	0.94-0.77	—	—
	2080	0.92-1.12	—	1.08-0.89	—	—
	1920	0.81-0.98	—	1.24-1.02	—	0.79
	1760	0.71-0.85	—	1.42-1.18	—	—
	1600	0.61-0.74	—	1.65-1.36	—	—
	1440	—0.52-0.62	—	1.93-1.61	—	—
	1280	0.43-0.53	—	2.31-1.87	—	—
	1120	0.36-0.45	—	2.77-2.23	—	—
<i>Clay tile, hollow</i>						
1 cell deep75 mm	—	—	7.10	—	0.14	0.88
1 cell deep100 mm	—	—	5.11	—	0.20	—
2 cells deep.....150 mm	—	—	3.75	—	0.27	—
2 cells deep.....200 mm	—	—	3.07	—	0.33	—
2 cells deep.....250 mm	—	—	2.56	—	0.39	—
3 cells deep.....300 mm	—	—	2.27	—	0.44	—
<i>Concrete blocks^{a, o}</i>						
<i>Limestone aggregate</i>						
200 mm, 16.3 kg, 2210 kg/m ³ concrete, 2 cores.....	—	—	—	—	—	—
Same with perlite filled cores	—	—	2.73	—	0.37	—
300 mm, 25 kg, 2210 kg/m ³ concrete, 2 cores.....	—	—	—	—	—	—
Same with perlite filled cores	—	—	1.53	—	0.65	—
<i>Normal mass aggregate (sand and gravel) 200 mm</i>						
15-16 kg, 2020-2180 kg/m ³ concrete, 2 or 3 cores	—	—	5.1-5.8	—	0.20-0.17	0.92
Same with perlite filled cores.....	—	—	2.84	—	0.35	—
Same with vermiculite filled cores.....	—	—	3.0-4.1	—	0.34-0.24	—
300 mm, 22.7 kg, 2000 kg/m ³ concrete, 2 cores.....	—	—	4.60	—	0.217	0.92
<i>Medium mass aggregate (combinations of normal and low mass aggregate) 200 mm, 12-13 kg.</i>						
1550-1790 kg/m ³ concrete, 2 or 3 cores	—	—	3.3-4.4	—	0.30-0.22	—
Same with perlite filled cores	—	—	1.5-2.5	—	0.65-0.41	—
Same with vermiculite filled cores.....	—	—	1.70	—	0.58	—
Same with molded EPS (beads) filled cores.....	—	—	1.82	—	0.56	—
Same with molded EPS inserts in cores.....	—	—	2.10	—	0.47	—
<i>Low mass aggregate (expanded shale, clay, slate or slag, pumice) 150 mm</i>						
7.3-7.7 kg, 1360-1390 kg/m ³ concrete, 2 or 3 cores	—	—	3.0-3.5	—	0.34-0.29	—
Same with perlite filled cores	—	—	1.36	—	0.74	—
Same with vermiculite filled cores.....	—	—	1.87	—	0.53	—
200 mm, 8.6-10.0 mm, 1150-1380 kg/m ³ concrete,	—	—	1.8-3.1	—	0.56-0.33	0.88
Same with perlite filled cores	—	—	0.9-1.3	—	1.20-0.77	—
Same with vermiculite filled cores.....	—	—	1.1-1.5	—	0.93-0.69	—
Same with molded EPS (beads) filled cores.....	—	—	1.19	—	0.85	—
Same with UF foam filled cores.....	—	—	1.25	—	0.79	—
Same with molded EPS inserts in cores.....	—	—	1.65	—	0.62	—
300 mm, 14.5-16.3 kg, 1280-1440 kg/m ³ concrete,	—	—	2.2-2.5	—	0.46-0.40	—
Same with perlite filled cores	—	—	0.6-0.9	—	1.6-1.1	—
Same with vermiculite filled cores.....	—	—	0.97	—	1.0	—
<i>Stone, lime, or sand</i>						
Quartzitic and sandstone	2880	10.4	—	0.10	—	—
	2560	6.2	—	0.16	—	—
	2240	3.5	—	0.29	—	—
	1920	1.9	—	0.53	—	0.79
Calclitic, dolomitic, limestone, marble, and granite	2880	4.3	—	0.23	—	—
	2560	3.2	—	0.32	—	—
	2240	2.3	—	0.43	—	—
	1920	1.6	—	0.63	—	0.79
	1600	1.1	—	0.90	—	—

Propiedades térmicas de diversos materiales.

Description	Density, kg/m ³	Conductivity ^b (k), W/(m·K)	Conductance (C), W/(m ² ·K)	Resistance ^c (R)		Specific Heat, kJ/(kg·K)
				1/k, (m·K)/W	For Thickness Listed (1/C), (m ² ·K)/W	
Gypsum partition tile						
75 by 300 by 760 mm, solid	—	—	4.50	—	0.222	0.79
75 by 300 by 760 mm, 4 cells	—	—	4.20	—	0.238	—
100 by 300 by 760 mm, 3 cells	—	—	3.40	—	0.294	—
Concretes^o						
Sand and gravel or stone aggregate concretes (concretes with more than 50% quartz or quartzite sand have conductivities in the higher end of the range)						
2400	1.4-2.9	—	0.69-0.35	—	—	—
2240	1.3-2.6	—	0.77-0.39	—	—	0.8-1.0
2080	1.0-1.9	—	0.99-0.53	—	—	—
Limestone concretes						
2240	1.60	—	0.62	—	—	—
1920	1.14	—	0.88	—	—	—
1600	0.79	—	1.26	—	—	—
Gypsum-fiber concrete (87.5% gypsum, 12.5% wood chips)						
816	0.24	—	4.18	—	—	0.88
Cement/lime, mortar, and stucco						
1920	1.40	—	0.71	—	—	—
1600	0.97	—	1.04	—	—	—
1280	0.65	—	1.54	—	—	—
Lightweight aggregate concretes						
Expanded shale, clay, or slate; expanded slags; cinders; pumice (with density up to 1600 kg/m ³); and scoria (sanded concretes have conductivities in the higher end of the range)						
1920	0.9-1.3	—	1.08-0.76	—	—	—
1600	0.68-0.89	—	1.48-1.12	—	—	0.84
1280	0.48-0.59	—	2.10-1.69	—	—	0.84
960	0.30-0.36	—	3.30-2.77	—	—	—
640	0.18	—	5.40	—	—	—
Perlite, vermiculite, and polystyrene beads						
800	0.26-0.27	—	3.81-3.68	—	—	—
640	0.20-0.22	—	4.92-4.65	—	—	0.63-0.96
480	0.16	—	6.31	—	—	—
320	0.12	—	8.67	—	—	—
Foam concretes						
1920	0.75	—	1.32	—	—	—
1600	0.60	—	1.66	—	—	—
1280	0.44	—	2.29	—	—	—
1120	0.36	—	2.77	—	—	—
Foam concretes and cellular concretes						
960	0.30	—	3.33	—	—	—
640	0.20	—	4.92	—	—	—
320	0.12	—	8.67	—	—	—
SIDING MATERIALS (on flat surface)						
<i>Shingles</i>						
Asbestos-cement						
1900	—	27.0	—	0.037	—	—
Wood, 400 mm, 190-mm exposure						
—	—	6.53	—	0.15	—	1.30
Wood, double, 400 mm, 300-mm exposure						
—	—	4.77	—	0.21	—	1.17
Wood, plus insul. backer board, 8 mm						
—	—	4.03	—	0.25	—	1.30
<i>Siding</i>						
Asbestos-cement, 6.4 mm, lapped						
—	—	27.0	—	0.037	—	1.01
Asphalt roll siding						
—	—	36.9	—	0.026	—	1.47
Asphalt insulating siding (12.7 mm bed)						
—	—	3.92	—	0.26	—	1.47
Hardboard siding, 11 mm						
—	—	8.46	—	0.12	—	1.17
Wood, drop, 20 by 200 mm						
—	—	7.21	—	0.14	—	1.17
Wood, bevel, 13 by 200 mm, lapped						
—	—	6.98	—	0.14	—	1.17
Wood, bevel, 19 by 250 mm, lapped						
—	—	5.40	—	0.18	—	1.17
Wood, plywood, 9.5 mm, lapped						
—	—	9.60	—	0.10	—	1.22
Aluminum, steel, or vinyl ^{P, Q} , over sheathing						
Hollow-backed						
—	—	9.31	—	0.11	—	1.22 ^S
Insulating-board backed						
—	—	3.12	—	0.32	—	1.34
9.5 mm nominal						
—	—	1.93	—	0.52	—	—
9.5 mm nominal, foil backed						
—	—	56.8	—	0.018	—	0.84
Architectural (soda-lime float) glass						
WOODS (12% moisture content)^{S, T}						
<i>Hardwoods</i>						
Oak						
659-749	0.16-0.18	—	6.2-5.5	—	—	1.63 ^S
Birch						
682-726	0.167-0.176	—	6.0-5.7	—	—	—
Maple						
637-704	0.157-0.171	—	6.4-5.8	—	—	—
Ash						
614-670	0.153-0.164	—	6.5-6.1	—	—	—
<i>Softwoods</i>						
Southern Pine						
570-659	0.144-0.161	—	6.9-6.2	—	—	1.63 ^S
Douglas Fir-Larch						
536-581	0.137-0.145	—	7.3-6.9	—	—	—
Southern Cypress						
502-514	0.130-0.132	—	7.7-7.6	—	—	—
Hem-Fir, Spruce-Pine-Fir						
392-502	0.107-0.130	—	9.3-7.7	—	—	—
West Coast Woods, Cedars						
347-502	0.098-0.130	—	10.3-7.7	—	—	—
California Redwood						
392-448	0.107-0.118	—	9.4-8.5	—	—	—

Fuente: ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual. 1980.

ANEXO 4

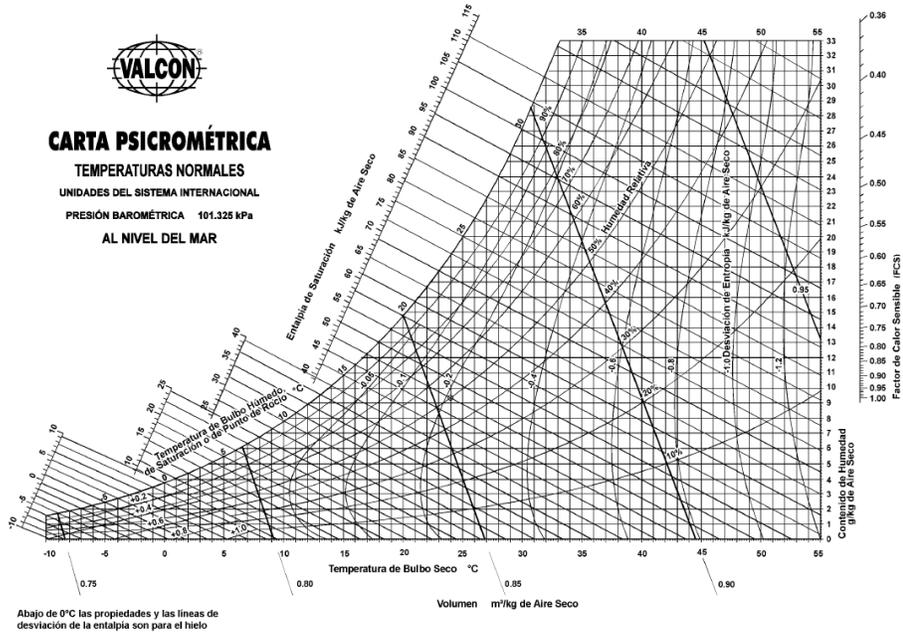
Coeficiente global U paredes compuestas

Btu/(hr) (sq ft) (deg F temp diff)													
All numbers in parentheses indicate weight per sq ft. Total weight per sq ft is sum of wall and finishes.													
EXTERIOR FINISH	BACKING	THICK- NESS (inches) and WEIGHT (lb per sq ft)	INTERIOR FINISH										
			None	Gypsum Board (Plaster Board) (2)	½" Plaster on Wall		Metal Lath Plastered on Furring		½" Gypsum or Wood Lath Plastered on Furring		Insulating Board Plain or Plastered on Furring		
					Sand Agg (6)	Li Wt Agg (3)	¾" Sand Plaster(7)	¾" Li Wt Plaster(3)	½" Sand Plaster(7)	½" Li Wt Plaster(2)	½" Board (2)	1" Board (4)	
 4" Face Brick (43)	Concrete Block (Cinder Agg)	4 (20)	.41	.37	.39	.35	.28	.26	.26	.25	.21	.16	
		8 (37)	.33	.30	.32	.29	.24	.22	.23	.21	.18	.14	
		12 (53)	.31	.29	.30	.28	.23	.21	.22	.21	.18	.14	
	(Li Wt Agg)	4 (17)	.33	.32	.34	.31	.25	.23	.24	.22	.19	.15	
		8 (32)	.30	.28	.29	.27	.23	.21	.21	.20	.17	.14	
		12 (43)	.28	.26	.27	.25	.21	.20	.20	.19	.17	.13	
	(Sand & Gravel Agg)	4 (23)	.49	.44	.46	.41	.32	.29	.29	.27	.22	.17	
		8 (43)	.41	.37	.39	.35	.28	.26	.26	.25	.21	.16	
		12 (63)	.38	.35	.37	.33	.27	.25	.25	.24	.20	.15	
	—or—	Hollow Cloy Tile	4 (16)	.41	.37	.39	.35	.28	.26	.26	.25	.21	.16
		8 (30)	.31	.29	.30	.28	.23	.22	.22	.21	.18	.14	
		12 (40)	.26	.25	.25	.24	.20	.19	.19	.18	.16	.13	
—or—	Precast Concrete (Sand Agg) 4" & 6" (39) (58)	4 (26)	.35	.31	.34	.31	.25	.23	.24	.22	.19	.15	
	6 (40)	.27	.25	.27	.25	.21	.20	.20	.19	.16	.13		
	8 (54)	.22	.21	.22	.21	.18	.17	.17	.16	.14	.12		
	(Sand & Gravel Agg)	4 (47)	.60	.53	.56	.49	.36	.32	.33	.31	.25	.18	
	6 (70)	.55	.49	.52	.45	.34	.31	.32	.29	.24	.17		
	8 (95)	.51	.45	.48	.42	.32	.29	.30	.28	.23	.17		
	Common Brick	4 (40)	.49	.42	.46	.41	.32	.29	.29	.27	.22	.16	
	8 (80)	.35	.31	.34	.31	.25	.23	.24	.22	.19	.15		
 4" Common Brick (40)	Concrete Block (Cinder Agg)	4 (20)	.36	.33	.35	.32	.26	.24	.24	.23	.19	.15	
		8 (37)	.29	.28	.29	.26	.22	.21	.21	.20	.17	.14	
		12 (53)	.28	.26	.27	.25	.21	.20	.20	.19	.17	.13	
	(Li Wt Agg)	4 (17)	.32	.29	.30	.28	.23	.22	.22	.21	.18	.14	
		8 (32)	.27	.26	.26	.25	.21	.20	.20	.19	.17	.13	
		12 (43)	.25	.24	.25	.23	.20	.19	.19	.18	.16	.13	
	(Sand & Gravel Agg)	4 (23)	.42	.38	.40	.36	.29	.26	.27	.25	.21	.16	
		8 (43)	.36	.33	.35	.32	.26	.24	.24	.23	.19	.15	
		12 (63)	.34	.32	.33	.30	.25	.23	.23	.22	.19	.15	
	—or—	Hollow Clay Tile	4 (16)	.36	.33	.35	.32	.26	.24	.24	.23	.19	.15
		8 (30)	.28	.27	.28	.26	.22	.20	.20	.19	.17	.13	
		12 (40)	.24	.23	.23	.22	.19	.18	.18	.17	.15	.12	
—or—	Precast Concrete (Sand Agg) 8" & 10" (78) (98)	4 (26)	.32	.29	.30	.28	.23	.22	.22	.21	.18	.14	
	6 (40)	.25	.23	.25	.23	.20	.18	.19	.18	.15	.13		
	8 (54)	.21	.20	.20	.19	.17	.16	.16	.16	.14	.11		
	(Sand & Gravel Agg)	4 (47)	.50	.45	.48	.42	.32	.29	.30	.28	.23	.17	
	6 (70)	.47	.42	.44	.39	.31	.28	.29	.27	.22	.17		
	8 (95)	.43	.40	.41	.37	.29	.27	.28	.26	.21	.16		
—or—	Common Brick	4 (40)	.42	.37	.40	.36	.29	.26	.27	.26	.21	.16	
	8 (80)	.32	.29	.30	.28	.23	.22	.22	.21	.18	.14		

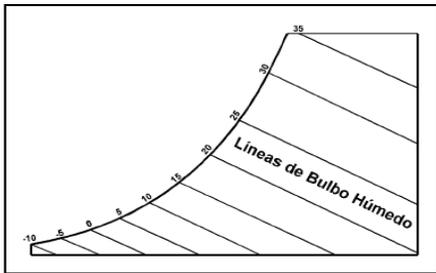
Fuente Manual de Aire Acondicionado Carrier. Editorial Marcombo 1980.

ANEXO 5

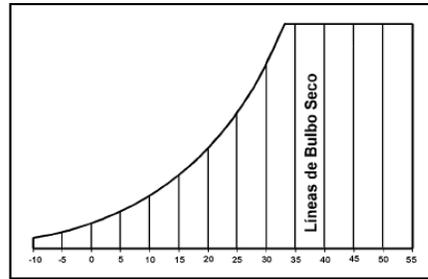
Carta psicrométrica temperaturas normales



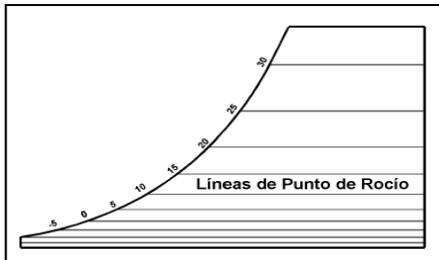
Líneas de bulbo húmedo



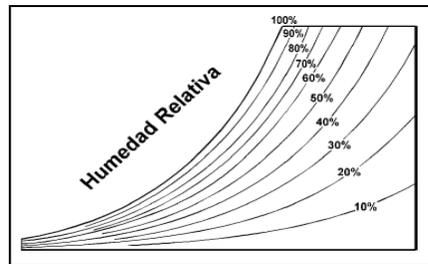
Líneas de bulbo seco



Líneas de punto de rocío



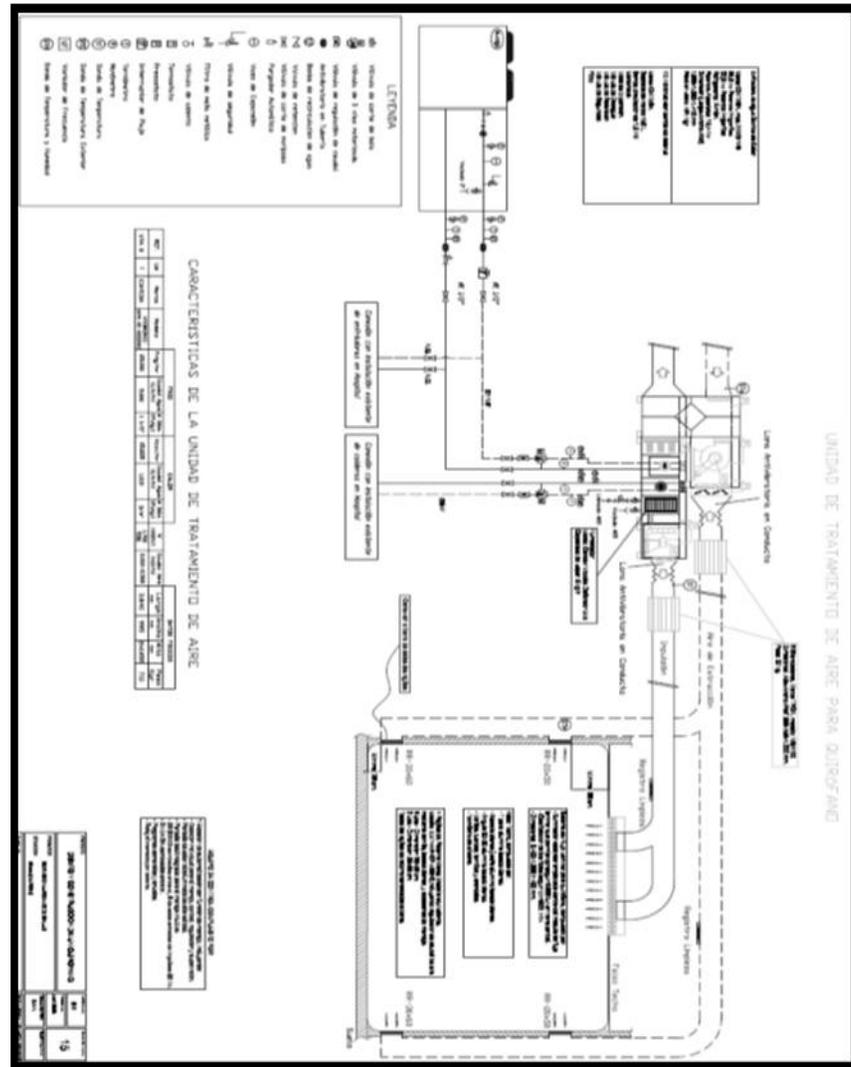
Líneas de humedad relativa



Fuente: Publicación Carta Psicrométrica.

ANEXO 6

Plano de conexión de equipo de climatización a quirófano



Fuente: Diseño y construcción de un quirófano. Autor: Almonoacid Kroeger Bernardo.

ANEXO 7

Norma uso de vestimenta en y seguridad en los quirófanos



Objetivo proteger la salud y la enfermedad personal de los profesionales de salud y pacientes.

Condición segura, barreras apropiadas.

Adoptar Precauciones Universales

Lavado de Manos



Gorro quirúrgico



Guantes Estériles



Pijama



Tapabocas



Calzas



Fuente: www.monografias.com/bioseguridadenelareaquirurgica.

Consultada el 03 de marzo de 2012.

Todas las formas de vestimenta quirúrgica sirven a un solo propósito: constituyen una barrera entre las fuentes de contaminación y el paciente o el personal. Los estándares de la asepsia nunca deben ceder a la comodidad individual o las tendencias de la moda.