

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Rediseño Del Sistema Acondicionador De Aire De La Sala De
Cirugía Del Hospital Del IESS De La Parroquia San José De
Ancón”**

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

José Miguel Villao Tomalá

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2006

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que me ayudaron de alguna u otra manera en el desarrollo de mi tesis ; a mi director de tesis el Ing. Ernesto Martínez, familiares y amigos, entre ellos; mis hermanos; Plinio y Victor Hugo, mi tía Quecha, Gastón, Mario, Oscar, Paúl, Carlos, Juan y mis padrinos Norma Y Miguel.

DEDICATORIA

A mis padres: Hilda Isabel y José Amalio, y a mi enamorada Salome que siempre se sacrificaron y confiaron en mi.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Francisco Andrade S.
VOCAL

Ing. Eduardo Donoso P.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

Sr. José Miguel Villao Tomalá

RESUMEN

Las condiciones ambientales requeridas por un hospital difieren de las requeridas por otras edificaciones, un punto importante en el sistema de acondicionamiento de aire en un hospital es que pueda contribuir al mantenimiento de un medio ambiente aséptico, ninguna de las áreas del hospital requieren tan cuidadoso control de las condiciones ambientales como las salas de cirugías.

La presente tesis de grado trata sobre el rediseño del sistema acondicionador de aire de la sala de cirugía del hospital del IESS de la parroquia San José de Ancón, el mismo que presenta problemas de contaminación de aire debido al sistema acondicionador de aire actual que no es acorde al que una sala de cirugía debería tener.

Aunque en el hospital mencionado los problemas de contaminación están presentes no han tenido una consecuencia severa hasta la actualidad, según el personal administrativo esto se debe a que las cirugías en dicho hospital no son de un índole catalogada como “cirugía mayor de alto riesgo”, pero esto podría cambiar muy pronto según disposiciones que ellos han recibido.

En primer lugar se describe el hospital donde se desarrolla el proyecto, así mismo se da a conocer el actual sistema acondicionador de aire. Luego se hace referencia a conceptos y condiciones ambientales para el rediseño y haciendo especial referencia a los problemas de infecciones hospitalarias en las salas de cirugías, así mismo se describe la calidad de aire que debe circular en el ambiente quirúrgico. A continuación se desarrolla el cálculo de carga de la sala de cirugía, describiendo cuidadosamente las características físicas de la sala de cirugía así como los factores que originan ganancia de calor al local, el cálculo de carga se lo realiza utilizando el programa de computación BLOCK LOAD 3.05. Posteriormente se selecciona los equipos de acondicionamiento de aire junto con sus accesorios, es decir, filtros de alta eficiencia, difusores, dimensionamiento de ductos; así como también se hace la debida distribución en el plano de los mismos, además se añade el cronograma de construcción y montaje del sistema acondicionador de aire descrito. Una vez seleccionado el sistema acondicionador de aire se añade el análisis de costo del proyecto. Por ultimo se encuentran las debidas conclusiones del nuevo sistema acondicionador de aire, así como las recomendaciones que se debe de seguir para lograr el optimo desempeño del nuevo sistema.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGIA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE PLANOS	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HOSPITAL: SALA DE CIRUGÍA	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Unidades de acondicionamiento de aire existente en la sala de cirugía	11
CAPITULO 2	
2. CONCEPTOS Y CONDICIONES AMBIENTALES	15

2.1. Principios fisiológicos para el confort y salud	15
2.1.1. Confort térmico	15
2.1.2. Problemas de contaminación en las salas de cirugía.....	16
2.2. Aire acondicionado en los hospitales: Sala de cirugías y áreas críticas	21
2.2.1. Calidad del aire que circula en el ambiente quirúrgico...21	
2.2.2. Limpieza del aire	22
2.2.3. Condiciones mínimas para la salas de cirugías...	25

CAPITULO 3

3. CALCULO DE CARGA	29
3.1. Características específicas de la sala de cirugía.....	29
3.2. Utilización del programa BLOCK LOAD 3.05	31

CAPITULO 4

4. SELECCIÓN DE EQUIPO Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO	50
4.1. Discusión sobre el uso del sistema acondicionador de aire a usar	50
4.2. Selección de equipo acondicionador de aire	53
4.3. Selección y distribución de filtros de alta eficiencia	54
4.4. Selección y distribución de difusores y rejillas	55

4.5. Dimensionamiento de ductos de inducción y retorno	58
4.5. Cronograma de construcción y montaje.....	60

CAPITULO 5

5. ANÁLISIS DE COSTO.....	61
5.1. Costo del equipo acondicionador de aire.....	62
5.2. Costo de accesorios del sistema de distribución de aire acondicionado.....	62
5.3. Costo de la instalación.....	65

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
---	----

APENDICES.

BIBLIOGRAFIA.

ABREVIATURAS

Qt	Carga total de enfriamiento
Alt.	Alto
Amp.	Amperio
DBA	Decibel, medida de nivel ruido
HEPA	Capturador de partículas de aire de alta eficiencia.
L	Longitud del cuarto.
F	Fondo de la sala
H	Altura de la sala
RCH	Recambios de aire por hora
A	Área de la sala
Vol.	Volumen de la sala
CFM	Pies cúbicos por minuto
Hr.	Hora
Min.	Minutos
BF	Factor de Bypass
Q	Carga de enfriamiento
HR	Humedad relativa
FPM	Pies cúbicos por minuto
C	Caudal
V	Velocidad
x	Medida del lado de la rejilla
RR	Rejilla de Retorno
F H	Filtro Hepa
P F	Pre filtro
SP	Caída de presión

SIMBOLOGIA

Km.	Kilómetro
m ²	Metros cuadrados
Btu.	Unidad térmica británica
Kg.	Kilogramos
Hz.	Hertz
Btu./Hr.	Btu por hora
mm.	Milímetros
°C	Grados centígrados
W	Watts
ft ²	Pies cuadrados
m ³	Metros cúbicos
ft ³	Pies cúbicos
°F	Grados Farenheit
in ²	Pulgadas cuadradas
in	Pulgada

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Mapa de la provincia del Guayas5
Figura 1.2	Hospital del IESS - Ancón6
Figura 1.3	Servicios ofrecidos por el hospital7
Figura 1.4	Entrada a la sala de cirugía8
Figura 1.5	Lavamanos quirúrgico9
Figura 1.6	Unidad evaporadora (izq.) – unidad condensadora (der.) marca Carrier de 24.000 BTU.11
Figura 1.7	Unidades tipo ventana marca Goldstar (izq.) y marca Samsung (der.)12
Figura 1.8	Unidad tipo ventana marca LG.13
Figura 2.1	Obra civil cerca de la sala de cirugía 19
Figura 2.2	Movimiento del tumbado falso en la parte exterior de la sala de cirugía19
Figura 3.1	Programa Block load 3.0532
Figura 3.2	Pantalla edit city33
Figura 3.3	Pantalla HVAC system information data 1 – sala 135
Figura 3.4	Pantalla HVAC system information data 2 – sala 136
Figura 3.5	Pantalla HVAC system information zones37
Figura 3.6	Pantalla zone information data 1 – sala 138
Figura 3.7	Pantalla zone information data 2 – sala 139
Figura 3.8	Pantalla zone information BLDG. MATL. – sala 140
Figura 3.9	Pantalla zone information exposure - sala 141
Figura 3.10	Pantalla zone information partitions - sala 141
Figura 3.11	Pantalla principal del programa Block Load 3.05 – sala 142
Figura 3.12	Pantalla zone information data 2 – sala 244
Figura 3.13	Pantalla zone information exposure - sala 2 44
Figura 3.14	Pantalla HVAC system data 1 – sala de esterilización46
Figura 3.15	Pantalla zone information data 1 – sala de esterilización47
Figura 3.16	Pantalla zone information data 2 – sala de esterilización47
Figura 3.17	Pantalla zone information exposure - sala de esterilización ...48
Figura 3.18	Pantalla zone information partitions - sala de esterilización ...48

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Equipos del sistema acondicionador de aire actual	14
Tabla 2 Tipos de bacterias y hongos suspendidos en el aire	17
Tabla 3 Requerimientos de ventilación	28
Tabla 4 Numero de luminarias existentes en las diferentes salas	31
Tabla 5 Valores del factor de Bypass	37
Tabla 6 Matriz de decisión	52
Tabla 7 Capacidad de enfriamiento de las salas	54
Tabla 8 Medidas de ductos	59
Tabla 9 Precios de equipos	62
Tabla 10 Precios de accesorios para la sala de cirugía contaminada	63
Tabla 11 Precios de accesorios para la sala de cirugía principal.....	64
Tabla 12 Precios de accesorios para la sala de esterilización	65
Tabla 13 Precios de instalación de cada sala	66
Tabla 14 Precio total de cada sala	66

INDICE DE PLANOS

Plano 1	Sala de cirugía
Plano 2	Ubicación de los equipos de aire acondicionado
Plano 3	Sistema de distribución de aire acondicionado
Plano 4	Detalle de ducteria de la sala de cirugía contaminada
Plano 5	Detalle de ducteria de la sala de cirugía `principal
Plano 6	Detalle de ducteria de la sala de esterilización

INTRODUCCION

Los continuos avances que se presentan en la medicina y la tecnología, hacen necesaria una revisión constante de los requerimientos de aire acondicionado y ventilación para las instituciones clínicas y hospitalarias. El control de aire en los hospitales es fundamental en la prevención de infecciones intrahospitalarias, ninguna de las áreas del hospital requiere tan cuidadoso control de las condiciones ambientales como las salas de cirugías donde en ciertas ocasiones se pueden presentar contaminaciones en la herida quirúrgica en el momento de la incisión.

El aire es un vehículo de transmisión de microorganismos. Los procedimientos utilizados para disponer de aire limpio son de capital importancia, Las salas de cirugías requieren un ambiente bacteriológicamente limpio, debido a esto ameritan condiciones especiales de temperatura, humedad, presurización y velocidad del aire bien especificadas, y es necesario un riguroso control de las mismas una vez establecidas.

El contenido de bacterias patógenas, cantidad de partículas de polvo, olores y contaminantes presentes en el aire deben eliminarse de la manera más efectiva con el fin de obtener ambientes lo más limpios y confortables

posibles. Esto se logra a través del acondicionamiento del aire, que es el objetivo de esta tesis; el cual permite el control simultáneo de las condiciones de pureza, humedad, temperatura y movimiento del aire dentro de un ambiente delimitado.

Los sistemas de acondicionamiento de aire que sirven a estas salas requieren un diseño muy cuidadoso para reducir al mínimo la concentración de partículas contaminantes. La mayor parte de las bacterias encontradas en salas quirúrgicas provienen del equipo de cirujanos como resultado de sus actividades en una operación.

El presente trabajo se lo realiza en la sala de cirugía del hospital del IESS de la parroquia San José de Ancón, que ya consta con un sistema acondicionador de aire. El área de la sala de cirugía es de 108 m², dividida en cuatro salas que son:

- Sala pre quirúrgica.
- Sala de esterilización.
- Sala de cirugías contaminadas, y
- Sala de cirugía principal.

De acuerdo a las condiciones físicas y factores de ganancia de calor de la sala de cirugía; con la ayuda del programa de computación de cálculo de carga se determinará el nuevo sistema acondicionador de aire con sus respectivos costos que optimizará la purificación del aire de dicha sala

CAPITULO 1

1. DESCRIPCION GENERAL DEL HOSPITAL: SALA DE CIRUGIA.

1.1. Antecedentes.

San José de Ancón, parroquia de la península de Santa Elena desde el año 2001 en la provincia del Guayas, antiguamente Campamento Petrolero Ancón, conocida así por la explotación de pozos petrolíferos a cargo de la compañía inglesa ANGLO. La parroquia San José de Ancón se encuentra a 139 Km. de la ciudad de Guayaquil, cuya ubicación exacta se la puede observar en la figura 1.1,

Esta pequeña parroquia sobresale de la demás poblaciones de la península de Santa Elena, por las características que presenta su

infraestructura, la cual es una arquitectura inglesa, además por ser cuna de grandes deportistas; entre ellos, Alberto Spencer.



FIGURA 1.1. MAPA DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS

En esta parroquia actualmente habitan cerca de 2.500 personas; la mayoría de ellos dedicada al campo petrolero prestando servicios a la “Compañía Pacifpetrol”. San José de Ancón posee todos los servicios básicos, a los que se suma la presencia del hospital del IESS (*figura 1.2*), que presta sus servicios desde hace muchos años atrás.

Este hospital, tiene un área de 6.800 m², al mismo que recurren

alrededor de 75 pacientes por día no solo de la parroquia San José de Ancón; sino de parroquias y recintos cercanos tales como, Santa Elena, El tambo, Prosperidad, Anconcito, Ayangue, Valdivia, Palmar, Montañita, Colonche, Atahualpa, etc. Todos en su mayoría afiliados al seguro social, aunque en caso de emergencia, cualquier persona puede ser atendida.



FIGURA 1.2. HOSPITAL DEL IESS – ANCON

El Hospital del IESS de Ancón ofrece distintos tipos de servicios, estos son:

- Consulta Externa.
- Medicina General y especialidades.

La infraestructura del Hospital data desde la época en que se denominaba a Ancón como campamento petrolero, añadiendo que no ha presentado ningún tipo de modificaciones en la misma, pero con la actual administración a cargo del Dr. Cesar Chalén, Director del Hospital, la infraestructura y el servicio se encuentra en un proceso de modernización.



FIGURA 1.3. SERVICIOS OFRECIDOS POR EL HOSPITAL

La sala de cirugía del presente hospital es usada dos veces diarias aproximadamente, utilizada a las 10 de la mañana cuando son cirugías programadas y por supuesto a cualquier hora del día en

emergencias. El área total de la sala de cirugía es de 108 m².



FIGURA 1.4. ENTRADA A LA SALA DE CIRUGIA

La sala de cirugía de este hospital esta dividida en 4 áreas, su disposición se la puede observar en el plano 1, estas áreas son:

- Sala pre quirúrgica,
- Sala de esterilización,
- Sala de cirugías contaminadas, y
- Sala de cirugía principal.

Sala pre quirúrgica; se la encuentra al momento de ingresar a la sala de cirugía, es el área de la recepción de pacientes y

estacionamiento de camillas, se encuentran además 2 archivadores y varios colgadores de ropa, el área de esta sala es de 14.4 m².

Sala de esterilización; tiene un área de 21.6 m², se la encuentra a continuación del área pre quirúrgica y entre las salas de cirugías, aquí encontramos lavamanos quirúrgico, mesa de trabajo, y algunos equipos almacenados.



FIGURA 1.5. LAVAMANOS QUIRÚRGICO

Sala de cirugía contaminada; tiene un área de 36 m², se la encuentra a lado derecho del área pre quirúrgica, se la denomina de esa manera por las clases de cirugías realizadas, tales como: Apendicectomía, y Escarectomía, que son los deliberamientos de

tejidos de heridas infectadas. Este tipo de cirugías no se las realiza con frecuencia, por lo general se efectúan de 1 a 2 cirugías semanales, aunque hay semanas en que esta sala no es utilizada.

Sala de cirugía principal; al igual que la sala de cirugías contaminadas tiene un área de 36 m², y se encuentra a lado izquierdo de la sala pre quirúrgica, aquí se realizan cirugías como:

- Colectomía; cirugías de Vesícula.
- Herniorrafias de diferentes tipos; umbilicales e inguinales.
- Eventraciones post quirúrgicas.
- Cirugías Urológicas; entre ellas tenemos la Prostatectomía (cirugías de próstata), Circuncisiones, Costalitolofobia (Extracciones de cálculos en la vejiga), Colpoperinofobia (Corrección de descenso de vejiga), Litotomía (Cálculos o tumores en los riñones), Orquiectomía (extracción de testículos con cáncer), Orquiopexia (Corrección de testículos descendidos).
- Cirugías Ginecológicas; entre ellas tenemos Histerectomía (Cesáreas), Salpiyectomía (Ligaduras), y Extracción de quistes de la glándula de partolin.
- Traumatología de diferentes tipos.

- Cirugía General.

Estas cirugías se las realiza con mayor frecuencia, debido a esto la sala de cirugía es usada diariamente.

1.2. Unidades acondicionadoras de aire existentes en la sala de cirugía.

La lista de las unidades acondicionadoras de aire que se encuentran en la sala de cirugía a excepción del área pre quirúrgica en la que no existe ningún tipo de unidad acondicionadora de aire, se la puede visualizar en la tabla 1:

En la **sala de esterilización** se encuentra una unidad tipo split decorativo de pared en buenas condiciones, instalado desde hace un año atrás, este se observa en la siguiente figura



FIGURA 1.6. UNIDAD EVAPORADORA (IZQ.) – UNIDAD CONDENSADORA (DER.) MARCA CARRIER DE 24,000 BTU

En la **sala de cirugía contaminada** se encuentran dos unidades acondicionadoras de aire tipo ventana (*figura 1.7*), un equipo marca SAMSUNG en condición media y otro equipo marca GOLDSTAR en muy mala condición, además según información proporcionada por el personal del hospital ambas unidades no han recibido ningún tipo de mantenimiento en los últimos 6 meses.



FIGURA 1.7. UNIDADES TIPO VENTANA MARCA GOLDSTAR (IZQ.) Y MARCA SAMSUNG (DER.)

En la **sala de cirugía principal** se encuentran dos unidades acondicionadoras de aire tipo ventana (*figura 1.8*), ambas de marca LG y en condiciones medias, al igual que los equipos de la sala de cirugía contaminada estos no han recibido ningún tipo de mantenimiento en los últimos 6 meses.



FIGURA 1.8. UNIDAD TIPO VENTANA MARCA LG

La capacidad total de frío de la sala de cirugía del hospital del IESS de la parroquia San José de Ancón es igual a:

$$Q_t = 94.000 \text{ BTU/HR.}$$

TABLA 1

EQUIPOS DEL SISTEMA ACONDICIONADOR DE AIRE ACTUAL

	Sala de Esterilización	Sala de cirugía contaminada	Sala de cirugía principal.
Tipo	Split decorativo de pared	Ventana	Ventana
Cantidad	1	2	2
Marca	Carrier	Samsung	LG
		Goldstar	LG
Modelo	Alfa 42KCE0243/38KCE0243	AW12FBDBA	LWC183MSMM1
		CW-18000QP	LWC183MSMM1
Capacidad de frío (nominal-BTU)	24,000	12,000	18,000
		18,000	18,000
Nivel de Ruido DBA	43 / 55	62 / 65	49 / 58
		62 / 65	49 / 58
Dimensiones - mm. (anchoxalt.xfondo)	1080 x 330 x 222 845 x 695 x 335	600 x 395 x 485	660 x 428 x 770
		660 x 430 x 750	660 x 428 x 770
Peso neto Kg.	17 / 58	42	65
		66	65
Fuente de energía (voltios-fase-Hz)	208/230 - 1 - 60	220 - 1 - 60	220 - 1 - 60
		220 - 1 - 60	220 - 1 - 60
Corriente (Amp.)	14	5,5	9,5
		9,5	9,5

CAPITULO 2

2. CONCEPTOS Y CONDICIONES AMBIENTALES PARA UN DISEÑO.

2.1 Principios fisiológicos para el confort y salud.

Una de las necesidades más importantes de un hospital es mantener un alto nivel higiénico. En un hospital no solo hay mucha gente con sus defensas bajas, en estado débil y propensa a contaminarse, sino que además hay una gran concentración de bacterias. El sistema de aire acondicionado tiene un rol importante en ello.

2.1.1.- Confort térmico.- El concepto de confort describe un delicado equilibrio de sensaciones placenteras del cuerpo producido por un entorno. El concepto de atmósfera confortable describe nuestro entorno cuando no somos

consientes de ninguna inconformidad. El confort térmico depende de la actividad corporal y de la vestimenta, así como de la temperatura ambiente del local, temperatura del aire impulsado, velocidad del aire, grado de turbulencia y humedad del aire ambiente. Los criterios de confort que tienen en cuenta las influencias mencionadas vienen definidas en la norma UNE-EN ISO 7730.

2.1.2.- Problemas de contaminación en las salas de cirugía.-

El aire que se suministra a las salas de cirugía del hospital contienen siempre algunos contaminantes que pueden provenir del aire exterior o del aire de retorno, en caso de usarse recirculación. La facilidad y eficacia con la cual se pueden remover dependen de algunos factores: su tamaño, forma, gravedad específica, concentración y características de superficie.

El tamaño de los contaminantes se mide en micrones (1 micrón = 0.001 mm.), variando en un rango muy amplio que puede alcanzar tamaños menores de 0.1 y superiores a 5000 micrones. De acuerdo a su tamaño, podemos clasificarlos en los siguientes grupos:

- *Zona Browniana*: Partícula ≤ 0.1 micrones.
- *Zona de Cunningham*: $0.1 \text{ micrón} \leq \text{Partícula} \leq 1.0$ micrón.
- *Zona de Stokes*: $1.0 \text{ micrón} \leq \text{Partícula} \leq 200$ micrones

TABLA 2
TIPOS DE BACTERIAS Y HONGOS SUSPENDIDOS EN EL AIRE

Tipo	%	Diámetro aerodinámico mm	
		Rango	Promedio
<i>Bacteria</i>			
Diplococos	8.3	$\leq 2-5$	2.5
Micrococos	16.7	---	---
Sarcina	11.1	8 - 18	>13
Tétradas	33.3	---	---
Bacilos	16.7	$\leq 3-9$	≥ 3
<i>Hongos</i>			
Penicillium	37.25	1.6 - 3.1	3
Aspergillus niger	5.9	3 - 4.5	4
Aspegillus sp.	3.92	2 - 3.5	3
Cladosporium	21.56	2.5 - 4.5	4.2
Rhizopus	3.92	8 - 15	11
Alternaria	3.92	6 - 14	> 13
Gunninghamella	1.96	9 - 14	11
Levaduras	21.56	2 - 3.1	2.9
-- No se midió			

Las concentraciones y características de los contaminantes presentes en el aire determinan el grado de

contaminación del mismo. Entre los elementos que contaminan el aire se encuentran: polvos, gases y olores, polen, insecticidas, productos de combustión, virus y bacterias.

La presencia de *Aspergillus sp.* en el medio ambiente

hospitalario.- El *aspergillus* es un hongo del género ascomiceto de estructura filiforme que posee esporas. Se encuentra fácilmente en el suelo, en el agua y en los restos vegetales y representa hasta el 40% de la flora fúngica del ambiente doméstico y hospitalario. En los hospitales puede cultivarse a partir de muestras del aire, de los sistemas de ventilación, del polvo contaminado generado durante las obras de remodelación y construcción de las moquetas, de los alimentos, de las plantas ornamentales y también puede aislarse fácilmente en las muestras del aire exterior. Este problema se agrava cuando hay deficiencias en la renovación del aire exterior. El movimiento continuo en los falsos techos libera esporas de *aspergillus* al medio ambiente.

A continuación en las figuras 2.1 y 2.2 se puede observar

que estos inconvenientes antes mencionados ocurren en el hospital del IESS San José de Ancón. La obra civil que se visualiza es la construcción de la nueva sala de emergencia, que se está construyendo justo al frente a unos 3 m de distancia al ingreso a la sala de cirugía.



FIGURA 2.1. OBRA CIVIL CERCA DE LA SALA DE CIRUGIA



FIGURA 2.2. MOVIMIENTO DEL TUMBADO FALSO EN LA PARTE EXTERIOR DE LA SALA DE CIRUGIA

El contacto cotidiano con el hongo no causa enfermedad a la mayoría de las personas, sin embargo, algunos grupos especiales de pacientes pueden verse afectados por el en determinadas ocasiones. La infección intra hospitalaria más importante producida por aspergillus es la neumonía, especialmente en pacientes sometidos a transplante de médula ósea. El aire externo contiene de 1 a 10 UFC de aspergillus por milímetro cúbico.

El aspergillus intra hospitalario es una causa de morbimortalidad en pacientes inmunocomprometidos como son los sometidos a quimioterapia, transplantes de órganos y los quemados graves.

Si dentro del quirófano existen esporas de Aspergillus, estas podrían llegar por el aire hasta la zona quirúrgica del paciente y contaminarla. Si el paciente va a recibir algún material que actúe como cuerpo extraño (prótesis valvulares, articulares, alambres) la probabilidad de desarrollar infección, aun en presencia de pequeñas dosis de microorganismos, va a verse incrementada. Además la cicatrización de la herida podría tardar. Generalmente se asume que la mayor parte de las infecciones de la zona

quirúrgica que ocurren en pacientes en la que se ha realizado un cierre primario de la herida, son debidas a la contaminación que se produce dentro del acto quirúrgico.

2.2. Aire acondicionado en los hospitales: Sala de cirugías y áreas críticas

El actual sistema acondicionador de aire de la sala de cirugía del hospital estudiado como se dio a conocer en el capítulo anterior solo está constituido por equipos acondicionadores de aire tipo ventana y un tipo split decorativo de pared, los mismos que no podrían alcanzar a obtener la calidad de aire que debe circular en una sala de cirugía.

2.2.1. Calidad del aire que circula en el ambiente quirúrgico.-

El acondicionamiento de aire consiste básicamente, en el control de las condiciones ambientales en el interior de un espacio cerrado, referente a la temperatura, humedad, movimiento y limpieza de aire. Para mantener unas condiciones ambientales idóneas en el centro sanitario, el aire de climatización debe someterse a diferentes procesos antes de ser introducido en su interior.

Un factor importante en el mantenimiento de la calidad del

aire depende de la disposición de las tomas de aire exterior de los sistemas de aire acondicionado.

2.2.2. Limpieza del aire.- En los procesos de tratamiento de aire, tiene una gran importancia la fase de limpieza del aire, que se realiza mediante filtros adecuados al grado de eficacia deseado, ya sea para el tratamiento del aire exterior y del aire de retorno, si se usa recirculación. La mayoría de los filtros removerán una buena cantidad del peso total de la materia en forma de partículas presentes en el aire. Sin embargo, para la aplicación deseada habrá un determinado tipo de filtro, dependiendo del estado de pureza ambiental que se desea lograr.

Existen tres características de operación que distinguen los varios tipos de filtros, que son:

1.- **Eficiencia:** Que mide la capacidad del filtro para remover partículas de la corriente de aire. Varía de acuerdo al grado de pureza que se requiera en el ambiente.

2.- **Resistencia al flujo de aire:** Es la pérdida en presión

total a través del filtro para un determinado flujo de aire. Cuando el filtro se encuentra limpio posee una resistencia inicial, así como una resistencia final recomendada cuando el filtro deberá ser reacondicionado o reemplazado.

3.- Capacidad de captación de polvo: indican la cantidad de impurezas que se puedan almacenar en el filtro antes de que la caída de presión alcance el valor máximo preestablecido.

Los filtros de más alta eficiencia y alta pérdida de presión se conocen como filtros absolutos (filtros HEPA, High Efficiency Particulate Air Arresting), son filtros secos, tipo celda y se construye generalmente con material filtrante de fibra de vidrio y asbesto. Estos filtros son esenciales donde se requieren aire ultra limpio, como en las salas de cirugías de hospitales.

El sistema de filtrado de aire a una sala de cirugía requiere de dos filtros en base y en serie. El primero (prefiltro) con forma de panal de abeja, no permite que ingrese ningún objeto de grandes dimensiones al sistema de ventilación.

Cuenta con un sistema de fieltro sostenido por alambre galvanizado.

El segundo es un filtro de alta eficiencia 90-95 %, con un sellador que no permite la adhesión de partículas o gérmenes, con un sistema de fieltro aislado por capas de material aislante que atraen las partículas por ionización.

El prefiltro cumple la importante función de disminuir la saturación del filtro HEPA, aumentando su vida útil. Por la misma razón en muchas Instituciones, se agrega un filtro intermedio que se ubica entre el prefiltro y el filtro.

El filtro Hepa es un filtro con una eficiencia mínima del 99,97 % en la partícula más difícil de filtrar, que es la de 0,3 micrones de diámetro. Su eficiencia aumenta para las partículas que se alejan en tamaño de la medida indicada.

La mayor concentración de microorganismos se encuentra en partículas que fluctúan entre los 2 y 5 micrones en tamaño. El tamaño de los virus se ubica entre 0,005 y 1 micrón. La medida de la mayoría de las bacterias oscila

entre 0,2 y 0,7 micrones, aunque normalmente están agrupadas en colonias o alojadas en partículas de mayor tamaño. La medida de los esporos de hongos varía entre 10 y 30 micrones.

Las operaciones de filtrado, además de servir para obtener aire limpio en los locales, tienen mucha importancia en el mantenimiento y conservación de todos los equipos de la instalación de climatización. El Hospital deberá asegurar un mantenimiento sistemático de las instalaciones de acondicionamiento de aire.

Junto con la limpieza de los elementos y equipos de las instalaciones de acondicionamiento de aire, así como de las centrales de tratamiento de aire, se ha de prestar especial atención al correcto mantenimiento de los filtros.

2.2.3. Condiciones mínimas para la salas de cirugías.- La mejor manera de acondicionar sala de cirugías consiste en utilizar aire totalmente fresco con arreglos para precalentar, recalentar, controlar la humedad, acoplado

con un sistema mecánico de ventilación que remueve el aire desde el nivel alto y bajo de la sala de cirugía.

Una sala de operación debe tener una presión de aire más alta que cualquier otra área que con ella comunique. Esta presión positiva debe de ser de 0.1 pulgadas de agua.

Esto también es necesario para las salas de recuperación, salas de emergencia y de anestesia. A menudo, estas áreas se comunican con una red de corredores mantenidos a presión intermedia, lo que permite que las áreas estériles suministren constantemente un poco de aire a los corredores.

El número de recambios por hora debe estar normalizado. Se recomienda un mínimo de 15 y un máximo de 25. y una velocidad del aire no superior a los 40 (Pies/min.). Aunque en ciertos casos también señalan un número de recambios de aire por hora entre 20 y 25, de los cuales 4 deben ser de aire fresco.

La humedad relativa debe estar entre el 50 y 60 %. Cuando la humedad supera este rango, provoca

transpiración y permite el crecimiento de moho. Cuando hay baja humedad se aumenta la generación de partículas y se desarrollan cargas electroestáticas que pueden ocasionar la explosión de los gases anestésicos concentrados cerca del piso de la sala de cirugía. Además hay intervenciones quirúrgicas que requieren altos niveles de humedad

La temperatura oscilará entre 18 y 24 °C., dependiendo de los requerimientos del paciente. Especial atención merece el aumento de la temperatura ya que por encima del 35 °C, aumenta la generación de partículas.

En la tabla 3 se muestra los requerimientos de ventilación para distintas áreas de un hospital

Otra condición importante es la de instalar termostatos que no sean del tipo eléctrico para evitar la posibilidad de explosión de los gases anestésicos al producirse alguna chispa.

La ventaja de poseer un sistema de aire controlado en una sala de cirugía es minimizar las esporas de *Clostridium perfringens* y *Aspergillus* sp.

TABLA 3

REQUERIMIENTOS DE VENTILACION

Requerimientos de aire	Salas de aislamientos de enfermedades infecciosas	Huéspedes inmunocomprometidos	Salas de cirugías
Presión	NEGATIVA	POSITIVA	POSITIVA
Renovaciones	≥ 6	> 12	15 <REN.< 25
Grado de filtración	90% de Eficiencia	99,97% de Eficiencia	90% de Eficiencia y en Trasplantes 99,97 - 99,99%
Recirculación	No permitida	Permitida	Permitida

El flujo de aire es de tipo laminar, con esta clase de flujo unidireccional no se producen remolinos de aire, para que las partículas contaminadas no recirculen ni se depositen en las áreas críticas. Esto logra en las salas quirúrgicas un ambiente favorable.

CAPITULO 3

2. CALCULO DE CARGA.

3.1 Características específicas de la sala de cirugía.

Para poder realizar el cálculo de carga se debe determinar ciertas características del lugar que se va a climatizar, para este caso la sala de cirugía. Cabe anotar que el cálculo de carga de la misma se lo va a efectuar por salas; divididas de la siguiente manera: la primera corresponderá al de la sala de cirugía contaminada, la segunda al de la sala de cirugía principal, y la última a la sala de esterilización. La sala pre quirúrgica no se la va a climatizar debido que es un área solo de “*transito*”; cabe destacar que esto no perjudica la calidad de aire de las demás salas.

Un punto importante es la ubicación geográfica donde se encuentra

cada sala de cirugía, la misma que puede verse en el plano 1, esto ayudará reconociendo las paredes que están expuestas directamente al sol, dato importante debido a que las paredes presentan una particularidad, que todas ellas poseen ventanales de vidrio. Las paredes están construidas de bloque de hormigón con enlucido interior y exterior.

La cantidad de personas que se encuentran en la sala de cirugía al momento de una intervención quirúrgica, es un total de cuatro (4), divididas de la siguiente manera:

- Un cirujano
- Un ayudante
- Un instrumentista, y
- El paciente

En la sala de cirugía principal si el acto quirúrgico a realizar es algo complicada se suma otra persona, que cumplirá las funciones de un segundo ayudante.

Otra característica que ayuda para efectuar el cálculo de carga es la parte de la iluminación, para el presente proyecto, este consiste en

lámparas de 3 x 40 W. el número de ellas para cada área de la sala de cirugía se lo observa en la tabla 4, a parte del foco principal de la mesa de cirugía, el mismo que es de 80 W. Además los equipos que se encuentran en la sala, estos son: maquina de aplicación de anestesia, monitor, electro bisturí y succionador.

TABLA 4

NUMERO DE LUMINARIAS EXISTENTES EN LAS DIFERENTES SALAS

	Sala De Esterilización	Sala De Cirugía contaminada	Sala De Cirugía Principal
Numero de Luminarias	2	4	4

3.2 Utilización del programa BLOCK LOAD 3.05

Para determinar el cálculo de carga térmica de la sala de cirugía se utilizará el programa de la corporación CARRIER "**Block Load 3.05**" (*figura 3.1*) el cual lo facilita la empresa AC TECH S.A.

Este programa consta de tres pantallas principales de ingreso de datos de entrada:

- Edit City.
- HVAC System Information.

- Zone Information.

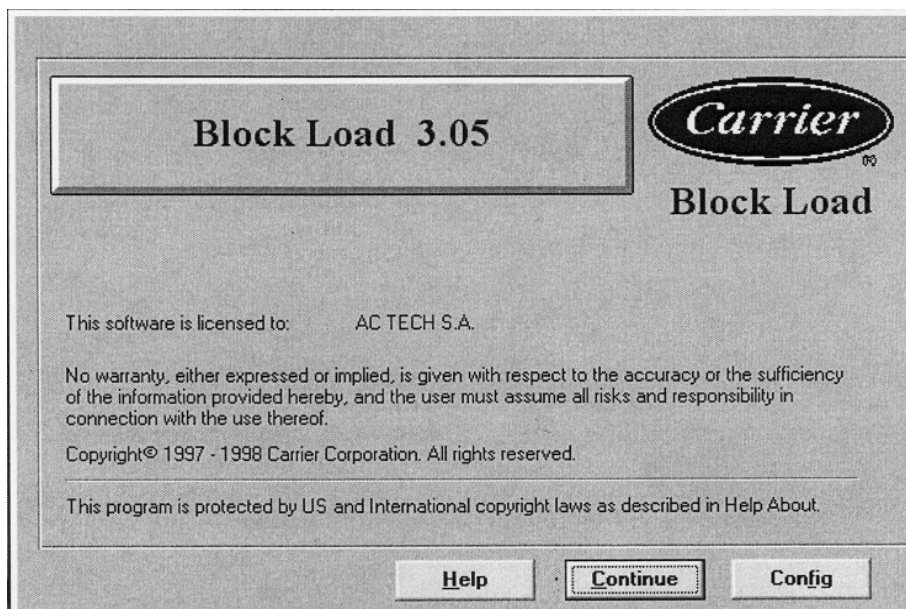


FIGURA 3.1. PROGRAMA BLOCK LOAD 3.05

En la primera pantalla se ingresan los datos de la región, país y la ciudad donde se desarrolla el proyecto. Con el ingreso de los mismos, el programa da los valores de la latitud, elevación, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo tanto en invierno como en verano, siempre y cuando la ciudad este registrada en su base de datos, caso contrario, estos pueden ser ingresados y a la vez grabados.

En la figura 3.2 se ve claramente los valores descritos en el párrafo

anterior, los mismos que corresponden al de la ciudad de Guayaquil, debido a que los datos de la pequeña parroquia, San José de Ancón no se encuentran estipulados, mismos que son similares al de la ciudad utilizada. Estos valores serán idénticos para las tres áreas a las que se va efectuar el cálculo.

The screenshot shows the 'Edit City' dialog box with the following details:

- Region:** Central and South America
- State/ Province:** Ecuador
- City:** Guayaquil
- Latitude:** -2.2
- Elevation:** 13 ft
- Atmospheric Clearness Number:** 1
- Daily Range:** 20
- Summer Dry-bulb:** 92 °F
- Summer Wet-bulb:** 80 °F
- Winter Dry-bulb:** 64 °F
- Information Bar:** Enter or Select the Country/Region
- Parameter Limits Bar:** (Empty)
- Data Source:** Use Default...

FIGURA 3.2. PANTALLA EDIT CITY

La pantalla de HVAC System Information, se divide en tres sub-pantallas; en la primera de ellas, (figura 3.3) se ingresan datos generales, como el nombre del área a climatizar, se empezara con los datos de **la sala de cirugía contaminada** a la que se la llama en el desarrollo del programa "Sala 1".

Se selecciona el tipo de sistema, si es solo de enfriamiento, Calefacción o los dos a la vez. Las horas de operación del equipo, las cuales se asume 24 Hrs. debido a que las cirugías se pueden efectuar a cualquier hora del día en caso de emergencia, así mismo los datos de ventilación del ambiente, cantidad de aire extraído forzosamente, este valor tiene que cubrir las exigencias de la sala de cirugía, el mismo que se anoto en el capítulo 2, que el número de recambios de aire por hora (RCH) debe ser de 20 a 25, de los cuales 4 son de aire fresco, y así este valor se lo determina de la siguiente manera; siendo L la longitud de la sala, F el fondo de la sala, H la altura del cuarto,

Datos:

$$L = 6 \text{ m.}$$

$$F = 6 \text{ m.}$$

$$H = 3 \text{ m.}$$

$$\text{RCH} = 4$$

Desarrollo:

$$A = L \times F \text{ (Ecuación 3.1)}$$

$$A = (6\text{m}) * (6\text{m}) = 36 \text{ m}^2 = 388 \text{ ft}^2$$

$$\text{Vol.} = A * H \text{ (Ecuación 3.2)}$$

$$\text{Vol.} = (36 \text{ m}^2) * (3 \text{ m})$$

$$\text{Vol.} = 108 \text{ m}^3 = 3810 \text{ ft}^3$$

$$\text{CFM} = \text{Vol.} * \text{RCH (Ecuación 3.3)}$$

$$\text{CFM} = (3810 \text{ ft}^3) * (4 \text{ cambios/Hr.}) * (1\text{Hr}/60 \text{ Min.})$$

$$\text{CFM} = 254 \approx 250$$

Los datos del “Fan”: Draw - Thru indica el orden de ubicación, primero el Serpentín y luego el blower, que es una particularidad de los equipos marca CARRIER, mismos que se utilizará en el presente proyecto. Mientras que Blow - Thru significa lo contrario; es decir que primero el blower y luego el serpentín.

The screenshot shows the 'HVAC System Information' dialog box with three tabs: 'HVAC System Data 1', 'HVAC System Data 2', and 'Zones'. The 'HVAC System Data 1' tab is active and contains the following fields:

- General HVAC System Data:**
 - System Name: sala 1
 - System Type: Cooling Only
 - System Start: 0600
 - Duration: 24 hrs
- Sizing Specifications:**
 - Supply: 57 °F
 - Ventilation: 250 CFM
 - Direct Exhaust: 0 CFM

The 'HVAC System Data 2' tab is also visible and contains:

- Fan Configuration:**
 - Configuration: Draw-Thru Blow-Thru
 - Static Pressure: 1.5 in.wg.
- System Arrangement:**
 - Each zone served by a separate air handle
 - All zones served by a common air handler.

At the bottom of the dialog, there are 'OK' and 'Cancel' buttons. There are also two informational bars: 'Information Bar' with the text 'Enter a system name.' and 'Parameter Limits Bar' with the text 'You may enter up to 24 characters.'

FIGURA 3.3. PANTALLA HVAC SYSTEM INFORMATION DATA 1- SALA 1

En la siguiente sub pantalla, (figura 3.4) se deben ingresar los datos

de la temperatura de enfriamiento y de calentamiento, según los requerimientos para una sala de cirugía esta oscila entre 18 y 24 °C, por tal motivo se utilizará 22 °C el mismo que en °F es igual a 72. Además también se debe ingresar un factor de seguridad tanto para el calor sensible como para el calor latente.

El factor de bypass, también ingresado en esta sub pantalla, es muy importante por que da una indicación de la eficiencia con que se realizan los intercambios térmicos entre la superficie de intercambio y el aire. La tabla 5 indican los factores de bypass (BF) generalmente adoptados en las aplicaciones mas frecuentes del acondicionamiento del aire.

Section	Parameter	Value	Unit
Thermostat Setpoints	Cooling: (Occupied)	72	°F
	Cooling: (Unoccupied)	72	°F
	Heating	72	°F
Factors	Coil Bypass	0.1	
	Safety (Sens)	5	%
	Safety (Latent)	5	%
	Heating Safety	0	%
Return Air Plenum	Is an air plenum used?	No	
Information Bar	Enter the normal cooling thermostat setpoint.		
Parameter Limits Bar	Min: 50 Max: 110 Orig: 72		

FIGURA 3.4. PANTALLA HVAC SYSTEM INFORMATION DATA 2 SALA 1

TABLA 5
VALORES DEL FACTOR DE BY PASS

Factor de Bypass	Tipo de la Aplicación	Ejemplo
0,30 - 0,50	Balance térmico pequeño (Ganancias latentes grandes)	Apartamentos
0,20 - 0,30	Acondicionamiento de confort clásico, balance térmico relativamente pequeño	Tiendas, o pequeñas fabricas
0,10 - 0,20	Acondicionamiento de confort clásico	Tiendas, grandes bancos y fabricas
0,05 - 0,10	Ganancias sensibles grandes o caudal de aire exterior grande	Tienda grande, restaurante y fabrica
0 - 0,10	Funcionamiento con aire fresco total	Hospital, quirófanos

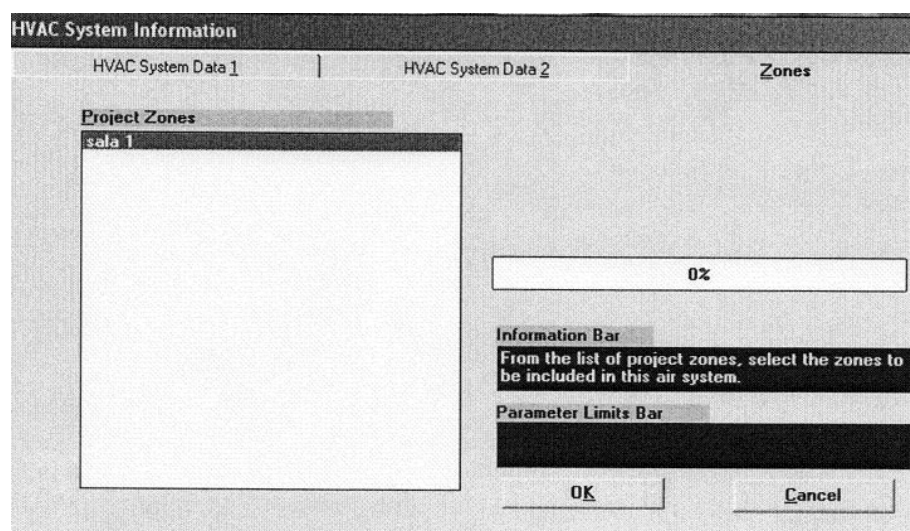


FIGURA 3.5. PANTALLA HVAC SYSTEM INFORMATION ZONES

En la última sub pantalla, (figura 3.5) no da mayor información, ni tampoco se deben ingresar datos, debido a que representa si el área a climatizar se la ha subdividido por zonas, caso que no ocurre en el presente proyecto.

La pantalla de Zone Information se divide en cinco sub pantallas, la primera de ellas, (figura 3.6) se ingresa nuevamente el nombre de la zona, el área en ft², la iluminación; este valor es el total de watts, luego en el programa se lo puede dejar expresado como watts o como watts/ ft². De manera similar se ingresa el valor de otro factor eléctrico que representa el total de watts de los equipos utilizados al momento de efectuarse la cirugía.

FIGURA 3.6. PANTALLA ZONE INFORMATION DATA 1 – SALA 1

En la segunda sub pantalla, (figura 3.7) se ingresa el número de personas y el tipo de trabajo que desempeñan; al ingresar este ultimo el programa arroja los valores de calor sensible y calor latente que tiene ingresado en su base de dato, en esta misma sub pantalla se ingresa el valor correspondiente a las cargas misceláneas y a la infiltración.

The screenshot shows a software interface for 'Zone Information: sala 1'. The 'Zone Data 2' tab is active. The 'People' section has the following values: Occupancy: 4.0, Unocc. Diversity: .0, Activity Level: Sedentary Work, Sensible Gain: 280.0, and Latent Gain: 270.0. The 'Miscellaneous Loads' section has: Sensible: .0, Latent: .0, and Unocc. Diversity: .0. The 'Infiltration' section has: Cooling: 50.0 and Heating: 0. The 'Slab' section has: Area: .0, Perimeter: .0, and Depth: .0. An information bar at the bottom right says 'Specify the number of square feet per person.' and a parameter limits bar shows 'Min: 0 Max: 90000 Orig: 4.0'. There are 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

FIGURA 3.7. PANTALLA ZONE INFORMATION DATA 2 – SALA 1

Los valores ingresados en la tercera sub pantalla, (figura 3.8) son los coeficientes de transferencias de los diversos tipos de paredes,

cubiertas y vidrios existentes en la zona. El programa permite ingresar datos de hasta tres tipos diferentes de paredes.

one Information: sala 1

Zone Data 1 | Zone Data 2 | **Bldg. Matl.** | Exposure | Partitions

Wall Detail

	U-Value (BTU/hr/sqft/°F)	Weight (lb/sqft)	Color
Type 1	.45	75.	Light
Type 2	.1	75.	Light
Type 3	.1	75.	Light

Roof

	U-Value	Material	Color
Type 1	.5	M	Light
Type 2	.13	M	Light
Type 3	.13	M	Light

Glass Information

	Type 1	Type 2	Type 3
U-Value	.53	.53	.53
Glass Factor	.51	.51	.51
Interior Shades	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes

External Shading Data

	Type 1	Type 2	Type 3
Window Height	8.0	8.0	8.0
Window Width	4.0	4.0	4.0
Reveal Depth	.0	.0	.0
Overhang Ht.	.0	.0	.0
Overhang Ext.	.0	.0	.0
Fin Separation	.0	.0	.0
Fin Extension	.0	.0	.0

Information Bar
Enter the wall U-Value.

Parameter Limits Bar
Min: 0.010 Max: 5.000 Orig: .45

OK Cancel

FIGURA 3.8. PANTALLA ZONE INFORMATION BLDG. MATL. – SALA 1

En la siguiente sub pantalla, (figura 3.9) se ingresa la ubicación geográfica de las paredes y ventanales de vidrio y el área de las mismas, esto es muy importante debido a que el programa analiza las ganancias de calor de las paredes expuesta directamente al sol.

one Information: sala 1

Zone Data 1 | Zone Data 2 | Bldg. Matl. | Exposure | Partitions

Exposure Area

	1	2	3	4	5
Exposure	South	East	Roof	NorthEast	NorthEast
Wall / Roof type	1	1	1	0	0
Gross Area (sqft)	194	194	387	0	0
Glass Type	1	1	0	0	0
Glass Area (sqft)	22	22	0	0	0
Shade Type	0	0	0	0	0
Glass Type	0	0	0	0	0
Glass Area (sqft)	0	0	0	0	0
Shade Type	0	0	0	0	0

Information Bar
Choose the Exposure orientation.

Parameter Limits Bar

OK Cancel

FIGURA 3.9. PANTALLA ZONE INFORMATION EXPOSURE. – SALA 1

one Information: sala 1

Zone Data 1 | Zone Data 2 | Bldg. Matl. | Exposure | Partitions

Partition 1

Net Area: 388.0 sqft

U-Value: .45 BTU/hr/sqft/F

Adjacent Region Temp

Cooling: 78.0 °F

Heating: 78.0 °F

Partition 2

Net Area: .0 sqft

U-Value: .1 BTU/hr/sqft/F

Adjacent Region Temp

Cooling: 90.0 °F

Heating: 90.0 °F

Partition 3

Net Area: .0 sqft

U-Value: .1 BTU/hr/sqft/F

Adjacent Region Temp

Cooling: 90.0 °F

Heating: 90.0 °F

Information Bar
Enter the net partition area.

Parameter Limits Bar
Min: 0.0 Max: 9000000.0 Orig: 388.0

OK Cancel

FIGURA 3.10. PANTALLA ZONE INFORMATION PARTITIONS. – SALA 1

En la última sub pantalla, (figura 3.10) se ingresan los valores de particiones; es decir las paredes que no están expuestas directamente al sol.

Con esto se da por terminado el ingreso de datos luego guardamos los mismos antes de correr el programa.

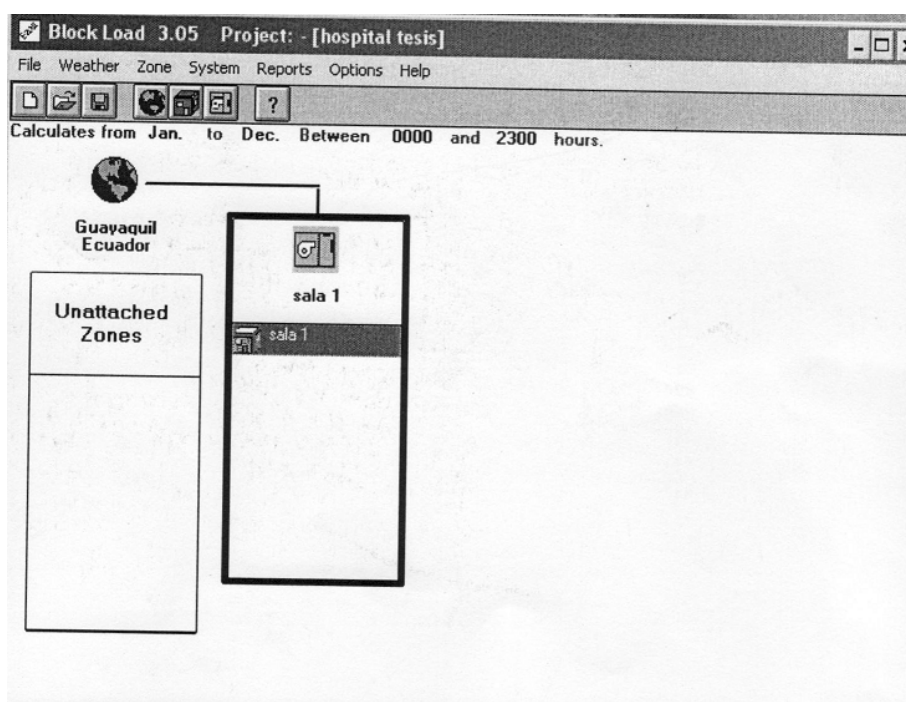


FIGURA 3.11. PANTALLA PRINCIPAL DEL PROGRAMA BLOCK LOAD 3.05 – SALA 1

Una vez guardado, corremos el programa, los resultados pueden ser vistos en el apéndice A, el calor total de la sala de cirugía contaminada da un valor de:

$$Q = 40.392 \text{ BTU/hr.}$$

Además un dato importante de revisar es el valor de la humedad relativa, el mismo que tiene un valor de:

HR = 58.1%, que se encuentra entre el 50 y 60 %, que es uno de los requerimientos en las salas de cirugía.

De la misma manera se procede a realizar el cálculo de carga de la sala de cirugía principal, a la que se le llamara sala 2. El procedimiento del ingreso de datos en el programa son iguales al anterior, son pocos los cambios que se debe realizar debido a que el área, la iluminación y otros datos ingresados son iguales, una de las diferencias es en la pantalla del ingreso del numero de personas donde en esta sala será de 5 como se ve en la figura 3.12.

Otra diferencia (*figura 3.13*) es en la pantalla donde se ingresan datos de la ubicación geográfica de las paredes y ventanales de vidrio expuestas directamente al sol.

Zone Information: sala 2

Zone Data 1 | **Zone Data 2** | Bldg. Matl. | Exposure | Partitions

People

Occupancy: 5.0 People

Unocc. Diversity: .0 %

Activity Level: Sedentary Work

Sensible Gain: 280.0 BTU/hr/per

Latent Gain: 270.0 BTU/hr/per

Slab

Area: .0 sqft

Perimeter: .0 ft

Depth: .0 ft

Miscellaneous Loads

Sensible: .0 BTU/hr

Latent: .0 BTU/hr

Unocc. Diversity: .0 %

Infiltration

Cooling: 50.0 CFM

Heating: 0 CFM/sqft

Information Bar
Specify the number of square feet per person.

Parameter Limits Bar
Min: 0 Max: 90000 Orig: 5.0

OK Cancel

FIGURA 3.12. PANTALLA ZONE INFORMATION DATA 2 – SALA 2

Zone Information: sala 2

Zone Data 1 | Zone Data 2 | Bldg. Matl. | **Exposure** | Partitions

Exposure Area

	1	2	3	4	5
Exposure	North	South	Roof	NorthEast	NorthEast
Wall / Roof type	1	1	1	0	0
Gross Area (sqft)	194	194	387	0	0
Glass Type	1	1	0	0	0
Glass Area (sqft)	35	35	0	0	0
Shade Type	0	0	0	0	0
Glass Type	0	0	0	0	0
Glass Area (sqft)	0	0	0	0	0
Shade Type	0	0	0	0	0

Information Bar
Choose the Exposure orientation.

Parameter Limits Bar

OK Cancel

FIGURA 3.13. PANTALLA ZONE INFORMATION EXPOSURE - SALA 2.

Guardando los datos y corriendo el programa, obtenemos los resultados adjuntos en el apéndice A, los valores de calor total y humedad relativa para la sala de cirugía principal son los siguientes:

$$Q = 40.464 \text{ BTU/hr.}$$

$$\text{HR} = 58.5\%$$

Para el último cálculo de carga, el mismo que corresponde al de la sala de esterilización el ingreso de datos es de forma similar. En la figura 3.14 se observa el ingreso del dato de ventilación, obtenido de la siguiente manera:

Datos:

$$L = 6 \text{ m.}$$

$$F = 3.6 \text{ m.}$$

$$H = 3 \text{ m.}$$

$$\text{RCH} = 4$$

Desarrollo:

$$A = L \times F \text{ (Ecuación 3.1)}$$

$$A = (6) \times (3.6) = 21.6 \text{ m}^2 = 233 \text{ ft}^2$$

$$\text{Vol.} = A \times H \text{ (Ecuación 3.2)}$$

$$\text{Vol.} = (21.6 \text{ m}^2) \times (3 \text{ m})$$

$$\text{Vol.} = 64.8 \text{ m}^3 = 2289 \text{ ft}^3$$

$$\text{CFM} = V * \text{RCH (Ecuación 3.3)}$$

$$\text{CFM} = (2289 \text{ ft}^3) * (4 \text{ cambios/Hr.}) * (1\text{Hr}/60 \text{ Min.})$$

$$\text{CFM} = 152.6 \approx 153$$

FIGURA 3.14. PANTALLA HVAC SYSTEM DATA 1 – SALA DE ESTERILIZACION

En la pantalla zone de information data 1, (figura 3.15) se ingresa los nuevos datos que difieren de los anteriores en cuanto al área de la sala, la iluminación y el de otros datos eléctricos.

En la figura 3.16 se ingresa el número de personas y un valor de infiltración. La pantalla de ingreso de datos de los coeficientes es la misma que el de las salas anteriores.

Zone Information: Esterilizacion

Zone Data 1 | Zone Data 2 | Bldg. Matl. | Exposure | Partitions

General Zone Data

Zone Name:

Floor Area: sqft

Building Weight: lb/sqft

Lighting Data

Lighting Usage:

Unocc. Diversity: %

Wattage Multiplier:

Fixture Type:

Other Electric

Usage:

Unocc. Diversity: %

Information Bar

Enter a reference name for the zone.

Parameter Limits Bar

You may enter up to 20 characters

FIGURA 3.15. PANTALLA ZONE INFORMATION DATA 1 – SALA DE ESTERILIZACION

Zone Information: Esterilizacion

Zone Data 1 | Zone Data 2 | Bldg. Matl. | Exposure | Partitions

People

Occupancy:

Unocc. Diversity: %

Activity Level:

Sensible Gain: BTU/hr/per

Latent Gain: BTU/hr/per

Slab

Area: sqft

Perimeter: ft

Depth: ft

Miscellaneous Loads

Sensible: BTU/hr

Latent: BTU/hr

Unocc. Diversity: %

Infiltration

Cooling:

Heating:

Information Bar

Specify the number of square feet per person.

Parameter Limits Bar

Min: 0 Max: 90000 Orig: 4.0

FIGURA 3.16. PANTALLA ZONE INFORMATION DATA 2 – SALA DE ESTERILIZACION

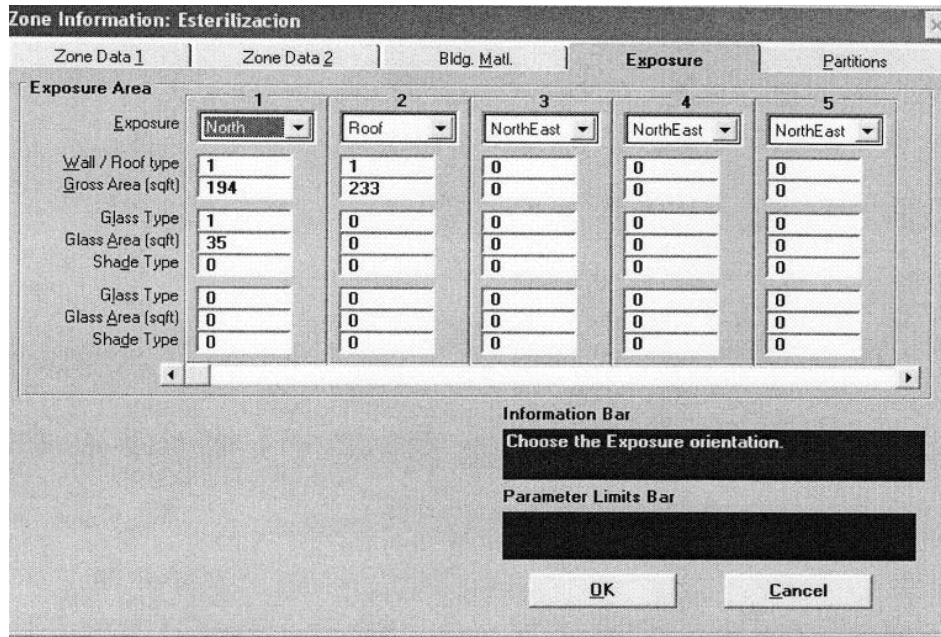


FIGURA 3.17. PANTALLA ZONE INFORMATION EXPOSURE – SALA DE ESTERILIZACION

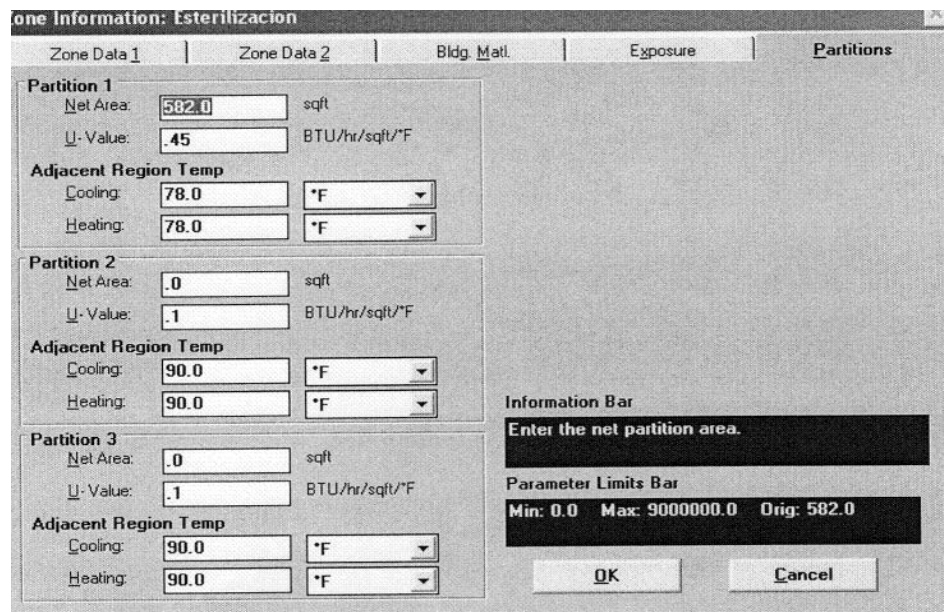


FIGURA 3.18. PANTALLA ZONE INFORMATION PARTITIONS – SALA DE ESTERILIZACION

La figura 3.17 da a conocer las paredes expuestas al sol. La figura 3.18 muestra el valor de las particiones, el mismo que para esta sala aumenta debido a la pared adjunta al de la sala pre quirúrgica

Luego de correr el programa nos da los resultados adjuntos en el apéndice A, dando un valor de calor total y humedad relativa igual a:

$$Q = 22.499 \text{ BTU/hr. Y HR} = 58.9\%$$

CAPITULO 4

2. SELECCIÓN DE EQUIPO Y ACCSESORIOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AIRE ACONDICIONADO.

4.1 Discusión sobre el uso del sistema acondicionador de aire a usar.

Una vez realizado el cálculo de carga térmico se procede a seleccionar el tipo de equipo para el nuevo sistema acondicionador de aire, el mismo que podría ser, de expansión directa o de agua helada.

Para determinar el tipo de equipo a utilizar se debe considerar lo siguiente:

Inversión inicial: Este costo será excesivo si se utiliza equipos de agua helada en comparación con los equipos de expansión directa,

debido a que las salas a climatizarse son solo tres; es decir si utilizamos equipos de agua helada se necesita comprar dos chillers, dos bombas (debido a que uno de ellos estará en stand by), tres manejadoras, el sistema de tubería; mientras que con equipos de expansión directa solo se necesitara comprar tres equipos, y como pueden ser del tipo paquete tampoco se invertirá en el sistema de tubería.

Confiabilidad de funcionamiento: Los equipos de agua helada son ligeramente más confiables, debido a que tenemos equipos en stand by, pero no las manejadoras que también podrían colapsar. Quizás otro dato importante es el factor EER (de cada sistema), los de expansión directa es entre 8 – 10, mientras que los de agua helada es de 13 – 14.5

Costo de mantenimiento: De la misma manera este costo seria excesivo en los equipos de agua helada, debido a que son mas equipos como ya se detallo anteriormente, además el costo es mas caro a diferencia de los de expansión directa donde el precio de este ultimo es solo de \$ 50 por equipo.

Consumo de Energía: Si bien el consumo de energía de un sistema

de agua helada es mucho mas bajo que el consumo de energía de un sistema de expansión directa, para este caso no es significativo este punto; debido a que el numero de manejadoras de aire es de solo tres, además a esto se le añade que la sala de cirugía contaminada no es usada diariamente y por ende el consumo de energía en los equipos de expansión directa no seria muy alto.

Analizando las consideraciones anteriores se desarrolla una matriz de decisión para elegir el equipo más conveniente para este sistema, donde los valores designados para esta matriz están entre 1 y 10 siendo el valor 1 para el menos factible y 10 para el más factible.

TABLA 6
MATRIZ DE DECISION

	Sistema de Expansión Directa	Sistema de agua helada
Inversión inicial	8	3
Confiabilidad de funcionamiento	5	6
Costo de mantenimiento	8	3
Consumo de energía	5	6
TOTAL	26	18

Como se puede observar en la matriz de decisión el sistema más

factible para climatizar la sala de cirugía son con equipos de expansión directa.

4.2 Selección de equipo acondicionador de aire.

De acuerdo al sub capítulo anterior el equipo a utilizar para la presente tesis, será del tipo “Expansión directa”. El cálculo de carga se lo realizó por sala, debido a que en el hospital la sala utilizada diariamente es la sala de cirugía principal, por tal motivo las otras salas podrán tener el equipo apagado. Otra razón es que los directivos del hospital estarían dispuestos a aceptar el proyecto por partes, donde el primer sistema a remodelar sería el de la sala de cirugía principal.

Los resultados obtenidos para cada sala según el cálculo de carga nos da un valor exacto que no será el mismo valor de la capacidad de frío del equipo a seleccionar, sino un aproximado debido a que las distintas compañías encargadas al diseño de los equipos de aire acondicionado ya tienen un estándar en sus diseños.

La tabla 7 ayuda a visualizar el tipo de equipo a seleccionar para las salas de cirugía a climatizar según la capacidad, donde la columna de capacidad de frío resultante es la que dio el programa y la

equivalente es la del equipo a utilizar.

TABLA 7

CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO DE LAS SALAS

Sala	Capacidad de frío resultante(BTU)	Capacidad de frío equivalente(BTU)
Sala de cirugía contaminada	40.392	48.000
Sala de cirugía principal	40.464	48.000
Sala de esterilización	22.499	24.000

Los equipos utilizados serán de la marca CARRIER, tipo paquete que son de procedencia americana, los catálogos con sus debidas especificaciones de los mismos pueden ser vistos en el apéndice B. La ubicación de los equipos puede visualizarse en el plano 2

4.3 Selección y distribución de filtros de alta eficiencia.

Según los requerimientos para una sala de cirugía la calidad de aire que circula en este ambiente es bacteriológicamente limpio, por tal motivo como ya se especifico anteriormente se debe seleccionar

filtros de alta eficiencia, lo que corresponde a un filtro HEPA y a dos prefiltros para cada sistema.

Los filtros son seleccionados debido a la eficiencia de los mismos, mientras más eficientes son más costosos. Para este caso se utilizara filtros HEPA de la compañía FLANDERS PRECISION, modelos *ALPHA CELL*, cuyos catálogos se lo puede ver en el apéndice C.

La eficiencia a utilizar será de 99.97%, que pueden retener partículas de hasta 0.30 micrones, que según los actos quirúrgicos realizados en este hospital es una medida de eficiencia aceptable; las medidas y modelo de los mismos son:

- Filtro Alpha cell de 24" x 24" x 11 ½", modelo 0-007-C-07-00-IU-12-00-GG-F
- Pre filtro 40, Merv. 7, 25 – 30% de 24" x 24" x 2", modelo 84355,022424

4.4 Selección y distribución de difusores y rejillas.

Otro accesorio de un sistema de aire acondicionado son los difusores y rejillas, los primeros son los encargados de manipular el

aire del ducto de mando o succión, mientras lo de retorno, como su nombre lo indica manejan el aire de retorno.

Para el presente proyecto los filtros HEPA harán las funciones de difusor, de esta manera bajar el costo del proyecto.

Como se utilizara equipos, marca CARRIER, en sus especificaciones, da a conocer que por cada 30 BTU circula 1 CFM, para la sala de cirugía contaminada y la sala principal los equipos son de 48.000 BTU, con una regla de 3 tenemos:

$$\text{CFM} = 48.000 \text{ BTU} * 1 \text{ CFM} / 30 \text{ BTU} \text{ (Ecuación 4.1)}$$

$$\text{CFM} = 1.600$$

Este último valor es el que va a circular por cada filtro que hace la función de difusor, el mismo que será colocado en medio de la sala, justo por encima de la mesa de cirugía (*Plano 3*).

Para seleccionar la rejilla de retorno, se debe conocer el caudal de aire a circular que corresponde al total de CFM de la maquina. La máxima velocidad que circula por estos accesorios es de 450 FPM y así para seleccionar el tamaño de la rejilla de retorno tenemos:

$C = V.A$; donde C es el caudal y V la velocidad

$A = C / V$ (Ecuación 4.2)

$A = (1600 \text{ ft}^3/\text{min.}) / (450 \text{ ft}/\text{min})$

$A = (3.556 \text{ ft}^2 * 144 \text{ in}^2) / 1 \text{ ft}^2$

$A = 512 \text{ in}^2$

$x = \text{sqrt } 512 \text{ in}^2$

$x = 22.63 \text{ in} \approx 24 \text{ in}$

Entonces la rejilla de retorno seleccionada será una RAME 24" x 24"

Mientras para la sala de esterilización se procederá de forma similar a la anterior, la diferencia radica en la capacidad de la maquina que es de 24.000 BTU y así utilizando la ecuación 4.1 tenemos:

$\text{CFM} = 24.000 \text{ BTU} * 1 \text{ CFM} / 30 \text{ BTU}$

$\text{CFM} = 800$

Al igual que las salas anteriores el filtro HEPA va a cumplir la función de difusor, mientras que la medida de la rejilla de retorno se la obtiene de forma similar, dando una RAME 16" x 16", la misma que no se utilizara debido a la medida del pre filtro por lo que se utilizara la rejilla RAME 24" x 24"

4.5 Dimensionamiento de ductos de inducción y retorno.

Para la sala de cirugía contaminada y la sala principal el ducto de mando es similar. Los ductos son diseñados para una presión estática de hasta 1" de agua de caída de presión, utilizando un factor de fricción constante de 0.1 s.p. por cada 100 pies de longitud.

Los ductos son construidos con lámina de acero galvanizado de acuerdo a las normas Smacna de ductos de baja presión, los espesores de planchas son de 0.50 mm. La fabricación de las uniones transversales es de tipo pistburd, Los ductos se aislaran con lana de vidrio del tipo Duct Wrap con foil de aluminio.

El dimensionamiento de los ductos se lo realiza con la ayuda de un "ductulador", de la compañía *TRANE*; en la tabla 7 se puede observar distintas medidas de ductos donde la selección dependerá de la altura del ducto.

La medida del ducto de mando y retorno para las salas de cirugía contaminada y cirugía principal, es la misma, según la tabla 8 este seria de 24" x 10", la diferencia radica en la disposición, la misma que puede verse en la plano 3.

El ducto de mando de la sala de esterilización sale de la maquina con una medida de 14" x 10"..

Los detalles de los ductos y la ubicación de filtros y prefiltros para las tres salas .pueden ser vistos en los planos 4, 5 y 6.

TABLA 8
MEDIDAS DE DUCTOS

Medidas a 0,1 "					
Caudal (CFM)					
1600	16" x 16"	18" x 14"	20" x 12"	24" x 10"	34" x 8"
800	10" x 14"	12" x 12"	14" x 10"	16" x 8"	24" x 6"

4.6 Cronograma de construcción y montaje.

Una vez seleccionado los equipos y accesorios del sistema acondicionador de Aire, el tiempo estimado para concluir el proyecto seria de tres días, divididos de la siguiente manera:

La construcción de ductos tomaría un (01) día debido a que los tramos de ductos a realizar son pocos y además no es una

trayectoria complicada la que debe recorrer la ducteria.

Concordando la instalación con el personal administrativo del hospital, este comenzaría un día sábado al medio día, por lo que los equipos y materiales para la instalación saldrían de la ciudad de Guayaquil el mismo día sábado en la mañana.

El montaje de los ductos junto con los filtros y difusores se tomaría 6 horas, la instalación de los equipos llevaría 2 horas, y una hora de la instalación de los termostatos. Dando por terminado la instalación el día sábado en la noche

La puesta en marcha de los equipos se la realizaría el día domingo en la mañana.

CAPITULO 5

2. ANALISIS DE COSTO

Una vez concluido el diseño de climatización de la sala de cirugía del hospital del IESS San José De Ancón, los costos del mismo serán proporcionados por la empresa ACTECH, distribuidora autorizada de equipos marca CARRIER, RUUD, TEMPSTAR , además posee gran experiencia en le medio en cuanto a la instalación de sistemas de climatización.

Cabe mencionar que los precios estipulados fueron proporcionados a finales del mes de agosto del 2006 y son validos por un mes, luego de ello los mismos podrían sufrir un alza en su valor.

5.1 Costo del equipo acondicionador de aire

Los tres equipos acondicionadores de aire a utilizar para la climatización de la sala de cirugía serán de la marca CARRIER, el precio de los mismos se detallan a continuación:

TABLA 9
PRECIOS DE EQUIPOS

Equipos	Precios
Suministro de un equipo acondicionador de aire, tipo paquete de 48,000 BTU, modelo 50ZP048 para trabajar 208-230/60HZ/1 fase, eficiencia 10 SEER (Área sala de Cirugía Contaminada)	1.498,82
Suministro de un equipo acondicionador de aire, tipo paquete de 48,000 BTU, modelo 50ZP048 para trabajar 208-230/60HZ/1 fase, eficiencia 10 SEER (Área sala de Cirugía Principal)	1.498,82
Suministro de un equipo acondicionador de aire, tipo paquete de 24,000 BTU, modelo 50ZP024 para trabajar 208-230/60HZ/1 fase, eficiencia 10 SEER (Área sala de Esterilización)	1.191,86
SUB TOTAL	4.189,50
IVA	502,74
TOTAL	4.692,24

5.2 Costo de accesorios del sistema de distribución de aire acondicionado.

Estos costos no solo comprende el precio de los difusores, filtros y ductos; sino además el costo de los termostatos utilizados en el

sistema, los precios se los realizara por salas estos se los ve en la tabla 10, 11 y 12

TABLA 10
PRECIOS DE ACCESORIOS PARA LA SALA DE CIRUGIA
CONTAMINADA

Accesorios	Precio Unitario	Precio Final
Suministro de un (01) termostato analógico de una etapa, marca HONEYWELL, modelo T834J de fabricación americana.	23.98	23.98
Suministro de un (01) filtro ALPHA CELL HIGH CAPACITY HEPA 99,97% EFF. 24" X 24" X 11 1/2", model 0-007-C-07-00-IU-12-00-GG-F	209,69	209.69
Suministro de dos (02) pre filtros 40, Merv 7, 25-30 % EFF modelo 84355,022424, 24 x 24 x 2	3,3	6.60
Suministro e instalación de 260 kgrs. De ductos contruidos con plancha galvanizada aislados con Duct wrap.		936.00
Suministro de una (01) rejilla de retorno RAME de 24" x 24"		28.30
SUB TOTAL		1.204,57
IVA		144.54
TOTAL		1,349,11

TABLA 11
PRECIOS DE ACCESORIOS PARA LA SALA DE CIRUGIA
PRINCIPAL

Accesorios	Precio Unitario	Precio Final
Suministro de un (01) termostato analógico de una etapa, marca HONEYWELL, modelo T834J de fabricación americana.	23.98	23.98
Suministro de un (01) filtro ALPHA CELL HIGH CAPACITY HEPA 99,97% EFF. 24" X 24" X 11 1/2", model 0-007-C-07-00-IU-12-00-GG-F	209,69	209.69
Suministro de dos (02) pre filtros 40, Merv 7, 25-30 % EFF modelo 84355,022424, 24 x 24 x 2	3,3	6.60
Suministro e instalación de 93 kgrs. De ductos construidos con plancha galvanizada aislados con Duct wrap.		334.80
Suministro de una (01) rejilla de retorno RAME de 24" x 24"		28.30
SUB TOTAL		603.37
IVA		72.40
TOTAL		675.77

TABLA 12
PRECIOS DE ACCESORIOS PARA LA SALA DE
ESTERILIZACION

Accesorios	Precio Unitario	Precio Final
Suministro de un (01) termostato analógico de una etapa, marca HONEYWELL, modelo T834J de fabricación americana.	23.98	23.98
Suministro de un (01) filtro ALPHA CELL HIGH CAPACITY HEPA 99,97% EFF. 24" X 24" X 11 1/2", model 0-007-C-07-00-IU-12-00-GG-F	209,69	209.69
Suministro de dos (02) pre filtros 40, Merv 7, 25-30 % EFF modelo 84355,022424, 24 x 24 x 2	3,3	6.60
Suministro e instalación de 61 kgrs. De ductos construidos con plancha galvanizada aislados con Duct wrap.		219.60
Suministro de una (01) rejilla de retorno RAME de 24" x 24"		28.30
SUB TOTAL		488.16
IVA		58.58
TOTAL		546.74

5.3 Costo de la instalación

Al costo de la instalación se le añade el de los viáticos debido a que los trabajos serán realizados en la parroquia San José de Ancón, estos costos se los visualiza en la tabla 13.

TABLA 13
PRECIOS DE INSTALACION DE CADA SALA

Instalación	Precio Unitario	Precio Final
Mano de obra por la instalación de un equipo de acondicionamiento de aire tipo paquete, incluye montaje de la unidad, instalación, arranque, supervisión y dirección técnica.	110.00	110.00
Viáticos por trabajos realizados en la parroquia Ancón		100.00
SUB TOTAL		210,00
IVA		25,20
TOTAL		211,12

El costo total de cada sala (incluido IVA) se lo puede ver en la siguiente tabla

TABLA 14
PRECIO TOTAL DE CADA SALA

	Sala de cirugía contaminada	Sala de cirugía principal	Sala de esterilización
Equipo	1,498,82	1,498,82	1,191,86
Accesorios	1,349,11	675,77	546,74
Instalación	211,12	211,12	211,12
Total	3,059,05	2,385,71	1,949,72

El costo de todo el proyecto es de 7.394,48

CAPITULO 6

2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.-

Al término del proyecto de rediseño del sistema acondicionador de aire de la sala de cirugía de la parroquia San José de Ancón podemos concluir lo siguiente:

1. El nuevo sistema acondicionador de aire cumplirá con los requerimientos de calidad de aire de una sala de cirugía, reduciendo de esta manera la contaminación actual del ambiente quirúrgico a la que están expuestas dicha sala.
2. El montaje del sistema acondicionador de aire descrito en la presente tesis se lo puede realizar con cualquier empresa que

presten servicios de instalación de sistemas de climatización, debido a que constan con el personal técnico calificado para realizar dichas instalaciones.

3. Aunque la inversión es mayor a la actual, se debe tomar en cuenta, que el nuevo sistema es el recomendado, además el cambio de sistema acondicionador de aire se lo puede realizar pos salas. Cabe mencionar que el costo por BTU del sistema actual es de 0.048 frente al del presente trabajo igual a 0.062

RECOMENDACIONES.-

El actual sistema acondicionador de aire no recibe ningún tipo de mantenimiento debido a que implicaría el desmontaje de los equipos y esto ocasionaría contaminación en la sala por el ingreso de aire exterior al local por los boquetes de los equipos. Una recomendación para el nuevo sistema sería un mantenimiento cada 3 meses lo cual no afectaría a la sala debido a que los equipos se encuentran en la parte exterior de la sala de cirugía.

Si se llegará a montar el sistema acondicionador de aire descrito, una recomendación importante sería la impermeabilización de los ductos

exteriores, debido a que parte de la ducteria va por el exterior de la sala por el poco espacio de tumbado falso que presenta la sala de cirugía.

BIBLIOGRAFIA

- Manual del aire acondicionado, CARRIER air conditioning company.
- C. Whitman, "Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado" (1era Edición, México, Paraninfo, 2000).
- Air Pollution: Its Origin and Control. Kenneth Clark y Cecil Warner. Harper & Row.
- B. Langley, "Refrigeration and air conditioning" (3era Edición, New York, 1990).
- CONAMA. Sistema de Información Nacional Ambiental [en línea].
<<http://www.sinia.cl/>>
- CONAMA. Normas de calidad del aire. [en línea]
<http://www.conama.cl/portal/1255/propertyvalue-10316.html>

APENDICE A

RESULTADOS DEL PROGRAMA DE CALCULO DE CARGA TERMICA "BLOCK LOAD 3.05"

PLANOS

APENDICE B

CATALOGOS DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

APENDICE C

CATALOGOS DE LOS FILTROS DE ALTA EFICIENCIA

APENDICE D

PESO DE DUCTERIA